

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
Факультет комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Спеціальність 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри робототехніки,
електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
к.т.н., доц. Громовий О.А.

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент **Левченко Олександр Григорович**

1. Тема роботи: **“Автоматизований вібір роботизованих механоскладальних технологій методом ортогональних векторів із використанням чат-боту ChatGPT”**.

Затверджена Наказом по університету від 12 листопада 2024 р. № 646/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру 22 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи. 1. Методики розв’язування задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА). 2. Особливості розв’язування задач НБВА ТАОВ-методом. 3. Сутність та особливості роботи користувача із чат-ботом ChatGPT. 4. Функціональність та специфіка роботи з програмним продуктом FMCSA.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

1. Поточний стан нечіткого багатокритеріального вибору роботизованих механоскладальних технологій.

2. Опис головних програмних продуктів.

3. Система опрацювання задачі НБВ РМСТ методом ТАОВ
в ChatGPT.

4. Дослідження отриманих результатів.

5. Напрямки подальших лосліджень.

6. Використані інформаційні джерела.

5. Перелік презентативного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових слайдів/креслень).

Титульна сторінка, мета та завдання роботи (2 слайди). Зміст, особливості Роботи чат-боту ChatGPT та термінологія (3 слайди). Наукова новизна та значення роботи (1 слайд). Основні етапи ТАОV-методу та їх автоматизована реалізація (15-18 слайдів). Отримання кінцевих результаті та їх дослідження в FMCSA (5-8 слайдів). Напрямки подальших досліджень та загальні висновки (2-3 слайди).

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Кирилович В.А.	10.10.24	10.10.24
2	Кирилович В.А.	01.11.24	01.11.24
3	Кирилович В.А.	15.11.24	15.11.24
4	Кирилович В.А.	01.12.24	01.12.24

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка загальної стратегії досліджень	10.10.24 – 30.10.24	Виконано
2	Інформаційний пошук	25.10.24 – 05.10.24	Виконано
3	Стисла характеристика програмних продуктів, що використовуються в КРМ	06.10.24 – 25.10.24	Виконано
4	Стратегія роботи з ChatGPT	26.10.24 – 05.11.24	Виконано
5	Отримання кінцевого рішення	06.11.24 – 25.11.24	Виконано
6	Порівняння множини відомих та кінцевого рішень	26.11.24 – 09.12.24	
7	Формулювання наукової новизни, загальних висновків та списку інформаційних джерел	10.12. 24 – 22.12.24	Виконано
8	Оформлення презентативного матеріалу	Постійно з 10.10. 24 р. по 22.12. 24 р.	Виконано
9	Оформлення пояснювальної	Постійно з 10.10.24 р.	Виконано

	записки	По 22.12. 24 р.	
--	---------	-----------------	--

Студент	_____	<u>Левченко О.Г.</u>
	(підпис, дата)	(прізвище та ініціали)
Керівник роботи	_____	<u>Кирилович В.А.</u>
	(підпис, дата)	(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи магістра

на тему:

**“Автоматизований вибір роботизованих механоскладальних технологій
методом ортогональних векторів із використанням чат-боту ChatGPT”**

Виконав студент II курсу, групи АТ-28м
спеціальності 174 “Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка”

Левченко О.Г.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник: д.т.н., доцент, професор кафедри
робототехніки, електроенергетики
та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Кирилович В.А.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Рецензент: д.т.н., професор, професор кафедри
механічної інженерії

Мельничук П.П.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі розглядається можливість використання нейромережевої моделі ChatGPT для розв'язання задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив. Такі задачі виникають у процесі прийняття рішень, де потрібно враховувати множину критеріїв, часто з нечіткими або суб'єктивними оцінками. Основна увага приділяється дослідженню методично обумовлених кроків, які дозволяють інтегрувати можливості ChatGPT для аналізу текстових даних, формалізації критеріїв і генерації рішень в умовах невизначеності. У роботі проаналізовано потенціал ChatGPT для моделювання процесу прийняття рішень, визначення важливості критеріїв, а також підвищення ефективності вибору оптимальної альтернативи. Запропонований підхід сприяє автоматизації та продуктивності змісту задачі вибору РМСТ і розширює інструментарій методів нечіткого моделювання.

ABSTRACT

This thesis considers the possibility of using the ChatGPT neural network model to solve problems of fuzzy multi-criteria selection of alternatives. Such tasks arise in the decision-making process where a set of criteria, often with fuzzy or subjective assessments, must be taken into account. The main focus is on the study of algorithms that allow integrating ChatGPT capabilities for analysing textual data, formalising criteria, and generating decisions under uncertainty. The paper analyses the potential of ChatGPT for modelling the decision-making process, determining the importance of criteria, and improving the efficiency of choosing the optimal alternative. The proposed approach facilitates the automation of analysis and expands the toolkit of fuzzy modelling methods.

РЕФЕРАТ

Дана кваліфікаційна робота магістра (КРМ) представлена в обсязі 56 сторінок формату А4 основного тексту та на 33 сторінках додатків, що включають презентативний матеріал для захисту кваліфікаційної роботи магістра. Загальний обсяг роботи складає 89 аркушів формату А4.

КРМ складається зі вступу, чотирьох розділів, напрямків подальших досліджень, загальних висновків, списку використаних інформаційних джерел у 4кількості 12 найменувань та двох додатків.

В першому розділі розглянуто поточний стан вибору роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ) як задачі нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА). Визначені підходи та методики розв'язування таких задач, в тому числі реалізованих автоматизовано. Серед інших методик вказано, що методика вибору на основі ортогональних векторів (ТАОВ) не є такою, що реалізована автоматизовано. Визначені мета та задачі роботи.

Другий розділ присвячений аналізу особливостей програмного продукту чат-боту ChatGPT. Розглядається чат-бот ChatGPT, його можливості для виконання поставлених в даній роботі завдань. Описані особливості роботи користувача та вимоги до цього. Тут же проаналізовано особливості та призначення програми SPSS, за допомогою якої визначаються головні компоненти для розв'язування в роботу завдань.

Змістом третього розділу є опис використання чат-боту ChatGPT в межах реалізації методики ТАОВ. При цьому ChatGPT використовується як засіб автоматизованої реалізації вказаної методики. Описані процедури діалогу - (бесіди) користувач-ChatGPT, що реалізуються поетапно. Вказано кінцевий результат НБВ РМСТ, отриманий.

Четвертий розділ відтворює складову третього етапу методики ТАОВ - порівняння. При цьому порівнюються рейтинги отриманого рішення методикою ТАОВ з рішеннями, отриманими іншими методиками. Для цього використовується оригінальний програмний продукт FMCSA, що дозволяє виконувати цей процес автоматизовано. Для порівняння використовуються

коефіцієнти загальної узгодженості (коефіцієнт конкордації Кендалла) множини рішень (всього 7, одне отримане ТАОВ методикою та 6 іншими методиками) та попарних їх порівнянь (коефіцієнт попарної конкордації Спірмена).

Вказані напрямки подальших досліджень, що направлені як на розширення/поглиблення вказаних напрямків досліджень щодо розв'язування задач НБВА, так і на автоматизацію їх розв'язування.

Загальні висновки свідчать про досягнення поставленої в роботі мети та розв'язування поставлених для досягнення мети завдань.

Додатки містять роздатковий презентативний матеріал до захисту КРМ у вигляді слайдів.

.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ПОТОЧНИЙ СТАН НЕЧІТКОГО БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ...	12
1.1. Змістовна сутність нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив.....	12
1.2. Поточний стан нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ....	12
1.3. Існуючі методики при автоматизованому розв’язуванні задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив	13
1.4. Мета та завдання роботи.....	18
2. ОПИС ГОЛОВНИХ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ.....	20
2.1. Загальні особливості чат-боту ChatGPT.....	20
2.2. Функціональність програмного продукту ChatGPT Т.....	23
2.3. Стислий опис роботи з ChatGPT	26
2.4. Опис програмного продукту SPSS.....	28
2.5. Висновки за розділом 2.....	28
3. СИСТЕМА ОПРАЦЮВАННЯ ЗАДАЧІ НБВ РМСТ МЕТОДОМ ТАОВ в ChatGPT.....	30
3.1 Етап Е1 ТАОВ-методу. Ініціалізація (Initialization).....	30
3.2 Етап Е2 ТАОВ-методу. Ортогоналізація (Orthogonalization).....	40
3.3. Етап Е3 ТАОВ-методу. Порівняння (Comparison).....	43
3.4. Висновки за розділом 3.....	45
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ	47
4.1. Програмний продукт FMCSA як інструмент для порівняльних досліджень отриманих результатів	47
4.2. Дослідження отриманих результатів.....	47
4.2.1. Використання наявних методик в FMCSA	49
4.2.2. Використання наявних методів в FMCSA.....	51
4.3. Висновки за розділом 4.....	53

НАПРЯМКИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
ДОДАТКИ.....	57
Додаток А. Презентативний матеріал до захисту КРМ	57

ВСТУП

На даний час використання штучного інтелекту в автоматизації є розповсюдженим і швидко набираючим динамізм. Він є актуальним, оскільки розвиток технологій не стоїть на місці. Штучний інтелект у сфері автоматизації надає можливість зменшити людську працю в вирішенні складних задач і частково автоматизувати процес розв'язування багатьох прикладних задач. Тобто, є можливість зменшити об'єми виконуваних робіт. Головною перевагою є те, що при використанні штучного інтелекту швидкість опрацювання задач буде збільшуватись збільшуючи продуктивність обчислень, зростатиме потенційний прибуток підприємства. Штучний інтелект як нова технологія на даний часі буде актуальною і розвиватиметься, що зможе і в подальшому допомогти з вирішенням різноманітних задач, в тому числі багатокритеріальних. Можна навіть із упевненістю сказати, що починаючи із сьогодення відбувається революція технологій штучного інтелекту, оскільки з кожним роком з'являються все нові і нові можливості використання даних технологій. А це значить, що у майбутньому дана сфера буде ще актуальнішою за умови її розвитку.

ChatGPT використовується у багатьох сферах промисловості та повсякденності при вирішенні поставлених задач будь якого спектру, зокрема і у можливості розв'язання задач таких як, наприклад, задачі нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив.

Одним із перспективних інструментів штучного інтелекту є модель ChatGPT, розроблена на основі трансформерної архітектури. ChatGPT демонструє унікальні можливості у сфері обробки природної мови, аналізу текстових даних, генерації ідей і рекомендацій, що відкриває широкі перспективи для її інтеграції у процеси прийняття рішень. Завдяки здатності швидко обробляти великі обсяги інформації та адаптуватися до різноманітних запитів, модель може бути корисною в розв'язанні задач нечіткого багатокритеріального вибору, сприяючи формалізації критеріїв, оцінці альтернатив та генерації раціональних рішень.

Метою цієї кваліфікаційної роботи магістра є дослідження можливостей та застосування ChatGPT для автоматизації процесів розв’язання задач нечіткого багатокритеріального вибору (НБВ) альтернатив (НБВА) на прикладі НБВ РМСТ.

У роботі аналізуються основні підходи до моделювання таких задач, розглядаються алгоритми обробки нечіткої інформації та формування рекомендацій за допомогою штучного інтелекту. Основна увага приділяється розробці методики використання ChatGPT як інструменту для побудови моделей вибору та порівнянню її ефективності з традиційними методами.

Новизна дослідження полягає у використанні сучасної нейромережевої технології для розв’язання задач, які зазвичай вимагають залучення складних математичних методів. У ході роботи буде проведено експериментальне дослідження, результати якого дозволять оцінити працездатність і продуктивність моделі, а також визначити її потенціал у різних практичних застосуваннях.

