

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Центр \_\_\_\_\_  
Післядипломної освіти  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_  
Штучного інтелекту  
(повна назва)

**АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА**  
**Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_  
другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

Когнитивна система для моделювання слабоструктурованих ситуацій  
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи СШІмзд-18-1  
\_\_\_\_\_ Помазун О.М.  
(прізвище, ініціали)

спеціальності 122 – Комп'ютерні науки  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системи штучного інтелекту  
(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент кафедри ШІ Шевченко О.Ю.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Філатов \_\_\_\_\_ В.О.  
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Центр \_\_\_\_\_ Післядипломної освіти  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ Штучного інтелекту  
(повна назва)

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 122 Комп'ютерні науки  
(код і повна назва)

Тип програми \_\_\_\_\_ освітньо-наукова  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма \_\_\_\_\_ Системи штучного інтелекту  
(повна назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові \_\_\_\_\_ Помазун Оксані Миколаївні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Когнітивна система для моделювання слабоструктурованих ситуацій затверджена наказом по університету від 30.03. 2020 р. № 44 Стз

Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 27 травня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Документація до необхідних у проекті мов програмування, інші Інтернет-джерела та література з вказаної теми

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ; дослідження та аналіз когнітивного моделювання при вирішенні слабоструктурованих проблем; класифікація проблем прийняття рішень в організаційному управлінні; вияв і опис проблемної ситуації; види проблем прийняття рішень; сутність когнітивного моделювання та когнітивного аналізу; когнітивне моделювання та когнітивний аналіз; когнітивні карти; побудова когнітивної моделі; сфера застосування та використання когнітивного моделювання; сфери застосування когнітивного моделювання; використання когнітивної моделі; дослідження досвіду побудови когнітивних карт та когнітивного моделювання для аналізу ситуацій; аналіз існуючих інформаційних систем когнітивного моделювання; огляд існуючих систем; функції та вимоги до когнітивних систем; постановка проблеми та формування задач дослідження; дослідження інструментарію когнітивного моделювання для аналізу слабоструктурованих ситуацій; розвиток і різновиди когнітивних карт; основні положення способів побудови і аналізу когнітивних карт; знакові когнітивні карти; нечіткі когнітивні карти коско; нечіткі когнітивні карти силова; аналіз показників нечітких когнітивних карт; модель узгодження експертних оцінок когнітивної моделі; розробка вимог і проектування когнітивної системи; особливості аналізу слабоструктурованих ситуацій та обґрунтування застосування когнітивного моделювання; концептуальні положення створення системи когнітивного моделювання; функціональна структура СКМ; визначення вимог та проектування системи когнітивного моделювання; проектування бази даних системи когнітивного моделювання; реалізація контрольного прикладу системи когнітивного моделювання; когнітивна модель аналізу впливу факторів на онкологічні захворювання; обґрунтування вибору мови програмування та середовища розробки; програмна реалізація когнітивної моделі; висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Рисунок 1.1 – Когнітивна карта сталого розвитку туристичної системи Тернопільського регіону; Рисунок 1.2 – Модель факторів динамічної моделі технологічних процесів сокоочистки цукрового виробництва; Рисунок 1.3 – Оціночні показники факторів моделі; Рисунок 1.4 – Когнітивна модель впливу факторів в сфері освітніх послуг; Рисунок 1.5 – Вікно графічного редактора системи «Канва для побудови і редагування оргграфа ситуації; Рисунок 1.6 – Вікно графічного редактора

системи «Канва для побудови і редагування орграфу ситуації; Рисунок 1.7 – Вікно графічного редактора системи «Канва для побудови і редагування орграфу ситуації; Рисунок 3.1 – Функціональна структура СКМ; Рисунок 3.2 – Функціональні вимоги до системи когнітивного моделювання; Рисунок 3.3 – Бізнес-процес когнітивного моделювання; Рисунок 3.4 – Бізнес-процес Формування експертної групи; Рисунок 3.5 – Бізнес-процес Визначення концептів; Рисунок 3.6 – Бізнес-процес Створення концептів; Рисунок 3.7 – Діаграма варіантів використання; Рисунок 3.8 – Діаграма класів; Рисунок 3.9 – Діаграма блоків. Склад системи когнітивного моделювання; Рисунок 3.10 – Ієрархія екранних форм системи когнітивного моделювання; Рисунок 3.11 – Схема бази даних когнітивної системи; Рисунок 4.1 – КМ впливу факторів на онкологічні захворювання; Рисунок 4.2 – Результати обчислення початкової моделі КМ; Рисунок 4.3 – Графічне представлення обчисленої моделі; Рисунок 4.4 – Результати обчислення КМ при збільшенні фактору F6 на 50%; Рисунок 4.5 – Графічне представлення КМ при збільшенні на 50%; Рисунок 4.6 – Результати обчислення КМ при зменшенні фактору F6 на 10%; Рисунок 4.7 – Графічне представлення КМ при збільшенні на 50%; Рисунок 4.8 – Діалогове вікно СКМ; Рисунок 4.9 – Діалогове вікно після додавання нових факторів; Рисунок 4.10 – Завантаження контрольно прикладу в СКМ; Рисунок 4.11 – Побудова матриці суміжності; Рисунок 4.12 – Результати обчислення моделі в програмі; Рисунок 4.13 – Результат обчислення моделі в консолі за методом getResultMatrixMultiplication(); Рисунок 4.14 – Результат обчислення моделі в консолі за методом getResultSum(); Рисунок 4.15 – Результати роботи методу buildTabl; Рисунок 4.16 – Виведення на екран графіку за методом buildChart; Рисунок 4.17 – Таблична реалізація методу getResultSum(); Рисунок 4.18 – Графічна реалізація методу getResultSum()

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	доц. Шевченко О.Ю.		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
	Аналіз літератури та Інтернет-джерел	01.04.2020 – 07.04.2020	виконано
	Постановка задачі, узгодження з керівником	08.04.2020 – 10.04.2020	виконано
	Підготовка першого розділу	11.04.2020 – 17.04.2020	виконано
	Підготовка другого розділу	18.04.2020 – 23.04.2020	виконано
	Підготовка третього розділу	24.04.2020 – 30.04.2020	виконано
	Розробка додатку	01.05.2020 – 10.05.2020	виконано
	Підготовка четвертого розділу	11.05.2020 – 14.05.2020	виконано
	Подання пояснювальної записки на перевірку керівнику	15.05.2020 – 20.05.2020	виконано
	Демонстрація роботи програми	21.05.2020 – 22.05.2020	виконано
	Підготовка презентації	23.05.2020 – 24.05.2020	виконано
	Нормоконтроль	25.05.2020 – 26.05.2020	виконано
	Захист роботи	27.05.2020	

Дата видачі завдання 01 квітня 2020 р.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Помазун О.М.

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

доц. Шевченко О.Ю.

(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Записка пояснювальна: 131 с., 36 рисунків, 6 таблиць, 38 джерел.

### КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, КОГНІТИВНА КАРТА, СИСТЕМА КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, СЛАБОСТРУКТУРОВАНА СИТУАЦІЯ

Об'єкт дослідження: когнітивне моделювання для аналізу слабоструктурованих ситуацій.

Предмет дослідження: застосування алгоритмів когнітивного моделювання в системах когнітивного моделювання при розв'язанні слабоструктурованих ситуацій.

Був проведений аналіз існуючої літератури з даної теми, досліджені основні положення щодо когнітивного моделювання та його використання при вирішенні слабоструктурованих проблем, запроєктована система когнітивного моделювання (СКМ).

В першому розділі здійснено огляд основних положень щодо проблеми слабоструктурованих ситуацій, основні теоретичних відомостей щодо когнітивного моделювання, здійснений аналіз публікацій щодо сучасних систем для когнітивного моделювання.

В другому розділі проведено дослідження способів побудови і аналізу когнітивних карт, запропонована мадель узгодження оцінок експертів при побудові когнітивної моделі.

В третьому розділі обґрунтовано застосування когнітивного моделювання при вирішенні слабоструктурованих проблем та спроектовано СКМ.

В четвертому розділі розглянутий приклад когнітивного моделювання та здійснена програмна реалізації СКМ.

## **ABSTRACT**

Explanatory note: 131 pp., 36 figures, 6 tabl, 38 sources.

**COGNITIVE SIMULATION, COGNITIVE MAP, COGNITIVE SIMULATION SYSTEM, WEAKLY STRUCTURED SITUATION**

Object of research: cognitive modeling for the analysis of poorly structured situations

Subject of research: application of cognitive modeling algorithms in cognitive modeling systems for solving weakly structured situations.

The analysis of the existing literature on this topic was carried out, the basic provisions concerning cognitive modeling and its use at the decision of weakly structured problems were investigated, the system of cognitive modeling (SCM) is designed.

The first section reviews the main provisions on the problem of weakly structured situations, the basic theoretical information on cognitive modeling and the analysis of publications on modern systems for cognitive modeling.

In the second section the research of ways of construction and the analysis of cognitive maps is carried out, the model of coordination of estimations of experts at construction of cognitive model is offered.

In the third section, the application of cognitive modeling in solving weakly structured problems is substantiated and SCM is designed.

In the fourth section the example of cognitive modeling is considered and the software implementation of SCM is carried out.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	8
Вступ.....	9
1 Дослідження та аналіз когнітивного моделювання при вирішенні слабоструктурованих проблем .....	11
1.1 Класифікація проблем прийняття рішень в організаційному управлінні....	11
1.1.1 Вияв і опис проблемної ситуації .....	11
1.1.2 Види проблем прийняття рішень .....	13
1.2 Сутність когнітивного моделювання та когнітивного аналізу .....	16
1.2.1 Когнітивне моделювання та когнітивний аналіз.....	16
1.2.2 Когнітивні карти .....	18
1.2.3 Побудова когнітивної моделі .....	19
1.3 Сфера застосування та використання когнітивного моделювання .....	22
1.3.1 Сфери застосування когнітивного моделювання .....	22
1.3.2 Використання когнітивної моделі.....	23
1.3.3 Дослідження досвіду побудови когнітивних карт та когнітивного моделювання для аналізу ситуацій .....	25
1.4 Аналіз існуючих інформаційних систем когнітивного моделювання .....	28
1.4.1 Огляд існуючих систем .....	28
1.4.2 Функції та вимоги до когнітивних систем .....	33
1.5 Постановка проблеми та формування задач дослідження .....	34
Висновки до розділу 1 .....	35
2 Дослідження інструментарію когнітивного моделювання для аналізу слабоструктурованих ситуацій .....	37
2.1 Розвиток і різновиди когнітивних карт .....	37
2.1.1 Основні положення способів побудови і аналізу когнітивних карт .....	37
2.1.3 Знакові когнітивні карти .....	38
2.1.3 Нечіткі когнітивні карти Коско .....	38
2.1.4 Нечіткі когнітивні карти Силова.....	41

2.2 Аналіз показників нечітких когнітивних карт.....	42
2.3 Модель узгодження експертних оцінок когнітивної моделі.....	44
Висновки до розділу 2.....	49
3 Розробка вимог і проектування когнітивної системи.....	51
3.1 Особливості аналізу слабоструктурованих ситуацій та обґрунтування застосування когнітивного моделювання.....	51
3.2 Концептуальні положення створення системи когнітивного моделювання.....	56
3.3 Функціональна структура СКМ.....	61
3.4 Визначення вимог та проектування системи когнітивного моделювання.....	64
3.5 Проектування бази даних системи когнітивного моделювання.....	69
Висновки до розділу 3.....	76
4 Реалізація контрольного прикладу системи когнітивного моделювання.....	78
4.1 Когнітивна модель аналізу впливу факторів на онкологічні захворювання.....	78
4.2 Обґрунтування вибору мови програмування та середовища розробки....	83
4.3 Програмна реалізація когнітивної моделі.....	85
Висновки до розділу 4.....	93
Висновки.....	95
Перелік джерел посилання.....	98
ДОДАТОК А.....	103
ДОДАТОК Б.....	114
ДОДАТОК В.....	120
ДОДАТОК Г.....	131

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

БД - – база даних;

ІС – Інформаційна система;

КК – Когнітивна карта;

КМ – Когнітивна модель;

НКК – Нечітка когнітивна карта;

ОПР – Особа, що приймає рішення;

ПК – Первинний ключ;

СКМ – Система когнітивного моделювання;

СУБД – Система управління базою даних;

SysML – Systems Modeling Language, мова моделювання систем;

UML – Unified Modeling Language, уніфікована мова моделювання.

## ВСТУП

**Актуальність.** Керівники сучасних підприємств повсякчасно стикаються з необхідністю структуризації виробничих проблем, їх аналізу і прийняття чітких управлінських рішень. В більшості випадків виникає необхідність приймати рішення в умовах унікальних нестандартних ситуацій, коли значна кількість параметрів і факторів описуються якісно або суб'єктивно. Такий тип ситуацій відноситься до класу слабоструктурованих і неструктурованих проблем.

Для прийняття рішень в умовах невизначеної та якісної інформації експерти й аналітики вимушені покладатися на власний розсуд та інтуїцію, покладаючись на суб'єктивні методи оцінювання ситуації. У більшості випадків їх розв'язання проблем потребує значних зусиль з сприйняття, накопичення інформації та її систематизації, створення відповідних моделей середовища, основою яких на вітчизняних підприємствах залишаються переважно експертні методи оцінки особливого когнітивного типу.

Одним із перспективних підходів до аналізу ситуацій при вирішенні слабоструктурованих і неструктурованих проблем являється когнітивне моделювання, яке є одним із класів імітаційного моделювання, в основі якого лежить побудова і дослідження когнітивної карти ситуації. Для цих цілей використовується апарат знакових, зважених знакових і функціональних знакових графів.

Теоретичні та практичні основи когнітивного моделювання викладені в роботах Борисова В.В., Круглова В.В., Ткаченко О.І, Яремчук О. Я., Заїки, Кулініча А.А., Василенко Т.О., Золотухіна О.В.

Використання когнітивного моделювання при аналізі слабоструктурованих проблем потребує спеціальної підтримки засобами сучасних інформаційних систем і технологій. На ринку існує велика кількість систем, що підтримують когнітивне моделювання, проте, аналіз таких систем свідчить, що існує потреба в розвитку і вдосконаленні таких систем. Тому дослідження, проведене в атестаційній роботі, є актуальним і своєчасним

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження і подальший розвиток інструментарію когнітивного моделювання при дослідженні слабоструктурованих ситуацій та розроблення проекту системи когнітивного моделювання.

Досягнення мети обумовило вирішення таких основних завдань:

- провести аналіз теоретичних положень щодо ситуацій прийняття рішень;
- дослідити сучасний стан інформаційних систем і технологій когнітивного моделювання;
- здійснити аналіз основних положень когнітивного моделювання;
- розробити модель узгодження експертних оцінок когнітивної моделі;
- визначити вимоги і спроектувати систему когнітивного моделювання;
- розглянути практичне використання когнітивної моделі на основі контрольного прикладу та здійснити програмну реалізацію системи.

**Об'єкт дослідження:** когнітивне моделювання для аналізу слабоструктурованих ситуацій.

**Предмет дослідження:** застосування алгоритмів когнітивного моделювання в системах когнітивного моделювання при розв'язанні слабоструктурованих ситуацій.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше розроблені концептуальні положення щодо проектування когнітивної моделі на основі узгоджених експертних оцінок відповідно теорії нечітких множин та запропонована система когнітивного моделювання із урахуванням групової роботи в процесі створення та аналізу когнітивної карти.

Набуло подальшого розвитку практичне використання когнітивного моделювання при аналізі ситуації, зокрема, запропонована когнітивна модель аналізу позитивних і негативних факторів на здоров'я.

Основні положення, викладені в роботі, можуть бути застосовані при проектуванні когнітивної системи для аналізу складних слабоструктурованих і неструктурованих ситуацій.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ СЛАБОСТРУКТУРОВАНИХ ПРОБЛЕМ

## 1.1 Класифікація проблем прийняття рішень в організаційному управлінні

### 1.1.1 Вияв і опис проблемної ситуації

Побудова ефективної системи управління є серйозним викликом для будь-якого підприємства. Важливим елементом цієї системи являються процеси прийняття рішень. Водночас виникає велика кількість нетипових проблем, які вимагають застосування нових прийомів, методів і засобів підтримки прийняття рішень.

Проблему (в перекладі з грецького – задача) можна розглядати як невідповідність бажаного (нормативного) і фактичного рівнів досягнення цілей. Очевидно, що гострота проблеми, можливості її ефективного рішення залежать від конкретних умов, в яких вона виникла і буде вирішуватися.

Проблема – це ситуація, де високий ступінь невизначеності: нема точної цілі, неясні технології, нема необхідних ресурсів. Проблема виникає тоді, коли є ціль, але не відомо, як досягти цю ціль.

Ознаки складних проблем:

- багатоаспектність;
- зв'язаність;
- динамічність;
- множина цілей;
- невизначеність.

Отже, проблемна ситуація характеризується наявністю проблеми і конкретних умов, в яких вона виникла. Виходячи з цього, дамо тлумачення терміну «ситуація», як сукупність умов і обставин, в яких виникла проблема.

Проблемна ситуація має наступні риси [1]:

- терміновість;

- необхідність прийняття рішення;
- місце в організації;
- особа чи група осіб, які приймають рішення.

Не дивлячись на те, що проблеми прийняття рішень в організаційному управлінні переважно унікальні й нестандартні, але вони у своїй ситуаційній основі мають такі загальні риси:

- неповторність ситуації вибору;
- складний для оцінювання характер альтернатив, що розглядаються;
- недостатня визначеність наслідків дій (невизначеність післядій);
- наявність сукупності різнорідних факторів, які необхідно враховувати під час прийняття рішень;
- наявність особи або групи осіб, які несуть відповідальність за прийняття рішень [2,3].

Виявлення і опис проблемної ситуації дають вхідну інформацію щодо оцінювання часу, можливостей для прийняття рішення, ресурсів, необхідних для прийняття рішення. Як правило, оцінка ресурсів, необхідних для реалізації прийнятого рішення, здійснюється на певних етапах прийняття рішення.

Кінцевим результатом прийняття рішення на даному етапі є складання загального переліку проблем, які вимагають прийняття рішення і короткий опис проблемної ситуації для окремих проблем. Таким чином, етап постановки задачі прийняття рішення повинен дати відповіді на наступні питання:

- яку проблему і в яких умовах потрібно вирішувати;
- коли потрібно вирішувати проблему;
- якими засобами буде вирішуватися проблема.

Отже, формулювання і опис проблемної ситуації передбачає послідовне виконання процедур, які дають змогу знайти відповіді на запитання «що і як потрібно робити?». Даний процес здійснюється на етапі аналізу проблемної ситуації процесу прийняття рішення [2], [3].

### 1.1.2 Види проблем прийняття рішень

В залежності від типу проблеми або ситуації, яка потребує прийняття рішення, є різні методи та інструменти аналізу, оцінювання, моделювання та прогнозування можливих сценаріїв розвитку подій та ймовірності настання їх наслідків [4].

Саме тому є потреба в класифікації проблем, пов'язаних з прийняттям рішень.

Певний тип проблеми або ситуації, що потребує прийняття рішення, зумовлює вид підходу, який має бути вибраний для розв'язання цієї проблеми.

Існує кілька видів класифікації проблем, що потребують прийняття рішень. Зокрема, в [5] запропоновано наступні класифікації:

- за важливістю проблеми;
- за рівнем часового горизонту;
- відповідно попередньої оцінки ефективності вирішення проблеми;
- за умовами прийняття рішення, які пов'язані із станом внутрішнього і зовнішнього середовища, ризиком, невизначеністю тощо;
- за кількістю осіб, що приймають рішення (індивідуальні, колективні);
- за характером моделі проблемної ситуації (точна або наближена, важливість вирішення);
- за рівнем формалізації процесу прийняття рішення;
- за кратністю (повторюваністю) прийняття рішення.

Найбільшого поширення набула класифікація, запропонована в 1958 році Саймоном [2]. Відповідно до неї всі проблеми, що потребують прийняття рішень в організаційному управлінні, поділяють на три типи.

До першого типу належать добре структуровані (цілком формалізовані, кількісно сформульовані) проблеми, в яких суттєві залежності визначені настільки повно, що вони можуть бути виражені числами або символами, і тому легко стандартизуються та програмуються. До таких завдань належать: облік і контроль; оформлення документів, їх тиражування тощо. У традиційних

інформаційних системах такого виду задачі автоматизовані, як правило, повністю (бухгалтерський облік, підготовка виробництва, кадрова система, складський облік тощо). Слова «добре структуровані проблеми» зовсім не означають, що ці проблеми легкі. Застосування для їх розв'язання математичних методів і, зокрема, методів дослідження операцій пов'язані із значними труднощами.

Другий тип — це неструктуровані (неформалізовані, якісно виражені) проблеми (задачі), для яких описані лише важливі ресурси, ознаки і характеристики, а кількісні залежності між ними невідомі. Розв'язання таких задач можливе у разі застосування неформалізованих процедур, які базуються на неструктурованій, з високим рівнем невизначеності інформації. До таких завдань належить значна частина проблем стосовно прогнозування, перспективного планування, організаційного перетворення. Більшість неструктурованих проблем розв'язується за допомогою евристичних методів, у яких не передбачена жодна упорядкована логічна процедура пошуку їх розв'язку, а сам метод цілком залежить від особистих характеристик людини (інформованості, кваліфікації, таланту, інтуїції тощо).

До третього типу належать слабоструктуровані (змішані, напівструктуровані) проблеми, що мають як кількісні, так і якісні елементи, причому маловідомі й невизначені акценти проблеми мають тенденцію домінувати. Для таких задач характерна відсутність методів розв'язання на основі безпосередніх перетворень даних. Постановка таких задач потребує прийняття рішень за умов недостатності інформації. Відомі випадки, коли на основі теорії нечітких множин і її застосувань були побудовані формальні схеми розв'язання таких задач. До слабоструктурованих задач можна віднести задачі з розподілу капіталовкладень, вибору проектів, проведення наукових досліджень і розробок, складання плану виготовлення виробів широкого вжитку тощо.

До типових слабоструктурованих належать проблеми, для яких характерні такі особливості:

- рішення, що приймаються, стосуються майбутнього;
- має місце широкий діапазон альтернатив;

- рішення залежать від неповноти знань щодо нинішніх технологічних досягнень;
- запропоновані рішення потребують витрат великих обсягів ресурсів і пов'язані з елементами ризику;
- неповністю визначені вимоги стосовно вартості й тривалості розв'язання проблеми;
- проблема складна через необхідність комбінування різних ресурсів для її розв'язування.

Найважливіша особливість слабоструктурованих проблем полягає в тому, що їх концептуальна модель може бути створена тільки на підставі додаткової інформації, яку надає особа, що бере участь у розв'язанні проблеми. Тому такі моделі не можуть бути об'єктивними, неупередженими. Ця обставина є причиною невдач у разі застосування «класичних» математичних моделей для дослідження слабоструктурованих проблем, а також стимулом для розвитку адекватного інструментального забезпечення.

Рішення також можуть бути категоризовані як рутинні (шаблонні, стандартні), повторювані чи програмовані з низкою відповідей, так і як нешаблонні або мало повторювані рішення, які є, звичайно, менш структурованими. Прикладами шаблонних рішень, процедуру прийняття яких можна автоматизувати і запрограмувати, є замовлення на постачання запасів, розв'язок транспортної задачі та ін. Нешаблонними рішеннями, які можна поліпшити за їх підтримки, є, наприклад, рішення щодо затвердження нового постачальника для частини номенклатури; щодо дисципліни службовця, який постійно запізнюється на роботу; або затвердження бюджету.

Менеджери не мають відноситися до шаблонних рішень так, неначе вони нешаблонні. Якщо рішення «характерне» і шаблонне, то дорогоцінний час і ресурси не повинні витрачатися кожного разу, коли виникає потреба в цих рішеннях, і не слід приділяти їм таку увагу як непрограмованим або унікальним рішенням. Повторювані ситуації прийняття рішень мають бути проаналізовані й запрограмовані якнайбільше і мають підтримуватися, якщо це можливо, за

допомогою машинної технології. Потенційні вигоди від удосконалення рутинних, повторюваних рішень дуже великі.

Необхідність застосування комп'ютеризованої підтримки прийняття рішень має розглядатися тоді, коли менеджери, характеризуючи проблемну ситуацію, виявляють наявність одного або більше таких факторів:

- складність,
- невпевненість,
- численні групи зі своїми очікуваннями наслідків рішення;
- великий обсяг інформації (особливо даних компанії),
- стрімке змінювання інформації.

Складні проблемні ситуації з багатьма змінними, комплексом причинних зв'язків і доступною базою архівних даних можна моделювати. А таких ситуаціях комп'ютерні моделі, особливо візуальні, можуть бути дуже корисними. Модель є відображенням фактичної ситуації і її застосування може допомогти ОПР передбачувати наслідки альтернатив. Інколи програмне забезпечення моделі дійсно може рекомендувати творцям рішень оптимальні альтернативи.

Ризик і невпевненість характеризують багато ситуацій, що потребують прийняття рішень. Менеджерам за таких умов потрібно оцінити ризики і в деяких випадках також фінансові наслідки дій у сумнівній або ризикованій ситуації.

Комп'ютеризовані інструментальні засоби можуть допомогти у виявленні і застосуванні інформації щодо ризику в проблемній ситуації. Комп'ютеризовані системи підтримки прийняття рішень можуть також допомогти у разі великих обсягів інформації і стрімкої її зміни [4].

## 1.2 Сутність когнітивного моделювання та когнітивного аналізу

### 1.2.1 Когнітивне моделювання та когнітивний аналіз

Когнітивний аналіз є одним з найбільш потужних інструментів дослідження слабкоструктурованих середовищ, сприяючи розумінню існуючих проблем,

виявленню суперечностей та якісному аналізу процесів, що протікають в цих середовищах. Сутність когнітивного моделювання (КМ) як елементу когнітивного аналізу полягає у спрощеному відображенні найскладніших проблем і тенденцій розвитку системи, дослідженні можливих сценаріїв виникнення кризових ситуацій та шляхів і умов їх подолання. Використання КМ якісно підвищує обґрунтованість прийняття управлінських рішень. Більшість видів діяльності в слабкоструктурованому середовищі тісно пов'язані з ризиком, що обумовлений невизначеністю умов та можливими помилковими рішеннями керуючих осіб.

Таким чином, сутність КМ полягає в допомозі експерту проаналізувати ситуацію і розробити найбільш ефективну стратегію управління, спираючись не стільки на власну інтуїцію, скільки на впорядковане, структуроване і верифіковане знання про складну систему.

Термін “когнітивність” (Cognition, від латинського *cognoscere* – “знати”) використовується у різноманітних науках та контекстах для позначення здатності людиноподібного опрацювання інформації, застосування знань та динамічної зміни переваг і поведінки. Словникові та енциклопедичні джерела дають таке визначення когнітивності: “Внутрішні структури та процеси, що задіяні у здобутті та використанні знань, включаючи відчуття, сприйняття, увагу, навчання, пам'ять, розуміння мови, думання та розумування” [6].