Практична цінність роботи полягає у створенні інструменту, який може бути використаний для прийняття рішень у реальних умовах, де необхідно враховувати нечіткість, багатокритеріальність та складність аналізу.

Отримані результати сприятимуть удосконаленню методологій багатокритеріального вибору та впровадженню нових технологій у сферу прийняття рішень.

1. ПОТОЧНИЙ СТАН НЕЧІТКОГО БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Змістовна сутність нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив

Нечіткий багатокритеріальний вибір – це підхід до прийняття рішень у ситуаціях, коли є кілька критеріїв оцінки, а характеристики альтернатив або критерії мають нечітку природу.

Нечіткість може бути викликана невизначеністю, суб'єктивністю або складністю об'єктивного оцінювання. Такий методологічний підхід є актуальним в умовах невизначеності, що притаманна багатьом сучасним сферам – економіці, екології, управлінню проєктами тощо.

Змістовна сутність нечіткого багатокритеріального вибору (НБВ) роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ) загалом зводиться до упорядкування локальних критеріїв вибору із попередньо неупорядкованої їх множини (фактично це упорядкована множина за номерами, індексами множини локальних критерію вибору).

1.2. Поточний стан нечіткого багатокритеріального вибору

Інтеграція методів штучного інтелекту може бути охарактеризована наступним:

- - використання методів машинного навчання, таких як нейронні мережі та генетичні алгоритми, для підвищення точності обчислень у багатокритеріальних задачах%;
- - розширення можливостей нечіткої логіки для автоматизації процесів вибору в реальному часі.

Методи оцінки нечітких множин:

- - на сьогодні активно використовуються такі методи, як нечіткий аналіз ієрархій (FANP), метод нечіткої логіки (FL), метод нечітких компромісів (TOPSIS), що дозволяють формалізувати та об'єднувати суб'єктивні оцінки;

- - розробка нових підходів до розрахунку ступеня належності нечітких множин, що забезпечує гнучкість таких підходів у різних галузях.

Комп'ютерне моделювання:

- розширюється розробка програмного забезпечення, яке інтегрує нечіткі методи аналізу для задач вибору, наприклад, MATLAB Fuzzy Logic Toolbox, R і Python-бібліотеки;
- розширюється розробка програмного забезпечення, яке інтегрує нечіткі методи аналізу для задач вибору, наприклад, MATLAB Fuzzy Logic Toolbox, R і Python-бібліотеки;
- - використання візуалізацій для представлення нечітких множин і їх оцінок у процесі прийняття рішень.

Застосування НБВ в різних галузях:

- - **екологія:** вибір оптимальних стратегій у сфері природокористування, з урахуванням багатокритеріальної оцінки;
- - **фінанси:** оцінка ризиків та інвестиційних стратегій із нечіткими параметрами.
- - **медицина:** діагностика та вибір терапевтичних стратегій.
- - **логістика:** оптимізація маршрутів і ресурсів за умов невизначеності.

Виклики та обмеження використання НБВ можуть бути зведені до наступного:

- проблема визначення функцій належності: побудова функцій належності для нечітких множин залишається суб'єктивною і залежить від експертного підходу.
- обчислювальна складність: складні багатокритеріальні моделі потребують значних обчислювальних ресурсів.
- недостатня інтерпретованість результатів: через високу абстракцію нечітких моделей користувачам іноді важко зрозуміти процес ухвалення рішення.

1.3. Існуючі методики при нечіткому багатокритеріальному виборі альтернатив

1.3.1. Методика найгіршого випадку (WMS)

Найгірший випадок формує базову оцінку за критеріями для кожної альтернативи, де визначаються максимально можливі значення функцій належності для найгіршого сценарію виконання. У представленій моделі використовуються критерії $S(j)_{\max} S_{\{(j)_{\max}\}} S(j)_{\max}$ з різними показниками, що відображають вагомість кожного критерію в задачі вибору.

Методикою WMS отримано наступний розв'язок НБВ РМСТ:

$$\langle S_{(j)_{\max}} | \forall j = \overline{1, m} \rangle_{WMS} =$$

$$=$$

$$\left\langle \frac{0.12432}{K_n}, \frac{0.10399}{E_n}, \frac{0.09038}{G_m}, \frac{0.07643}{D_n}, \frac{0.07085}{\tau(Q)}, \frac{0.06701}{C_t}, \frac{0.06697}{A_c}, \frac{0.06450}{R_l}, \frac{0.05102}{T_r}, \frac{0.03908}{E_c}, \frac{0.03615}{F_{opt}}, \frac{0.03452}{F_c} \right\rangle$$

$$;$$

1.3.2. Методика квазі-кращого випадку (QBMS)

Основна ідея квазікращого випадку (QBMS) полягає в тому, щоб знайти найбільш збалансоване рішення, яке відповідає практичним умовам роботи системи. У порівнянні з ідеальним випадком, квазікращий варіант забезпечує високу ефективність без необхідності досягнення абсолютних екстремальних значень усіх критеріїв.

Розв'язування задачі НБВ РМСТ дало наступний результат:

$$\langle S_{(j)_{\max}} | \forall j = \overline{1, m} \rangle_{QBMS} =$$

$$=$$

$$\left\langle \frac{0.19354}{K_n}, \frac{0.19015}{E_n}, \frac{0.18514}{T_r}, \frac{0.18074}{G_m}, \frac{0.18029}{R_l}, \frac{0.17900}{C_t}, \frac{0.17603}{\tau(Q)}, \frac{0.17118}{A_c}, \frac{0.16525}{F_c}, \frac{0.16415}{F_{opt}}, \frac{0.15259}{E_c}, \frac{0.15139}{D_n} \right\rangle$$

$$.$$

1.3.3. Методики серединного випадку (MMS):

1.3.3.1. Середньоарифметичний випадок (MMS:A)

Аналіз середніх показників:

- у рамках MMS оцінюються середні значення функцій належності або критеріїв між крайніми випадками. Ці середні значення слугують базою для

визначення допустимих варіантів, які знаходяться в межах практичної реалізованості.

Компроміс між критеріями:

- методики MMS враховують, що досягнення абсолютних значень для всіх критеріїв може бути недосяжним;
- серединний випадок дозволяє врахувати взаємозалежність критеріїв і пропонує рішення, які не є критично гіршими, але й не потребують надмірних ресурсів для реалізації.

Підходи до обчислення:

- лнійна інтерполяція: середні значення між максимальними і мінімальними оцінками критеріїв;
- нечітке середнє значення: застосування нечітких множин для обчислення середніх функцій належності;
- зважені коефіцієнти: використання вагових коефіцієнтів для визначення серединного значення між крайніми сценаріями.

1.3.3.2. Середньоарифметичний серединний випадок

Серединний випадок (середньоарифметичний MMS:M) передбачає визначення значень критеріїв як середнього між найгіршим та квазікращим випадками.

Для кожного критерію обчислюється середньоарифметичне значення, яке відображає баланс між мінімальними і максимальними можливостями системи.

Такий підхід дозволяє знайти компромісне рішення, яке не є екстремальним, але забезпечує достатню ефективність і стійкість у реальних умовах. Середньоарифметичний підхід часто застосовується, коли необхідно уникнути ризиків найгіршого сценарію, але немає ресурсів для досягнення ідеального.

Результат розв'язування задачі НБВА на прикладі нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ наступний :

$$\langle S_{(j)\max} | \forall j = \overline{1, m} \rangle_{MMS:M} =$$

$$= \langle \frac{0.22376}{En}, \frac{0.22370}{Fopt}, \frac{0.22342}{Ct}, \frac{0.21961}{Gm}, \frac{0.21910}{Tr}, \frac{0.21910}{Rl}, \frac{0.21599}{Kn}, \frac{0.20866}{Ec}, \frac{0.20838}{Fc}, \frac{0.20417}{Ac}, \frac{0.19567}{\tau(Q)}, \frac{0.19307}{Dn} \rangle.$$

1.3.3.3. Медіанний випадок (MMS:M)

Визначає значення критеріїв як медіану між найгіршим і квазікращим випадками, тобто вибирається центральне значення в ряду оцінок. Цей підхід дозволяє враховувати варіативність даних, фокусуючись на типових значеннях, що характеризують систему. Медіанний метод зменшує вплив екстремальних значень, забезпечуючи більш стабільне і зважене рішення для середньо-реалістичних сценаріїв. Його часто використовують у задачах, де потрібна стійкість до аномалій або несиметричних розподілів показників.

Розв'язок вищезгаданої задачі НБВ РМСТ методикою MMS:M наступний:

$$\langle S_{(j)\max} | \forall j = \overline{1, m} \rangle_{MMS:M} =$$

$$= \langle \frac{0.22376}{En}, \frac{0.22370}{Fopt}, \frac{0.22342}{Ct}, \frac{0.21961}{Gm}, \frac{0.21910}{Tr}, \frac{0.21910}{Rl}, \frac{0.21599}{Kn}, \frac{0.20866}{Ec}, \frac{0.20838}{Fc}, \frac{0.20417}{Ac}, \frac{0.19567}{\tau(Q)}, \frac{0.19307}{Dn} \rangle.$$

1.3.3.4. Середньоквадратичний випадок (MMS:S)

Визначає значення критеріїв як середнє квадратичне між найгіршим і квазікращим випадками. Цей підхід підсилює вплив більших значень критеріїв, акцентуючи увагу на альтернативі, яка має потенціал досягти більш високих показників.

Отмано наступний результат НБВ РМСТ методикою середньоквадратичного випадку (MMS:S):

$$\langle S_{(j)\max} | \forall j = \overline{1, m} \rangle_{MMS:S} =$$

$$\langle \frac{Fopt}{0,21737}, \frac{Ct}{0,21689}, \frac{Rl}{0,21638}, \frac{En}{0,21589}, \frac{Gm}{0,21576}, \frac{Tr}{0,21567}, \frac{Kn}{0,21530}, \frac{Ec}{0,20248}, \frac{Fc}{0,20202}, \frac{Ac}{0,20152}, \frac{\tau(Q)}{0,20090}, \frac{Dn}{0,18689} \rangle.$$

1.3.3.5. Середньогометричний випадок (MMS:G)

Цей випадок визначає значення критеріїв як середньогометричне між найгіршим і кваліфікаційним випадками.

Використання цього підходу (MMS:G) дало таке кінцеве рішення:

$$\langle S_{(j)\max} | \forall j = \overline{1, m} \rangle_{\text{MMS:G}} =$$

$$\langle \langle \frac{Ct}{0,22011}, \frac{Fopt}{0,21937}, \frac{Rl}{0,21853}, \frac{En}{0,21702}, \frac{Gm}{0,21684}, \frac{Tr}{0,21659}, \frac{Kn}{0,21594}, \frac{Fc}{0,20515}, \frac{Ec}{0,20444}, \frac{Ac}{0,20362}, \frac{\tau(Q)}{0,20214}, \frac{Dn}{0,18994} \rangle \rangle.$$

У наведених в пп. 1.2.3.1 – 1.2.3.5 в дужках $\langle \dots \rangle$ предсталені наступні прояви (складові) роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ), на множині яких виконується НБВ РМСТ:

- Gm (S_1) – геометрична;
- Kn (S_2) - кінематична;
- Dn (S_3) - динамічна;
- Ct (S_4) - управлінська;
- En (S_5) - енергетична;
- Tr (S_6) - траєкторна,
- $\tau(Q)$ (S_7) – швидкодія (продуктивнісна) ;
- Rl (S_8) - надійнісна;
- En (S_9) - енергетична,
- Ac (S_{10}) - точнісна;
- Fc (S_{11}) - силова;
- Fort (S_{12}) – інший прояв РМСТ, наприклад, техніко-економічний критерій вибору тощо.

В дужках (S_j), $j = \overline{1, m}$ вказані індекси (порядкові номери) кожного j -го локального критерію вибору. Загалом розмірність задачі, що тут розв’язується, дорівнює $n \times m = 10 \times 12$, де n – кількість експертів, $n=10$ (див. далі); m – кількість проявів РМСТ (кількість локальних критеріїв вибору РМСТ), $m=12$.

Узагальнення вищенаведених результатів та методик як таких дало можливість

представити узагальнену семантичну модель розроблених в Державному університеті “Житомирська політехніка” (ДУЖП) методик автоматизованого розв’язування задач НБВА (див. Рис. 1.1) з використанням оригінального програмного продукту FMCSA (див. п. 4.2). Цей програмний продукт також розроблений в ДУЖП.

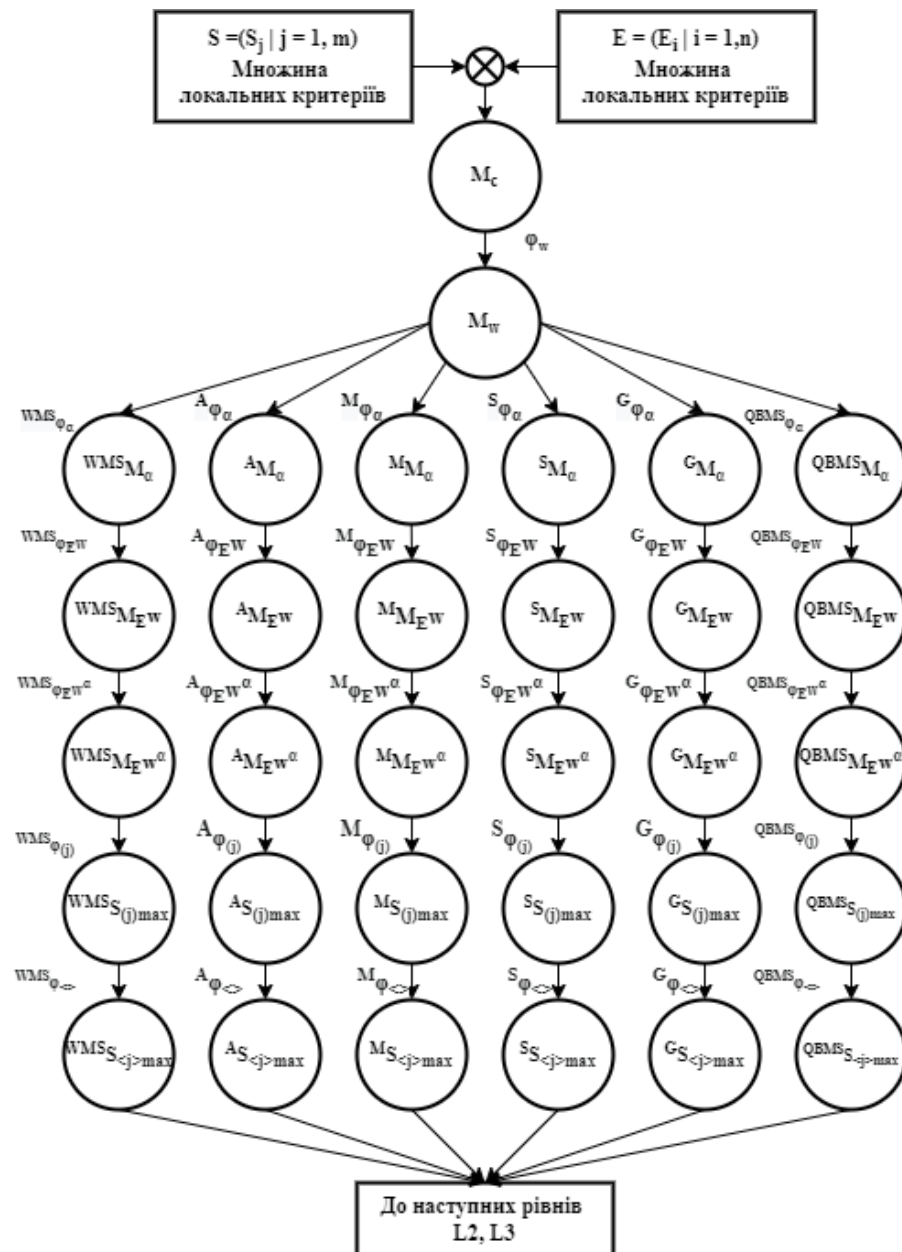


Рис. 1.1– Узагальнена семантична модель розроблених в ДУЖП методик автоматизованого розв’язування задач НБВА

1.4. Мета та завдання КРМ

Метою є підвищення ефективності технологічної підготовки роботизованих механоскладальних виробництв (РМСВ) на етапі вибору

роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ) за рахунок нового комплексного підходу щодо процесу вибору як такого, що полягає у використанні ТАОV-методу нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА) та чат-боту ChatGPT.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання**:

1. Проаналізувати сучасний стан проблеми нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив щодо вибору РМСТ.
2. Обґрунтування можливості використання чат-боту ChatGPT для вибору РМСТ як задачі НБВА.
3. Продемонструвати працезданність НБВ роботизованих механоскладальних технологій в данній постановці.
4. Визначити напрямки подальших досліджень.

2. ОПИС ГОЛОВНИХ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

2.1. Опис та основні особливості програмного продукту ChatGPT

ChatGPT (англ. *Generative Pre-trained Transformer*, укр. *Породжувальний попередньо натренований трансформер*) є відносно недавно відомим (на Україні офіційно з 2022 року) та безкоштовним (для версії ChatGPT-3,5, основні характеристики та властивості наведені нижче), що важливо для користувачів, розвинений інструмент штучного інтелекту, який базується на моделях природної мови.

ChatGPT може бути *застосований* та фактично застосовується у різних галузях, таких як:

- автоматизація в різних її проявах,
- різногалузеві технологічні задачі: фінанси, економіка, менеджмент та інших для розв'язування багатьох інженерних задач, в тому числі задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА) при прийнятті оптимальних рішень векторної (багатокритеріальної) оптимізації.

ChatGPT — це *інноваційна мовна модель штучного інтелекту*, створена компанією OpenAI. Вона базується на трансформерній архітектурі GPT (Generative Pre-trained Transformer) і призначена для роботи з природною мовою. ChatGPT демонструє широкі можливості у створенні текстів, аналізі даних, підтримці користувачів та інших задачах, що вимагають глибокого розуміння контексту.

Завдяки своєму універсальному підходу, модель активно *використовується* в багатьох галузях, включаючи освіту, бізнес, медицину, технічну підтримку та дослідницьку діяльність.

Архітектура GPT є базою, що забезпечує потужність і ефективність ChatGPT. Ця технологія ґрунтується на принципі трансформерів, що використовують механізм самопильності (self-attention). Завдяки цьому модель може одночасно аналізувати контекст, структуру речень та взаємозв'язки між

словами, що робить її здатною генерувати якісний текст із глибоким розумінням контексту.

Процес навчання GPT відбувається у два основних етапи:

- попереднє навчання (pre-training) — модель вивчає величезні обсяги текстів із відкритих джерел, формуючи загальне уявлення про структуру та закономірності мови;

- довчання (fine-tuning) — цей етап спрямований на адаптацію моделі до конкретних задач за допомогою ретельного налаштування на основі спеціалізованих даних і методів, таких як підкріплене навчання (reinforcement learning).

Ці етапи забезпечують високий рівень адаптивності ChatGPT та його здатність до універсального використання.

Масштабність та продуктивність. ChatGPT належить до великих мовних моделей, які мають сотні мільярдів параметрів. Це дозволяє моделі ефективно працювати з текстовими даними будь-якої складності. Завдяки величезній кількості параметрів вона враховує тонкощі лексики, граматики, стилістики та навіть семантичних нюансів тексту, забезпечуючи при цьому високу якість відповіді.

Інтерактивність. Однією з ключових особливостей ChatGPT є здатність підтримувати інтерактивний діалоговий режим. Це дозволяє користувачам взаємодіяти з моделлю у форматі запит-відповідь, зберігаючи контекст попередніх повідомлень протягом усього діалогу. Завдяки цьому модель стає ідеальним інструментом для виконання таких задач, як: консультування; технічна підтримка; навчання та тренінги; генерація ідей.

Адаптивність. ChatGPT може адаптуватися під різноманітні потреби користувачів і задачі, виконуючи їх із високою точністю. Це включає:

- створення текстів для різних цілей (рекламних, навчальних, творчих тощо);
- аналіз і узагальнення великих обсягів текстової інформації;
- побудова рекомендацій на основі заданих параметрів.

Генерація текстів. ChatGPT здатний створювати якісні та осмислені тексти різного характеру: статті, есе, дослідження; технічні описи; сценарії, художні твори; інструкції та документацію.

Ця функція є особливо цінною для автоматизації рутинних завдань із написання текстів.

Аналіз тексту. Модель має потужні інструменти для аналізу текстових даних, включаючи:

- виділення ключових моментів;
- класифікацію тексту за темами чи настроями;
- оцінку релевантності інформації.

Це дозволяє ефективно застосовувати ChatGPT у маркетингових дослідженнях, аналізі відгуків споживачів та багатьох інших задачах.

Переклад і локалізація. Завдяки багатомовній базі знань ChatGPT може виконувати переклади текстів та адаптацію до різних культурних контекстів. Хоча це не спеціалізована система перекладу, її здатність обробляти мову дозволяє виконувати завдання перекладу з високою точністю.

Навчання та підтримка. Модель може виступати в ролі віртуального репетитора, допомагаючи користувачам у вивченні нових тем чи вирішенні складних проблем. Вона також ефективна у наданні технічної підтримки, автоматизуючи відповіді на поширені питання.

Використання ChatGPT у задачах багатокритеріального вибору. Одним із перспективних напрямів застосування ChatGPT є розв'язання задач нечіткого багатокритеріального вибору. Такі задачі передбачають:

- аналіз альтернатив, кожна з яких оцінюється за кількома критеріями;
- обробку нечітких даних (суб'єктивних чи неповних);
- генерування рекомендацій або вибору оптимального рішення.

ChatGPT дозволяє:

- формалізувати нечіткі дані, перетворюючи текстові описи на структуровані критерії;
- проводити швидкий аналіз альтернатив за допомогою алгоритмів NLP;

- пропонувати рішення на основі порівняльного аналізу критеріїв і пріоритетів.

Таким чином, модель може бути інтегрована у системи прийняття рішень, виступаючи як додатковий інструмент поряд із традиційними математичними методами.

Обмеження та перспективи. Хоча ChatGPT має широкі можливості, але існують певні *обмеження*:

- неточності у відповідях — іноді модель може генерувати хибну або недостатньо точну інформацію;
- чутливість до запитів — неправильне або неоднозначне формулювання запитів може призводити до некоректних результатів;
- відсутність глибоких спеціалізованих знань — модель добре обробляє загальні задачі, але у вузькопрофесійних областях її відповіді можуть бути поверховими.

Перспективи розвитку ChatGPT включають:

- вдосконалення алгоритмів обробки контексту;
- покращення точності та розширення функціональності.

Це зробить модель ще ефективнішою у складних задачах, включаючи нечіткий багатокритеріальний вибір.

Таким чином, ChatGPT є універсальним інструментом, який може значно покращити ефективність роботи з текстовими даними та автоматизувати розв’язування складних задач.

2.2. Функціональність програмного продукту ChatGPT

Прийом і обробка вхідного запиту.