Отже, поняття когнітивності об'єднує широкий набір інтелектуальних властивостей, таких як сприйняття інформації, її розпізнавання та класифікація, навчання, розумування, накопичування, збереження та використання знань. Тобто термін „когнітивність”, когнітивні системи, так як і загальніший термін ‘Загальний Інтелект’ (Artificial General Intelligence), за образним визначенням одного з класиків штучного інтелекту Марвіна Мінського, є терміном-контейнером (suitecase) [7,8], що охоплює багато складних аспектів та проблем, які у комплексі формують цілісну систему та можуть вивчатися окремо [8,9].

### 1.2.2 Когнітивні карти

Когнітивні карти представляють собою різновид математичних моделей для формалізації проблеми, складної системи у вигляді концептів, які відображають її системні фактори (змінні), виявлення причинно-наслідкових відношень (відношень впливу) між ними з урахуванням впливу на ці фактори або зміни характеру відношень.

Вони призначені для моделювання і аналізу в системах прийняття рішень, в системах управління, в задачах теорії ігор, в мультиагентних системах та технологіях, в технологіях розробки геоінформаційних систем, при аналізі електричних схем, в технологіях віртуальної реальності, в мультимедійних додатках, для моделювання економічних проблем.

Когнітивна карта складається з факторів (елементів системи) і зв'язків між ними. Подібні схеми уявлення причинно-наслідкових зв'язків широко використовуються для аналізу складних систем в економіці та соціології.

Когнітивна карта відображає вплив факторів один на одного. У ній не відображається детальний характер цих впливів, динаміка зміни впливів в залежності від зміни ситуації та тимчасові зміни факторів.

Облік цих обставин вимагає переходу на наступний рівень структуризації інформації, тобто до когнітивної моделі. На цьому рівні зв'язок між факторами когнітивної карти розкривається відповідними залежностями, кожна з яких може містити як кількісні, так і якісні змінні. При цьому якісній змінній ставиться у відповідність певний числовий еквівалент у шкалі  $[0,1]$ .

Моделювання слабоструктурованих проблем і ситуацій за допомогою когнітивних карт надає наступні переваги:

- можливість наглядно представити проблему, що аналізується;
- відсутність необхідності попередньої специфікації концептів і відношень впливу;
- конструктивність, наглядність і відносна легкість інтерпретації за допомогою причинно-наслідкових зв'язків (відношень) між концептами;

Процес побудови і використання когнітивних карт включає в себе ряд послідовних процедур:

- визначення списку концептів (або узгодженого списку концептів у випадку залучення експертів до побудови когнітивної карти);
- визначення відношень впливу між парами концептів;
- побудова когнітивної карти;
- аналіз системних характеристик когнітивної карти;
- аналіз стійкості;
- навчання когнітивної карти.

На сучасних етапах дослідження когнітивних карт розглядають різні можливості їх застосування в умовах цифрової трансформації для їх інтеграції з різними методами і технологіями вирішення різнотипних евристичних і аналітичних задач, які виникають при дослідженні слабоструктурованих ситуацій і складних систем [10].

### 1.2.3 Побудова когнітивної моделі

До когнітивної моделі входять когнітивна карта (орієнтований граф) і ваги дуг графа (рівні впливу факторів один на одного). При визначенні ваг дуг орієнтований граф перетворюється в функціональний.

При КМ терміни «когнітивна карта» і «орієнтований граф» часто вживаються як рівнозначні; хоча, поняття «орієнтований граф» ширше, а термін «когнітивна карта» вказує лише на одне із застосувань орієнтованого графа.

Когнітивна модель ситуації може бути представлена орієнтованим графом, кожна дуга в якому представляє функціональну залежність між відповідними факторами. Когнітивна модель ситуації представляється функціональним графом.

Для структуризації системи (об'єкта, ситуації, середовища) слід поділити чинники (елементи) на групи: базові (впливають на ситуацію суттєво і описують сутність проблеми) та малозначні фактори, що слабо пов'язані з базисними факторами. При аналізі конкретної ситуації експерт визначає зміни базисних

факторів. Фактори, що представляють найбільший інтерес для експерта, є цільовими.

Мета управління [11] – генерація управлінських рішень щодо процесів в ситуації для забезпечення бажаних змін цільових факторів. У множині базисних факторів виділяється сукупність керуючих факторів – вхідних факторів когнітивної моделі, через які до моделі подаються керуючі впливи.

Фактори можуть поділятися на внутрішні (належать самому об'єкту управління, знаходяться під певним контролем керівництва) і зовнішні (відображають вплив на ситуацію або систему зовнішніх сил, які можуть не контролюватися або ззовні контролюватися суб'єктом управління).

Зовнішні чинники зазвичай поділяються на передбачувані, виникнення і поведінку яких можна передбачити на основі аналізу наявної інформації, і на непередбачувані, про поведінку яких експерт дізнається після їх виникнення.

Фактори характеризуються також тенденцією зміни своїх значень. Розрізняють такі тенденції: зростання та зниження. У разі відсутності зміни фактора говорять про відсутність тенденції або про нульові тенденції. Також можливе виявлення чинників та факторів-наслідків, короточасних і довгострокових чинників.

Основними проблемами побудови когнітивної моделі є такі:

- виявлення факторів та їх ранжування (на етапі побудови орієнтованого графа);
- виявлення ступеня взаємовпливу факторів (визначення ваг дуг графа) (на етапі побудови функціонального графа).

Зазвичай при розгляді великих (наприклад, макроекономічних) систем застосовується так званий PEST-аналіз (Policy – політика, Economy – економіка, Society Technology – технологія), що передбачає виділення 4-х основних груп факторів, за допомогою яких аналізується політичний, економічний, соціокультурний і технологічний аспекти середовища. PEST-аналіз – інструмент історично сформованого стратегічного аналізу зовнішнього середовища. При цьому для кожного конкретного складного об'єкту існує свій особливий набір

ключових факторів, які безпосередньо і найбільш істотним чином впливає на об'єкт.

Аналіз кожного з виділених аспектів проводиться системно, так як в житті всі ці аспекти між собою тісно взаємопов'язані. Для відображення взаємодії факторів використовуються позитивний і нормативний підходи. Позитивний ґрунтується на врахуванні характеру взаємодії факторів і дозволяє провести дуги, приписавши їм знаки (+ / -) і точні ваги, тобто відобразити характер взаємодії. Цей підхід можна застосувати тоді, коли взаємозв'язок факторів може бути формалізовано і відображено формулами, які встановлюють точні кількісні взаємозв'язки.

Однак можна сказати, що формалізовані лише деякі випадки взаємодії факторів і чим складніше система, тим менше ймовірність її опису за допомогою традиційних математичних моделей. Тому позитивний підхід доповнюється нормативним, який ґрунтується на суб'єктивному сприйнятті взаємодії факторів.

Найважливіша проблема КМ – виявлення ваг дуг графа – тобто кількісна оцінка взаємовпливу або впливу факторів.

КМ застосовується при дослідженні слабкоструктурованого середовища, характеристиками якого є: мінливість, слабка формалізованість, багатофакторність і таке інше. Формалізовані кількісні залежності чинників описуються різними закономірностями (формулами), залежними від самих чинників [11].

Однак побудова математичної моделі не завжди можлива. Проблема універсальної формалізації взаємовпливу факторів досі не вирішена і навряд чи коли-небудь буде вирішена до кінця, бо не завжди можлива точна кількісна оцінка залежностей. В КМ при оцінці ваг дуг часто враховуються суб'єктивні думки експерта. Основне завдання при цьому полягає у компенсуванні суб'єктивності оцінок за допомогою процедур верифікації. При цьому зазвичай недостатньо однієї перевірки оцінок експерта на несуперечливість.

### 1.3 Сфера застосування та використання когнітивного моделювання

#### 1.3.1 Сфери застосування когнітивного моделювання

Дослідження літератури, пов'язаної з когнітивним моделюванням, показали, що сфера застосування КМ досить широка:

- бізнес,
- регіональне управління,
- розробка економічних і політичних стратегій та програм,
- соціологічні дослідження,
- військова сфера, інформаційна безпека і конфліктологія.

КМ сприяє кращому розумінню проблемної ситуації, виявленню суперечностей та якісному аналізу системи.

Мета КМ полягає у формуванні та уточненні гіпотези про функціонування досліджуваного об'єкту, що розглядається як складна система, яка складається з окремих елементів і підсистем, пов'язаних між собою.

Етапи КМ:

- виявлення чинників, що характеризують ситуацію, систему, середовище.

Наприклад, суть проблеми «Підготовка кадрів» можна сформулювати в факторах «Освітня послуга», «Несплата освітньої послуги», «Доходи закладу вищої освіти», «Демографічний стан», «Кількість студентів», «Витрати на організацію навчального процесу» та ін.;

- виявлення зв'язків між факторами. Визначення напрямку впливів і взаємовпливів між факторами, наприклад, «Кількість абітурієнтів» впливає на «Доходи закладу вищої освіти»;

- визначення характеру впливу (позитивний, негативний). Наприклад, збільшення (зменшення) фактору «Кількість студентів» збільшує (зменшує) «Витрати на організацію навчального процесу»

- позитивний вплив; а збільшення (зменшення) фактору «Несплата

освітньої послуги» зменшує (збільшує) «Доходи закладу вищої освіти» – негативний вплив. На цьому етапі будується когнітивна карта у вигляді орієнтованого графа;

– визначення рівня впливу факторів один на одного (слабо, сильно). На цьому етапі остаточно будується когнітивна модель у вигляді функціонального графа.

### 1.3.2 Використання когнітивної моделі

Основне призначення когнітивної моделі полягає в допомозі експерту у генерації правильного управлінського рішення [11]. Тому КМ використовується в системах підтримки прийняття рішень. Когнітивна модель візуалізує і впорядковує інформацію про обстановку, задум, мету і дії. При цьому візуалізація відіграє важливу когнітивну функцію, ілюструючи не тільки результати дій суб'єкта управління, а й підказуючи йому способи аналізу і генерування варіантів рішень.

Когнітивна модель пояснює, на який чинник або взаємозв'язок факторів необхідно впливати, з якою силою і в якому напрямку, щоб отримати бажану зміну цільових факторів, тобто щоб досягти мети управління з найменшими витратами. Керуючі впливи можуть бути короткочасними (імпульсними) або тривалими (безперервними), що діють аж до досягнення мети. Можливо і спільне використання імпульсних і безперервних дій, що управляють. При досягненні заданої мети відразу ж постає завдання утримання ситуації в досягнутому сприятливому стані до тих пір, поки не з'явиться нова мета. В принципі, завдання утримання ситуації в необхідному стані не відрізняється від завдання досягнення мети. Комплекс взаємопов'язаних дій, що управляють, їх логічна послідовність складають цілісну стратегію управління – модель управління.

Застосування різних моделей управління може привести до різних результатів. Тут важливо вміти передбачити, до яких наслідків призведе та чи інша управлінська стратегія. Для розробки такого роду прогнозів

використовується сценарний підхід (сценарне моделювання) в рамках когнітивного аналізу. Іноді сценарне моделювання називають «динамічне імітаційне моделювання». Сценарний підхід являє собою «розігрування» різних варіантів розвитку подій в залежності від обраної моделі управління і поведінки непередбачуваних факторів.

Для кожного сценарію будується тріада «вихідні передумови – вплив на ситуацію – отриманий результат». Когнітивна модель в цьому випадку сприяє врахуванню всього комплексу ефектів для різних факторів, динаміку факторів та їх взаємозв'язків при різних умовах. Таким чином, виявляються всі можливі варіанти розвитку системи і генеруються пропозиції щодо оптимальної стратегії управління для реалізації бажаного сценарію з можливих.

Етапи сценарного аналізу можна представити таким чином:

- формування мети управління (бажаної зміни цільових факторів);
- розробка сценаріїв розвитку ситуації при застосуванні різних стратегій управління;
- визначення досяжності поставленої мети (можливості бути реалізованим сценаріїв, що ведуть до неї); перевірка оптимальності вже наміченої стратегії управління (якщо така є); вибір оптимальної стратегії, відповідної найкращому, з точки зору поставленої мети, сценарієм;
- конкретизація оптимальної управлінської моделі
- розробка конкретно-практичних рекомендацій керівникам.

Ця конкретизація включає в себе виявлення керуючих факторів (за допомогою яких можна впливати на розвиток подій), визначення сили і спрямованості дій, що управляють на керуючі фактори, передбачення ймовірних кризових ситуацій внаслідок впливу непередбачуваних зовнішніх чинників і т. п.

Етапи сценарного моделювання можуть змінюватися в залежності від об'єкта дослідження і управління. На початковому етапі моделювання може бути достатньо якісної інформації, яка не має точного числового значення і відображає суть ситуації. При переході до моделювання конкретних сценаріїв все більш

значущим стає використання кількісної інформації, що представляє собою числові оцінки значень будь-яких показників.

Основними класами сценаріїв є:

- сценарії, що моделюють зовнішні впливи;
- сценарії, що моделюють цілеспрямований (керований) розвиток ситуації [11].

Сценарне моделювання на основі когнітивних карт може значно спростити менеджерам процес прийняття рішень, дозволить визначити негативні впливи і фактори.

### 1.3.3 Дослідження досвіду побудови когнітивних карт та когнітивного моделювання для аналізу ситуацій

Протягом тривалого періоду для дослідження слабоструктурованих ситуацій науковці і практики застосовують когнітивне моделювання і когнітивний аналіз. Результати їх дослідження відображені в ряді наукових публікацій. Зробимо короткий огляд деяких із них.

В роботі [12] автор приводить модель когнітивної моделі сталого розвитку туристично-рекреаційної системи (на прикладі Тернопільського регіону).

Запропонована автором когнітивна модель аналізу інформації дозволяє проаналізувати взаємозв'язок кількісних і якісних чинників, що впливають на стійкий розвиток туристсько-рекреаційної галузі. На рисунку 1.1 подана схема когнітивної карти.

За висновком автора, моделювання сталого розвитку туристичної системи Тернопільщини, на основі когнітивної карти дало можливість знайти основні причини впливу негативних тенденцій на розвиток туристичної системи даного регіону, проте, аналізу результатів моделювання я в роботі не побачила.

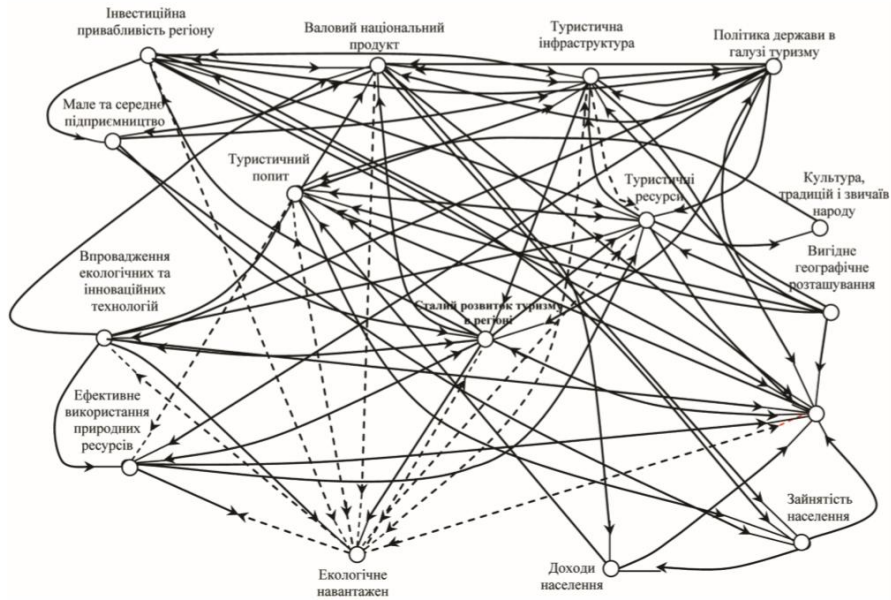


Рисунок 1.1 – Когнітивна карта сталого розвитку туристичної системи Тернопільського регіону

В роботі [13] «Когнітивне моделювання поведінки динамічних технологічних процесів сокоочистки цукрового виробництва» автор детально описав математичну модель і запропонував реалізацію когнітивної карти в програмі «КАНВА». На рис. 1.2-1.3 показані розроблені автором моделі.

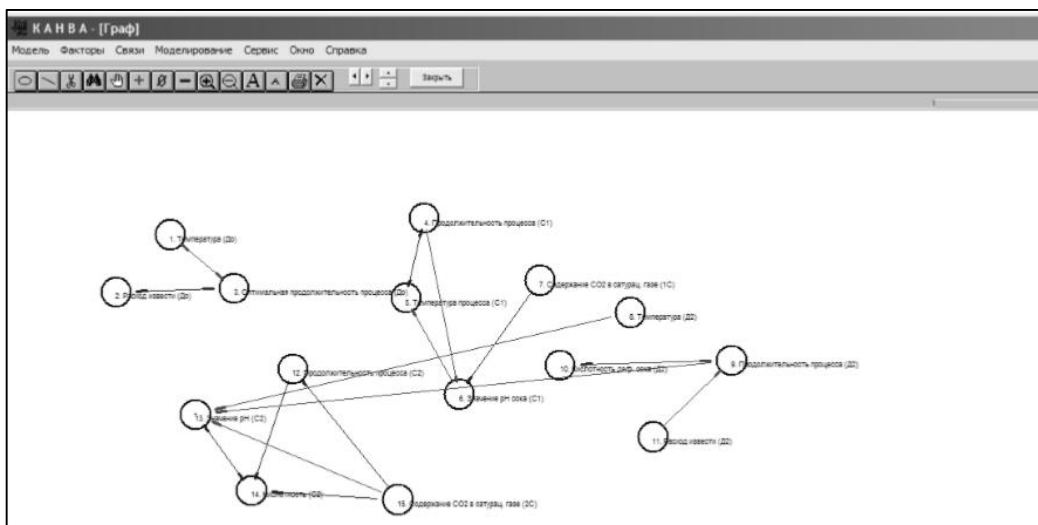


Рисунок 1.2 – Модель факторів динамічної моделі технологічних процесів сокоочистки цукрового виробництва

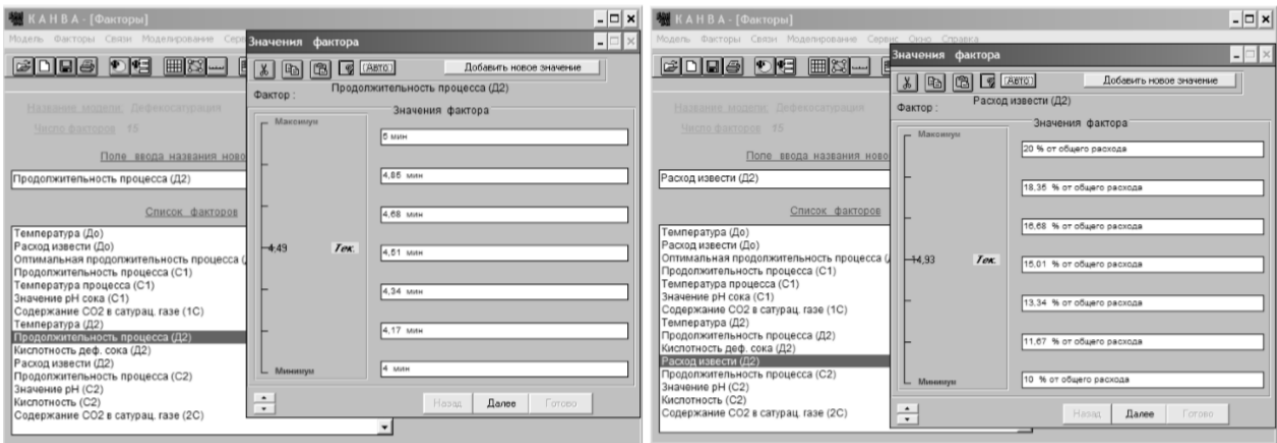


Рисунок 1.3 – Оціночні показники факторів моделі

В роботі автор продемонструвала результати моделювання, у висновках визначив переваги використання цих моделей, проте, висновків, які інтерпретують наведені результати, теж не зроблено.

Найбільш обґрунтовано представлена робота [14] «Когнітивне моделювання складних систем», в якій автор не лише представив когнітивну модель в сфері система освіти (рисунок 1.4), а і описала її використання.

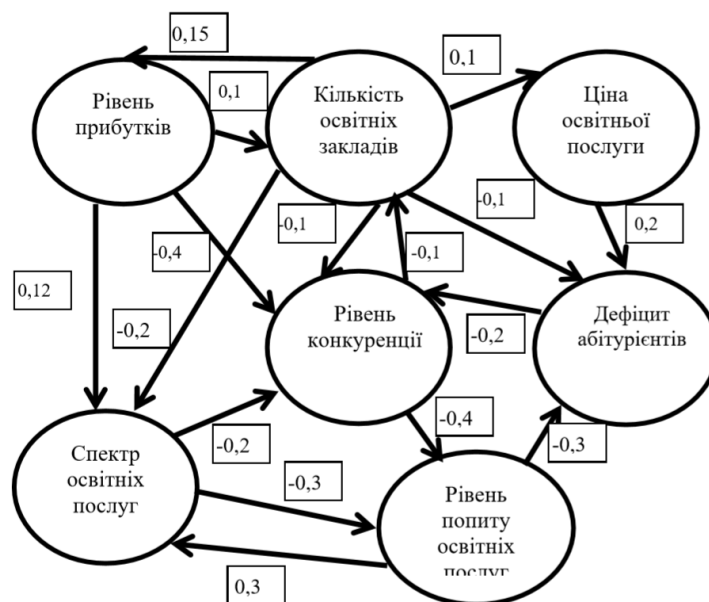


Рисунок 1.4 – Когнітивна модель впливу факторів в сфері освітніх послуг

В атестаційній роботі наведені лише обрані наукові публікації щодо когнітивного моделювання. Проте, даний список не є вичерпний, оскільки когнітивне моделювання можна застосовувати для будь-якої сфери управління.

## 1.4 Аналіз існуючих інформаційних систем когнітивного моделювання

### 1.4.1 Огляд існуючих систем

На ринку програмних продуктів існує велика кількість систем для когнітивного моделювання і аналізу. Проте, дані системи в більшості випадків є комерційними, що ускладнює їх дослідження. Зокрема, до таких систем відносять: система «Ситуація», інтегрована система «Курс», яка включає в себе системи «Ситуація», «Компас-2», «КИТ»; системи «Компас», «Канва», «ИГЛА», «Стратег» [15].

Найбільш поширеною серед систем когнітивного моделювання є система «Канва», описана в багатьох наукових публікаціях і дослідженнях [9,10]. В основі даної системи лежить побудова причинно-наслідкового графу, реалізованого за допомогою графічного редактора, та застосування комплексу економіко-математичних моделей для його аналізу. Система включає ряд підсистем, описаних нижче [16,17].

Підсистема представлення суб'єктивної інформації, яка забезпечує введення в систему факторів, задання числових або лінгвістичних значень факторів, графічний інтерфейс для побудови когнітивної моделі ситуації у вигляді орієнтованого знакового графу.

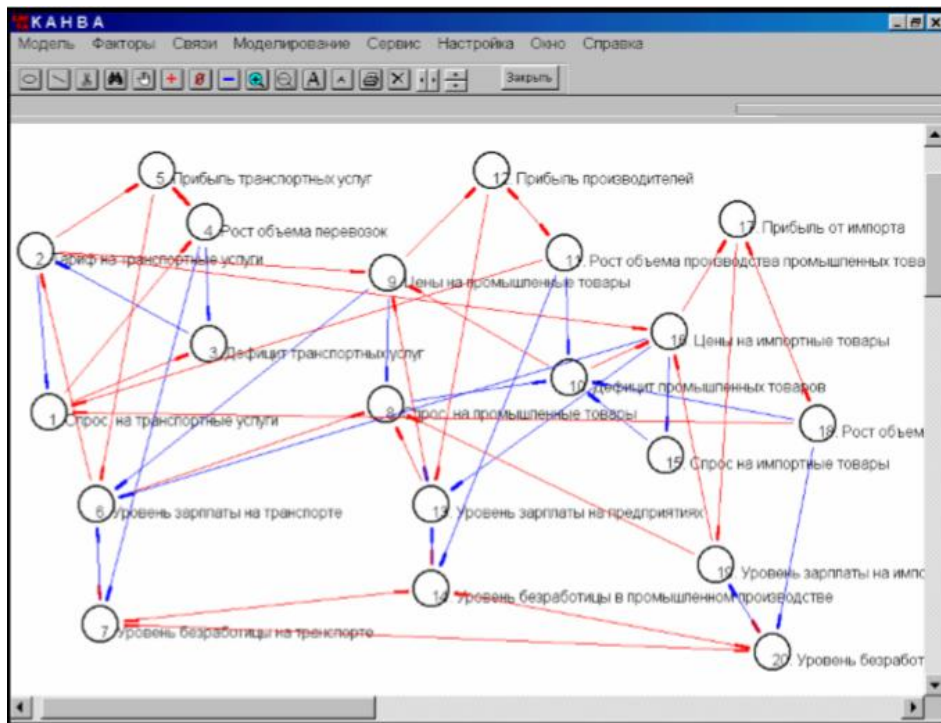


Рисунок 1.5 – Вікно графічного редактора системи «Канва для побудови і редагування орграфа ситуації [16]

Підсистема отримання переваг експертів, призначена для визначення сили причинних зв'язків між факторами. Система забезпечує генерацію питанню експерту і визначення причинних зв'язків між факторами в трьох режимах: пряме оцінювання, парне порівняння, завдання функціональних залежностей.

Підсистема обробки, яка перетворює у зважений орграф. Динаміка процесів ситуації описується системою рівнянь «Якщо ... то».

Підсистема представлення результатів моделювання. Результати моделювання в системі «Канва» представлені в графічному або табличному вигляді.

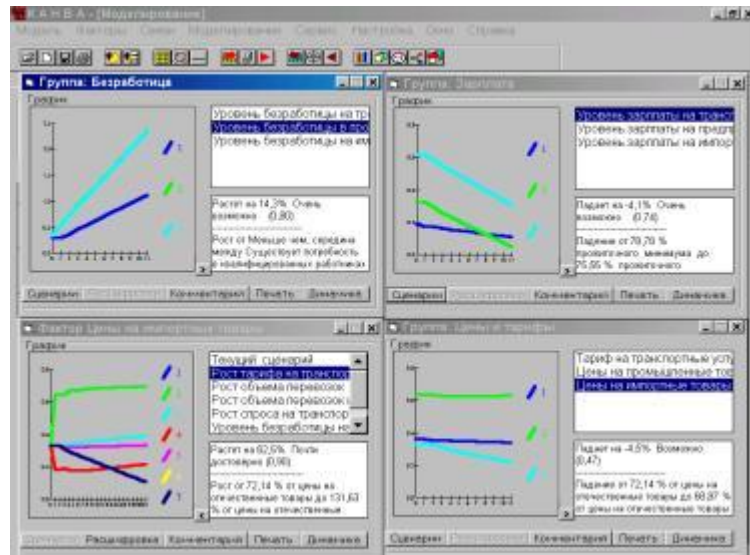


Рисунок 1.6 – Вікно графічного редактора системи «Канва для побудови і редагування орграфа ситуації [16]

Система також надає прогностні абсолютні числові та лінгвістичні значення факторів, а також відхилення значень факторів, які представлені в графічному вигляді або в таблицях на природному і зрозумілому експерту мовою.

Підсистема підтримки аналітичної діяльності експерта – ядро системи. Функціональність і організація цієї підсистеми орієнтована на стимуляцію мислення і інтуїції експерта і включає наступні підсистеми:

- підсистема пояснення прогнозу розвитку ситуації, яка забезпечує автоматичну генерацію звіту, що включає опис послідовних кроків (причинно-наслідкових ланцюжків) отримання прогностного значення будь-якого фактора ситуації,

- підсистема порад;

- підсистема підтримки сценарного дослідження ситуації, що забезпечує введення, редагування, перегляд і активізацію будь-якого сценарію.

Сценарне дослідження різних стратегій досягнення мети здійснюється в підсистемі порівняння сценаріїв розвитку ситуації, що забезпечує можливість парного порівняння та аналізу двох сценаріїв розвитку ситуації.

Загалом, система «Канва» може бути використана для концептуального аналізу та моделювання складних і погано певних політичних, економічних або соціальних ситуацій, для розробки стратегій управління та механізмів їх реалізації, розробки програмних документів стратегічного розвитку країни, регіону, підприємства, фірми і т.д., а також в якості інструментарію для безперервного моніторингу стану ситуації, породження і перевірки гіпотез механізмів розвитку і механізмів управління ситуацією. Застосування системи концептуального моделювання «Канва» значно розширює горизонти аналітичних можливостей експертів, звільняючи їх інтелект від рутинної роботи, стимулює уяву і інтуїцію для генерації оригінальних рішень і знахідок управління і рефлексивного поведінки в заплутаній ситуації.

Для здійснення когнітивного моделювання можна застосувати MS Excel [18]. Наприклад, в [18] описана технологія побудови та використання когнітивної моделі та запропоновано модель в середовищі MS Excel.

Це свідчить про те, що засобів MS Excel може бути достатньо для реалізації нескладних когнітивних моделей.

Швидкий розвиток технологій штучного інтелекту дав поштовх щодо розвитку когнітивних систем. Найпоширенішою серед них є когнітивна система система IBM Watson [19, 20].

Система Watson включає в себе набір пакетів програмного забезпечення на основі різних алгоритмів в залежності від задач, які потрібно вирішувати. Частина з них доступна в хмарі, а частина - призначена для місцевого розгортання. Компанія IBM збрала різноманітні аналітичні модулі і побудувала систему, яка може дозволяє працювати з великими обсягами даних. Система може працювати як з цифровою, так і з текстовою інформацією на різних мовами.

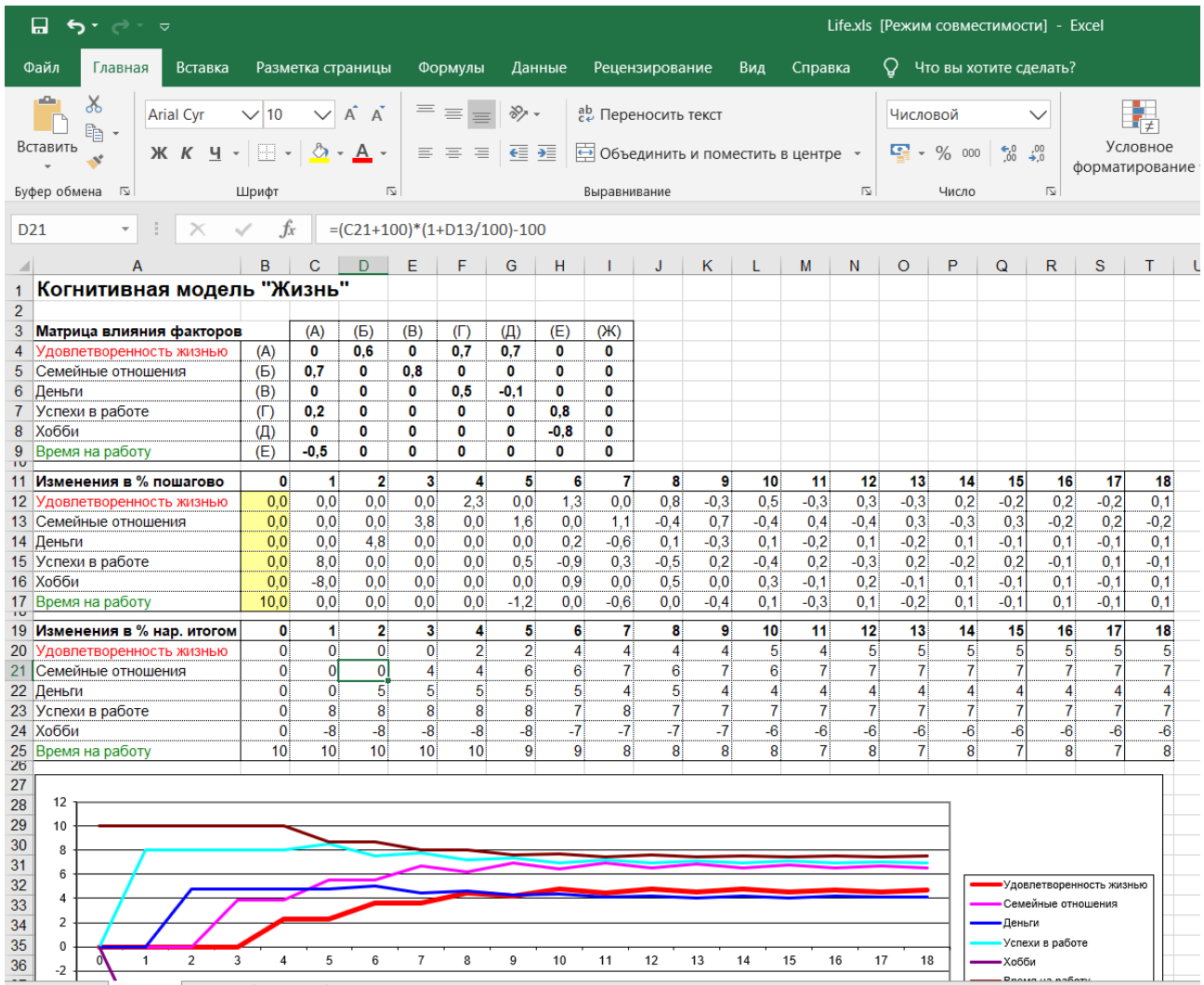


Рисунок 1.7 – Вікно графічного редактора системи «Канва для побудови і редагування орграфу ситуації [16]

При обробці інформації встановлюються зв'язки і кореляції між різними даними, подіями, фактами і явищами. Одна з головних завдань системи - виявлення зв'язків, які непомітні простому оку і які не можуть бути виявлені звичайним способом, або зробити це стандартними методами складно. Наприклад, якщо у якогось підприємства є система моніторингу, яка видає тисячі мінливих параметрів за хвилину, то жоден аналітик не в змозі проаналізувати таку інформацію оперативним чином. Інструментарій Watson ж це дозволяє зробити.

Watson в загальному вигляді можна описати як систему, яка допомагає прийняти рішення в умовах невизначеності. В перспективі розвиток системи

Watson як універсальної системи підказок на широке коло запитань, надання рекомендацій із зазначенням джерела інформації і використовуваних методик.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що розвиток когнітивних систем для підтримки прийняття рішень є досить актуальним. При чому, популярними на ринку є як прості системи на основі MS Excel, так і основані на моделях та алгоритмах штучного інтелекту, наприклад система IBM Watson.

#### 1.4.2 Функції та вимоги до когнітивних систем

Узагальнюючи функції та вимоги до когнітивних систем з [6], сформулюємо головні риси робочого визначення когнітивної системи:

1. Когнітивна система має мету функціонування. Ця мета часто розбивається на ієрархічну структуру цілей. При цьому важливість тієї чи іншої підцілі залежить ніж поточного контексту.

2. Система адаптивна та здатна приймати рішення залежно від власного стану та стану середовища.

3. Працює з використанням знань про себе та своє оточення та здатна планувати та модифікувати свої дії на підставі цих знань.

4. Здатна навчатися як із зовнішнім вчителем, так і самостійно.

5. Система використовує інформацію зворотного зв'язку для прийняття рішення.

6. Прогнозує результати можливих дій і приймає рішення за результатами прогнозів.

7. Враховує поточний контекст у процесі прийняття рішення.

8. Працює на основі знань, які мають семантичну інтерпретацію.

9. Співпрацює з людиною, тобто правильність її роботи може перевіряти та оцінювати людина. Сприймає та передає знання у формі, придатній для розуміння людиною.

10. Здатна співпрацювати з іншою когнітивною системою та обмінюватися з нею знаннями.

Завдання побудови когнітивних інформаційних систем особливо актуальна в сучасних умовах, коли поява інтелектуальних програмних агентів вимагає від них обміну знаннями не тільки з людьми, але й з іншими інтелектуальними агентами.

### 1.5 Постановка проблеми та формування задач дослідження

Актуальність теми дослідження. Когнітивний аналіз є потужним інструментом розробки стратегії розвитку системи (ситуації, процесу тощо). Існуюча теоретична база когнітивного аналізу, хоча і вимагає уточнень і розвитку, дозволяє різним суб'єктам управління зайнятися розробкою власних когнітивних моделей, оскільки передбачається, що для кожної проблеми, складаються специфічні моделі. Саме тому дослідження методів когнітивного моделювання та їх застосування в різних галузях при аналізі ситуацій є актуальним.

Метою атестаційної роботи є дослідження методів когнітивного моделювання, їх застосування для аналізу слабоструктурованих ситуацій та розроблення практичних рекомендацій щодо побудови інтелектуальної системи когнітивного моделювання для їх аналізу.

Об'єктом дослідження є методи когнітивного моделювання.

Предмет дослідження: застосування методів когнітивного моделювання для аналізу слабоструктурованих ситуацій.

Досягнення мети атестаційної роботи обумовило необхідність вирішення таких основних завдань:

- аналіз існуючих теоретичних відомостей щодо основних понять та визначень за темою дослідження, зокрема: проблема, слабоструктурована ситуація, когнітивне моделювання, когнітивний аналіз, когнітивна система;

- дослідження існуючого досвіду побудови когнітивних карт та когнітивного моделювання для аналізу ситуацій;

- аналіз існуючих на ринку програмних продуктів систем когнітивного моделювання;

- дослідження та аналіз підходів до побудови когнітивної системи;
- програмна реалізація когнітивної системи.

Інформаційну базу дослідження становлять підручники, монографії, наукові розробки та публікації провідних вітчизняних і зарубіжних учених і практиків у сфері когнітивного моделювання, інформаційно-довідкові посібники, статті та публікації в мережі інтернет.

## Висновки до розділу 1

В першому розділі здійснено дослідження наукової літератури згідно з темою роботи. А саме: здійснений аналіз існуючих теоретичних відомостей щодо основних понять та визначень за темою дослідження, зокрема розглянуто такі поняття як проблема, слабоструктурована ситуація, когнітивне моделювання, когнітивна карта, когнітивний аналіз, когнітивна система; проведено дослідження існуючого досвіду побудови когнітивних карт та когнітивного моделювання для аналізу ситуацій; здійснено огляд існуючих на ринку програмних продуктів систем когнітивного моделювання; обґрунтовано актуальність теми атестаційної роботи, поставлені задачі дослідження.

Виявлення і опис ситуації прийняття рішення являється важливим етапом для прийняття якісного і ефективного рішення. Тому аналіз проблемної ситуації – задача важлива і актуальна. Обґрунтовано, що для ретельного і якісного дослідження слабоструктурованих і нструктурованих ситуацій доцільно застосовувати комп'ютеризовані інструментальні засоби та технології моделювання та аналізу ситуацій, до яких відноситься когнітивне моделювання.

Сутність когнітивного моделювання полягає в побудові за спеціальними алгоритмами когнітивних карт та розрахунків відповідних показників когнітивної моделі.

Дослідження показали досить широке використання когнітивного моделювання при аналізі проблемних ситуацій в економіці й інших галузях.

Застосування когнітивного моделювання потребує спеціальної підтримки

програмними засобами та інформаційними технологіями. В роботі проведений аналіз існуючих систем когнітивного моделювання, який засвідчив, що не дивлячись на широке застосування когнітивного моделювання при аналізі слабоструктурованих ситуацій, таких систем недостатньо, що дає свідчить про актуальність створення нової системи.

За результатами дослідження сформована постановка задачі, яка полягає у виконанні наступних робіт: здійснити аналіз існуючих теоретичних відомостей щодо основних понять та визначень за темою дослідження, зокрема: проблема, слабоструктурована ситуація, когнітивне моделювання, когнітивний аналіз, когнітивна система; дослідження існуючого досвіду побудови когнітивних карт та когнітивного моделювання для аналізу ситуацій; аналіз існуючих на ринку програмних продуктів систем когнітивного моделювання; дослідження та аналіз методів когнітивного моделювання; визначення вимог до побудови когнітивної системи; виконати програмну реалізацію когнітивної системи.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ІНСТРУМЕНТАРІЮ КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ СЛАБОСТРУКТУРОВАНИХ СИТУАЦІЙ

### 2.1 Розвиток і різновиди когнітивних карт

#### 2.1.1 Основні положення способів побудови і аналізу когнітивних карт

Вперше термін «когнітивні карти» (Cognitive Maps) запропонував Толмен [21]. Також в роботі Аксельрода [22] описана модель у вигляді когнітивні карти як направленою «знакового» графа, яку він застосував в теорії прийняття рішень в політиці і економіці [23].

Найбільш поширені традиційні когнітивні карти представлені у вигляді орієнтованого графа і представляють систему, яка моделюється у вигляді множини концептів, які відображають системні змінні, пов'язані між собою відношеннями впливу. Такі відношення можуть бути позитивними, нейтральними і від'ємними. Це залежить від того, який вплив у них на концепти.

В залежності від особливостей предметної області та задач, для яких аналізується ситуація, використовують різні варіанти побудови когнітивних карт.

Під концептом в когнітивному моделюванні розуміють змінні, фактори, дії, стани, індикатори й інші поняття, для яких здійснюється моделювання предметної області. Концепти в когнітивних картах можна розглядати як системні змінні, значення яких визначає стан системи.

В знакових когнітивних картах відношення між концептами представляється лише якісно і може набувати значення, наприклад, зростання, спадання, незмінність.

Основними елементами когнітивної карти являються концепти і зв'язки, які описують вплив одного концепту  $K_i$  на інший концепт  $K_j$ . Концепт  $K_i$  називають

«вхідним», концептом-джерелом, концептом-причиною, а концепт  $K_j$  – «вихідний», концепт-отримувач, концепт-наслідок.

Направленість зв'язку  $ij$  означає, що концепт-джерело впливає на концепт-отримувач, тобто зміни стану концепту-джерела приводять до змін стану концептів-отримувачів. Позначається як  $w_{ij}$ .

Найбільш поширеними КК являються знакові, зважені, функціональні. Крім перелічених видів КК, досить популярними є нечіткі когнітивні карти (НКК), розширені нечіткі КК (Р-НКК), нейронні нечіткі КК (Н-НКК) [23].

Недоліками зважених, знакових і функціональних когнітивних карт є низька точність моделювання, яка в більшості випадків носить якісний характер на основі аналізу тенденцій зміни системних параметрів.

### 2.1.3 Знакові когнітивні карти

В знакових когнітивних картах направленість зв'язку між концептом-джерелом і концептом-отримувачем представлена двома типами зв'язку: позитивний або негативний. Вплив в таких картах розглядається таким чином: при позитивному зв'язку збільшення концепту  $K_i$  призведе до збільшення концепту  $K_j$ , а зменшення  $K_i$  – до зменшення концепту  $K_j$ . Якщо зв'язок негативний, то збільшення концепту  $K_i$  призведе до зменшення  $K_j$ , а зменшення  $K_i$  і навпаки.

Описаний вище інструментарій побудови й інтерпретації КК привів до виникненню їх модифікацій, які розширюють можливості цього інструментарію і дозволяють проводити кількісний аналіз складних систем [24].

### 2.1.3 Нечіткі когнітивні карти Коско

Подальшим розвитком КК були «нечіткі» когнітивні карти Коско, які називають «нечіткі когнітивні карти» (Fuzzy Cognitive Maps). ,

Відповідно основних положень щодо опису станів та значень концептів, концепти в НКК можуть приймати значення з діапазону дійсних чисел  $[0, 1]$ .

Термін «нечіткі» позначає тільки те, що причинні зв'язку (зв'язку взаємовпливу) можуть приймати не тільки значення, рівне 0 або 1, а лежать в діапазоні дійсних чисел, що відображають «силу» впливу одного концепту на інший.

При завданні негативних ваг впливу з діапазону  $[-1, 0]$  проблема їх нормування вирішується шляхом «розщеплення» концепта на концепт і дисконцепт. При цьому негативні впливи перетворюються на позитивні з таким же абсолютним значенням, але вони впливають на дисконцепт. Тобто при завданні позитивних значень вважаємо, що є позитивний вплив, а дисконцепт – негативні.

Незважаючи на те що когнітивні карти цього типу названі нечіткими, в обчислювальних моделях Коско не застосовується підхід теорії нечітких множин Заде, в яких базова множина – це ступінь приналежності. В нечітких когнітивних картах Коско для опису впливу використовується тільки одна з цих «координат», що збіднює можливості моделюючих засобів при дослідженні властивостей реальних складних систем.

В НКК структуру впливу декількох вхідних концептів на вихідний можна розглядати як структурк однослойного перцептронну [10]. Тобто спосіб акумулювання окремих впливів аналогічний зваженому підсумовування компонентів вхідного вектору штучним нейроном з подальшим нелінійним перетворенням результатів цього підсумовування. Окремі чіткі впливи вхідних концептів підсумовуються, і для запобігання виходу за межі діапазону вихідного концепту використовується спеціальна нелінійна функція  $f$  (2.1).

$$K_j = f \left[ \sum_{i=1}^N w_{ij} K_i \right], \quad (2.1)$$

де  $K_i$  і  $K_j$  - значення вхідного і вихідного концептів;  $N$  – кількість концептів, які безпосередньо впливають на концепт  $j$ ;

$w_{ij}$  - вага впливу концепту  $i$  на концепт  $j$ .

Функція  $f[\dots]$  використовується для нормалізації результату обчислень в діапазоні  $[0, 1]$ . Зазвичай застосовується сигмоїдальна функція (2.2).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}, \lambda > 0. \quad (2.2)$$

Незважаючи на те, що в обчислювальному аспекті нечіткі когнітивні карти Коско схожі на штучну нейронну мережу, проте між цими двома моделями існують відмінності. Нечіткі когнітивні карти можуть носити чисто експертний характер (хоча можуть і навчатися) і відповідають моделі типу «білого ящика», тоді як штучна нейронна мережа принципово орієнтована на навчання (модель типу «чорного ящика») [10].

Оскільки  $w_{ij} \in [-1, 1]$ , для обліку поширення негативних впливів концептів використовується поняття дисконцепта. При цьому негативні впливи перетворюються в позитивні з тим же абсолютним значенням, але впливаючи на дисконцепти:  $K_i \xrightarrow{-} K_j$  замінюється на  $K_i \xrightarrow{+} \bar{K}_j$ .

Дане рішення хоча і подвоює кількість концептів, проте дозволяє коректно і незалежно обробляти впливи різного знаку.

Динамічний процес і стійкість функціонування когнітивної карти можна описати виразом (2.3).

$$K_j(t + 1) = f \left[ \sum_{i=1}^N w_{ij} K_i(t) \right]. \quad (2.3)$$

Стан системи описується вектором станів концептів в просторі  $[0, 1]^N$  або  $[-1, 1]^N$ , де  $N$  - число концептів НКК.

Зміни в системі описують шляхом множення цього вектору на квадратну матрицю суміжності для графа НКК, елементи якої – ваги впливів.

Асимптотично ці зміни в нечіткій когнітивній карті можуть призводити до стійкого стану, граничного циклу і дивному аттрактору.

В подальшому НКК набули широкого розвитку, були розроблені різні модифікації таких систем. Так, дістали подальшого розвитку моделі, в яких концепти когнітивних карт представляються на основі шкали дійсних чисел, обмежених в деякому діапазоні, наприклад  $[-1, 1]$ .

У роботах [25], [36] в якості діапазону значень сили зв'язку  $w_{ij}$  використовується інтервал дійсних чисел від  $-1$  (найсильніша негативна) до  $+1$  (найсильніша позитивна). Чим сильніше зв'язок, тим сильніше позитивний або негативний вплив вхідного концепту на вихідний, і навпаки. Таким чином, в даній моделі сила зв'язку між концептами представляє собою дійсне значення з інтервалу  $[-1, 1]$ . І за умови, що «значення» концептів також можуть бути приведені до безрозмірної шкали дійсних чисел в діапазоні  $[-1, 1]$ , передача впливу концепту  $i$  на концепт  $j$  може виражатися кількісно (2.4):

$$K_j = w_{ij}K_i. \quad (2.4)$$

Дослідження показали, що НКК стали основою для розвитку цього напрямку дослідження і аналізу в ситуаційному моделюванні. Зокрема, в [10] описані модифікації НКК Коско.

#### 2.1.4 Нечіткі когнітивні карти Силова

Наступним розвитком НКК є нечіткі карти Силова, які описані для моделювання нечіткоцільових динамічних систем.

Вплив концептів-джерела на концепти-отримувачі аналогічно НКК Коско представлені у вигляді  $w_{ij} \in [-1, 1]$ , але вони розглядаються як елементи нечіткої матриці суміжності для графа НКК.

Як і в НКК Коско, вплив  $w_{ij}$  задається на інтервалі  $[-1, 1]$ , в той час, як операції над нечіткими множинами визначені для функції приналежності на  $[0, 1]$ . Дана проблема вирішується так, як і в НКК Коско. Тобто негативні впливи перетворюються в позитивні з тим же абсолютним значенням, але впливаючи на дисконцепти:  $K_i \xrightarrow{-} K_j$  замінюється на  $K_i \xrightarrow{+} \bar{K}_j$ .

Нечіткі значення вихідного концепту виходять з використання характерних для нечіткої логіки операцій T-норм над нечіткими значеннями вхідних концептів і ваг впливу. Найбільш вживаними різновидами T-норм є операції мінімуму ( $\min$ ) і алгебраїчного добутку ( $\text{prod}$ ). Так, при використанні зв'язки  $\min$  передача безпосереднього впливу концепту  $K_i$ , на концепт  $K_j$ , здійснюється наступним чином (2.5):

$$\tilde{K}_j = \min(\tilde{K}_i, w_{ij}). \quad (2.5)$$

Для визначення системних характеристик КК будують матрицю позитивних зв'язків, та основі якої визначають відповідні показники когнітивної карти з метою здійснення аналізу [10].

## 2.2 Аналіз показників нечітких когнітивних карт

Аналіз когнітивної карти полягає в аналізі статичних і динамічних показників. Розглянемо їх.

Для здійснення аналізу на основі початкової нечіткої когнітивної моделі будують матрицю впливів концепту-джерела на концепт-отримувач, яка є основою для визначення показників системи.

На основі отриманої матриці взаємовпливу можна можна вирішувати завдання проблемно-цільового аналізу складних систем і процесів [10].

Показники (2.6) – (2.20) аналізу НКК подані в таблиці 2.1 [10], [24], [27].

Таблиця 2.1 – Показники аналізу НКК

Назва показника НКК	Формула обчислення показника	
1	2	
Консонанс впливу концепту $K_i$ на концепт $K_j$	$c_{ij} = \frac{ v_{ij} + \bar{v}_{ij} }{ v_{ij}  +  \bar{v}_{ij} }$	(2.6)
Дисонанс впливу концепту $K_i$ на концепт $K_j$	$d_{ij} = 1 - c_{ij}$	(2.7)
Взаємний консонанс впливу концептів $K_i$ та $K_j$	$\vec{c}_{ij} = \frac{ (v_{ij} + v_{ji}) + (\bar{v}_{ij} + \bar{v}_{ji}) }{ v_{ij} + v_{ji}  +  \bar{v}_{ij} + \bar{v}_{ji} }$	(2.8)
Взаємний дисонанс впливу концептів $K_i$ та $K_j$	$\vec{d}_{ij} = 1 - \vec{c}_{ij}$	(2.9)
Вплив концепту $K_i$ на концепт $K_j$	$p_{ij} = \text{sign}(v_{ij} + \bar{v}_{ij}) \max( v_{ij} ,  \bar{v}_{ij} )$ для $v_{ij} \neq -\bar{v}_{ij}$	(2.10)
Взаємний позитивний вплив концептів $K_i$ та $K_j$	$\vec{p}_{ij} = \vec{p}_{ji} = (v_{ij} \ S \ v_{ij}),$ де $S$ – відповідна $S$ -норма	(2.11)
Взаємний негативний вплив концептів $K_i$ та $K_j$	$\vec{n}_{ij} = \vec{n}_{ji} = - \bar{v}_{ij}  \ S \  \bar{v}_{ij} $	(2.12)
Консонанс впливу $i$ -го концепту на систему (карту)	$\vec{C}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ij}$	(2.13)

Продовження таблиці 2.1

1	2	
Дисонанс впливу і-го концепту на систему	$\vec{D}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}$	(2.14)
Консонанс впливу системи на j-й концепт	$\vec{C}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ij}$	(2.15)
Дисонанс впливу системи на j-й концепт	$\vec{D}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}$	(2.16)
Вплив і-го концепту на систему	$\vec{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}$	(2.17)
Вплив системи на j-й концепт	$\vec{P}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}$	(2.18)
Взаємний консонанс і-го концепту і системи	$I_i^{SC} = (\vec{C}_i \ S \ \vec{C}_i)$	(2.19)
Взаємний консонанс і-го концепту і системи	$J_i^{SC} = (\vec{D}_i \ S \ \vec{D}_i)$	(2.20)

Показники  $\vec{C}_i$ ,  $\vec{D}_i$ ,  $\vec{C}_j$ ,  $\vec{D}_j$ ,  $\vec{P}_i$ ,  $\vec{P}_j$  характеризують кожен концепт щодо системи.

Вибираючи відповідний тип відносин і задаючи а-рівень їх значень, можна отримати бінарну матрицю і, отже, виділити класи взаємопов'язаних концептів, які характеризуються цим рівнем щодо відповідного, обраного для аналізу якості (взаємного консонансу, дисонансу, позитивного і негативного впливу).