Робота ChatGPT розпочинається з отримання запиту від користувача у текстовій формі. Запит може бути простим (одне речення) або складним (розгорнутий текст із контекстуально залежними елементами). Після цього модель виконує попередню обробку тексту, яка включає:

- **токенізацію** — розбиття тексту на окремі елементи (токени), що можуть бути словами, частинами слів або символами;
- **визначення контексту** — врахування попередніх повідомлень у діалозі, якщо вони є, для побудови зв'язного ланцюжка відповідей.

Цей етап забезпечує підготовку вхідних даних для подальшого аналізу моделлю.

Аналіз вхідних даних. Токени, отримані на попередньому етапі, передаються через трансформерну архітектуру моделі. На цьому етапі ChatGPT використовує механізм самопильності (self-attention) для аналізу взаємозв'язків між токенами. Основні процеси включають:

- **оцінку ваги кожного токена** — визначення, які слова чи символи є ключовими для розуміння запиту;
- **моделювання послідовності** — врахування порядку слів і граматичних зв'язків для правильного інтерпретування тексту;
- **врахування контексту** — використання попередніх повідомлень у діалозі для збереження логіки розмови.

Генерація відповіді. Після аналізу вхідних даних модель переходить до етапу генерації відповіді. Цей процес включає кілька *ключових кроків*:

- передбачення наступного токена — модель обчислює ймовірності для кожного можливого наступного токена на основі аналізу попередніх токенів;
- *побудова тексту* — шляхом послідовного вибору токенів із найвищими ймовірностями ChatGPT створює текст, який відповідає на запит користувача;
- *оптимізація тексту* — модель враховує стиль, тон і бажану структуру тексту, адаптуючи відповідь до заданого контексту чи теми.

Постобробка та передача відповіді. Згенерований текст проходить постобробку, під час якої *забезпечується*:

- перевірка зв'язності й граматичної правильності;
- адаптація довжини відповіді до потреб користувача;

- форматування тексту для зручного сприйняття.

Після цього готова відповідь передається користувачу у текстовому форматі.

Зворотний зв'язок і навчання. У діалоговому режимі ChatGPT здатний адаптувати свої відповіді на основі зворотного зв'язку від користувача. Якщо користувач уточнює свій запит або дає вказівки щодо формату відповіді, модель враховує ці вказівки в наступних відповідях.

Особливості процесу роботи ChatGPT.

1. Управління контекстом

ChatGPT має обмежену "пам'ять" у межах діалогу, що дозволяє враховувати кілька попередніх повідомлень для створення зв'язної та логічної розмови. Це особливо корисно для вирішення складних задач, які потребують багатоступеневого аналізу.

2. Гнучкість у роботі з різними темами.

Завдяки обширній базі знань, отриманій під час навчання, модель може працювати з широким спектром тем — від технічних до творчих. Вона легко адаптується до нових задач і коригує відповіді залежно від специфіки запиту.

3. Швидкість обробки.

Трансформерна архітектура забезпечує високу швидкість аналізу й генерації текстів, що дозволяє моделі відповідати на запити в режимі реального часу.

4. Обмеження у роботі.

Попри високу ефективність, процес роботи ChatGPT має деякі *обмеження*:

- модель іноді генерує відповіді, які виглядають правдоподібно, але є некоректними;
- відсутність "глибокої пам'яті" поза межами одного діалогу може ускладнювати роботу з довгостроковими задачами;
- залежність від якості вхідних даних: неточний або двозначний запит може призвести до неадекватної відповіді.

2.3. Стислий опис роботи з ChatGPT

Роботи з ChatGPT є послідовним процесом, який дозволяє користувачам ефективно взаємодіяти з моделлю для розв'язання задач різної складності. В основі алгоритму лежить низка кроків, які забезпечують:

- правильну обробку запиту;
- формулювання релевантної (відповідну, слухну, долречну) відповіді;
- її адаптацію до конкретних потреб користувача.

Формулювання запиту при роботі з ChatGPT починається з чіткого формулювання запиту. На цьому етапі важливо:

- зрозуміти мету запиту;
- визначити, що саме потрібно отримати — фактологічну інформацію, аналіз, текстову генерацію чи іншу допомогу;
- уточнити параметри запиту: якщо задача має кілька складових, варто подати інформацію структуровано та послідовно;
- забезпечити ясність: уникати двозначності або неконкретних формулювань, які можуть ускладнити розуміння задачі. Наприклад, якщо необхідно вирішити математичну задачу або знайти оптимальне рішення в умовах багатокритеріального вибору, слід подати всі необхідні умови та обмеження;

Передача запиту до моделі. Запит, сформульований користувачем, передається до ChatGPT через інтерфейс користувача (веб-платформа, API або інтегрований чат). На цьому етапі система:

- приймає текст запиту та розбиває його на токени для обробки;
- визначає контекст: якщо це частина діалогу, модель враховує попередні повідомлення;
- підготовлює дані до обробки через трансформерну архітектуру.

Обробка запиту. Після прийому запиту ChatGPT виконує *основний алгоритм обробки*:

- аналіз тексту: визначає ключові слова, фрази та загальний контекст завдання;

- побудова імовірнісної моделі відповіді: модель генерує ймовірні результати для кожного наступного токена на основі попередніх;

- вибір оптимального рішення: алгоритм обирає найрелевантніші токени для формування осмисленої відповіді. У процесі обробки модель враховує раніше отримані дані, правила граматики, стилістичні особливості та можливі обмеження, які були задані користувачем;

- генерація відповіді. На основі оброблених даних ChatGPT формує *відповідь*, яка *проходить кілька етапів*:

= складання тексту: модель послідовно генерує речення, формуючи осмислений і зв'язний текст;

= адаптація стилю: відповіді можуть бути формальними, неформальними, технічними або креативними залежно від запиту;

= оптимізація довжини: текст відповіді регулюється, щоб бути достатньо інформативним, але не перевантаженим зайвою інформацією;

= передача відповіді користувачу. Згенерований текст повертається до користувача через інтерфейс платформи. У цей момент *користувач може*:

- прийняти відповідь, якщо вона задовольняє вимоги;
- поставити уточнюючі запитання або скорегувати запит для уточнення деталей;
- повторно звернутися до моделі для розширення або доповнення інформації.

Уточнення та ітеративна робота ChatGPT дозволяє уточнювати запити, щоб покращити відповідь. Ітеративна робота *включає*:

- оцінку якості відповіді: користувач аналізує, наскільки відповідь відповідає його потребам;
- формулювання уточнень: якщо необхідно, запит подається із доповненнями або уточненнями;

- адаптація відповіді: модель коригує свій результат, враховуючи додаткові інструкції.

Цей процес особливо корисний для складних задач, які потребують багатоступеневого підходу або глибшого аналізу.

Використання інструментів ChatGPT. ChatGPT інтегрує додаткові функції та інструменти, які полегшують взаємодію:

- шаблони запитів: пропонують стандартні формати для створення текстів чи вирішення задач;
- рекомендації для уточнення: підказки щодо формулювання запитів для досягнення оптимального результату;
- автоматизація повторюваних задач: створення програмних скриптів або інтеграція з іншими сервісами через API.

. 2.4. Опис програмного продукту SPSS

SPSS Statistics (аббревіатура англ. Statistical Package for the Social Sciences, укр. - статистичний пакет для суспільних наук) - комп'ютерна програма для статистичного опрацювання даних, один із лідерів ринку в галузі комерційних статистичних продуктів, призначених для проведення прикладних досліджень у суспільних науках.

28 липня 2009 року компанія оголосила, що вона була придбана компанією IBM за 1,2 млрд дол. США. Станом на січень 2010 року компанія стала називатися «SPSS: An IBM Company».

На думку деяких авторів, SPSS «посідає провідне становище серед програм, призначених для статистичної обробки інформації».

SPSS в даній роботі використовується в ТАОВ-методиці для визначення головних компонентів в проці вибору. Вона підключається автономно і працює за відповідними алгоритмами та процедурами.

2.5. Висновки за розділом 2

У другому розділі детально розглянуто програмне забезпечення, яке використовується для реалізації автоматизованого вибору роботизованих

механоскладальних технологій методом ортогональних векторів із використанням чат-боту ChatGPT та статистичного аналізу в середовищі SPSS.

Зокрема, проаналізовано функціональні можливості ChatGPT, що дозволяють ефективно взаємодіяти з користувачем для збирання та обробки інформації про технічні параметри процесу. Завдяки інтеграції системи на основі штучного інтелекту, стає можливим проведення швидкого аналізу вхідних даних, а також надання користувачу рекомендацій щодо отримання оптимальних технологічних рішень.

Додатково охарактеризовано можливості програмного забезпечення SPSS, яке використовується для обробки даних та статистичного аналізу. Використання методів ортогональних векторів у поєднанні з інструментами SPSS дозволяє реалізувати нечіткий багатокритеріальний вибір оптимальних роботизованих технологій, забезпечуючи науково обґрунтовані результати.

Таким чином, в межах цього розділу визначено комплексне використання інтелектуального програмного забезпечення для розв'язування завдання автоматизації вибору РМСТ, що дозволяє підвищити швидкодію та наукову обґрунтованість при прийнятті ефективних рішень.

3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ ЗАДАЧІ НБВА

МЕТОДОМ ТАОV В ChatGPT

Методика ТАОV , як відомо ,реалізується за рахунок виконання наступних трьох етапів:

- **E1.** Ініціалізація (*Initialization*), виконується кроками **K1, K2, K3 (K3.1), K4 (K4.1), K5 (K5.1), K6 (K6.1);**
- **E2.** Ортогоналізація (*Orthogonalization*), виконується кроками **K7 (K7.1, K7.2, K7.3, K7.4, K7.5, K7.6, K7.7), K8;**
- **E3.** Порівняння (*Comparison*), виконується кроками **K9 (K9.1, K9.2, K9.3), K10, K11, K12, K13.**

Тут в дужках вказані підкроки відповідних кроків. Їх зміст буде розкрито нижче.

3.1. E1. Ініціалізація (*Initialization*)

K1: Визначення множини експертів $E = (E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_n) = (E_i | i = \overline{1, n})$.

Тут:

- **E** —множина всіх експертів, які розглядаються для прийняття рішення;
- **E_i** — конкретна **i**-та альтернатива, яка входить до загального набору можливих рішень.
- **n** — загальна кількість експертів.

K2: Визначення множини **S** локальних критеріїв при прийнятті рішень

(див.вище) :

$$S = (S_1, S_2, \dots, S_j, \dots, S_m) = (S_j | j = \overline{1, m}).$$

Це сукупність показників або умов, за якими оцінюють та порівнюють альтернативні варіанти рішень. Ці критерії допомагають особі, що приймає рішення (ОПР), обрати найкращий або найбільш прийнятний варіант з наявних альтернатив.

K3: Побудова матриці результатів експертного опитування $M_c[n \times m]$.

Таблиця 3.1

Матриця $M_c[m \times n]$ результатів експертного опитування

Множина локальних критеріїв $s = (s_j j = \overline{1, m})$	Множина експертів $E = (E_i i = \overline{1, n})$										$\sum_{i=1}^n s_{ij}$
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	
S_1 G_m	11	5	9	5	12	3	9	7	4	9	74
S_2 K_n	12	4	10	9	11	8	8	10	5	12	89
S_3 D_n	3	2	8	10	4	4	7	6	7	3	54
S_4 C_t	10	3	7	12	5	2	10	5	8	5	67
S_5 E_n	4	7	5	6	6	12	5	12	9	7	73
S_6 Tr	9	6	12	4	7	5	4	11	1	11	70
S_7 $\tau(Q)$	8	10	6	7	2	11	2	9	6	10	71
S_8 R_l	5	9	4	3	8	7	12	3	12	2	65
S_9 E_c	6	11	1	8	3	9	1	2	10	6	57
S_{10} A_c	7	8	11	1	9	10	11	8	11	8	84
S_{11} F_c	2	1	3	11	10	6	6	1		4	46
S_{12} F_{opt}	1	12	2	2	1	1	3	4	32	1	30
$\sum_{i=1}^n s_{ij}$	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	780

КЗ.1: Побудова матриці рішень результатів експертного опитування $M_c[m \times n]$ в ChatGPT. Рядками цієї матриці є локальні критерії вибору (S_j), а стовпцями є множина експертів (E_i) із їх кількості відповідно $m=12$ та $n=10$ (див. рис. 3.1).