### 2.3 Модель узгодження експертних оцінок когнітивної моделі

Аналіз слабоструктурованих проблемних ситуацій в більшості випадків вимагає ретельного дослідження проблемної області із врахуванням багатьох факторів і чинників. Тому, в більшості випадків, такий аналіз здійснюється не однією особою, а групою експертів. Саме тому визначення впливу концепту-

джерела на концепт-утримувач може вимагати узгодження оцінок експертів. Отже, виникає проблема вибору методів узгодження групових рішень.

Для узгодження групових рішень існує велика методів на основі формалізованої теорії прийняття рішень, зокрема, в роботах [28], [29], [30], [31], [32] запропоновані наступні:

- визначення групової оцінки як середньої оцінки учасників процесу підтримки групових рішень з округленням до цілого;
- визначення групової оцінки як суми балів;
- визначення групової оцінки як результат впорядкування середніх оцінок;
- визначення групової оцінки як результат впорядкування по сумі балів;
- ранжування важливості концептів, найближчих до отриманого групового вибору тощо.

Розглянемо процес узгодження рішень експертів в процесі побудови когнітивної карти та оцінювання впливів на концепти. На основі робіт [32], [33]. Розглянемо етапи створення когнітивної карти та узгодження експертних оцінок на основі теорії нечітких множин

Етап 1. Постановка задачі аналізу ситуації та прийняття рішення.

На цьому етапі формулюють головні цілі і задачі, пов'язані з аналізом слабоструктурованої ситуації та формуються задачі прийняття рішень щодо даної ситуації. На цьому етапі також визначають процес та умови обговорення проблемної ситуації та її аналізу. Як відомо з [4], групове обговорення проблеми можна організувати за такими чотирма сценаріями:

- той самий час/ те саме місце;
- різний час/ те саме місце;
- той самий час/різні місця;
- різний час/різні місця.

Таким чином, визначають платформу для обговорення, методи узгодження групового рішення, режим групової взаємодії. Також визначають склад експертів для групового обговорення, за потребою, призначають вагові коефіцієнти кожному експерту.

#### Етап 2. Аналіз проблемної ситуації.

На цьому етапі здійснюють аналіз існуючої ситуації, що полягає в отриманні оперативної і надійної інформації щодо проблемної області. На основі отриманої інформації за допомогою спеціальних аналітичних методів здійснюють пошук закономірностей і ключових факторів, що визначають можливі сценарії розвитку ситуації, ідентифікують характер загроз, аналізують фактори.

Для аналізу проблемної ситуації широко застосовують сучасні інформаційні технології і методи інтелектуального аналізу даних, зокрема: Data Mining (інтелектуальна обробка даних), OLAP (оперативний аналіз даних), Knowledge Discovery (видобуток знань), Intelligent Analysis Data (інтелектуальний аналіз даних) [32].

#### Етап 3. Формування списку концептів.

За результатами проблемної ситуації експерти пропонують перелік факторів (концептів). Для формування списку концептів можна застосувати якісні методи групової роботи: мозковий штурм, метод номінальних груп та інші.

#### Етап 4. Формування списку концептів.

Список концептів, отриманий на попередньому етапі, може бути достатньо об'ємним, може вміщувати перелік схожих за змістом концептів (синонімів), концептів з неоднозначним тлумаченням, концептів-омонімів. На даному етапі пропонується узгодити список, вилучивши синоніми і омоніми.

На наш погляд, концепти мають бути атомарними або інакше доцільно створювати багаторівневий список концептів. Якщо список громіздкий і має малозначущі фактори, необхідно його проаналізувати, щоб залишити найбільш суттєві.

Розглянемо процес узгодження концептів групою експертів.

Нехай  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_j, \dots, c_m\}$  набір концептів, запропонованих експертам для аналізу проблемної ситуації. Необхідно із запропонованої множини обрати певну кількість концептів, які, на думку групи ОПР є найбільш суттєвими.

Вибір переліку концептів здійснимо на основі теорії нечітких множин, описаних в роботах [33], [34], а етап узгодження покажемо за допомогою п'яти кроків.

Крок 1. Визначення лінгвістичних змінних, що описують різні ступені переваги критерію. Для опису лінгвістичних змінних пропонуємо застосувати трикутні числа нечіткої логіки.

Для оцінювання важливості критеріїв пропонуємо лінгвістичну змінну  $V = \{\text{ПРАКТИЧНО НЕВАЖЛИВИЙ; НЕ ДУЖЕ ВАЖЛИВИЙ; ДОСТАТНЬО ВАЖЛИВИЙ; ВАЖЛИВИЙ; ДУЖЕ ВАЖЛИВИЙ}\}$ . Значення термів множини задамо наступними нечіткими трикутними числами:

ПРАКТИЧНО НЕВАЖЛИВИЙ = (0,0; 0,1; 0,2);

НЕ ДУЖЕ ВАЖЛИВИЙ = (0,1; 0,2; 0,3);

ДОСТАТНЬО ВАЖЛИВИЙ = (0,2; 0,3; 0,4);

ВАЖЛИВИЙ = (0,3; 0,4; 0,5);

ДУЖЕ ВАЖЛИВИЙ = (0,4; 0,5; 0,6).

Крок 2. Призначення кожним членом групи лінгвістичного терму концептам  $C_j$ .

Переваги кожної особи, що приймає рішення (ОПР), пропонуємо представити у вигляді  $n$  - мірного вектора  $V_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , де  $i$  – індекс, що позначає номер ОПР.

Тоді переваги групи можна представити у вигляді матриці  $V_{ij}$ , розмірністю  $n \times m$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ , де  $i$  – індекс, що позначає номер ОПР,  $j$  – індекс, що позначає номер критерію.

Крок 3. Використовуючи метод адитивної згортки здійснимо вибір найкращих клнцептів. Для цього здійснимо агрегацію матриці  $V_{ij}$  у вектор  $K_j = \{K_1, K_2, \dots, K_j, \dots, K_m\}$ , де  $K_j$  - зважена оцінка  $j$  – концепту.

Крок 4. Для враховуються важливості думки експертів пропонуємо для них призначити коефіцієнти вагомості. Для оцінювання важливості думки ОПР використаємо лінгвістичну змінну  $\delta = \{\text{ДУЖЕ ВАЖЛИВА, ВАЖЛИВА, ДОСТАТНЬО ВАЖЛИВА, НЕДОСТАТНЬО ВАЖЛИВА, НЕ ВАЖЛИВА}\}$ , задану нечітким трикутним числом, аналогічно лінгвістичній змінній  $V$ .

Призначимо кожній ОПР лінгвістичну оцінку відносної важливості її думки  $\delta_i$ .

Тоді елементи вектора  $K_j$  визначимо за формулою (2.16):

$$K_j = \sum_{i=1}^n \delta_i V_{ij} \quad (2.16)$$

Ранжування концептів з урахуванням отриманих зважених оцінок здійснимо на основі нечіткої композиції (2.17):

$$\mu_j(j) = \sup_{k_1, k_2, \dots, k_m \geq k_j} \inf_j \mu_{K_j}(k_j), \quad (2.17)$$

де  $\mu_j(j)$  - нечітка множина концептів, що відповідають поняттю "кращий концепт". Кращим вважається концепт, що має найбільше значення  $\mu_j(j)$ .

Крок 5. Вибір найбільших за значеннями концептів, кількість яких є фіксованим числом  $m'$  що посіли перші місця:  $C = \{\mu_j(j)\}, j = \overline{1, m'}$ .

Етап 5. Визначення та узгодження оцінок впливу концептів.

На цьому етапі кожен член групи визначає вплив концепту-джерела на концепт-приймач. Якщо величина впливу виражена кількісним значенням, можна скористатися одним із методів групового узгодження, перелічених вище, а саме:

- визначення групової оцінки як середньої оцінки експертів з округленням до цілого;
- визначення групової оцінки як суми балів;
- визначення групової оцінки як результат впорядкування середніх оцінок;
- визначення групової оцінки як результат впорядкування по сумі балів;
- ранжування важливості концептів, найближчих до отриманого групового вибору тощо.

Також можуть бути застосовані різні математичні методи, наприклад: задачі теорії ігор, метод аналізу ієрархій, нечіткі множини, нейронні мережі, марківські випадкові процеси, метод попарних порівнянь, методи математичного програмування методи багатокритеріального вибору, тощо.

В той же час, узгодження групових оцінок впливу може здійснюватися за якісними оцінками, тоді доцільно скористатися методами теорії нечітких множин.

## Висновки до розділу 2

В розділі досліджено математичний опис та аналіз когнітивних карт, запропонований підхід узгодження оцінок експертів у разі, якщо аналіз здійснюється групою осіб.

Визначено, що найбільш поширені традиційні когнітивні карти представлені у вигляді орієнтованого графа і представляють систему, яка моделюється у вигляді множини концептів, які відображають системні змінні, пов'язані між собою відношеннями впливу.

Існує велика кількість видів КК, а саме: знакові, зважені, функціональні, нечіткі когнітивні карти, розширені нечіткі КК, нейронні нечіткі КК .

Розвиток КК вдосконалював підходи щодо визначення оцінок впливу концепту-джерела на концепт отримувач та аналізу показників КК

На основі теорії нечітких множин запропоновано модель узгодження оцінок експертів при моделюванні і описі КК при вирішенні проблем слабоструктурованих ситуацій.

Проведений аналіз здійснено з метою визначення математичної основи проектування та реалізації системи когнітивного моделювання (СКМ).

## 3 РОЗРОБКА ВИМОГ І ПРОЕКТУВАННЯ КОГНІТИВНОЇ СИСТЕМИ

### 3.1 Особливості аналізу слабоструктурованих ситуацій та обґрунтування застосування когнітивного моделювання

Прийняття будь-якого рішення починається з дослідження проблемної області, тобто з аналізу ситуації. Неякісно описана проблемна область або недостатня кількість чи якість вхідної інформації може призвести до неякісного неефективного рішення. Саме тому проблема аналізу ситуацій на етапі прийняття рішень завжди актуальна. Процес аналізу ситуацій вимагає спеціальної підтримки і застосування нових методів і технологій. Це особливо актуально, якщо проблема складна, а ситуація носить характер слабоструктурованої чи неструктурованої.

Якісно проведене дослідження ситуації дозволить визначити її характер та дасть уявлення щодо подальших дій та напрямків роботи по прийняттю відповідних рішень.

Досліджуючи проблемну ситуацію, необхідно дати їй характеристику, визначивши ступінь її структурованості; ступінь неточності вхідних даних, варіантів рішень, імовірності настання наслідків; рівень часового горизонту.

Наприклад, за сферою організаційного управління рішення, пов'язані з проблемною ситуацією, можуть бути стратегічні, адміністративні, оперативні. Рішення, які приймаються для даної ситуації можуть бути в умовах невизначеності, ризику, нечіткої інформації, тощо.

Класифікація ситуацій, пов'язаних з прийняттям рішень, добре описана в роботі Ситника В.Ф. [10] і подана в таблиці 3.1.

Таким чином, ситуації, пов'язані з прийняттям рішень, можна розглядати в наступних аспектах:

- тип ситуації, визначає, до якого типу відноситься ситуація: закритих, відкритих чи кризових задач;

Таблиця 3.1 – Класифікація ситуацій, пов'язаних із прийняттям рішень

Тип ситуацій	Вид ситуації	Характерна особливість	Приклад
Ситуації закритих задач (структуровані проблеми)	Детерміновані ситуації	1. Відомі і добре визначені цілі 2. Доступна і зрозуміла вхідна інформація; 3. Детерміновані фактори	Моделі лінійного програмування
	Ситуації за умов ризику	1. Відомі і добре визначені цілі; 2. Необхідна інформація вільно доступна; 3. Змінні і післядії стохастичні	Задачі керування запасами; побудова черг.
Ситуації відкритих задач	Прийняття рішень за умов невизначеності (слабо структуровані проблеми)	1. Добре визначені цілі. 2. Невизначеність вхідної інформації (неповна інформація)	Аналіз капітальних вкладень.
	Прийняття рішень за умов нечітких цілей (неструктуровані проблеми)	1. Нечіткі цілі. 2. Невизначеність вхідної інформації, тобто обидві форми невизначеності	Диверсифікація; організаційні розробки
Кризові ситуації	Посилені відкриті рішення (неструктуровані проблеми)	1. Нечіткі цілі. 2. Невизначеність вхідної інформації . 3. Невизначеність післядій. 4. Жорсткі часові обмеження	Форс – мажорні обставини,

- вид ситуації, визначає, до якого типу відноситься ситуація: детерміновані, за умов ризику, за умови невизначеності, умови нечітких цілей, посилені відкритих рішень;
- тип проблеми організаційного управління, визначає, чи це структурована, слобоструктурована чи неструктурована проблема;
- характерні особливості, визначає ступінь визначеності цілей, ступінь визначеності вхідної та вихідної інформації, тип і ступінь часових обмежень, тощо;
- категорія творців рішень — вказують, яка категорія працівників є учасником процесу прийняття рішень (керівники, фахівці, технічні працівники, тощо);
- фактори, що впливають на середовище прийняття рішень, характер і ступінь такого впливу;
- взаємозв'язки рішень – залежність рішень, що розглядаються, від рішень, що приймаються раніше з досліджуваних та інших задач, вплив цієї сукупності рішень на майбутні рішення;
- інформація (внутрішня та зовнішня), що необхідна для прийняття обґрунтованих рішень, типи даних (емпіричні, об'єктивні), джерела їх надходження, підходи та методології до їх збирання та оброблення (суцільне перебирання, алгоритмізація, евристика, імітація, аналітична методологія тощо);
- знання, необхідні для прийняття оптимальних рішень, їх типи (декларативні, процедурні та евристичні), можливі джерела одержання та способи нагромадження.

За рівнем організаційного управління рішення можуть бути стратегічні, тактичні та оперативні. При чому, чим дальший розмір часового горизонту рішення, тим воно більш неструктуроване, має риси умов невизначеності та ризику. В таблиці 3.2 показана класифікація рішень в залежності від проблем організаційного управління та їх характеристика за аспектом рівня структурованості [10].

Таблиця 3.2 – Класифікація ситуацій за рівнем проблем організаційного управління

Клас проблеми	Визначальна особливість	Методи розроблення рішень	Галузі використання
Перший	Цілком структуровані (формалізовані) процедури розроблення рішень	Ті, що ґрунтуються на стандартизації і програмуванні	Бухгалтерський облік; підготовка виробництва; складський облік тощо
Другий	Слабоструктуровані процедури розроблення рішень	Умови неповної інформації, теорії нечітких (розмитих) множин, когнітивного аналізу	Поточне планування; оперативно-календарне планування; управління запасами
Третій	Неструктуровані процедури розроблення рішень	Творчий підхід на основі інформованості, кваліфікації, інтуїції, когнітивного аналізу тощо	Прогнозування; перспективне планування

На етапі аналізу ситуацій важливо визначити, хто буде здійснювати аналіз, тобто, в першу чергу, визначити, чи це одна особа, що приймає рішення (ОПР) чи група осіб, які беруть участь у прийнятті рішень. По можливості, доцільно описати ступінь новизни проблеми для ОПР; рівень повноти знань ОПР щодо структури проблеми; Можна охарактеризувати творців рішень, виходячи з того, як вони мають приймати рішення.

В роботі [10] запропоновано класифікувати ОПР за такими класами задач, які вони розв'язують, як показано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Класифікація ОПР

Номер групи	Назва групи	Клас завдань, що розв'язуються
1	Керівники (директори, головні адміністратори та ін.)	Неструктуровані, меншою мірою — слабоструктуровані
2	Фахівці (керівники функціональних служб, головні спеціалісти)	Слабоструктуровані
3	Технічні працівники (секретарі, касири, експерти, клерки та ін.)	Структуровані

Важливим кроком при аналізі ситуації являється визначення вимог щодо подачі та використання інформації для прийняття рішень. Дані вимоги можуть бути сформульовані і задокументовані в звітах.

Результати аналізу дозволить сформулювати пропозиції щодо вибору методів підтримки прийняття рішень, визначити метод чи субметод прийняття рішення, на основі якого буде вирішуватись задача прийняття рішення.

Описаний вище процес аналізу ситуацій досить трудомісткий, потребує значних зусиль часу і ресурсів. Застосування спеціальних методів підтримки такого аналізу значно спростить цей процес, скоротить час на його виконання, дозволить більш ретельно та якісно його виконати.

Наприклад, у економічній сфері аналіз проблемних слабоструктурованих ситуацій людської діяльності, пов'язаний з прогнозуванням змін загального макроекономічного середовища, проміжного середовища функціонування, зокрема, поведінки контрагентів (споживачів, постачальників, конкурентів та інших учасників) та мікроекономічного середовища. Традиційно так сталось, що рішення на рівні стратегічного та тактичного управління гірше піддаються структуризації та пов'язані з впливом великої кількості факторів, які не завжди мають кількісний вимір. Крім того, самі фактори і їх пріоритетність можуть змінюватись у відповідності до ситуації. За таких умов виправданим є використання інструментів стратегічного управління – SWOT, PEST, SC, BCG,

BSC. Слід зазначити, що більшість з цих інструментів описані концептуально, але не доведені до рівня конкретної моделі.

Використання методів когнітивного моделювання і аналізу дозволить вирішити питання вибору факторів, градація їх за пріоритетністю та оцінка на основі точкових, інтервальних і нечітких шкал на рівні середньострокового та довгострокового прогнозування. Використання інструментарію теорії нечітких множин дозволяє описати та краще структурувати суб'єктивні дані експертів, які мають велике розповсюдження за умов прийняття стратегічних та тактичних рішень. Використання методів когнітивного моделювання дозволить формалізувати поставлені задачі та здійснити розробку програмних продуктів, направлених на підтримку прийняття рішень.

### 3.2 Концептуальні положення створення системи когнітивного моделювання

Неструктуровані і слабоструктуровані задачі є досить складними і вимагають спеціальної підтримки. Тому застосування спеціальних програмних засобів при аналізі ситуацій в сучасних умовах є необхідною складовою цього процесу. Тому для аналізу слабоструктурованих ситуацій методом когнітивного моделювання доцільно використовувати інтелектуальну систему когнітивного моделювання.

Основною метою створення СКМ є підвищення якості рішень при аналізі ситуацій, визначення факторів впливу на ситуацію, пошук прихованих знань щодо проблеми.

Узагальнюючи досвід щодо створення подібних систем, пропонується виокремити наступні етапи проектування СКМ.

1. Дослідження проблемної області та формування вимог до системи.
2. Вибір технології проектування системи.
3. Визначення функціональних можливостей КСМ.
4. Проектування компонентів СКМ.

Розглянемо детально ці етапи.

### 1. Дослідження проблемної області та формування вимог до системи.

На даному етапі описується перелік труднощів і "вузьких місць", специфічних для роботи даної системи. До основних труднощів можна віднести:

- 1) неможливість прогнозувати процес;
- 3) труднощі з обробкою даних, необхідних для ПР;
- 4) проблеми з аналізом і формуванням логічного висновку;
- 5) труднощі з візуалізацією результатів;
- 6) неточність процесу евристичних суджень.

### 2. Вибір технології проектування системи.

Вибір технології проектування залежить від виду самої СКМ.

Технологія проектування інформаційної системи (ІС) – це комплекс методологічних підходів і засобів проектування, а також засобів організації проектування (управління процесом створення і модернізації проекту інформаційної системи).

В основі технології проектування лежить технологічний процес, який визначає дії, їх послідовність, склад виконавців, засоби і ресурси, необхідні для виконання цих дій. Технологічний процес проектування будьякої інформаційної системи в цілому ділиться на сукупність послідовно-паралельних, зв'язаних і супідрядних ланцюжків дій, кожна з яких може мати свій предмет. Дії, які виконуються при проектуванні системи, можуть бути визначені як неподільні технологічні операції або як підпроцеси технологічних операцій. Вибираючи конкретну технологію створення ІС, необхідно керуватися наступними вимогами:

- створений за допомогою цієї технології проект повинен відповідати вимогам замовника;
- вибрана технологія повинна максимально відображати весь цикл життя проекту;
- вибрана технологія повинна забезпечувати мінімальні трудові і вартісні витрати на проектування і супровід проекту;

- технологія повинна бути основою зв'язку між проектуванням і супроводом проекту;
- технологія повинна сприяти зростанню продуктивності праці проектувальника;
- технологія повинна забезпечувати надійність процесу проектування і експлуатації проекту;
- технологія повинна сприяти простому веденню проектної документації.

Прийнято виділяти два основні класи технологій створення ІС: канонічна і індустріальна технології. Індустріальна технологія проектування, у свою чергу, розбивається на два підкласи: автоматизоване (з використанням CASE-технологій) і типове (параметрично-орієнтоване або модельно-орієнтоване) проектування. Використання індустріальних технологій проектування не виключає використання канонічної технології.

При канонічному проектуванні ІС відображаються особливості ручної технології індивідуального проектування, яке здійснюється на рівні виконавців без використання яких-небудь інструментальних засобів, що дозволяють інтегрувати виконання елементарних операцій. Як правило, канонічне проектування застосовується для невеликих локальних систем.

В основі канонічного проектування лежить каскадна модель життєвого циклу ІС.

Канонічний підхід до проектування ІС має також назву ресурсно-функціонального підходу – в його основу покладено ресурсно-функціональну декомпозицію діяльності економічного об'єкта, для якого створюється система.

При застосуванні індустріального автоматизованого підходу до проектування ІС прийнято розрізняти наступні підходи індустріального автоматизованого проектування ІУС: структурно-орієнтований, об'єктно-орієнтований, процесно-орієнтований та агентно-орієнтований.

Структурно-орієнтований підхід базується на структурно-орієнтованій декомпозиції економічного об'єкта, для якого розробляється ІС. Така

декомпозиція здійснюється шляхом структурного аналізу - методу дослідження системи, який починається з її загального огляду, потім деталізується, набуваючи ієрархічної структури з усе більшою кількістю рівнів.

Для цілей структурного аналізу традиційно використовуються три групи засобів, що ілюструють:

- функції, які система повинна виконувати;
- відношення між даними;
- поведінку системи залежно від часу (аспекти реального часу).

Серед різноманітних графічних нотацій, що використовуються для розв'язання перелічених задач, у методологіях структурного аналізу найчастіше і ефективно застосовуються такі:

- DFD (Data Flow Diagrams) — діаграми потоків даних (ДПД) спільно зі словниками даних і специфікаціями процесів (міні-специфікаціями);
- ERD (Entity—Relationship Diagrams) — діаграми «суть—зв'язок»;
- STD (State Transition Diagrams) — діаграми переходів станів.

Суть об'єктно-орієнтованої методології зводиться до об'єктної декомпозиції предметної області, що подається у вигляді сукупності об'єктів, які взаємодіють між собою за допомогою передачі повідомлень. Даний підхід не є протиставленням структурному підходу, більше того, фрагменти методологій структурного аналізу (а саме його базові моделі: DFD, ERD і STD) використовуються під час об'єктно-орієнтованого аналізу для моделювання структури і поведінки самих об'єктів.

Процесно-орієнтований підхід базується на новому напрямку в теорії менеджменту економічними об'єктами – реінжинірингу бізнес-процесів. Бізнес-процеси – це ділові, адміністративні, технологічні процедури функціонування підприємства, до яких належать: документообіг, управління фінансовими, матеріальними потоками, персоналом, організаційно-господарськими і технологічними процесами, процесами проектування виробів і т. ін. Кардинальне якісне переосмислення та кількісне перепроєктування всіх бізнес-процесів в рамках конкретного економічного об'єкту і є реінжинірингом бізнес-процесів. По

суті реінжиніринг передбачає аналіз та оптимізацію бізнесів-процесів заради досягнення економічним об'єктом стратегічних цілей. Його методологічною основою є системний і структурний аналіз, теорія управління великими системами, а також методи керування якістю, промислова інженерія тощо [32].

Суть агентно-орієнтованого підходу до створення ІС полягає в тому, що така інформаційна система проектується та реалізується як сукупність програмних агентів (software agent) або як мультиагентна система.

В основі типової (прототипної) технології або RAD-технології (rapid application development - технології швидкої розробки додатків) проектування лежить спіральна модель життєвого циклу ІС. Згідно цієї технології ІС розробляється шляхом розширення програмних прототипів, повторюючи шлях від деталізації вимог до деталізації програмного коду.

### 3. Визначення функціональних можливостей СКМ.

На цьому етапі пропонується порядок роботи користувача з системою, описується розподіл дій між персоналом і технічними засобами при різних ситуаціях розв'язання задачі. Також на цьому етапі наводиться опис основних функцій СКМ.

### 4. Проектування компонентів СКМ.

Відповідно обраних методів проектування на даному етапі проектується база даних, база моделей та інтерфейс користувача. Зазначимо, що при проектуванні користувацького інтерфейсу важливо обґрунтувати механізм організації взаємодії користувачів із системою (формальний діалог, природна мова чи графічний діалог) та описати основні вимоги до користувацького інтерфейсу системи виходячи із трьох аспектів: мови дій, мови відображення й інформації, яку повинен знати користувач, щоб вести діалог з системою).

Аналіз слабоструктурованих є досить складними і, як правило, вимагає групового обговорення та групової підтримки прийняття рішень, тому для підтримки роботи групи пропонується розробляти систему, яка б забезпечила групову взаємодію експертів. Така система дозволить об'єднати в мережі всіх учасників команди на всіх етапах їх роботи.

Оскільки перед командою можуть стояти різні задачі, то до учасників такої команди пропонується залучати спеціалістів з різних галузей. В залежності від функцій і характеру ситуації усіх можливих користувачів можна поділити на три групи: особи, що відповідають за змістовні результати рішення підзадач і задачі в цілому, яких можна назвати кінцевими користувачами; особи, що забезпечують нормальне функціонування СКМ та спеціалісти — розробники моделей, алгоритмів і програм.

### 3.3 Функціональна структура СКМ

Для реалізації когнітивної системи аналізу слабоструктурованих ситуацій та забезпечення підтримки усіх етапів когнітивного аналізу пропонуємо таку структуру функціональних блоків СКМ, представлену на рисунку 3.1 [36].

По структурі зв'язків між блоками видно, що процес аналізу ситуації та прийняття рішення може повторюватись, за результатами контролю за ходом виконання рішення прийняте рішення може корегуватись або буде прийняте нове рішення, при аналізі та прийнятті рішення можуть використовуватись не всі блоки.

Для генерування списку концептів можна скористатись як результатами виконання блоку аналізу предметної області, так і блоку генерування ідей. Блок аналізу предметної області також може виконуватись з врахуванням результатів блоку генерування ідей.

Якщо є необхідність, список концептів можна узгодити з експертами (блок узгодження з експертами).

В процесі прийняття рішення (блок прийняття рішення) можуть бути враховані результати блоків «Розрахунок показників КМ та аналіз моделі» та «Аналіз предметної області». Якщо в результаті контролю за виконанням рішення виявлено, що рішення виконується не в повному обсязі (блок контролю), можна звернутись до блоку аналізу предметної області з метою його корегування або прийняття нового рішення.



Рисунок 3.1 – Функціональна структура СКМ

Джерело: розроблено автором самостійно

Блок аналізу предметної області. Прийняття будь-якого рішення вимагає від ОРП аналізу існуючої ситуації. При цьому необхідно дослідити та структурувати як чітко формалізовану інформацію (економічні показники), так і неструктуровану (наприклад, документи, процеси, інформаційні зв'язки). В якості одного із методів аналізу даних широко застосовуються технології інтелектуального аналізу даних та OLAP.

Блок генерування ідей. В процесі аналізу ситуацій часто виникають питання, які вимагають групового обговорення. В експертів та в осіб, залучених до аналізу слабоструктурованої ситуації, завжди можуть виникати нові ідеї і пропозиції. Блок генерування ідей може підтримувати як окремі сесії мозкового штурму (або інших методів генерування ідей), так і можливість додавання ідеї на будь-якому етапі аналізу ситуації та процесу прийняття рішення.

Блок узгодження з експертами. Процес аналізу ситуації здійснюється згідно визначених правил знаходження компромісу і узгодження рішення. В результаті

мозкового штурму експерти можуть запропонувати перелік концептів, які вимагають узгодження. Оцінюючи варіанти рішень, кожен учасник може мати свої цілі, переваги, і як наслідок, різні критерії, їх важливість і базові шкали їх оцінювання. Тому необхідно узгодити алгоритми оцінки, ваги впливу концептів і характеристики базових шкал, визначаючи тим самим значення функцій переваг, тобто вибір варіанту рішення. СКМ повинна запропонувати варіант узгодження цих параметрів. Процес узгодження рішення можна здійснити за допомогою спеціальних математичних методів і процедур, а також з використанням спеціальних програм, що отримали назву системи підтримки переговорів.

Блок генерування списку концептів. Перелік концептів, які необхідні для аналізу ситуації, можна поділити на нові, які комп'ютер отримати не може, їх можна отримати шляхом генерації ідей, і рішення, основані на типових сценаріях, внесених в базу даних комп'ютера. Генерацію таких рішень (сценаріїв) можна здійснити шляхом: програмної реалізації аналітичних або імітаційних моделей, з використанням експертних систем, генерації сценаріїв шляхом комбінації різних операцій, заданих ОПР або отриманих з бази даних, використовуючи підхід ситуаційного управління.

Блок розрахунок показників КМ та аналіз моделі дозволяє здійснити обчислення показників когнітивної моделі відповідно обраного інструментарію математичних засобів.

Блок прийняття рішення. Цей блок дозволяє на основі результатів когнітивного моделювання, визначених моделей і узгоджених правил прийняття рішення отримати оптимальне рішення по проблемі.

Блок контролю виконання прийнятого рішення. Реалізація прийнятих рішень— складний і тривалий процес, і тому вимагає наскрізного контролю за його виконанням. Для здійснення контролю за виконанням прийнятих рішень необхідно мати актуальну інформацію за ходом виконання цих рішень. В разі відхилень від процесу необхідно звернутись до блоку аналізу предметної області і здійснити корегуючі заходи, чи прийняти нові рішення [36].

### 3.4 Визначення вимог та проектування системи когнітивного моделювання

Проектування будь-якої системи починають з формування вимог до неї, а саме:

- бізнес-вимоги;
- функціональні вимоги;
- нефункціональні вимоги.

Для моделювання СКМ застосовано мову Systems Modeling Language (SysML). Моделювання здійснювалося в середовищі Enterprise Architect.

SysML — мова моделювання загального призначення і застосовується в системній інженерії, є розвитком мови UML. Підтримує специфікацію вимог, аналізу, проектування, верифікацію та валідацію широкого діапазону систем [37].

Сформуємо функціональні вимоги до системи когнітивного моделювання. Пропонуються наступні функціональні вимоги до системи, подані на рисунку 3.2.

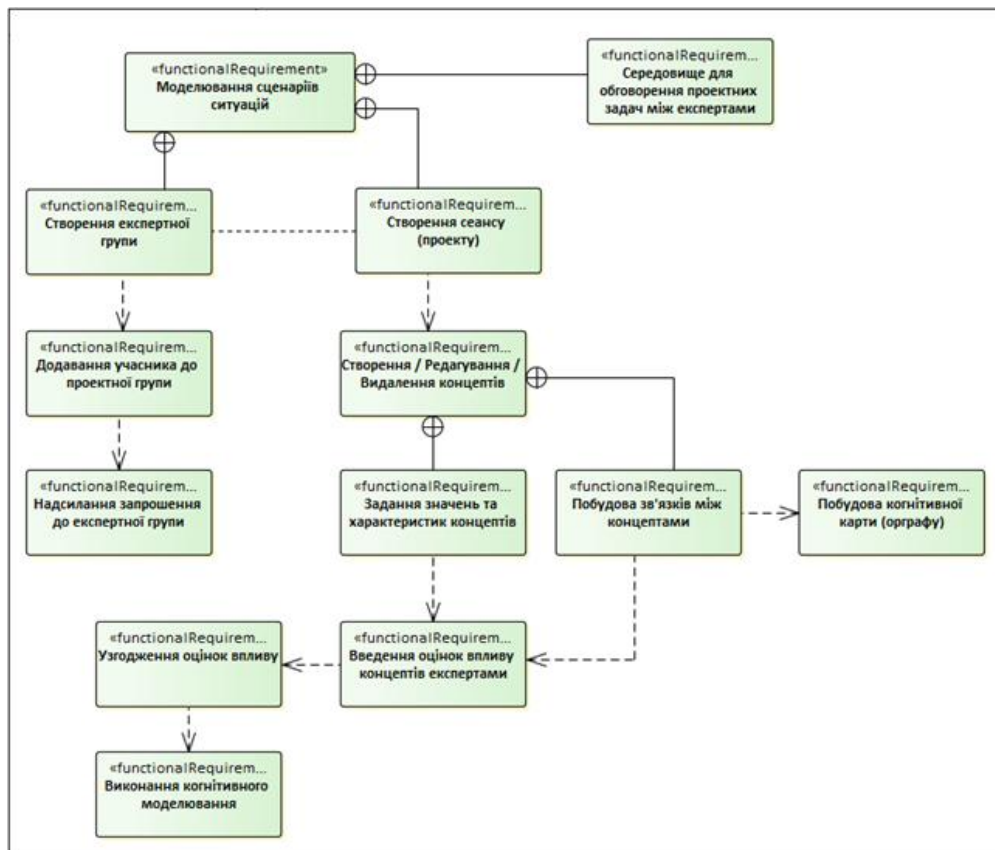


Рисунок 3.2 – Функціональні вимоги до системи когнітивного моделювання

На рисунках 3.3-3.6 змодельовані бізнес-процеси роботи з системою когнітивного моделювання.

Зокрема, на рисунку 3.3 описаний бізнес-процес когнітивного моделювання в системі, який полягає у створенні сценарію, визначення експертами оцінок впливу концептів, розрахунок показників моделі, їх аналіз та формування експертного висновку.

На рисунку 3.4 описаний бізнес-процес формування експертної групи. На рисунку 3.5 – модель визначення та узгодження експертами концептів та введення оцінок впливу. На рисунку 3.6 – модель формування концептів.

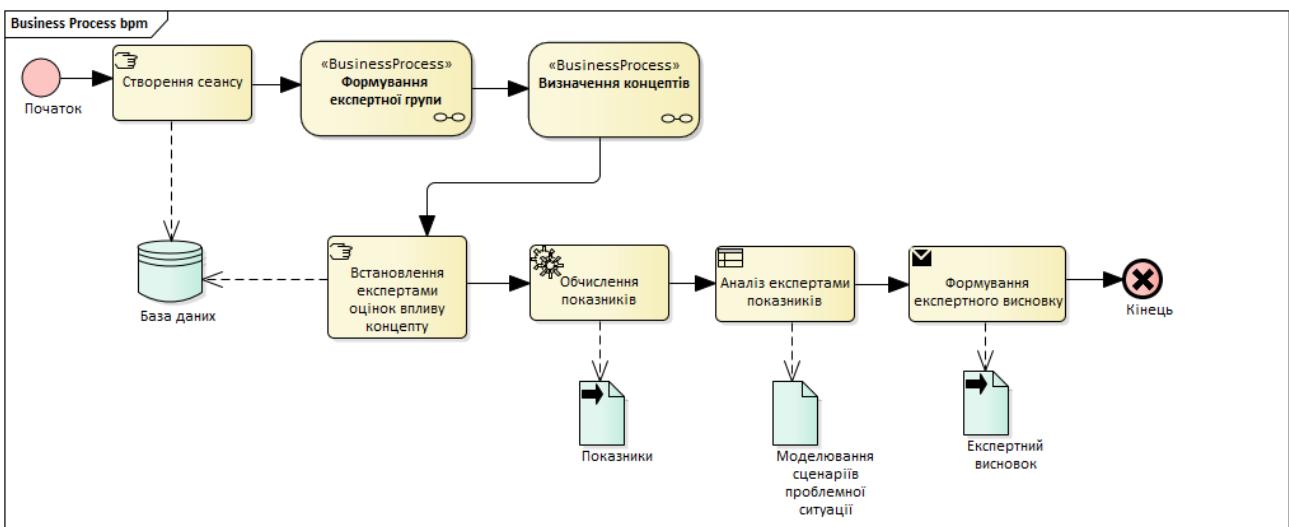


Рисунок 3.3 – Бізнес-процес когнітивного моделювання

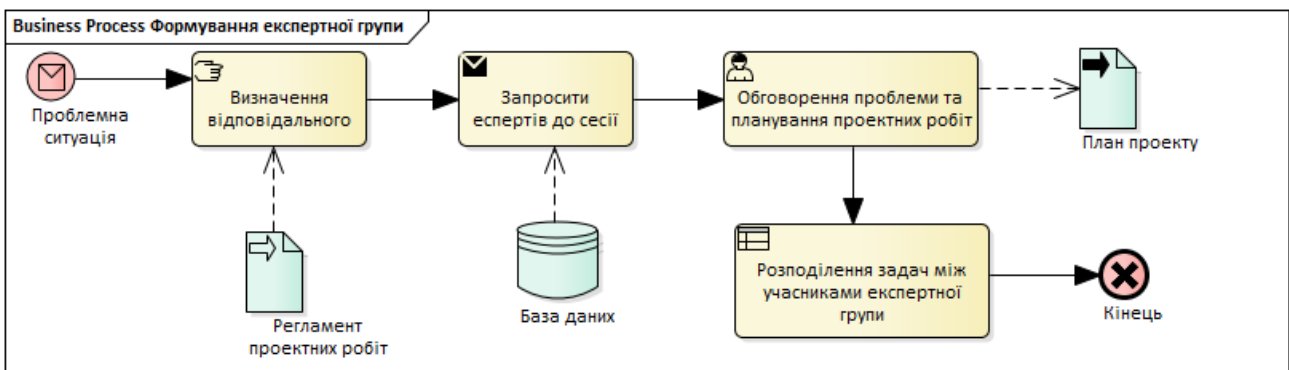


Рисунок 3.4 – Бізнес-процес Формування експертної групи

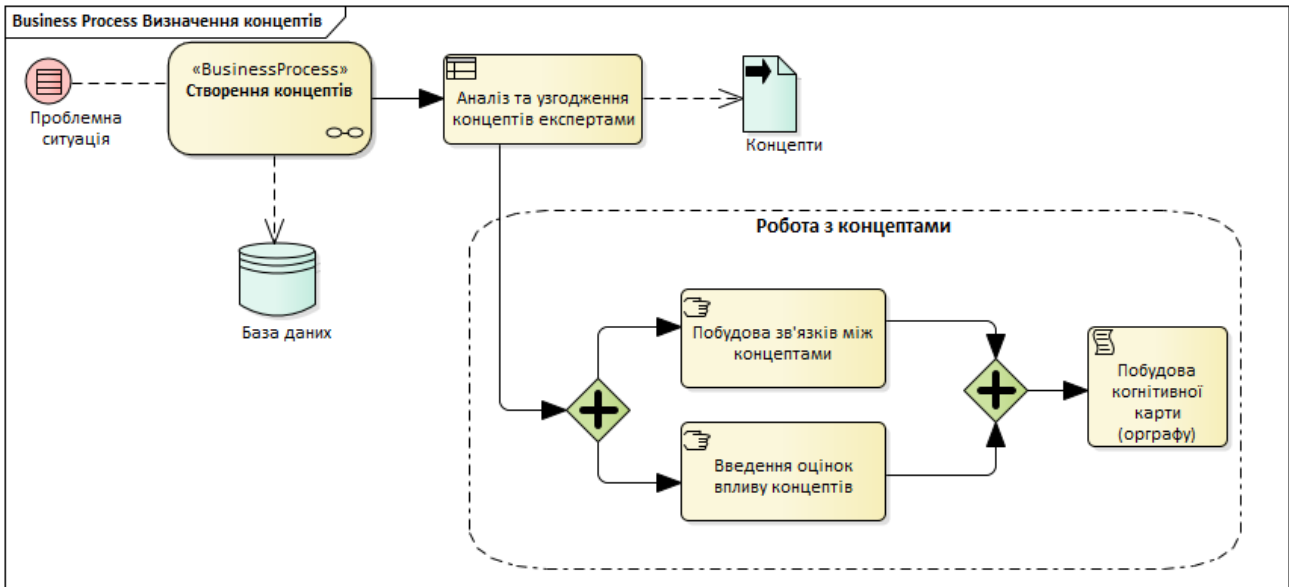


Рисунок 3.5 – Бізнес-процес Визначення концептів

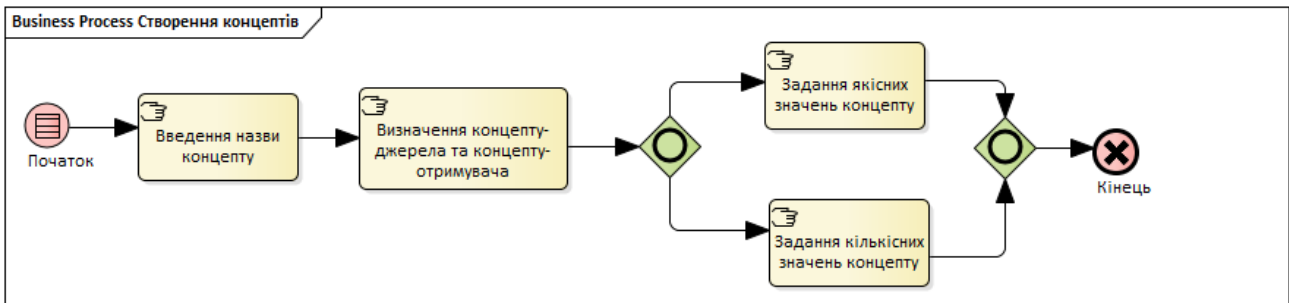


Рисунок 3.6 – Бізнес-процес Створення концептів

Модель поведінки системи подано в нотації UML, діаграмою прецедентів, що описує доступні дії і випадки на рисунку 3.7.

На рисунку 3.7 видно, що користувач в системі може створювати новий сеанс для моделювання нової моделі, за потребою, формувати експертну групу, створювати концепти, будувати зв'язки між концептами, визначати вплив концепту-джерела на концепт-отримувач, будувати когнітивну карту шляхом побудови орграфу, розраховувати показники.

На рисунку 3.8 змодельовані діаграми класів системи.

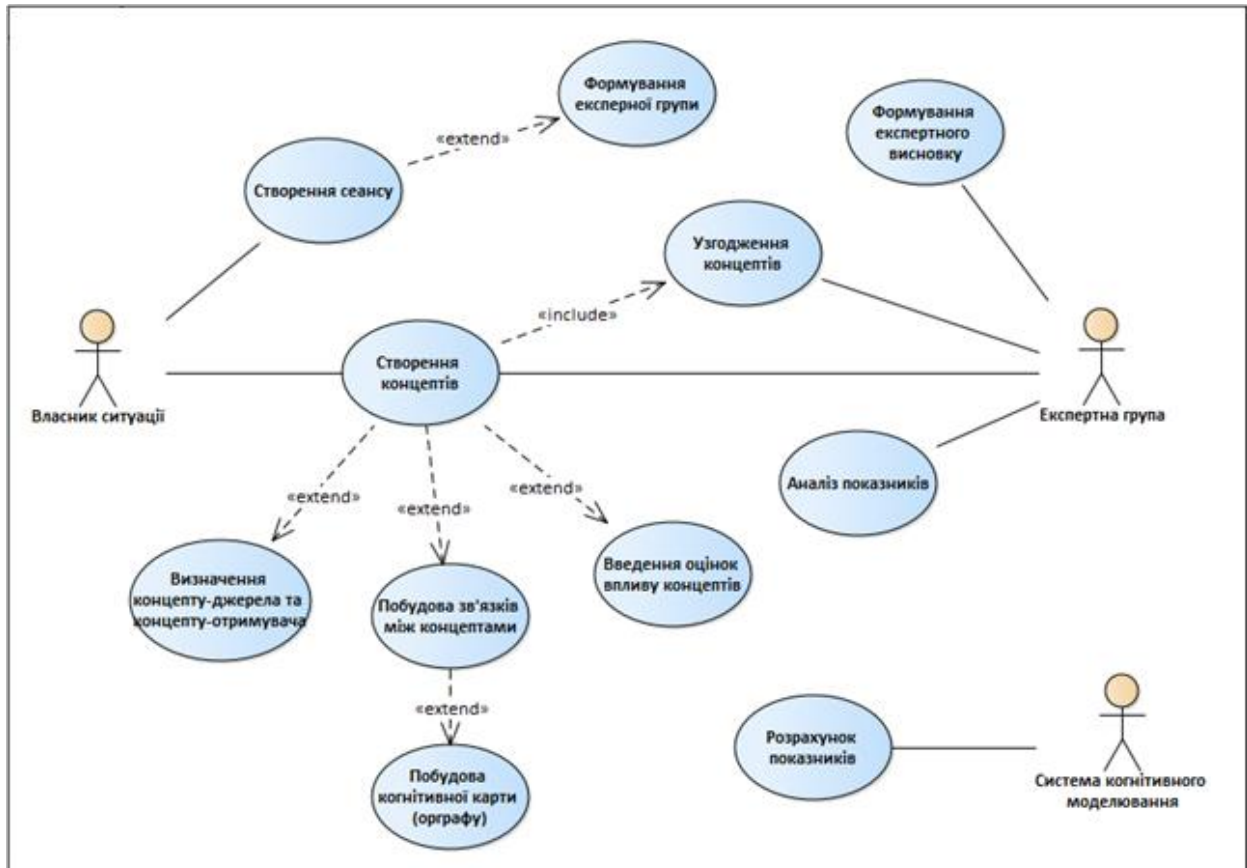


Рисунок 3.7 – Діаграма варіантів використання

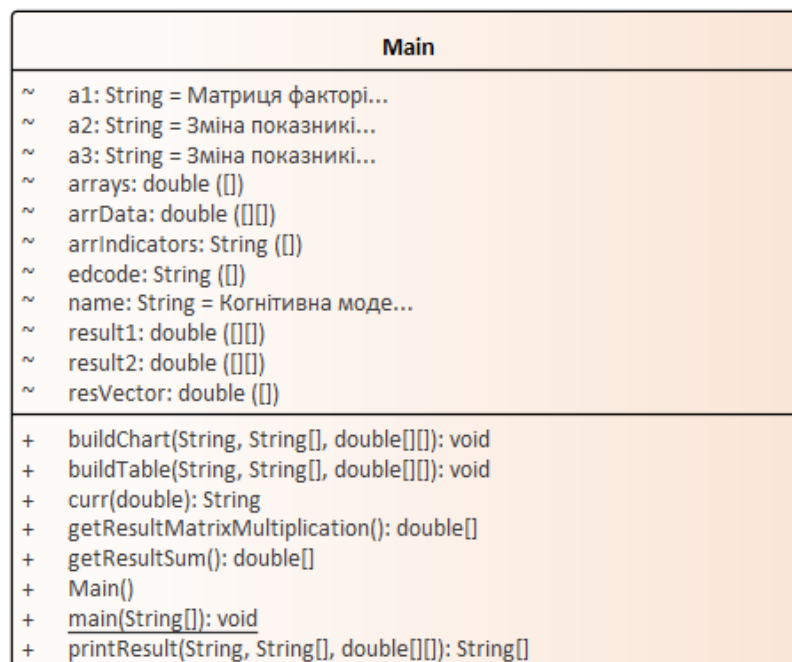


Рисунок 3.8 – Діаграма класів

На рисунку 3.9 – змодельована діаграма блоків, в якій відображений склад СКМ..

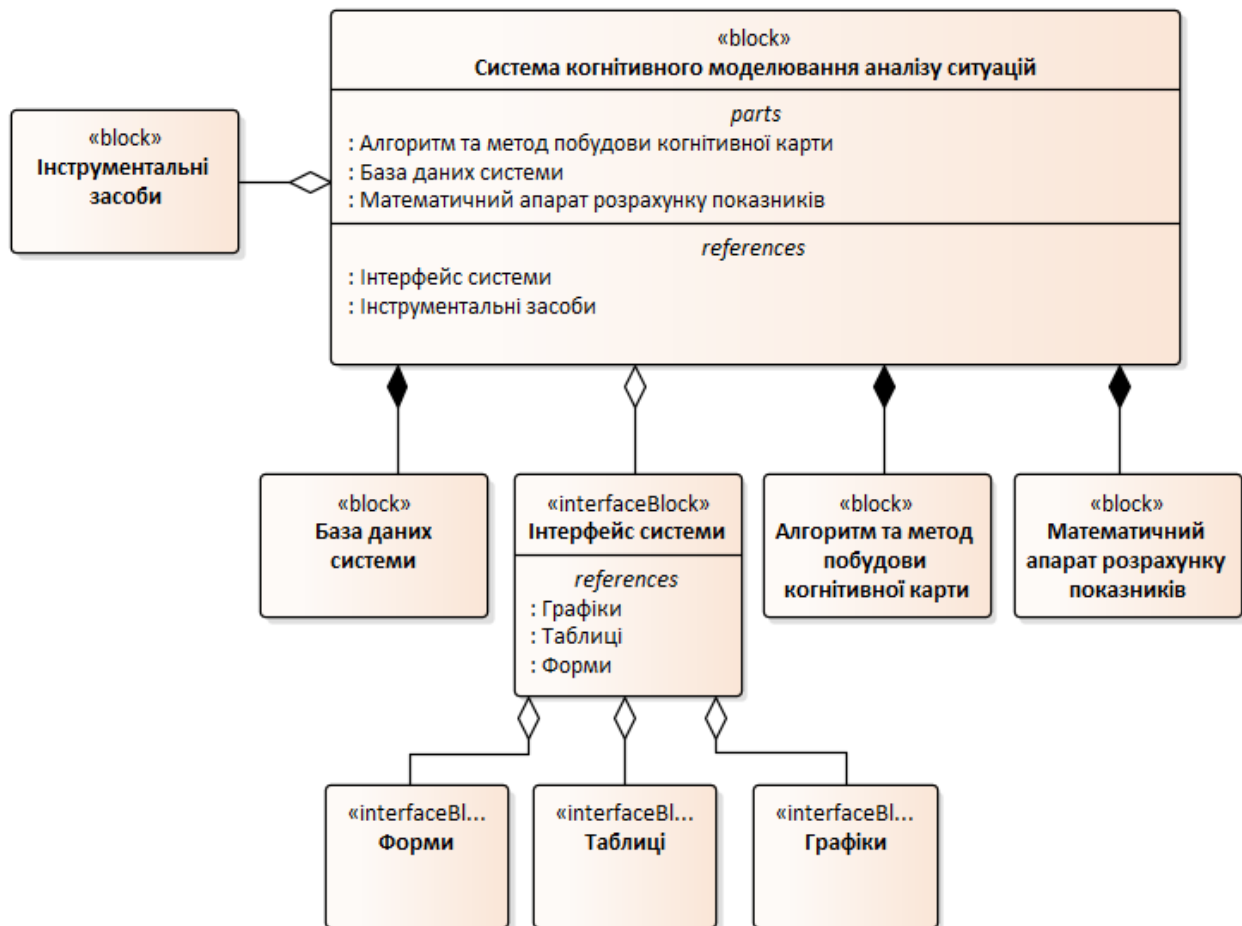


Рисунок 3.9 – Діаграма блоків. Склад системи когнітивного моделювання

На рисунку 3.10 показана структура інтерфейсу у вигляді ієрархії екранних форм системи когнітивного моделювання, яка включає наступні вікна:

- головне вікно системи;
- форма для створення концептів;
- форма заповнення матриці впливів;
- форма виведення результатів розрахунку;
- форма для виведення графіків.

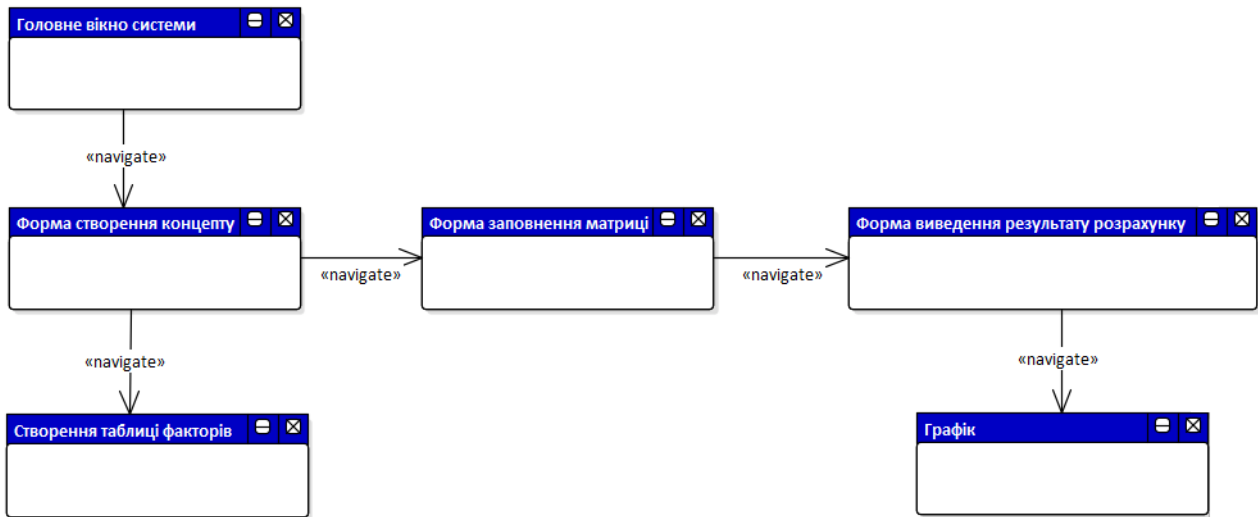


Рисунок 3.10 – Ієрархія екранних форм системи когнітивного моделювання

Згенерований у середовищі Enterprise Architect звіт за результатами моделювання системи поданий у додатку А.