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_10	Σ
S_1 (Gm)	11	5	9	5	12	3	9	7	4	9	74
S_2 (Kn)	12	4	10	9	11	8	8	10	5	12	89
S_3 (Dn)	3	2	8	10	4	4	7	6	7	3	54
S_4 (Ct)	10	3	7	12	5	2	10	5	8	5	67
S_5 (En)	4	7	5	6	6	12	5	12	9	7	73
S_6 (Tr)	9	6	12	4	7	5	4	11	1	11	70
S_7 (τ(Q))	8	10	6	7	2	11	2	9	6	10	71
S_8 (RI)	5	9	4	3	8	7	12	3	12	2	65
S_9 (Ec)	6	11	1	8	3	9	1	2	10	6	57
S_10 (Ac)	7	8	11	1	9	10	11	8	11	8	84
S_11 (Fc)	2	1	3	11	10	6	6	1	2	4	46
S_12 (Fopt)	1	12	2	2	1	1	3	4	3	1	30
Σ	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	780

Рисунок 3.1 Матриця $M_c[m \times n]$ результатів експертного опитування в робочому просторі ChatGPT (крок K3.1)

K4: Визначення векторів ваг критеріїв $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ за допомогою відношення рангів r_j усіх альтернатив в робочому просторі ChatGPT (3.1):

$$r_j w_j = \frac{r_j}{\sum_{i=1}^n r_j} \quad \forall j = \overline{1, m}. \quad (3.1).$$

K4.1: Розрахунок ваг критеріїв $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ в ChatGPT, отримано відповідь як матрицю за рисунками 3.2 (введення запиту) та 3.3 (відповідь на запит).

Для визначення векторів ваг критеріїв $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ за формулою (2.1) потрібно виконати такі дії:

1. **Задача:**

- Розрахувати ваги альтернатив за кожним критерієм S_j з урахуванням відношення рангів $(i) c_j$, де значення $(i) c_j$ - це елементи матриці M_c , які представляють оцінки альтернатив.

2. **Формула (2.1):**

$$(i) w_j = \frac{(i) c_j}{\sum_{i=1}^n (i) c_j} \quad \forall j = 1, m$$

Де:

- $(i) c_j$ - значення з матриці оцінок M_c для альтернативи i і критерію j .
- $\sum_{i=1}^n (i) c_j$ - сума всіх оцінок за критерієм j .

3. **Алгоритм обчислення:**

- Для кожного критерію S_j :
 - Знайти суму оцінок всіх альтернатив за цим критерієм: $\sum_{i=1}^n (i) c_j$.
 - Розділити кожну оцінку $(i) c_j$ на цю суму.
- Результатом буде матриця $M_{w_{ij}}$, де кожен елемент - це вага альтернативи w_i для критерію S_j .

4. **Створення Матриці Ваг $M_{w_{ij}}$:** Даваймо обчислимо ваги для всіх альтернатив за кожним критерієм і створимо відповідну таблицю.

Я зараз виконаю ці обчислення.

Рисунок 3.2 Ініціалізація для розрахунку матриці ваг $M_{w_{ij}}[m \times n]$ в *chatGPT*

Після надання матеріалів в *ChatGPT* і постановки задачі було отримано як відповідь матрицю на рисунку 3.3.

Matrix Of Weights For Alternatives (M_w_ij)											
	Criterion	w_E_1	w_E_2	w_E_3	w_E_4	w_E_5	w_E_6	w_E_7	w_E_8	w_E_9	w_E_10
1	S_1	0.14102564102564102 02	0.0641025641025641 1	0.1153846153846153 39	0.0641025641025641 1	0.153846153846153 85	0.038461538461538 464	0.1153846153846153 39	0.089743589743589 74	0.051282051282051 28	0.1153846153846153 39
2	S_2	0.153846153846153 85	0.051282051282051 28	0.128205128205128 2	0.1153846153846153 39	0.141025641025641 02	0.102564102564102 56	0.102564102564102 56	0.128205128205128 2	0.064102564102564 1	0.153846153846153 85
3	S_3	0.038461538461538 464	0.025641025641025 64	0.102564102564102 56	0.128205128205128 2	0.051282051282051 28	0.051282051282051 28	0.089743589743589 74	0.076923076923076 93	0.089743589743589 74	0.038461538461538 464
4	S_4	0.128205128205128 2	0.038461538461538 464	0.089743589743589 74	0.153846153846153 85	0.064102564102564 1	0.025641025641025 64	0.128205128205128 2	0.064102564102564 1	0.102564102564102 56	0.064102564102564 1
5	S_5	0.051282051282051 28	0.089743589743589 74	0.064102564102564 1	0.076923076923076 93	0.076923076923076 93	0.153846153846153 85	0.064102564102564 1	0.153846153846153 85	0.1153846153846153 39	0.089743589743589 74
6	S_6	0.1153846153846153 39	0.076923076923076 93	0.153846153846153 85	0.051282051282051 28	0.089743589743589 74	0.064102564102564 1	0.051282051282051 28	0.141025641025641 02	0.012820512820512 82	0.141025641025641 02
7	S_7	0.102564102564102 56	0.128205128205128 2	0.076923076923076 93	0.089743589743589 74	0.025641025641025 64	0.141025641025641 02	0.025641025641025 64	0.1153846153846153 39	0.076923076923076 93	0.128205128205128 2
8	S_8	0.064102564102564 1	0.1153846153846153 39	0.051282051282051 28	0.038461538461538 464	0.102564102564102 56	0.089743589743589 74	0.153846153846153 85	0.038461538461538 464	0.153846153846153 85	0.025641025641025 64
9	S_9	0.076923076923076 93	0.141025641025641 02	0.012820512820512 82	0.102564102564102 56	0.038461538461538 464	0.1153846153846153 39	0.076923076923076 93	0.025641025641025 64	0.128205128205128 2	0.076923076923076 93
10	S_10	0.089743589743589 74	0.102564102564102 56	0.141025641025641 02	0.012820512820512 82	0.1153846153846153 39	0.128205128205128 2	0.141025641025641 02	0.102564102564102 56	0.141025641025641 02	0.102564102564102 56
11	S_11	0.025641025641025 64	0.012820512820512 82	0.038461538461538 464	0.141025641025641 02	0.128205128205128 2	0.076923076923076 93	0.076923076923076 93	0.012820512820512 82	0.025641025641025 64	0.051282051282051 28
12	S_12	0.012820512820512 82	0.153846153846153 85	0.025641025641025 64	0.025641025641025 64	0.012820512820512 82	0.012820512820512 82	0.038461538461538 464	0.051282051282051 28	0.038461538461538 464	0.012820512820512 82

Рисунок 3.3. Матриця $M_{w_{ij}} [m \times n]$ ваг альтернатив (w_i) для різних критеріїв, отримана на основі відповіді ChatGPT

К5: Нормалізація матриці рішень в ChatGPT на основі рівняння (3.2), для критеріїв чим більше, тим краще (+):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}, j \in B. \quad (3.2)$$

та рівняння (2.3) для критеріїв чим менше, тим краще (-):

$$r_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}}, j \in C. \quad (3.3)$$

К5.1: Задавання умов (3.2) та (3.3) для розв'язування рисунок 3.4 ChatGPT і отримання варіант розв'язування нормалізованої матриці (рисунок 3.5).

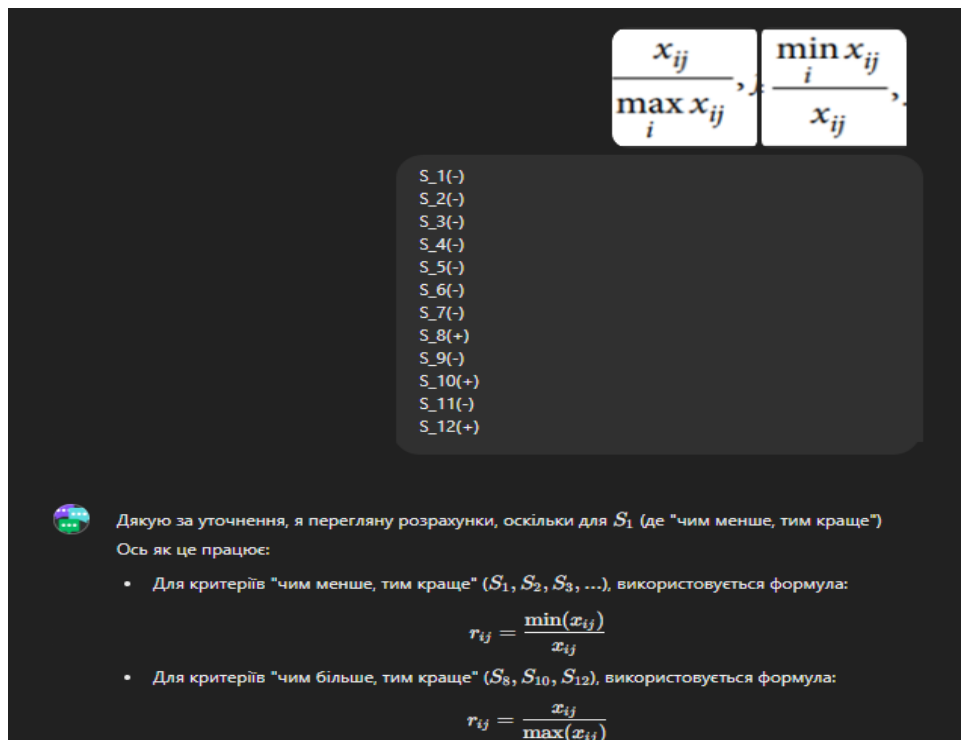


Рисунок 3.4. Відповідь для розрахунку матриці нормалізованої

$M_{r_{ij}}[m \times n]$ сформовані ChatGPT

Normalized Decision Matrix											
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_10	
1 S_1	0.0909090909090909 91	0.2	0.1111111111111111 1	0.2	0.0833333333333333 33	0.3333333333333333 3	0.1111111111111111 1	0.1428571428571428 85	0.25	0.1111111111111111 1	
2 S_2	0.0833333333333333 33	0.25	0.1	0.1111111111111111 1	0.0909090909090909 91	0.125	0.125	0.1	0.2	0.0833333333333333 33	
3 S_3	0.3333333333333333 3	0.5	0.125	0.1	0.25	0.25	0.1428571428571428 85	0.1666666666666666 66	0.1428571428571428 85	0.3333333333333333 3	
4 S_4	0.1		0.1428571428571428 85	0.0833333333333333 33	0.2	0.5	0.1	0.2	0.125	0.2	
5 S_5	0.25		0.2	0.1666666666666666 66	0.1666666666666666 66	0.0833333333333333 33	0.2	0.0833333333333333 33	0.1111111111111111 1	0.1428571428571428 85	
6 S_6	0.1111111111111111 1		0.0833333333333333 33	0.25	0.1428571428571428 85	0.2	0.25	0.0909090909090909 91	1.0	0.0909090909090909 91	
7 S_7	0.125	0.1	0.1666666666666666 66	0.1428571428571428 85	0.5	0.0909090909090909 91	0.5	0.1111111111111111 1	0.1666666666666666 66	0.1	
8 S_8	0.4166666666666666 7	0.75	0.3333333333333333 3	0.25	0.6666666666666666 6	0.5833333333333333 4	1.0	0.25	1.0	0.1666666666666666 66	
9 S_9	0.1666666666666666 66		1.0	0.125	0.3333333333333333 3	0.1111111111111111 1	1.0	0.5	0.1	0.1666666666666666 66	
10 S_10	0.6363636363636363 4		1.0	0.0909090909090909 91	0.8181818181818181 2	0.9090909090909090 1	1.0	0.7272727272727272 3	1.0	0.7272727272727272 3	
11 S_11	0.5	1.0	0.3333333333333333 3	0.0909090909090909 91	0.1	0.1666666666666666 66	0.1666666666666666 66	1.0	0.5	0.25	
12 S_12	0.0833333333333333 33		0.1666666666666666 66	0.1666666666666666 66	0.0833333333333333 33	0.0833333333333333 33	0.25	0.3333333333333333 3	0.25	0.0833333333333333 33	

Рисунок 3.5. Нормалізована матриця $\mathbf{M}_{r_{ij}}[\mathbf{m} \times \mathbf{n}]$, отримана на основі відповіді ChatGPT за запитом на рис. 3.4

K6: Обчислення зваженої нормалізованої матриці рішень

$M_{\bar{r}_{ij}}[m \times n] = M_{r_{ij}}[m \times n] \times M_{w_{ij}}[m \times n]$ шляхом множення кожного елемента r_{ij} , що належить множині матриці $M_{r_{ij}}[m \times n]$ у відповідній ваги критерію w_j , що належить матриці $M_{w_{ij}}[m \times n]$, тобто $\bar{r}_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$. Тому:

K6.1: Обчислення зваженої нормалізованої матриці рішень $M_{\bar{r}_{ij}}[m \times n]$, яка використовується в ChatGPT.



Рисунок 3.6. Ініціалізація для обчислення зваженої нормалізованої матриці $M_{\bar{r}_{ij}}[m \times n]$

Анализ

```
# Відновлення нормалізованої матриці рішень (приблизно така с
normalized_matrix_correct_data = {
    'E_1': [0.0909, 0.0833, 0.3333, 0.1000, 0.2500, 0.1111, 0
    'E_2': [0.1111, 0.1000, 0.1250, 0.1428, 0.2000, 0.0833, 0
    'E_3': [0.1111, 0.1000, 0.1250, 0.1428, 0.2000, 0.0833, 0
    'E_4': [0.2000, 0.1111, 0.1000, 0.0833, 0.1666, 0.2500, 0
    'E_5': [0.0833, 0.0909, 0.2500, 0.2000, 0.1666, 0.1428, 0
    'E_6': [0.3333, 0.1250, 0.2500, 0.5000, 0.0833, 0.2000, 0
    'E_7': [0.1111, 0.1250, 0.1428, 0.1000, 0.2000, 0.2500, 0
    'E_8': [0.1428, 0.1000, 0.1666, 0.2000, 0.0833, 0.0909, 0
    'E_9': [0.2500, 0.2000, 0.1428, 0.1250, 0.1111, 1.0000, 0
    'E_10': [0.1111, 0.0833, 0.3333, 0.2000, 0.1428, 0.0909,
}
criteria = ['S_1', 'S_2', 'S_3', 'S_4', 'S_5', 'S_6', 'S_7',
normalized_matrix_correct = pd.DataFrame(normalized_matrix_co

# Відновлення var (Matrix of Weights for Alternatives)
weights_data = {
    'E_1': [0.141026, 0.153846, 0.038462, 0.128205, 0.051282,
    'E_2': [0.064103, 0.051282, 0.025641, 0.038462, 0.089744,
    'E_3': [0.115385, 0.128205, 0.102564, 0.089744, 0.064103,
    'E_4': [0.064103, 0.115385, 0.128205, 0.153846, 0.076923,
    'E_5': [0.153846, 0.141026, 0.051282, 0.064103, 0.076923,
    'E_6': [0.038462, 0.102564, 0.051282, 0.025641, 0.153846,
    'E_7': [0.115385, 0.102564, 0.089744, 0.128205, 0.064103,
    'E_8': [0.089744, 0.128205, 0.076923, 0.064103, 0.153846,
    'E_9': [0.051282, 0.064103, 0.089744, 0.102564, 0.115385,
    'E_10': [0.115385, 0.153846, 0.038462, 0.064103, 0.089744
}
weights_matrix = pd.DataFrame(weights_data, index=criteria)

# Зважена нормалізація
weighted_normalized_matrix = normalized_matrix_correct.copy()
for criterion in weighted_normalized_matrix.index:
```

Рисунок 3.7. Обчислення зваженої нормалізованої матриці $M_{\bar{r}_{ij}}[m \times n]$ рішень в програмному середовищі Python, що використовується в ChatGPT

Weighted Normalized Decision Matrix											
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_10	
1 S_1	0.012819263400000 001	0.0128206	0.0128192735	0.0128206	0.012815371800000 001	0.0128193846	0.0128192735	0.012815443200000 002	0.0128205	0.0128192735	
2 S_2	0.012815371800000 001	0.0128205	0.012820500000000 002	0.0128192735	0.012819263400000 001	0.0128205	0.0128205	0.012820500000000 002	0.0128206	0.012815371800000 001	
3 S_3	0.0128193846	0.0128205	0.0128205	0.012820500000000 002	0.0128205	0.0128205	0.012815443200000 002	0.012815371800000 001	0.012815443200000 002	0.0128193846	
4 S_4	0.012820500000000 002	0.0128193846	0.012815443200000 002	0.012815371800000 001	0.0128206	0.0128205	0.012820500000000 002	0.0128206	0.0128205	0.0128206	
5 S_5	0.0128205	0.012815443200000 002	0.0128206	0.012815371800000 001	0.012815371800000 001	0.012815371800000 001	0.0128206	0.012815371800000 001	0.0128192735	0.012815443200000 002	
6 S_6	0.014243575500000 003	0.01427762	0.01427762	0.014275	0.014280000000000 001	0.014280000000000 001	0.014275	0.014280389999999 999	0.0142	0.014280389999999 999	
7 S_7	0.014075	0.014080000000000 002	0.0140777	0.014065800000000 002	0.01405	0.01408041	0.01405	0.014076370000000 001	0.0140777	0.014080000000000 002	
8 S_8	0.03203654	0.1038	0.020457949999999 997	0.011525	0.081991799999999 99	0.06276308	0.1846	0.011525	0.1846	0.00511462	
9 S_9	0.01752632	0.01753461	0.01175	0.0175375	0.017531579999999 998	0.01753158	0.0175	0.01175	0.01754	0.01752632	
10 S_10	0.04858889	0.06346032	0.119982939999999 98	0.00099127	0.080325000000000 01	0.0991627	0.119982939999999 98	0.06346032	0.119982939999999 98	0.06346032	
11 S_11	0.0217	0.0217	0.021731159999999 996	0.02173419	0.02173	0.021724639999999 996	0.021724639999999 996	0.0217	0.0217	0.021725	
12 S_12	0.00277389	0.4	0.01109556	0.01109556	0.00277389	0.00277389	0.025	0.0442389	0.025	0.00277389	

Рисунок 3.8. Зважена нормалізована матриця $M_{\bar{r}_{ij}}[m \times n]$ сформована в просторі ChatGPT

3.2. E2. Ортогоналізація (*Orthogonalization*)

К7. На цьому кроці аналіз головних компонентів застосовується щодо матриці зважених нормалізованих параметрів $M_{\bar{r}_{ij}}[m \times n]$.

Цей крок не може бути замінений в робочому просторі ChatGPT за умови неспроможності ChatGPT до системного аналізу компонентної бази тому для вирішення було використано програму SPSS. Коефіцієнти головних компонентів (PCA) наведені в матриці для кожної змінної із застосуванням пакету SPSS.

Для отримання матриці аналізу компонентів потрібно :

К7.1. Підключення SPSS

Підключення SPSS здійснюється з офіційного сайту компанії IBM після реєстрації акаунту і вказання цілей роботи в випадку навчального надання інформації . При цьому надається місячний пробний період використання програми SPSS.

К7.2. Завантаження даних

Відкрити SPSS.

Перейти у меню **File > Open > Data**.

Завантажити файл, що містить дані (зважена нормалізована матриця сформована в просторі ChatGPT).

К7.2. Вибір змінних

Перейти у меню **Analyze > Dimension Reduction > Factor**.

У полі **Variables** обрати змінні, які треба включити до аналізу.

К7.3. Перевірка придатності даних

У вікні **Factor Analysis** натиснути **Descriptives....**

Поставити галочки для:

KMO and Bartlett's test of sphericity — для перевірки адекватності даних.

Correlation Matrix > Determinant — для оцінки мультиколінеарності.

Натиснути **Continue**, щоб повернутися до головного вікна.

К7.4. Вибір методу факторного аналізу

У вікні **Factor Analysis** натиснути **Extraction....**

У полі **Method** обрати:

Principal Components (головні основні компоненти) для аналізу головних компонент.

Встановити:

Eigenvalues > 1 для автоматичного визначення кількості значущих компонент.

Поставити галочку **Scree Plot** для графічного відображення.

Натиснути **Continue**, щоб повернутися до головного вікна.

К7.5. Обертання компонент

У головному вікні натиснути **Rotation....**

Вибрати метод обертання:

Varimax (ортогональне обертання, якщо припускаєте незалежність компонент).

Promax (косокутне обертання, якщо припускаєте кореляцію між компонентами).

Встановити опцію **Display Rotated Solution** для отримання оберненої матриці.

Натиснути **Continue**, щоб повернутися до головного вікна.

К7.6. Збереження результатів

У головному вікні натиснути **Scores....**

Встановити опцію **Save as Variables**, щоб створити нові змінні для факторних балів.

Натисніть **Continue** та **OK** для запуску аналізу.

К7.7. Інтерпретація результатів

Component Matrix:Перевірити необернені коефіцієнти завантаження.

Rotated Component Matrix: Інтерпретувати коефіцієнти після обертання. Значення > 0.5 показують сильний зв'язок змінної з компонентом.

Total Variance Explained: Аналізуйте відсоток поясненої дисперсії для кожної компоненти.