### 3.5 Проектування бази даних системи когнітивного моделювання

При аналізі ситуацій складних систем виникає потреба у збереженні інформації, яка потребує аналізу як для її подальшого аналізу, так і опрацювання.

Саме тому підсистема бази даних (БД) є невід’ємною складовою такої системи.

Процес проектування бази даних включає в себе ряд етапів, серед яких проектування БД на зовнішньому, інфологічному, даталогічному та внутрішньому рівні. Існує також підхід (відповідно пропозицій Американського національного інституту стандартів ANSI/X3/SPARC та CODASYL, Conference on Data Systems Languages), який виокремлює три рівні подання БД: зовнішній (з точки зору кінцевого користувача і програміста), концептуальний (залежить від обраної СУБД) та внутрішній (з точки зору системного програміста) [38].

Процес проектування БД на зовнішньому рівні передбачає аналіз об’єкта управління, вхідної і вихідної інформації, а також моделей перетворення вхідної

інформації у вихідну, обчислення вихідних показників і коефіцієнтів, моделей прийняття рішень.

На інфологічному рівні аналізуються атрибути предметної області з метою їх структуризації і представлення концептуальної моделі БД. Результатом інфологічного проектування є побудована інформаційно-логічна модель, яка включає в себе логічну схему зв'язків між об'єктами бази даних. Ця модель представляє собою задокументовану та структуровану форму подання інформаційних потреб кінцевих користувачів з метою її подальшого застосування при створенні системи. Інфологічна модель БД не враховує особливостей і специфіки конкретної СУБД.

Даталогічний рівень представляє модель БД з урахуванням конкретної СУБД, тобто її специфіки, обмежень і вимог. На цьому рівні подається концептуальна модель БД, яка відповідає вимогам і обмеженням СУБД.

Інфологічна і даталогічна модель БД залежать між собою. Як правило, у разі використання CASE-засобів при проектуванні логічної моделі БД вона генерується на даталогічний рівень.

На внутрішньому рівні розглядають фізичне розміщення даних в системі. Фізична модель БД описує структури зберігання даних, опис форматів записів, їх логічне і фізичне впорядкування, розміщення за типами пристроїв, шляхи доступу до даних тощо.

Найбільш поширеною моделлю представлення даних являється реляційний підхід, основними структурними елементами якого являються двовимірні плоскі таблиці і відношення між ними. Теорія проектування реляційних баз даних досить популярна і описана у великій кількості літератури. В даній роботі дослідження було виконано на основі положень, викладених в [38].

Запропонована база даних розроблена на основі реляційного підходу до проектування баз даних.

При аналізі процесу проектування БД для аналізу слабоструктурованих ситуацій із застосуванням когнітивного моделювання було здійснено обґрунтування вибору СУБД для реалізації системи.

При виборі СУБД керувались наступними факторами:

- підтримка реляційних моделей БД;
- максимальна кількість користувачів, які одночасно звертаються до бази даних;
- характеристики клієнтської предметної області;
- апаратні компоненти сервера;
- серверна операційна система;
- рівень кваліфікації персоналу.

Отже, оскільки система когнітивного моделювання і аналізу передбачає одночасну роботу декількох користувачів і потребує значних машинних ресурсів, то необхідно передбачити використання клієнт-серверної СУБД. Існує велика кількість реляційних СУБД, які підтримують клієнт-серверну архітектуру. Найбільш відомими є: Microsoft SQL Server, Oracle<sup>8i</sup>, IBM DB2, Informix тощо.

Для проектування бази даних було обрано Microsoft SQL Server 2017. До основних характеристик даної СУБД можна віднести:

- зменшення надлишковості даних;
- відсутність аномалій при внесенні змін до бази даних;
- простота і зручність внесення змін до бази даних;
- простота адміністрування;
- швидкодіючі і функціональні можливості механізму сервера СУБД;
- багаторазовість використання даних;
- можливість підключення до Web;
- наявність засобів віддаленого доступу;
- економія витрат та створення і введення;
- швидкість оброблення непередбачуваних запитів до системи.

В комплекті засобів адміністративного управління даною СКБД входить цілий набір спеціальних майстрів і засобів автоматичної настройки параметрів конфігурації. Також дана БД оснащена прекрасними засобами тиражування, які дозволяють синхронізувати дані ПК з інформацією БД та навпаки. Вхідний в

комплект поставки сервер OLAP дає можливість зберігати та аналізувати всі наявні у користувача дані. Дана СУБД представляє собою сучасну повнофункціональну базу даних, яка ідеально підходить для малих і середніх організацій.

До недоліків SQL Server можна віднести складності при програмування. Зокрема, викликає складності розробка клієнтських додатків на мові Java, на відміну від MySQL, Informix, Oracle або Sybase. Недоліком також є прив'язка SQL Server до операційної системи Windows, в той час, як світовою тенденцією є перехід на платформу LINUX.

Розглянемо процес створення бази даних для когнітивної системи аналізу слабоструктурованих ситуацій.

Основними об'єктами бази даних є наступні.

1. Сеанс (Session), який призначений для створення нового сеансу аналізу моделі. Об'єкт включає в себе: код сеансу (Id\_seans); дата створення сеансу (Date\_seans), яка за замовченням відповідає системній даті й часу; код особи (Id\_expert), яка створює сеанс, опис сеансу (Description\_s) (необов'язковий атрибут).

Реалізація автоматичного визначення дати за замовчування здійснюється наступним запитом SQL:

```
ALTER TABLE Session ADD CONSTRAINT
DF_Session_Date_seans DEFAULT (getdate()) FOR Date_seans
```

2. Експерти (Experts), включає в себе атрибути: код експерта (Id\_expert), ПІБ експерта (PIB\_expert), код посади експерта (id\_Posision), код відділу (id\_department).

3. Довідник концептів (Koncepts): код концепту (id\_Koncept), назва концепту (Name\_koncept), розширена назва концепту (Full\_Name\_Konc) (необов'язковий атрибут).

4. Довідник показників когнітивної карти (Assessments): код показника (id\_assessment), назва показника (Name\_assessment), опис показника (Description\_\_assessment) (необов'язковий атрибут).

Вищеописані об'єкти БД (Session, Experts, Concepts, Assessments) відносяться до нормативно-довідкової інформації, тобто довідників системи.

Наступні таблиці відносяться до об'єктів оперативної інформації і додаються при побудові нової моделі аналізу ситуації. До таких об'єктів відносять наступні.

1. Таблиця БД, яка зберігає список учасників сеансу (Team\_session), включає наступні атрибути: код сеансу (Id\_seans), код експерта (Id\_expert), примітка (Description\_\_assessment) (необов'язковий атрибут). В даній таблиці організований складний ключ, який складається з атрибутів Id\_seans, Id\_expert, реалізований наступним чином:

```
CREATE TABLE [dbo].[ Team_session]
(
  [Id_seans] [int] NOT NULL,
  [Id_expert] [int] NOT NULL,
  [Description] [nchar](100) NULL,
  CONSTRAINT [PK_Team_session] PRIMARY KEY CLUSTERED
  ([Id_seans] ASC,[Id_expert] ASC)
)
```

Така організація необхідна для підтримки цілісності даних, оскільки таблиця Team\_session являється батьківською по відношенню до таблиці, в якій експерти оцінюють відношення між концептами.

2. Таблиця Weigth\_Concepts призначена для зберігання оцінок впливу концепту-джерела на концепт-приймача ( $w_{ij}$ ) і вміщує наступні атрибути: код сеансу (Id\_seans), код вхідного концепту (id\_Koncept\_input), код вихідного концепту (id\_Koncept\_output), показник впливу  $w_{ij}$  (Weigth). Записи в таблицю Weigth\_Concepts додаються при формуванні зв'язків між концептом-джерелом та концептом-приймачем. Причому, оскільки  $w_{ij}$  може вимагати узгодженості між експертами, при створенні зв'язків в колонці Weigth допускається значення NULL.

Покажемо код SQL створення таблиці Weigth\_Concepts:

```

CREATE TABLE [dbo].[Weigth_Koncepts]
(
    [id_seans] [int] NOT NULL,
    [id_Koncept_input] [int] NOT NULL,
    [id_Koncept_output] [int] NOT NULL,
    [Weigth] [numeric](8, 2) NULL,
    CONSTRAINT [PK_Weigth_Koncepts] PRIMARY KEY
CLUSTERED
    ([id_seans] ASC,
     [id_Koncept_input] ASC,
     [id_Koncept_output] ASC
    )
)

```

Атрибути код вхідного концепту (`id_Koncept_input`) та код вихідного концепту (`id_Koncept_output`) являються вторинними ключами таблиці Довідник концептів (`Koncepts`).

Створення вторинних ключів здійснено шляхом реалізації наступних запитів:

```

ALTER TABLE [dbo].[Weigth_Koncepts] WITH CHECK ADD
CONSTRAINT [FK_Weigth_Koncepts_Koncepts] FOREIGN
KEY([id_Koncept_input])
REFERENCES [dbo].[Koncepts] ([id_Koncept])

```

```

ALTER TABLE [dbo].[Weigth_Koncepts] WITH CHECK ADD
CONSTRAINT [FK_Weigth_Koncepts_Koncepts1] FOREIGN
KEY([id_Koncept_output])
REFERENCES [dbo].[Koncepts] ([id_Koncept])

```

Після узгодженості оцінок впливів експертами в колонку `Weigth` записується отримане узгоджене значення.

3. Наступною таблицею, яка зберігає інформацію щодо аналізу конкретної ситуації, є таблиця, в якій зберігаються вагові оцінки кожного експерта оцінювання впливу концептів (`Weigth_Experts`). Вона включає в себе наступні атрибути: код сеансу (`Id_seans`), код вхідного концепту (`id_Koncept_input`), код вихідного концепту (`id_Koncept_output`), код експерта (`Id_expert`), який оцінює вплив, оцінка впливу, поставлена експертом (`Weigth_expert`).

4. Результати обчислення показників, отриманих в результаті аналізу когнітивної карти зберігаються в таблиці `Session_assessment`, яка включає наступні атрибути: код сеансу (`Id_seans`), код вхідного концепту (`id_Koncept_input`), код вихідного концепту (`id_Koncept_output`), код показника (`Assessment`).

Таблиця `Session_assessment` пов'язана з таблицями `Assessments` та `Weigth_Koncepts`. Створення вторинних ключів описано наступним кодом мови SQL.

```
ALTER TABLE [dbo].[Session_assessment] WITH CHECK ADD
CONSTRAINT [FK_Session_assessment_Assessments] FOREIGN
KEY([id_assessment])REFERENCES [dbo].[Assessments]
([id_assessment])
ON UPDATE CASCADE
ON DELETE CASCADE
ALTER TABLE [dbo].[Session_assessment] WITH CHECK ADD
CONSTRAINT [FK_Session_assessment_Weigth_Koncepts] FOREIGN
KEY([id_seans], [id_Koncept_input], [id_Koncept_output])
REFERENCES [dbo].[Weigth_Koncepts] ([id_seans],
[id_Koncept_input], [id_Koncept_output])
```

Детальний опис створення БД, сформований мовою опису даних SQL, поданий в додатку Б.

На рисунку 3.11 показана схема створена бази даних.

В роботі наведений приклад реалізації БД для когнітивної системи. Проте, оскільки процес проектування системи в більшості випадків являється ітеративним, наведена в роботі база даних може бути розширена.

Перспективним при розширенні бази даних є створення довідника груп концептів, який би дозволяв систематизувати різні концепти за однаковими групами. Це також дасть можливість передбачати в системі різні рівні ієрархії.

Проте, запропонована модель може бути застосована при проектуванні системи когнітивного моделювання.

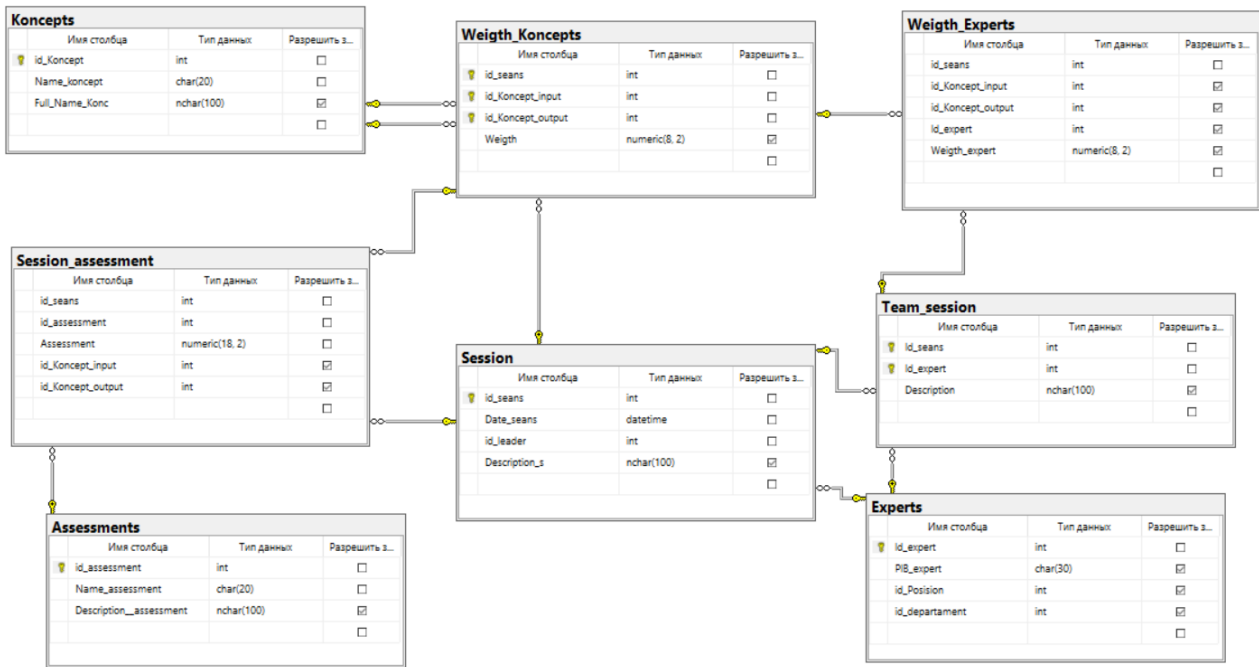


Рисунок 3.11 – Схема бази даних когнітивної системи

### Висновки до розділу 3

Будь-яке рішення необхідно примати, ретельно дослідивши ситуацію, пов'язану з ним. Якісно проведене дослідження ситуації дозволить визначити її характер та дасть уявлення щодо подальших дій та напрямків роботи по прийняттю відповідних рішень. Тому важливо визначити, до якого класу проблем відноситься ситуація. За різними ознаками розрізняють структуровані, слабоструктуровані і неструктуровані ситуації.

Запропоновано етапи проектування СКМ, а саме: дослідження проблемної області та формування вимог до системи, вибір технології проектування системи, визначення функціональних можливостей КСМ, проектування компонентів СКМ.

Запропонована функціональна структура СКМ, яка включає наступні блоки: блок аналізу предметної області, блок генерування ідей, блок узгодження з експертами, блок генерування списку концептів, блок розрахунок показників КМ, блок прийняття рішення, блок контролю виконання прийнятого рішення.

В середовищі Enterprise Architect мовою SysML змодельована СКМ, а саме: визначені функціональні вимоги, бізнес-процеси СКМ, діаграма прецедентів, класів, модель ієрархії екранних форм.

Спроектвана модель БД, в якості СУБД запропоновано використання Microsoft SQL Server 2017. основними об'єктами бд являються сутності: сеанс, експерти, довідник концептів, довідник показників когнітивної карти, список учасників сеансу, впливи концептів, вагові оцінки експертів, обчислені показники.

## 4 РЕАЛІЗАЦІЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИКЛАДУ СИСТЕМИ КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

### 4.1 Когнітивна модель аналізу впливу факторів на онкологічні захворювання

За результатами дослідження була розроблена модель впливу позитивних і негативних факторів на ризик захворіти на онкологію. Була побудована схема впливів концептів у вигляді орграфу, розраховані результати за допомогою MS Excel та розроблений програмний застосунок на основі даного контрольного прикладу. На рисунку 4.1 показаний граф когнітивної моделі.

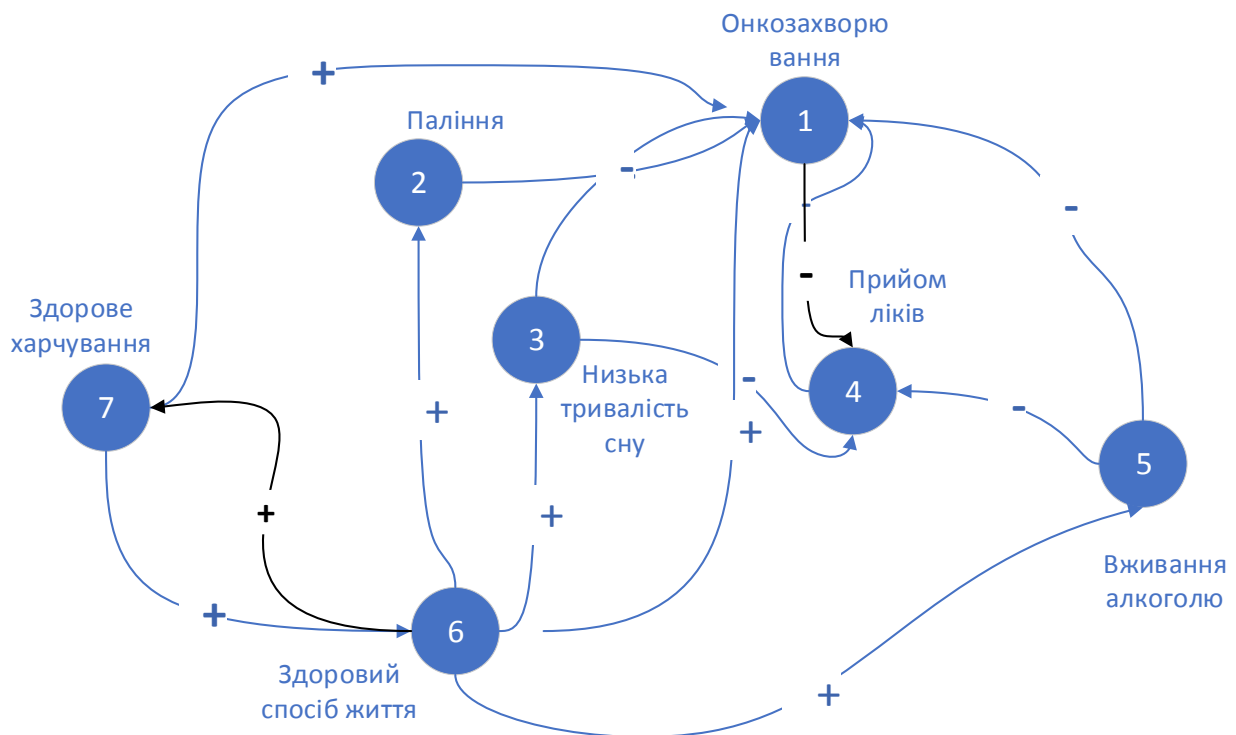


Рисунок 4.1 – КМ впливу факторів на онкологічні захворювання

(Джерело: розроблено автором)

Фактори, які збільшують ризик захворювання:

- паління;
- невисипання;

- прийом ліків;
- вживання алкоголю.

В той же час, при порушенні сну людина мусить вживати ліки. І велика кількість вживання алкоголю може привести до загострення захворювань, що теж вимагає вживання ліків.

Позитивні фактори, які зменшують ризик:

- здорове харчування;
- здоровий спосіб життя.

Ці фактори зменшують вплив негативних факторів. Наприклад, при здоровому способі життя людина відмовляється від паління, алкоголю, слідує за режимом, тобто в неї здоровий сон.

Для зручності введемо позначення цих чинників, подане в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Позначення факторів

Код фактору	Найменування фактору
F1	Можливість не захворіти
F2	Паління
F3	Низька тривалість сну
F4	Прийом ліків
F5	Вживання алкоголю
F6	Здоровий спосіб життя
F7	Здорове харчування

Відповідно теорії когнітивного моделювання після побудови когнітивної карти необхідно ввести величину впливів концептів. Зроби це шляхом побудови матриці впливів.

Величину впливів концепту-джерела на концепту-отримувач покажемо в таблиці 4.2.

Цільовим чинником обрали «Здоровий спосіб життя».

Таблиця 4.2 – Матриця впливів концепту-джерела на концепт-отримувач

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	0	0	0	-0,9	0	0,1	0
F2	-1	0	0	0	0	0	0
F3	-0,5	0	0	-0,4	0	0	0
F4	-0,3	0	0	0	0	0	0
F5	-0,7	0	0	-0,7	0	0	0
F6	0,9	0,95	0,8	-0,2	0,7	0	0,5
F7	0,7	0	0	0	0	0,1	0

Обчислення КМ здійснено на основі НКК Коско за формулами описаними в п.2.2 (2.1)-(2.3) в середовищі MS Excel. Результати обчислень подані на рисунках 4.2 – 4.4.

На рисунках 4.2-4.7 – показані результати обчислень початкової моделі.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Можливість не захворіти	0	1	0	0,41	-0,143	0,1789	-0,1173	0,09823	-0,0752	0,05897	-0,0461	0,03599	-0,0282	0,02199	-0,0172	0,01343	-0,0105	0,0082	-0,0064	0,00501
Паління	0	0	-1	0	-0,41	0,143	-0,1789	0,11726	-0,0982	0,0752	-0,059	0,04615	-0,036	0,02817	-0,022	0,01719	-0,0134	0,0105	-0,0082	0,00641
Низька тривалість сну	0	0	-0,5	0,12	-0,205	0,1207	-0,1066	0,0801	-0,0632	0,04939	-0,0385	0,03015	-0,0235	0,0184	-0,0144	0,01124	-0,0088	0,00686	-0,0054	0,00419
Прийом ліків	0	0	-0,3	0	-0,123	0,0429	-0,0537	0,03518	-0,0295	0,02256	-0,0177	0,01384	-0,0108	0,00845	-0,0066	0,00516	-0,004	0,00315	-0,0025	0,00192
Вживання алкоголю	0	0	-0,7	0,21	-0,287	0,1862	-0,1553	0,11965	-0,0934	0,07327	-0,0571	0,04469	-0,0349	0,02727	-0,0213	0,01665	-0,013	0,01017	-0,0079	0,00621
Здоровий спосіб життя	10	0	1,4	-1,43	0,682	-0,7865	0,49923	-0,4354	0,32452	-0,2584	0,20071	-0,1571	0,12275	-0,0959	0,07495	-0,0586	0,04577	-0,0358	0,02795	-0,0218
Здорове харчування	0	1	0,7	0,14	0,144	-0,0319	0,04658	-0,0322	0,02521	-0,0202	0,01544	-0,0122	0,00949	-0,0074	0,00581	-0,0045	0,00355	-0,0028	0,00217	-0,0017
Можливість не захворіти	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Паління	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Низька тривалість сну	0	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Прийом ліків	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вживання алкоголю	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Здоровий спосіб життя	5	5	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Здорове харчування	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Рисунок 4.2 – Результати обчислення початкової моделі КМ

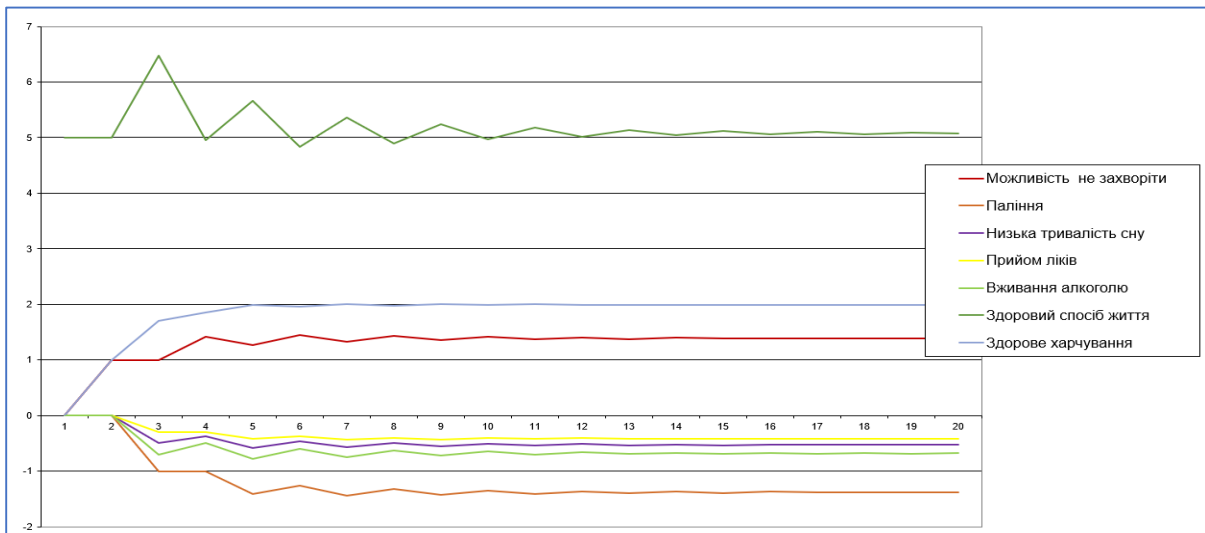


Рисунок 4.3 – Графічне представлення обчисленої моделі

Збільшимо фактор F6 («Здоровий спосіб життя») на 10%. За результатами аналізу видно, що збільшення на 10% фактору F6 збільшує шанс не захворіти на онкохворобу, підвищує якість здорового харчування, зменшує показник «Паління». Нижче на рисунку 4.4 показані результати обчислення. На рисунку 4.5 – поданий результат обчислення на графіку. На графіку видно, що фактор «Можливість не захворіти» значно збільшився, тобто зменшує ризик захворювання. Збільшився також показник фактору «Здорове харчування» теж покращується, «Паління» - на найнижчому рівні.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Можливість не захворіти	0	5	0	2,05	-0,715	0,8945	-0,5863	0,49113	-0,37602	0,294865	-0,23073	0,179969
Паління	0	0	-5	0	-2,05	0,715	-0,8945	0,5863	-0,49113	0,376019	-0,29486	0,230731
Низька тривалість сну	0	0	-2,5	0,6	-1,025	0,6035	-0,53305	0,40049	-0,31592	0,246945	-0,19255	0,150749
Прийом ліків	0	0	-1,5	0	-0,615	0,2145	-0,26835	0,17589	-0,14734	0,112806	-0,08846	0,069219
Вживання алкоголю	0	0	-3,5	1,05	-1,435	0,931	-0,7763	0,598255	-0,46691	0,36635	-0,28537	0,223433
Здоровий спосіб життя	50	0	7	-7,15	3,41	-3,9325	2,49615	-2,17718	1,622597	-1,29206	1,003559	-0,78529
Здорове харчування	0	5	3,5	0,7	0,72	-0,1595	0,2329	-0,1608	0,126074	-0,10095	0,077199	-0,06116
Можливість не захворіти	0	5	5	7	6	7	7	7	7	7	7	7
Паління	0	0	-5	-5	-7	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7
Низька тривалість сну	0	0	-3	-2	-3	-2	-3	-2	-3	-3	-3	-3
Прийом ліків	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Вживання алкоголю	0	0	-4	-2	-4	-3	-4	-3	-4	-3	-4	-3
Здоровий спосіб життя	5	5	12	4	8	4	6	4	6	4	5	4
Здорове харчування	0	5	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10