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12
1	,012819	,0128154	,012819	,012821	,012821	,014244	,0140750	,032037	,017526	,0458889	,0217000	,0027739
2	,012821	,0128205	,012821	,012819	,012815	,014278	,0140800	,103800	,017535	,0634602	,0217000	,4000000
3	,012819	,0128205	,012821	,012815	,012821	,014278	,0140777	,020497	,017500	,1199824	,0217312	,0110956
4	,012821	,0128193	,012821	,012815	,012815	,014275	,0140658	,011525	,017538	,0009127	,0217342	,0110956
5	,012815	,0128193	,012821	,012821	,012821	,014280	,0141050	,018920	,017532	,0803250	,0217300	,0027739
6	,012819	,0128205	,012821	,012821	,012815	,014280	,0140804	,062763	,017532	,0009163	,0217246	,0027739
7	,012819	,0128205	,012815	,012821	,012821	,014275	,0141050	,184600	,017500	,1199824	,0217246	,0250000
8	,012815	,0128205	,012815	,012821	,012819	,014280	,0140763	,011525	,017500	,0634603	,0217000	,0444289
9	,012821	,0128206	,012815	,012821	,012819	,014200	,0140777	,184600	,017540	,1199824	,0217000	,0250000
10	,012819	,0128154	,012819	,012821	,012815	,014280	,0140800	,005115	,017526	,0634603	,0217275	,0027739

Рисунок 3.9. Крок К 7.1. Ініціалізація для отримання матриці головних компонентів

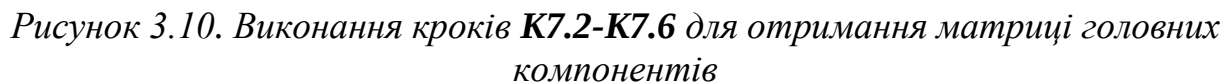
$$\mathbf{M}_{\bar{r}_{ij}}[n \times m]$$


Рисунок 3.11. Матриця $_{\text{com}}\mathbf{M}_c[\mathbf{n} \times \mathbf{m}]$ компонентів, що отримана на основі зваженої нормалізованої матриці за результатами аналізу в програмі SPSS

42

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.007837838405538566	0.01470232115029961	0.004699612345267526	0.008891022099257282	0.008029538452315342	-0.009577002806627698	0.01720242113060859	0.023707523900295905	0.014904245814810582	0.013504913374040452
2	0.006517869906421398	0.012219769123507047	0.003908841413240539	0.007397743200841071	0.0066734673107623	-0.007956946469739063	0.014304776426768275	0.019711648782034092	0.012389216080021082	0.011222265577943334
3	0.01114361485081652	0.02020832751380908	0.006865257082656523	0.012232633398098438	0.01168063457652018	-0.013012188601446784	0.02375040542625185	0.03285897282642692	0.02005819811547201	0.01760180791942934
4	0.00864416773434993	0.01623381108596567	0.005193270010803411	0.00983716916391191	0.008871499968607754	-0.010569283234105793	0.019010073927498348	0.02617951988734094	0.016450244987769855	0.014906271409419277
5	0.00794850629834887	0.01488379436832614	0.004774238479663021	0.009009912934674598	0.00813076447736477	-0.009700393331056007	0.017421282516643634	0.024012210731828413	0.015098583538475468	0.013672786854174489
6	0.008291706178863018	0.01552628548165329	0.004962983027085869	0.009393151455932287	0.008491149982305332	-0.010122927916843676	0.018192063729691163	0.025067276343636122	0.015764784776004688	0.014265031399825281
7	0.00818544463435641	0.015308606744755227	0.004894278762154821	0.009265531117337005	0.008364194228365596	-0.009980530060461101	0.017908887766218004	0.024706982970032102	0.015516383124021794	0.014073972173805877
8	0.03802824151244903	0.08046879749856102	0.077040521635926	0.03769499339844	0.026757808161522997	-0.13043743137826397	0.021908155415958995	0.07919947163579702	0.142685697994752	0.055106387761276
9	0.010178996618749239	0.01904302593866019	0.006099344956265977	0.011575855130031261	0.010401220813219515	-0.012431861893395648	0.022323584437441032	0.030765713427134262	0.019336748914110684	0.01752259092646584
10	0.07236715108930801	0.107907671604831	0.074348572789704	-0.031656812348821985	0.059960830365992014	-0.07067565365870002	0.06298580943186	0.11035178778248202	0.11034106387796097	0.09615618430108101
11	0.012602543785917082	0.02363849713548449	0.007587864748575223	0.014295828335727217	0.012895798405952662	-0.01537322094495953	0.02767667098843385	0.038110816006704434	0.023982945859765264	0.02170401574324974
12	0.2795502794003579	0.0464741491156362	-0.04496510919463999	0.05404117787451701	-0.14031299584424695	-0.2683617481335	-0.16416027327577104	0.22963900448131402	0.24792845752517104	-0.03584529132648501

Рисунок 3.12 Ортогональна матриця рішень $M_{or} [n \times m]$

3.3. ЕЗ. Порівняння (Comparison)

К9: Надалі використовується рівняння загальної площі альтернатив за виразом (3.4):

$$TA_i = \sum_{j=1}^{n-1} d_{j,j+1}^i. \quad (3.4)$$

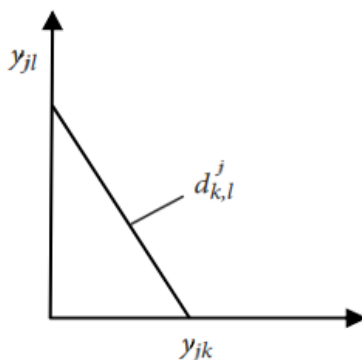


Рисунок 3.13. Геометрична інтерпретація методу ортогональних векторів дані для подальшого застосування рівняння загальної площі альтернатив (3.4)

К 9.1. Далі альтернативи ранжуються відповідно до відповідної міри загальної площі. Якщо особа, яка приймає рішення, має намір використовувати міру бажаності, нормована міра загальної площі визначається так:

$$NTA_i = \frac{TA_i}{\sum_{k=1}^n TA_k}. \quad (4.2)$$

К 9.2. Ініціалізація вхідних даних для розрахунку загальної площі альтернатив і нормована міри загальної площі в програмний простір *ChatGPT*

тепер знайди мені цей параметр за формулою

тепер зроби мені такий параметр за наведеною формулою

Щоб знайти параметр TA_i за наведеною формулою:

$$TA_i = \sum_{j=1}^{n-1} d_{j,j+1}^i,$$

де $d_{j,j+1}^i$ — відстань між сусідніми елементами j і $j+1$ для кожного рядка i , нам потрібно:

1. Обчислити $d_{j,j+1}^i$ для всіх j у кожному рядку матриці.
2. Підсумувати ці відстані для кожного рядка.

Я зараз виконую ці обчислення для ортогональної матриці рішень.

Для обчислення параметра NTA_i за формулою:

$$NTA_i = \frac{TA_i}{\sum_{k=1}^n TA_k},$$

де:

- TA_i — значення параметра для i -го рядка,
- $\sum_{k=1}^n TA_k$ — сума всіх значень TA_k .

я виконаю наступні дії:

1. Обчислю загальну суму $\sum_{k=1}^n TA_k$.
2. Знайду NTA_i для кожного рядка.

Рисунок 3.14. Ініціалізація для розрахунку загальної площі альтернатив і нормована міри загальної площі і програмному просторі ChatGPT

К 9.3. Отримання результатів і їх ранжування за кращими параметрами. Результати ранжування представлені на рис. 3.15. В його центрі предсталені дві колонки, що відтворюють значення TA_i (ліва центральна колонка) та NTA_i (права центральна колонка) для кожного i -го критерія.

На цьому ж рис. 3.15 ліва крайня колонка відображає рейтинг за показником TA_i , а права крайня колонка є кінцевим рішенням вибору РМСТ ТАОV-методом. Результат представлено упорядкованою множиною рейтингів для кожного

локального критерію вибору.

Row	TA_I	NTA_I	Rank
12	1.545988556182499	0.42827036937649665	1
8	0.614049224469429	0.17010416223794467	2
10	0.5925821761312651	0.1641573519045548	3
11	0.13335443581943407	0.03694189925144665	4
3	0.11414830774400353	0.031621409955285285	5
9	0.10773263532069569	0.02984413780955001	6
4	0.09170258757727259	0.025403487559750703	7
6	0.0877365787632707	0.02430482220874889	8
7	0.08647532745269895	0.023955429865257706	9
5	0.08404285261992092	0.023281584712286276	10
1	0.08301536344284692	0.022996949248694984	11
2	0.06901439684139674	0.019118395869983408	12

Рисунок 3.15. Результати загальної площі альтернатив і нормована міри загальної площі в програмному просторі ChatGPT після ранжування

3.4. Висновки за розділом 3

У процесі проведеного аналізу виконано комплексне дослідження для прийняття оптимального рішення шляхом використання експертної оцінки. Основні етапи включали:

Ініціалізація даних: визначено альтернативи рішень, критерії оцінки та побудовано початкову матрицю рішень на основі експертних оцінок.

Розрахунки ваг критеріїв: застосовано методи визначення ваг критеріїв за допомогою нормалізації матриці та відношення рангів.

Нормалізація: виконано нормалізацію матриці рішень для забезпечення порівнянності критеріїв, враховуючи їх напрямок оптимальності (максимізація чи мінімізація).

Зважена нормалізація: обчислено зважену нормалізовану матрицю шляхом множення ваг критеріїв на нормалізовані значення.

Ортогоналізація: виконано аналіз головних компонент для спрощення матриці рішень з використанням SPSS. Отримано ортогональну матрицю рішень шляхом множення матриць головних компонент і зваженої нормалізованої матриці.

Порівняння альтернатив: розраховано загальні площі альтернатив для оцінки їхньої ефективності. Нормована міра площі дозволили виконати ранжування альтернатив для упорядкування цих значень.

Цей методологічний підхід, що заснований на системному аналізі та комплексному використанні ряду програмних продуктів, що реалізовані для ТАОВ-методу, дозволив оцінити та обрати оптимальну альтернативу рішення з урахуванням багатокритеріальної специфіки задачі НБВ РМСТ.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1. Програмний продукт FMCSA як інструмент для порівняльни досліджень отриманих результатів

Fuzzy Multi-Criteria Selection of Alternative (FMCSA) - це програмний продукт створений на кафедрі робототехніки, електроенергетики та автоматизації Державного університету “Житомирська Політехніка” і призначений для автоматизованого розв’язування різногалузевих задач НБВА.

В даній роботі FMCSA використовується на етапі ЕЗ для отримання кількісних оцінок узгодженості отриманого рішення задачі НБВ РМСТ в даній тут постановці.

4.2. Особливості використання програмного продукту FMCSA

Його робота базується на початкових даних у вигляді результатів експертного анкетування (строного опитування) пи цьому розглянуті та реалізовані такі методики розв’язування задач НБВА:

- WMS – найгіршого випадку;
- QMMS – квазікращого випадку;
- MMS: M – серединного випадку (медіанний випадок);
- MMS: A – серединного випадку (середньоарифметичний випадок);
- MMS: S – серединного випадку (середньоквадратичний випадок);
- MMS: G – серединного випадку (середньогіометричний випадок);
- TAOV - Total Area based on Orthogonal Vectors (ортогональних векторів).

В данному випадку програма буде використовуватися для виконання етапу 3 (ЕЗ порівняння (*Comparison*)) для того, щоб визначити місце методики TAOV серед результатів розв’язування цієї ж задачі за вже розрообленими вище представленими методиками.

K10. Формування матриці ${}^k_n\mathbf{M}[k \times m] | k = 1, n_k$ результатів поріняння за

рейтингами для подальших розрахунків.