Рисунок 4.4 – Результати обчислення КМ при збільшенні фактору F6 на 50%

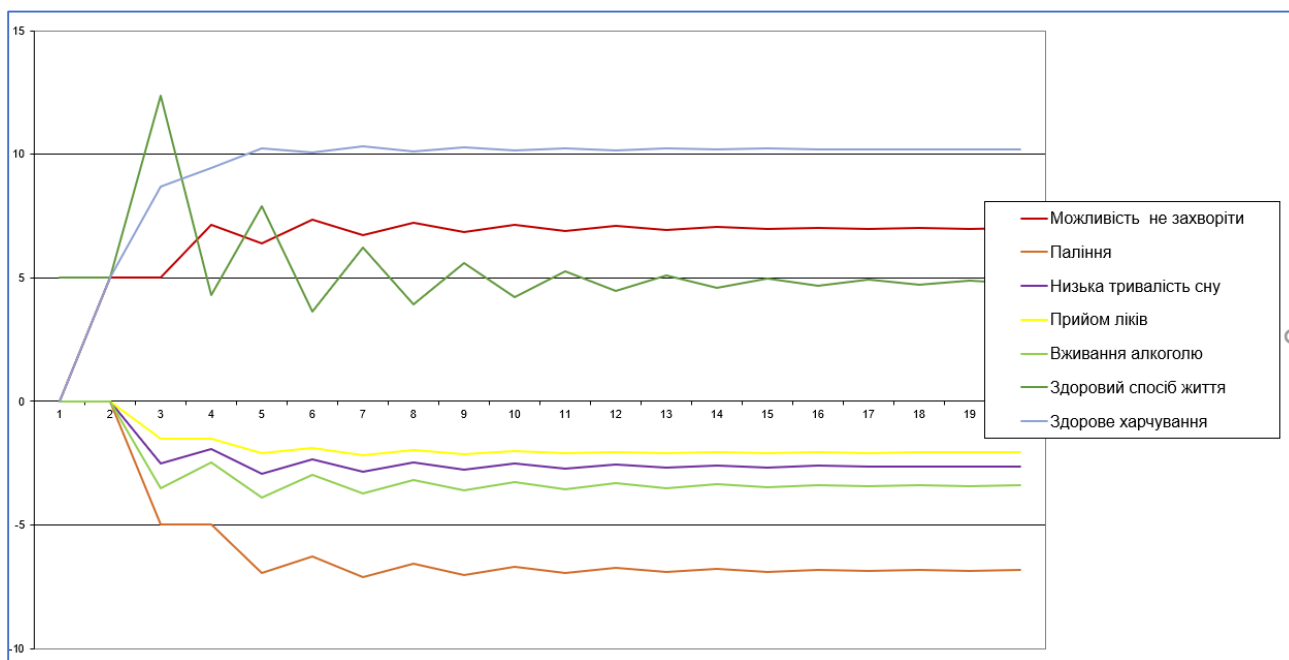


Рисунок 4.5 – Графічне представлення КМ при збільшенні на 50%

На рисунках 4.6-4.7 показані результати при погіршенні ситуації, тобто за умовою, коли фактор F6 знизився на 10%. З графіку на рисунку 4.7 видно, що фактор «Можливість не захворіти» зменшився, в той час як збільшились показники негативних факторів (наприклад, «Паління»).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Можливість не захворіти	0	-1	0	-0,41	0,143	-0,1789	0,11726	-0,09823	0,075204	-0,05897	0,046146	-0,03599	0,028165	-0,02199	0,017193	-0,01343
Паління	0	0	1	0	0,41	-0,143	0,1789	-0,11726	0,098226	-0,0752	0,058973	-0,04615	0,035994	-0,02817	0,021993	-0,01719
Низька тривалість сну	0	0	0,5	-0,12	0,205	-0,1207	0,10661	-0,0801	0,063184	-0,04939	0,038511	-0,03015	0,023534	-0,0184	0,014376	-0,01124
Прийом ліків	0	0	0,3	0	0,123	-0,0429	0,05367	-0,03518	0,029468	-0,02256	0,017692	-0,01384	0,010798	-0,00845	0,006598	-0,00516
Вживання алкоголю	0	0	0,7	-0,21	0,287	-0,1862	0,15526	-0,11965	0,093383	-0,07327	0,057074	-0,04469	0,034886	-0,02727	0,02131	-0,01665
Здоровий спосіб життя	-10	0	-1,4	1,43	-0,682	0,7865	-0,49923	0,435435	-0,32452	0,258412	-0,20071	0,157058	-0,12275	0,095886	-0,07495	0,058563
Здорове харчування	0	-1	-0,7	-0,14	-0,144	0,0319	-0,04658	0,032159	-0,02521	0,020191	-0,01544	0,012231	-0,00949	0,007441	-0,00581	0,00454
Можливість не захворіти	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Паління	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Низька тривалість сну	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Прийом ліків	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вживання алкоголю	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Здоровий спосіб життя	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Здорове харчування	0	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2

Рисунок 4.6 – Результати обчислення КМ при зменшенні фактору F6 на 10%

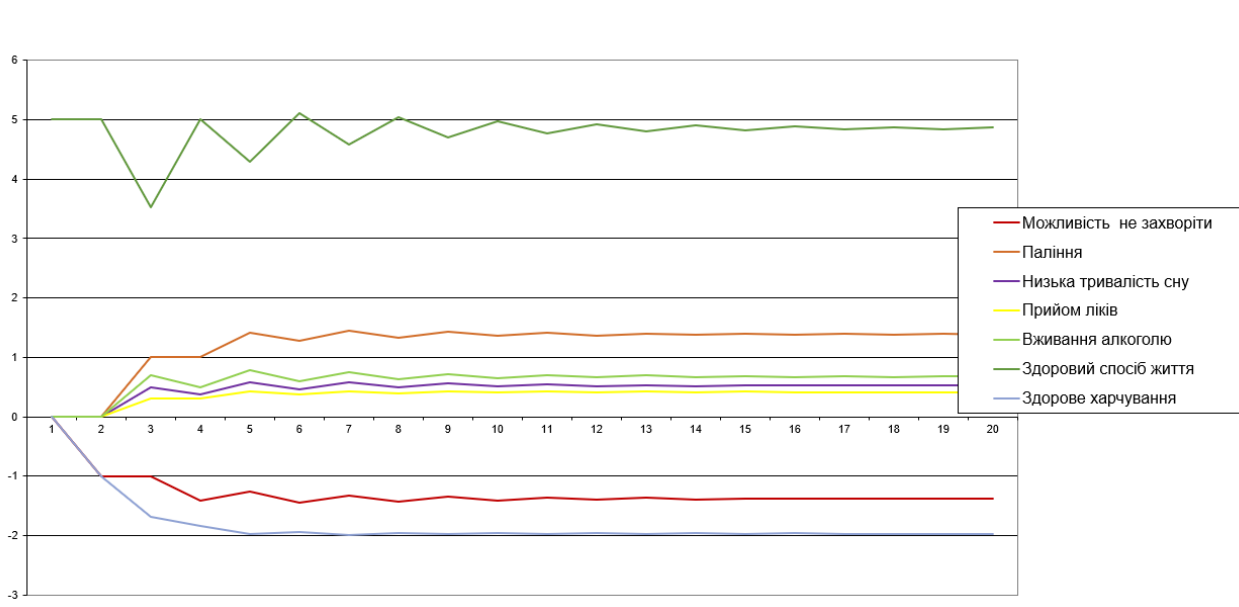


Рисунок 4.7 – Графічне представлення КМ при збільшенні на 50%

Результати обчислення показали ефективність застосування КМ при дослідженні впливу факторів. Також можна стверджувати, що застосування MS Excel достатньо для аналізу і розрахунку нескладних когнітивних моделей.

#### 4.2 Обґрунтування вибору мови програмування та середовища розробки

Реалізація контрольного прикладу атестаційної роботи здійснено за допомогою мови програмування Java.

Такий вибір був зумовлений за рядом позитивних характеристик даної мови програмування. Розглянемо їх.

Java являється потужною мовою програмування об'єктно-орієнтованого спрямування, має простий і зрозумілий синтаксис, підтримується зручними в роботі середовищами розробки. Це дозволяє широкому колу навіть малодосвідчених програмістів використовувати її для створення як простих програм, так і для складних комерційних проектів.

Java має багаточисельний набір класів об'єктів для чіткого абстрагування багатьох системних функцій, які використовують при роботі з вікнами,

підтримується робота в мережі, може працювати на клієнт-серверних платформах, має широкий діапазон можливостей підтримки реалізації введення-виведення інформації. Дозволяє створювати незалежні від платформ абстракції для широкого спектра системних інтерфейсів.

Основними перевагами мови є:

- об'єктно-орієнтована спрямованість;
- незалежність від архітектури;
- розподіленість;
- безпечність;
- стійкість до помилок;
- ефективність;
- підтримка багатозадачності;
- підтримка роботи з сучасними СУБД;
- доступність інструментарію та ефективність розробок.

При виборі мови програмування Java в першу чергу керувалися наступними перевагами: об'єктно-орієнтований підхід, простота у використанні, нескладна при взаємодії з СУБД Microsoft SQL Server, можливість підтримки клієнт-серверної архітектури.

В якості середовища розробки обрано NetBeans. Не дивлячись на те, що дане середовище втрачає свою популярність серед професійних програмістів, воно має ряд переваг для написання нескладних програмних застосунків. Розглянемо основні положення даного середовища.

NetBeans можна налаштувати для підтримки окремих мов. Середовище розробки NetBeans за замовчуванням підтримує розробку для платформ J2SE і J2EE

Проект NetBeans IDE підтримувався фірмою Sun Microsystems і після придбання Sun компанією Oracle, проте розробка NetBeans ведеться незалежним спільнотою розробників (NetBeans Community) та компанією NetBeans.Org.

NetBeans IDE доступний для платформ Microsoft Windows, GNU/Linux, FreeBSD і Solaris (як SPARC, так і x86 ). Для інших платформ доступна можливість зібрати NetBeans самостійно з вихідних текстів.

За якістю і можливостям останні версії NetBeans IDE змагається з кращим інтегрованими середовищами розробки для мови Java, підтримуючи рефакторинг, профілювання, виділення синтаксичних конструкцій кольором, автодоповнення мовних конструкцій на льоту, шаблони коду та інше.

Платформа NetBeans. Фреймворк для спрощення розробки настільних Java Swing програм. The NetBeans IDE bundle for Java SE містить все для започаткування розробки плагінів NetBeans і додатків на базі платформи NetBeans. Ніяких додаткових SDK не потрібно.

Додатки можуть динамічно встановлювати модулі. Будь-який додаток може мати центр оновлень, щоб користувач міг завантажувати нові функції і оновлення з цифровим підписом безпосередньо під час виконання. Встановлення оновлення або нової версії не вимагає установку всієї програми

Платформа пропонує спільні сервіси для настільних додатків, дозволяючи розробникам зосередитися на конкретній логіці програми. Можливості платформи:

Не дивлячись на те, що останнім часом середовище NetBeans не достатньо користується популярністю, вважаємо, що для реалізації контрольного прикладу нескладної КМ його достатньо.

#### 4.3 Програмна реалізація когнітивної моделі

Як було сказано вище, програмна реалізація системи здійснена за допомогою мови програмування Java.

Програма демонструє можливості когнітивного моделювання, а саме: додавання, видалення, редагування концептів, введення оцінок впливу концепту-джерела на концепт-отримувача, перегляд результатів в табличному вигляді і на графіках.

Запуск програми.

При запуску програми відкривається діалогове вікно, як показано на рисунку 4.8.

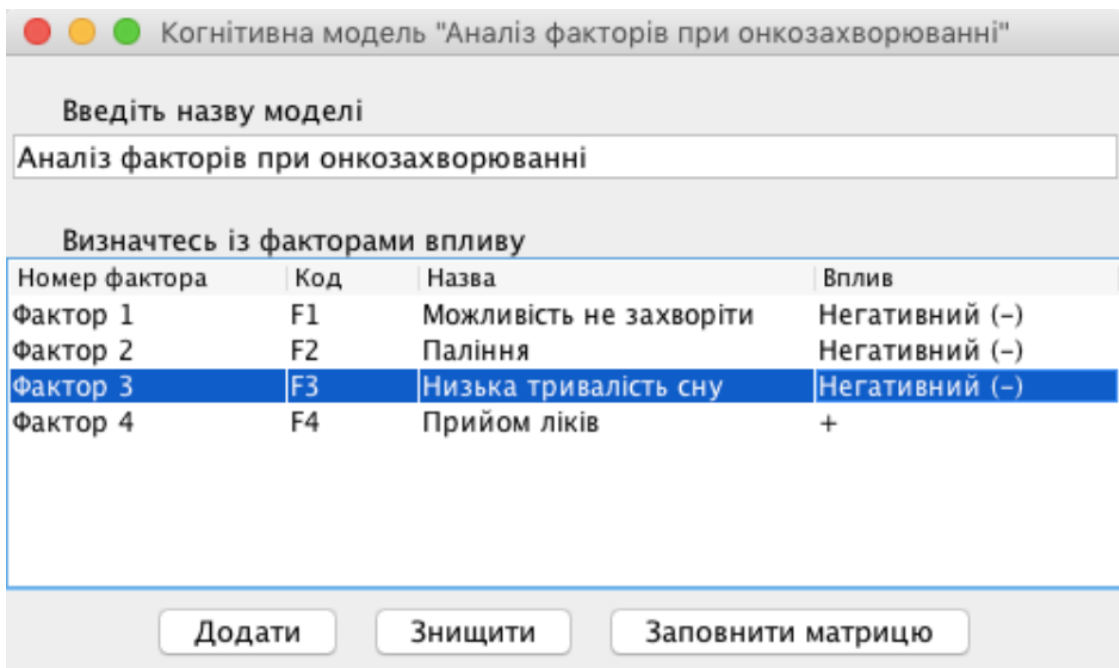
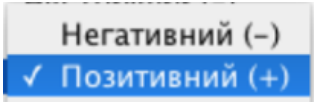


Рисунок 4.8 – Діалогове вікно СКМ

В цьому вікні необхідно ввести назву моделі, тоді вона відобразиться на головному вікні. Далі вводимо назви концептів. Остання колонка «Вплив» в даній системі розглядається який вплив має концепт (позитивний чи негативний). Проте, дана колонка не є обов'язковою. Вибір впливу відбувається шляхом

вибору з випадаючого списку: .

За допомогою кнопки «Додати» можна додавати фактори. На рисунку 4.9 показано додаткові поля для вводу факторів 5,6,7, які з'явилися після натискання кнопки «Додати». Так само можна видалити непотрібні фактори (концепти).

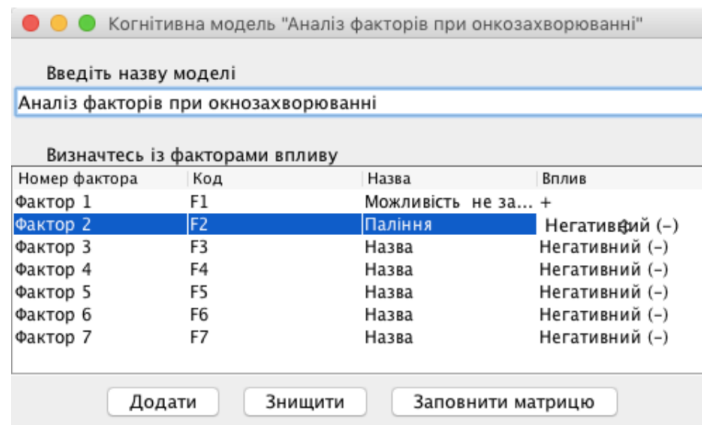


Рисунок 4.9 – Діалогове вікно після додавання нових факторів

На рисунку 4.10 показаний екран, завантажений контрольним прикладом.

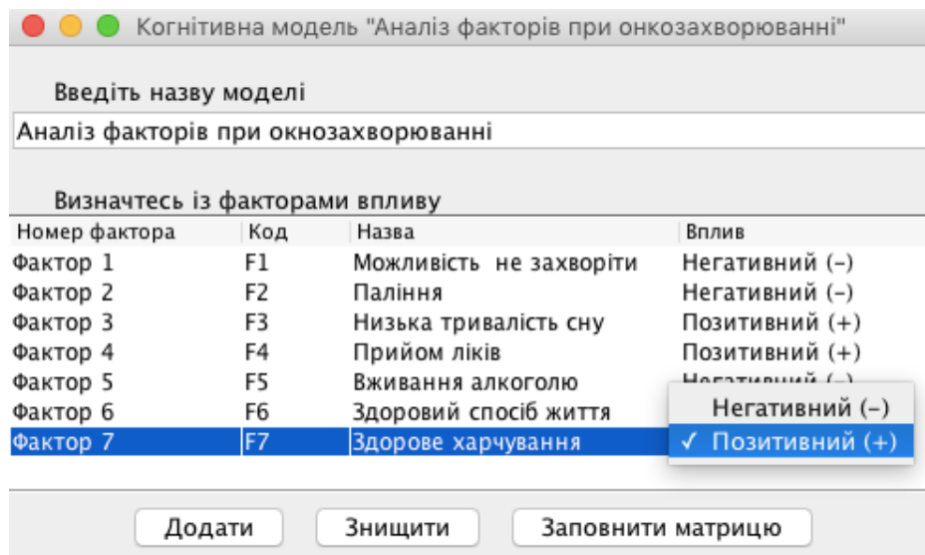


Рисунок 4.10 – Завантаження контрольно прикладу в СКМ

Наступним кроком роботи при роботі з програмою є заповнення матриці, в якій показана величина впливу одного концепту-джерела на концепт-отримувач.

Користувач повинен увести значення величини впливу на перетині клітинок. У рядочку розглядаємо концепти-джерело, у колонці – концепти-отримувачі. На рисунку 4.11 – діалогове вікно створення матриці суміжності.

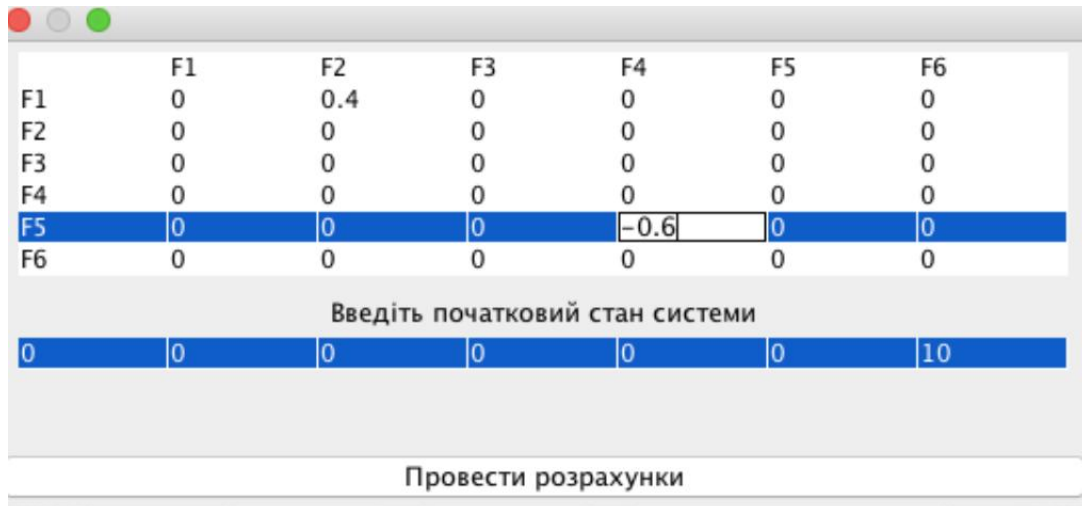


Рисунок 4.11 – Побудова матриці суміжності

Після внесення усіх даних користувач може натиснути кнопку «Провести розрахунки», в результаті будуть відкриті вікна з результатами обчислення когнітивної моделі.

На рисунку 4.12 показані результати обчислення моделі. Результати показані у табличному вигляді (так, як на рисунках 4.2, 4.4, 4.6). За аналогією, графіки результатів відповідають результатам, відображеним на рисунках 4.3, 4.5, 4.7.

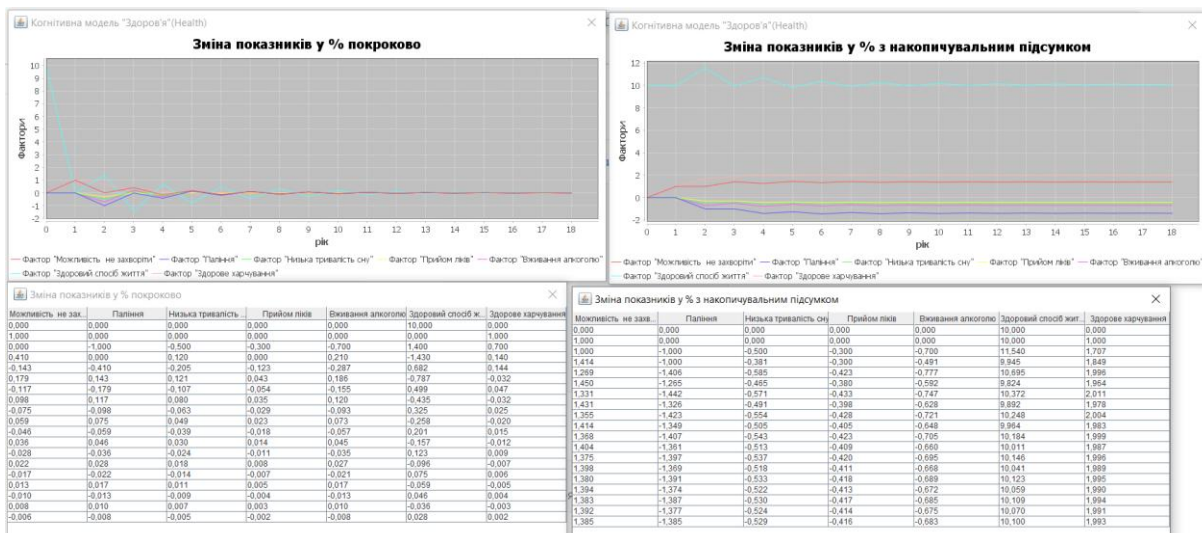


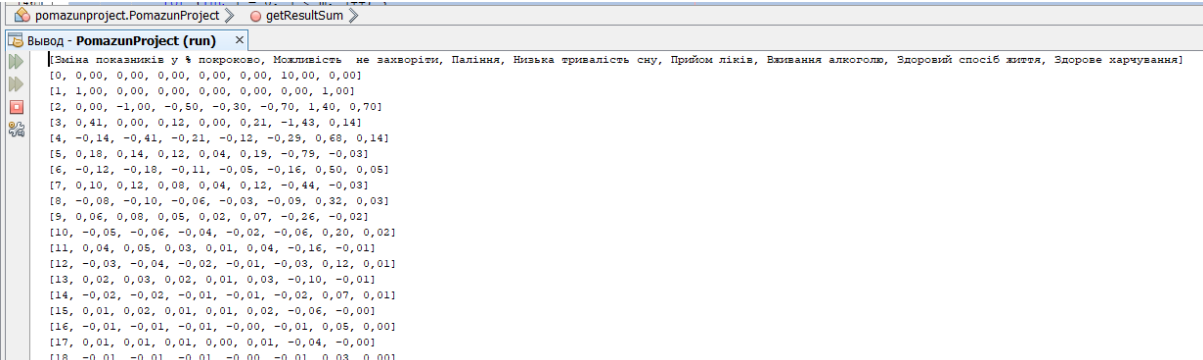
Рисунок 4.12 – Результати обчислення моделі в програмі

Обчислення моделі в програмі здійснюється за допомогою програмно реалізованого класу `getResultMatrixMultiplication()`, в якому здійснюється множення матриці на вектор.

Код реалізації даного методу описаний нижче:

```
public double[][] getResultMatrixMultiplication() {
    result1 = new double[19][7];
    result1[0] = arrays;
    int Row = arrData.length;
    int o = arrays.length;
    for (int j = 1; j < result1.length; j++) {
        resVector = new double[]{0.0, 0.0, 0.0,
0.0, 0.0, 0.0, 0.0};
        for (int i = 0; i < Row; i++) {
            for (int k = 0; k < o; k++) {
                resVector[i] += arrData[i][k] *
arrays[k];
            }
            result1[j][i] = resVector[i];
        }
        arrays = resVector;
    }
    return result1;
}
```

На рисунку 4.13 показаний результат обчислення, виведений в консолі.

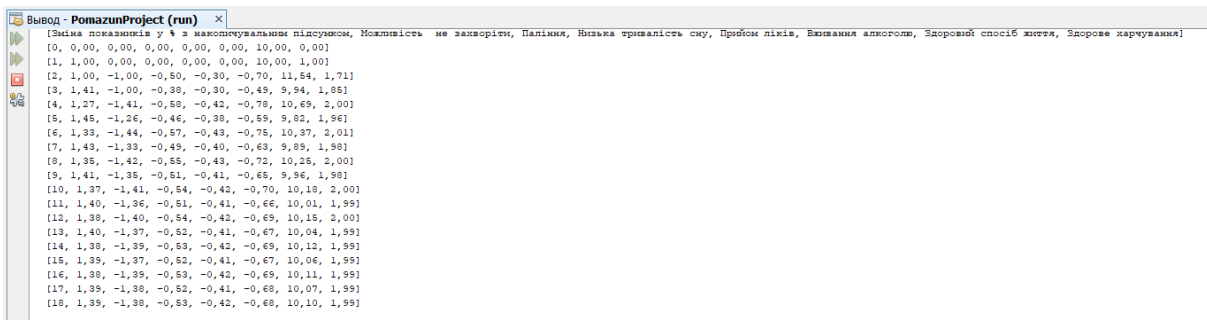


```
pomazunproject.PomazunProject > getResultSum >
Вывод - PomazunProject (run) x
[Зміна показників у % покроково, Можливість не захворіти, Паління, Низька тривалість сну, Прийом ліків, Вживання алкоголю, Здоровий спосіб життя, Здорове харчування]
[0, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 10,00, 0,00]
[1, 1,00, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 1,00]
[2, 0,00, -1,00, -0,50, -0,30, -0,70, 1,40, 0,70]
[3, 0,41, 0,00, 0,12, 0,00, 0,21, -1,43, 0,14]
[4, -0,14, -0,41, -0,21, -0,12, -0,29, 0,69, 0,14]
[5, 0,18, 0,14, 0,12, 0,04, 0,19, -0,79, -0,03]
[6, -0,12, -0,18, -0,11, -0,05, -0,16, 0,50, 0,05]
[7, 0,10, 0,12, 0,08, 0,04, 0,12, -0,44, -0,03]
[8, -0,08, -0,10, -0,06, -0,03, -0,05, 0,32, 0,03]
[9, 0,06, 0,06, 0,05, 0,02, 0,07, -0,26, -0,02]
[10, -0,05, -0,06, -0,04, -0,02, -0,06, 0,20, 0,02]
[11, 0,04, 0,05, 0,03, 0,01, 0,04, -0,16, -0,01]
[12, -0,03, -0,04, -0,02, -0,01, -0,03, 0,12, 0,01]
[13, 0,02, 0,03, 0,02, 0,01, 0,03, -0,10, -0,01]
[14, -0,02, -0,02, -0,01, -0,01, -0,02, 0,07, 0,01]
[15, 0,01, 0,02, 0,01, 0,01, 0,02, -0,06, -0,00]
[16, -0,01, -0,01, -0,01, -0,00, -0,01, 0,05, 0,00]
[17, 0,01, 0,01, 0,01, 0,00, 0,01, -0,04, -0,00]
[18, -0,01, -0,01, -0,01, -0,00, -0,01, 0,03, 0,00]
```

Рисунок 4.13 – Результат обчислення моделі в консолі за методом `getResultMatrixMultiplication()`

Іншим важливим методом є `getResultSum()`, в якому здійснюється обчислення накопичувальних показників. На рисунку 4.14 – результати розрахунку в консолі.

```
public double[][] getResultSum() {
    result2 = new double[19][7];
    int m = arrData.length;
    for (int i = 0; i < result1.length; i++) {
        for (int j = 0; j < m; j++) {
            if (i == 0) {
                result2[i][j] = 100.0 * (1 +
result1[i][j] / 100.0) - 100.0;
            } else {
                result2[i][j] = (result2[i - 1][j]
+ 100.0) * (1 + result1[i][j] / 100.0) - 100.0;
            }
        }
    }
    return result2;
}
```



```
Вывод - PomazunProject (run) x
[Зміна показників у % в накопичувальних підсумком. Можливість не захворіти, Наліття, Низька еригальність сну, Прийом ліків, Вживання алкоголю, Здоровий спосіб життя, Здорове харчування]
[0, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 10,00, 0,00]
[1, 1,00, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 10,00, 1,00]
[2, 1,00, -1,00, -0,50, -0,30, -0,70, 11,54, 1,71]
[3, 1,41, -1,00, -0,38, -0,30, -0,45, 9,94, 1,85]
[4, 1,27, -1,41, -0,58, -0,42, -0,78, 10,69, 2,00]
[5, 1,45, -1,26, -0,46, -0,38, -0,55, 9,82, 1,96]
[6, 1,33, -1,44, -0,57, -0,43, -0,75, 10,37, 2,01]
[7, 1,43, -1,33, -0,49, -0,40, -0,63, 9,85, 1,98]
[8, 1,35, -1,42, -0,56, -0,43, -0,72, 10,25, 2,00]
[9, 1,41, -1,35, -0,51, -0,41, -0,65, 9,96, 1,98]
[10, 1,37, -1,41, -0,54, -0,42, -0,70, 10,18, 2,00]
[11, 1,40, -1,36, -0,51, -0,41, -0,66, 10,01, 1,99]
[12, 1,38, -1,40, -0,54, -0,42, -0,69, 10,15, 2,00]
[13, 1,40, -1,37, -0,52, -0,41, -0,67, 10,04, 1,99]
[14, 1,38, -1,39, -0,53, -0,42, -0,69, 10,12, 1,99]
[15, 1,39, -1,37, -0,52, -0,41, -0,67, 10,06, 1,99]
[16, 1,38, -1,35, -0,53, -0,42, -0,65, 10,11, 1,99]
[17, 1,39, -1,38, -0,52, -0,41, -0,68, 10,07, 1,99]
[18, 1,39, -1,38, -0,53, -0,42, -0,68, 10,10, 1,99]
```

Рисунок 4.14 – Результат обчислення моделі в консолі за методом `getResultSum()`,

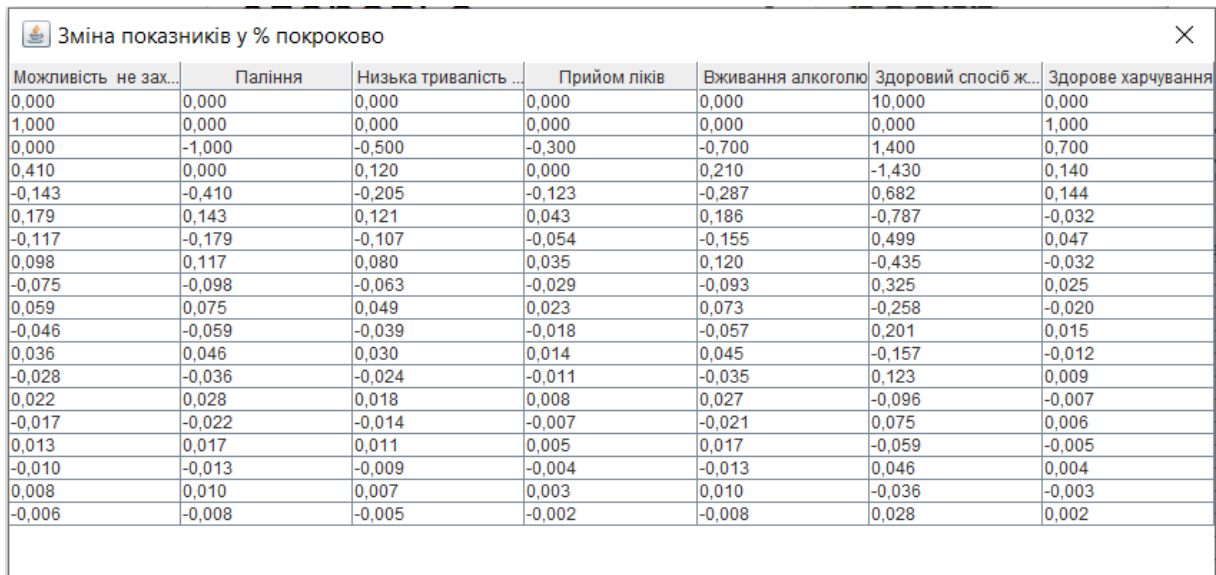
Інші класи, на які важливо звернути увагу, це класи, які демонструють результати обчислень. Зокрема, нижче показано код методу `buildTable` для виведення результатів обчислення в таблицю, а на рисунку 4.15 показано результати виконання даного класу.

```

public void buildTable(String indicators, String[]
code, double[][] matrix){
    JDialog frame = new JDialog();
    frame.setTitle(indicators);
    frame.setDefaultCloseOperation(JDialog.DISPOSE_ON_CLOSE);

    String [][] newMatrix = new
String[matrix.length][matrix[0].length];
    for (int i = 0; i < matrix.length; i++) {
        for (int j = 0; j < matrix[0].length; j++)
        {
            newMatrix[i][j] =
String.format("%.3f", matrix[i][j]);
        }
    }
    JTable tableNew = new JTable(newMatrix, code);
    JTableHeader th = tableNew.getTableHeader();
    frame.add(th, BorderLayout.NORTH);
    frame.add(tableNew, BorderLayout.CENTER);
    frame.setSize(900,700);
    frame.pack();
    frame.setVisible(true); }

```



Можливість не зах...	Паління	Низька тривалість ...	Прийом ліків	Вживання алкоголю	Здоровий спосіб ж...	Здорове харчування
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	0,000
1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
0,000	-1,000	-0,500	-0,300	-0,700	1,400	0,700
0,410	0,000	0,120	0,000	0,210	-1,430	0,140
-0,143	-0,410	-0,205	-0,123	-0,287	0,682	0,144
0,179	0,143	0,121	0,043	0,186	-0,787	-0,032
-0,117	-0,179	-0,107	-0,054	-0,155	0,499	0,047
0,098	0,117	0,080	0,035	0,120	-0,435	-0,032
-0,075	-0,098	-0,063	-0,029	-0,093	0,325	0,025
0,059	0,075	0,049	0,023	0,073	-0,258	-0,020
-0,046	-0,059	-0,039	-0,018	-0,057	0,201	0,015
0,036	0,046	0,030	0,014	0,045	-0,157	-0,012
-0,028	-0,036	-0,024	-0,011	-0,035	0,123	0,009
0,022	0,028	0,018	0,008	0,027	-0,096	-0,007
-0,017	-0,022	-0,014	-0,007	-0,021	0,075	0,006
0,013	0,017	0,011	0,005	0,017	-0,059	-0,005
-0,010	-0,013	-0,009	-0,004	-0,013	0,046	0,004
0,008	0,010	0,007	0,003	0,010	-0,036	-0,003
-0,006	-0,008	-0,005	-0,002	-0,008	0,028	0,002

Рисунок 4.15 – Результати роботи методу buildTable

Графічне представлення результатів реалізується за допомогою класу buildChart.

```

public void buildChart(String indicators, String[]
code, double[][] matrix){// створюємо каркас вікна
    JDialog frame = new JDialog();// заголовок вікна
    frame.setTitle(name);// Для закриття програми
    frame.setDefaultCloseOperation(JDialog.DISPOSE_ON_CLOSE);
    List<XYSeries> list = new ArrayList<XYSeries>();
        for (int i = 0; i < 7; i++) {
            list.add(new XYSeries("Фактор \" +
code[i] + "\\\""));
            int a =-1;
            for (XYSeries line : list)
                a++;
            for (int i = 0; i < matrix.length; i++) {
                for (int j = 0; j < matrix.length; j++) {
                    if(i==a)
                        line.add(j, matrix[j][i]);
                }
            } // Додаємо необхідні ряди
            XYSeriesCollection data = new
XYSeriesCollection();
            for (XYSeries line : list){
                data.addSeries(line);}

```

Результати виконання показано на рисунку 4.16.



Рисунок 4.16 – Виведення на екран графіку за методом buildChart

На рисунках 4.17-4.18 – демонстрація роботи методу getResultSum() та результати, подані у вигляді таблиці (рис. ) і графіку.

Зміна показників у % з накопичувальним підсумком						
Можливість не захв...	Паління	Низька тривалість сну	Прийом ліків	Вживання алкоголю	Здоровий спосіб жит...	Здорове харчування
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	0,000
1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	1,000
1,000	-1,000	-0,500	-0,300	-0,700	11,540	1,707
1,414	-1,000	-0,381	-0,300	-0,491	9,945	1,849
1,269	-1,406	-0,585	-0,423	-0,777	10,695	1,996
1,450	-1,265	-0,465	-0,380	-0,592	9,824	1,964
1,331	-1,442	-0,571	-0,433	-0,747	10,372	2,011
1,431	-1,326	-0,491	-0,398	-0,628	9,892	1,978
1,355	-1,423	-0,554	-0,428	-0,721	10,248	2,004
1,414	-1,349	-0,505	-0,405	-0,648	9,964	1,983
1,368	-1,407	-0,543	-0,423	-0,705	10,184	1,999
1,404	-1,361	-0,513	-0,409	-0,660	10,011	1,987
1,375	-1,397	-0,537	-0,420	-0,695	10,146	1,996
1,398	-1,369	-0,518	-0,411	-0,668	10,041	1,989
1,380	-1,391	-0,533	-0,418	-0,689	10,123	1,995
1,394	-1,374	-0,522	-0,413	-0,672	10,059	1,990
1,383	-1,387	-0,530	-0,417	-0,685	10,109	1,994
1,392	-1,377	-0,524	-0,414	-0,675	10,070	1,991
1,385	-1,385	-0,529	-0,416	-0,683	10,100	1,993

Рисунок 4.17 – Таблична реалізація методу getResultSum()

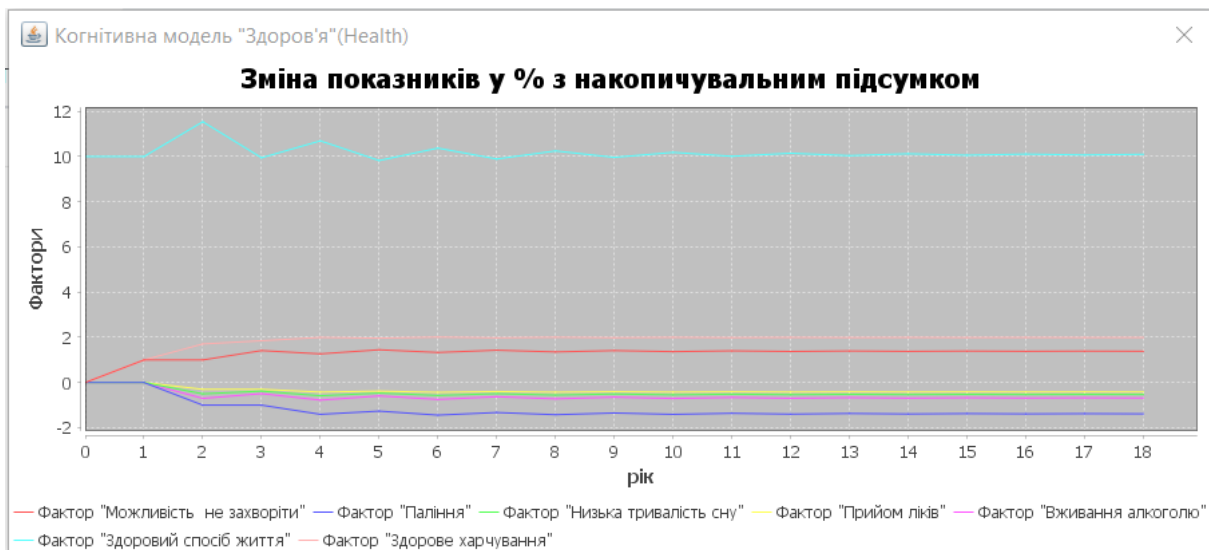


Рисунок 4.18 – Графічна реалізація методу getResultSum()

Таким чином, дана програмна демонстрація свідчить, що за допомогою мови Java можна реалізувати усі вимоги, які висуваються до системи.

Висновки до розділу 4

Відповідно положень когнітивного моделювання запропонована когнітивна модель аналізу впливу факторів на онкологічні захворювання. Розрахунок моделі був здійснений в середовищі MS Excel, Розрахунок був здійснений відповідно положень щодо розрахунку КК на основі нечітких когнітивних карт Коско. Результати обчислення показали ефективність застосування КМ при дослідженні впливу факторів. Також можна стверджувати, що застосування MS Excel достатньо для аналізу і розрахунку нескладних когнітивних моделей.

Здійснено обґрунтування використання мови програмування Java для створення систем когнітивного моделювання. Основними перевагами мови є: об'єктно-орієнтована спрямованість; незалежність від архітектури; розподіленість; безпечність; стійкість до помилок; ефективність; підтримка багатозадачності; підтримка роботи з сучасними СУБД; доступність інструментарію та ефективність розробок.

Розроблено систему когнітивного моделювання на мові програмування java. Запропонована система має такі можливості: додавання, видалення факторів, побудова матриці суміжності, розрахунок когнітивної моделі, перегляд результатів в табличному і графічному вигляді.

Запропонована система може застосовуватися при створенні нескладних когнітивних моделей. Проте, результати показали, що функціонал даної системи може бути розширений.

## ВИСНОВКИ

Результати досліджень, виконані в атестаційній роботі, дозволили сформулювати наступні висновки.

При прийнятті будь-якого рішення необхідно ретельно дослідити ситуацію. Відповідно класифікації проблем прийняття рішень, ситуації розділяють на структуровані, слабоструктуровані та неструктуровані. Дослідження слабоструктурованих та неструктурованих ситуацій – складний процес, тому вимагає застосування спеціального інструментарію для його здійснення. Найбільш поширеним являється когнітивне моделювання.

Основою когнітивного моделювання є дослідження факторів (концептів), які представляють у вигляді орієнтованого графу, який називають когнітивною картою. Вузлами такого графу являються концепти, а на дугах відображають величину впливу концепту-джерела на концепт-отримувач.

Використання когнітивного моделювання при аналізі слабоструктурованих проблем потребує спеціальної підтримки засобами сучасних інформаційних систем і технологій. Аналіз існуючих на ринку систем показав, що існує потреба в таких системах, що дає підстави на створення нової СКМ.

Проаналізовано підходи до створення та аналізу когнітивних карт, до найбільш поширених відносять: знакові, зважені, функціональні, нечіткі когнітивні карти, розширені нечіткі КК, нейронні нечіткі КК.

Розвиток когнітивного моделювання полягає у вдосконаленні та модифікації підходів до визначення оцінок впливу та інструментарій аналізу КК.

Аналіз складних слабоструктурованих ситуацій доцільно здійснювати групою експертів. Що, в свою чергу, вимагає узгодження експертних оцінок і суджень. В роботі Запропонований підхід до узгодження експертних оцінок при моделювання КК на основі теорії нечітких множин.

В роботі проаналізовані характерні особливості ситуацій прийняття рішень. Ситуації, пов'язані з прийняттям рішень, можна розглядати в наступних аспектах: тип ситуації (ситуації закритих і закритих рішень, кризові), вид ситуації

(детерміновані, за умов ризику, за умови невизначеності, умови нечітких цілей, посилені відкритих рішень) тип проблеми організаційного управління, характерні особливості (визначає ступінь визначеності цілей, ступінь визначеності вхідної та вихідної інформації, тип і ступінь часових обмежень, тощо), категорія творців рішень, фактори, що впливають на середовище прийняття рішень, характер і ступінь такого впливу, взаємозв'язки рішень, необхідна для прийняття рішення інформація (внутрішня та зовнішня), знання, необхідні для прийняття рішення.

Запропоновано етапи проектування СКМ, а саме: дослідження проблемної області та формування вимог до системи, вибір технології проектування системи, визначення функціональних можливостей КСМ, проектування компонентів СКМ. Відповідно обраних методів проектування на даному етапі проектується база даних, база моделей та інтерфейс користувача.

Запропонована функціональна структура СКМ, яка включає наступні блоки: блок аналізу предметної області, блок генерування ідей, блок узгодження з експертами, блок генерування списку концептів, блок розрахунок показників КМ, блок прийняття рішення, блок контролю виконання прийнятого рішення.

Для моделювання системи запропоновано мову моделювання систем SysML та в середовищі Enterprise Architect визначені функціональні вимоги, бізнес-процеси СКМ, діаграма прецедентів, класів, модель ієрархії екранних форм.

Спроектована модель БД, в якості СУБД запропоновано використання Microsoft SQL Server 2017. В структуру БД входять таблиці нормативно-довідкової інформації (експерти, довідник концептів, довідник показників когнітивної карти) та таблиці оперативної інформацію, в яких фіксується інформація під час обробки транзакцій (сеанс список учасників сеансу, впливи концептів, вагові оцінки експертів, обчислені показники).

Запропонована модель нечіткої когнітивної карти Коско аналізу впливу факторів на онкологічні захворювання. Розрахунок моделі дав змогу проаналізувати вплив позитивних і негативних факторів на ризик захворіти

онкологічним захворюванням. Розрахунок моделі був здійснений в середовищі MS Excel, що підтверджує можливість застосування Excel для когнітивного моделювання і аналізу КК.

Обґрунтовано застосування мови програмування java для створення СКМ та здійснено програмна реалізація системи, яка дозволяє створювати нову модель шляхом додавання та видалення концептів, побудови матриці суміжності, переглядати результати в графічному і табличному відображенні. Запропонована програма може бути застосована для створення і аналізу когнітивних карт будь-якої предметної області.

Основною метою створення СКМ є підвищення якості рішень при аналізі ситуацій, визначення факторів впливу на ситуацію, пошук прихованих знань щодо проблеми.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Голубков Е.П. Технология принятия управленческих решений. / Е.П. Голубков. – М.: Издательство "Дело и сервис", 2005. – 544 с.
2. Гужва В.М, Помазун О.М. Системи підтримки прийняття рішень (напрямку підготовки «Комп'ютерні науки») [Електронний ресурс] : практикум / В.М. Гужва, О.М. Помазун // К. : КНЕУ, 2014. 2014.
3. Гужва В.М., Помазун О.М. Підходи до створення СППР з управління бізнес-процесами підприємства / В.М. Гужва, О.М. Помазун // Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. / ДПСУ; Національний університет ДПС України. – Ірпінь: Вид-во Національного університету ДПС України, 2012. – С.178–184. 26
4. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. / В.Ф.Ситник. – К.: КНЕУ, 2004. – 614 с.
5. Классификация проблем и решений [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://infomanagement.ru/referat/111/3>.
6. Буров Є. Архітектура опрацювання знань у когнітивній інформаційній системі / Є. Буров // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – № 650 : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – С. 28–37. – Режим доступу до ресурсу: <http://vlp.com.ua/node/3952>
7. Cognition [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.answers.com/search?q=cognition>.
8. Newell, A..Unified Theories of Cognition [Text]/ Newell A.- Harvard University Press.- Reprint edition, ISBN 0-674-92101-1.
9. Hollnagel, Erik, Joint cognitive systems : foundations of cognitive systems engineering [Text] / Erik Hollnagel and David D. Woods.- CRC Press, 2005.- ISBN 0-8493-2821-7.- 241p.
10. Борисов В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 284 с.

11. Ткаченко О. Когнітивне моделювання складних систем / О. Ткаченко. // Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://infotech-soccult.knukim.edu.ua/article/view/175650>
12. Яремчук О. Я. Побудова когнітивної моделі сталого розвитку туристично-рекреаційної системи (на прикладі Тернопільського регіону) / О. Я. Яремчук // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. - 2010. - Т. 112. - С. 91-94. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMAkn\\_2010\\_112\\_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMAkn_2010_112_19)
13. Заїка В. І. Когнітивне моделювання поведінки динамічних технологічних процесів сокоочистки цукрового виробництва / В. І. Заїка, О. М. Зігунов, В. Д. Кишенько. // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2014. – С. 78–84. – Режим доступу до ресурсу: <http://journals.uran.ua/atbp/article/view/36964>
14. Ткаченко О. І. Когнітивне моделювання складних систем / Ольга І. Ткаченко. // Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері. – 2019. – С. 11–19. – Режим доступу до ресурсу: <http://infotech-soccult.knukim.edu.ua/article/view/175650/176888>
15. Кулинич А. А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А. А. Кулинич. // Проблемы управления. – 2010. – №3. – С. 2–16.
16. Кулинич А. А. Система когнитивного моделирования «КАНВА» [Електронний ресурс] / А. А. Кулинич – Режим доступу до ресурсу: <http://www.raai.org/about/persons/kulinich/pages/kanva2003.html..>
17. Кулинич А. А. Когнитивная система поддержки принятия решений КАНВА / А. А. Кулинич. // Программные продукты и системы. – 2002. – №3. – С. 25–28.
18. Василенко Т. О. Генри и когнитивные карты [Електронний ресурс] / Тимур Василенко. – 2005. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.improvement.ru/zametki/cognitive/>.

19. Когнитивная система IBM Watson: принципы работы с естественным языком Блог компании IBM, [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/ibm/blog/266015/>.
20. Отвечаем на вопросы читателей: что такое когнитивная система IBM Watson, и как она работает? [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/ibm/blog/332070/>.
21. Tolman E.C. Cognitive maps in rats and men // Psychological Review. 1948. V.42 №55. P.189-208.
22. Axelrod R. Structure of Decision: the cognitive maps of political elites. Princeton Univ, Press, N.Y.: 1976
23. Когнитивные карты с интерпретацией концептов и связей между ними совокупностью аргументов двузначной логики / А. И.Каяшев, М. И. Шарипов, Е. А. Муравьёва, К. А. Багров. // XII ВСЕРОССИЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПРОБЛЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ . ВПСУ-2014. Москва 16-19 июня 2014 г.. – 2014. – С. 4126–4131.
24. Борисов В. В. Нечеткие когнитивные модели для выявления коалиций в мультиагентных системах / В. В. Борисов, Е. С. Устиненков. // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал.. – 2010.
25. Максимов В. И. Когнитивные технологии - от незнания к пониманию / В. И. Максимов // Материалы I Междунар. конф. "Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC 2001)" в 3 Т. / В. И. Максимов. – М.: ИПУ РАН, 2001. – С. 4–41.
26. Максимов В. И. Когнитивный анализ и управление развитием ситуации / В. И. Максимов // Материалы I Междунар. конф. "Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC 2001)" в 3 Т. / В. И. Максимов. – М.: ИПУ РАН, 2001. – С. 10–21.

27. Борисов В. В., Федулов А. С. Устиненков Е.С. Анализ динамики состояния сложных систем на основе нечетких продукционных когнитивных карт. – Нейрокомпьютеры: разработка, применение, № 1, 2007.
28. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. / В.Г. Тоценко. – Київ.: "Наукова думка", 2002. – 382 с.
29. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений. / Э.А. Трахтенгерц. // Серия "Системы и проблемы управления". – М.: СИНТЕГ, 2003. – 284 с.
30. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка формирования целей и стратегий. / Э.А. Трахтенгерц. // Серия "Системы и проблемы управления". – М.: СИНТЕГ, 2005. – 224 с.
31. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений. В 2-х томах. Том 1. Методы и средства. / Э.А. Трахтенгерц. // Серия "Системы и проблемы управления". – М.: СИНТЕГ, 2009. – 172 с.
32. Помазун О.М. Моделі та інформаційні технології підтримки прийняття рішень з управління бізнес-процесами підприємства: дис. канд. екон. наук: спец. 08.00.11 / О.М. Помазун; Держ. ВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана». – Київ, КНЕУ 2016. –280 с.
33. Помазун О.М. Моделювання прийняття групових рішень на підприємстві з використанням теорії нечітких множин / О.М. Помазун // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. пр. – Київ : КНЕУ, 2007. – Вип. 76. – С.251–257.
34. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. / А.В.Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова – М. : Финансы и статистика, 2000. – 368 с.: ил
35. Золотухин О. В. Исследование методов искусственного интеллекта в системах бесконтактных платежей / О. В. Золотухин, Е. Ю. Ереемеев. // Сталий розвиток України, проблеми та шляхи їх подолання : матеріали Міжнародної

науково-практичної конференції (Маріуполь, 14-15 листопада 2019 р.). – 2019. – С. 462–464.

36. Золотухін О.В. Помазун О.М. Функціональна модель системи когнітивного моделювання при аналізі слабоструктурованих ситуацій / О.В. Золотухін, О.М. Помазун // Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні [Електронний ресурс] : зб. матеріалів II Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів ; 16–170 квітня 2020 р. — Київ : КНЕУ, 2020. – С. 104-106.

37. Systems Modeling Language. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Systems\\_Modeling\\_Language](https://uk.wikipedia.org/wiki/Systems_Modeling_Language)

38. Ситник Н. В. Проектування баз і сховищ даних / Н. В. Ситник. – Київ: КНЕУ, 2004. – 348 с.