Методи	S1 Gm	S2 Kn	S3 Dn	S4 Ct	S5 En	S6 Tr	S7 $\tau(Q)$	S8 RI	S9 Ec	S10 Ac	S11 Fc	S12 Fopt
QBMS	4	1	12	6	2	3	7	5	11	8	9	10
MMS:A	5	7	12	1	4	6	11	3	9	10	8	2
MMS:S	5	7	12	2	4	6	11	3	9	10	9	1
MMS:G	5	7	12	1	4	5	11	3	9	10	8	2
MMS:M	4	7	12	3	1	5	11	6	8	10	9	2
WMS	3	1	4	6	2	9	5	8	10	7	12	11
TAOV	11	12	8	6	10	7	9	2	5	3	4	1

Рисунок 4.1. Матриця ${}^kM[k \times m] | k = 1, n_k$ результатів порівняння за рейтингами

Дання матриця формується на основі нечітких параметрів які приведені на рисунках 4.2 і 4.3.

$$\begin{aligned}
 QBMS &= \left\langle \frac{Kn=S2}{0.19354}, \frac{En=S5}{0.19015}, \frac{Tr=S6}{0.18514}, \frac{Gm=S1}{0.18074}, \frac{Rl=S8}{0.18029}, \frac{Ct=S4}{0.17900}, \frac{(Q)=S7}{0.17603}, \frac{Ac=S10}{0.17118}, \frac{Fc=S11}{0.16525}, \frac{Fopt=S12}{0.16415}, \frac{Ec=S9}{0.15259}, \frac{Dn=S3}{0.15139} \right\rangle. \\
 MMS:A &= \left\langle \frac{Ct=S4}{0.21844}, \frac{Fopt=S12}{0.21839}, \frac{Rl=S8}{0.21638}, \frac{En=S5}{0.21630}, \frac{Gm=S1}{0.21613}, \frac{Tr=S6}{0.21562}, \frac{Kn=S2}{0.20353}, \frac{Fc=S11}{0.20353}, \frac{Ec=S9}{0.20347}, \frac{Ec=S10}{0.20255}, \frac{(Q)=S7}{0.20152}, \frac{Dn=S3}{0.18836} \right\rangle. \\
 (1) \\
 MMS:M &= \left\langle \frac{En=S5}{0.22376}, \frac{Fopt=S12}{0.22370}, \frac{Ct=S4}{0.22342}, \frac{Gm=S1}{0.21961}, \frac{Tr=S6}{0.21910}, \frac{Rl=S8}{0.21910}, \frac{Kn=S2}{0.21599}, \frac{Ec=S9}{0.20866}, \frac{Fc=S11}{0.20838}, \frac{Ac=S10}{0.20417}, \frac{(Q)=S7}{0.19567}, \frac{Dn=S3}{0.19307} \right\rangle. \\
 MMS:S &= \left\langle \frac{Fopt=S12}{0.21737}, \frac{Ct=S4}{0.21689}, \frac{Rl=S8}{0.21638}, \frac{En=S5}{0.21589}, \frac{Gm=S1}{0.21576}, \frac{Tr=S6}{0.21567}, \frac{Kn=S2}{0.21530}, \frac{Ec=S9}{0.20248}, \frac{Fc=S11}{0.20202}, \frac{Ac=S10}{0.20152}, \frac{(Q)=S7}{0.20090}, \frac{Dn=S3}{0.18689} \right\rangle. \\
 MMS:G &= \left\langle \frac{Ct=S4}{0.22011}, \frac{Fopt=S12}{0.21937}, \frac{Rl=S8}{0.21853}, \frac{En=S5}{0.21702}, \frac{Gm=S1}{0.21684}, \frac{Tr=S6}{0.21659}, \frac{Kn=S2}{0.21594}, \frac{Fc=S11}{0.20515}, \frac{Ec=S9}{0.20202}, \frac{Ac=S10}{0.20362}, \frac{(Q)=S7}{0.20214}, \frac{Dn=S3}{0.18994} \right\rangle. \\
 WMS &= \left\langle \frac{Kn=S2}{0.12432}, \frac{En=S5}{0.10399}, \frac{Gm=S1}{0.09038}, \frac{Dn=S3}{0.07654}, \frac{(Q)=S7}{0.07085}, \frac{Ct=S4}{0.06701}, \frac{Ac=S10}{0.06697}, \frac{Rl=S8}{0.06450}, \frac{Tr=S6}{0.05102}, \frac{Ec=S9}{0.03908}, \frac{Fopt=S12}{0.03616}, \frac{Fc=S11}{0.03433} \right\rangle.
 \end{aligned}$$

Рисунок 4.2. Нечіткі параметри для відомих методик

$$\begin{aligned}
 TAOV_{S_k} &= \left\langle \frac{Fopt=S12}{1.54599}, \frac{RI=S8}{0.61405}, \frac{AC=S10}{0.59258}, \frac{FC=S11}{0.13335}, \frac{EC=S9}{0.11415}, \frac{Dn=S3}{0.10773}, \frac{Ct=S4}{0.09170}, \frac{Tr=S6}{0.08774}, \frac{r(Q)=S7}{0.08648}, \frac{En=S5}{0.08403}, \frac{Gm=S1}{0.08302}, \frac{Rn=S2}{0.06901} \right\rangle, \\
 NTA_i &= \left\langle \frac{S12}{0.4287}, \frac{S8}{0.17010}, \frac{S10}{0.16416}, \frac{S11}{0.03694}, \frac{S9}{0.03621}, \frac{S3}{0.02984}, \frac{S4}{0.02540}, \frac{S6}{0.02430}, \frac{S7}{0.02396}, \frac{S5}{0.02328}, \frac{S1}{0.02299}, \frac{S2}{0.01912} \right\rangle.
 \end{aligned}$$

Рисунок 4.3. Нечіткі параметри для методики TAOV

K11. Ініціалізація матриці ${}^kM[k \times m] | k = 1, n_k$ результатів порівняння за рейтингами.

Виконується як введення в таблицю Excel в програму в подальшому після

введення метриці в програмі були обрані всі методи і методики для проведення порівняння. Вказані дії проілюстровані рисунком 4.4.

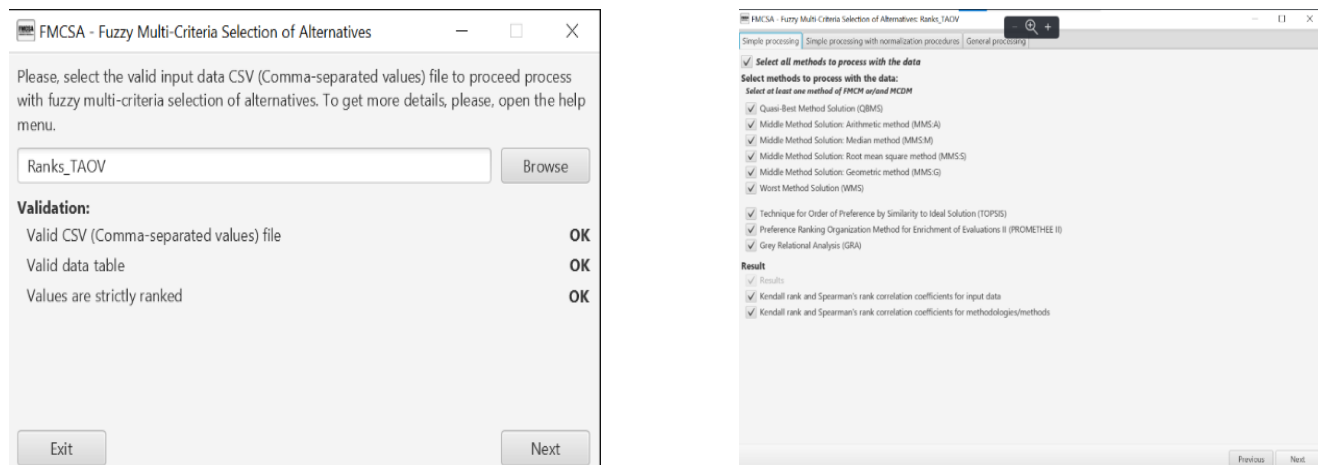


Рисунок 4.4. Ініціалізація в програму FMCSA

4.2.1. Використання результатів, отриманих за іншими методиками в FMCSA

К12. Результати порівняння отриманого рішення з іншими відомими рішеннями.

Таким чином, для визначення рангів та їх упорядкування щодо отриманих рішень за вище згаданими методиками на рис. 4.5 представлені такі результати, отриманими з використанням програми FMCSA. Саме отримані таким чином рейтинги в подальшому аналізувались з використанням методів TOPSIS, PROMETHEE II та GRA (див. крок **К13**).

4.2.2. Використання наявних методів в FMCSA та їх порівняння

К13. Отримання результатів порівняння за методами TOPSIS, PROMETHEE II та GRA.

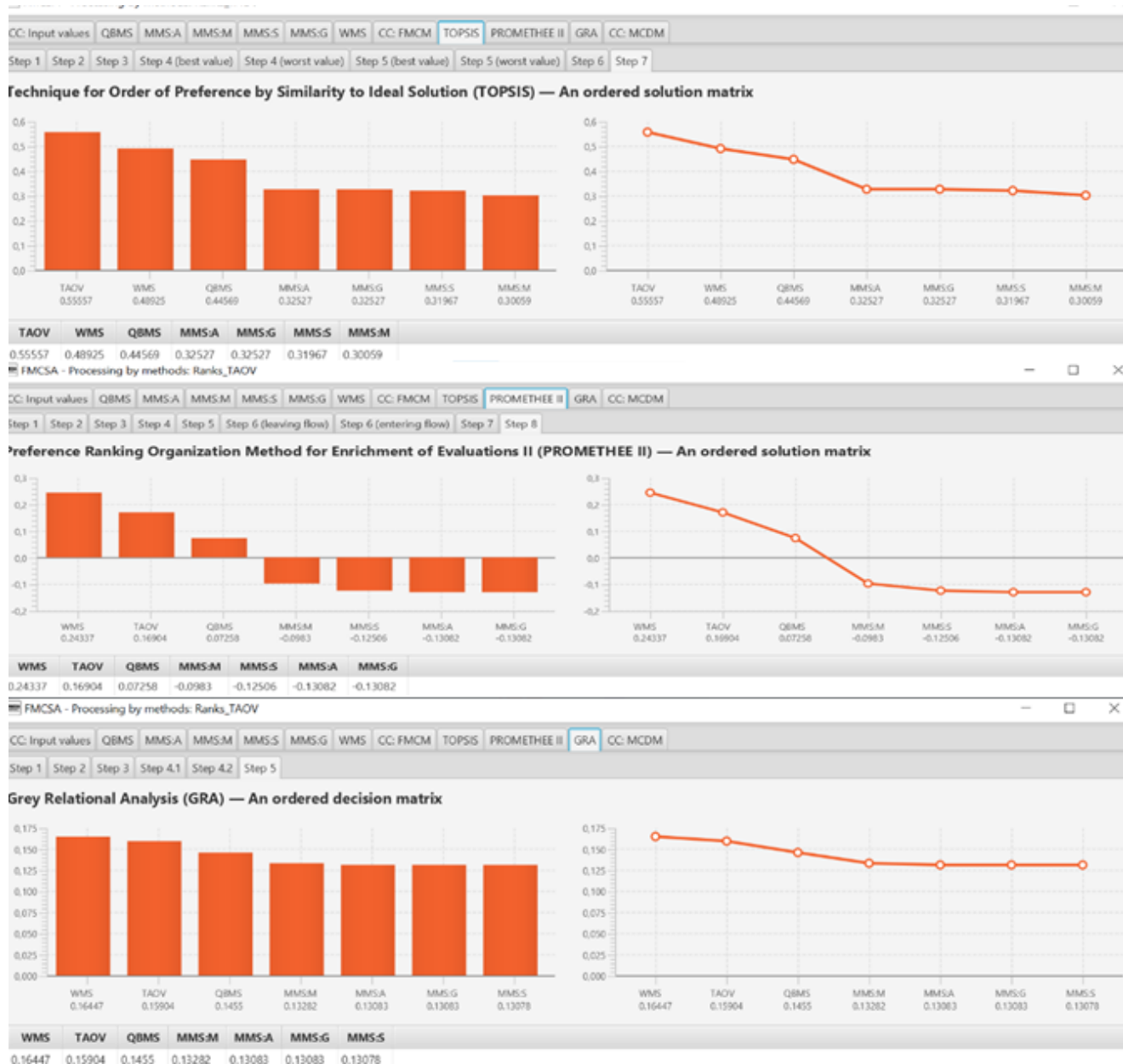


Рисунок 4.6. Екранні форми для порівняння за методами в FMCSA

Як видно із стовпцевих діаграм на рис. 4.6 метод TAOV займає 1-2 “місця” за відповідними рейтингами. Це вказує на те, що метод TAOV, що

реалізований з використанням програми FMCSA, фактично придатний для практичного використання для розв'язування задач НБВА.

К14. Отримання результатів визначення узгодження за Кендалом і Спірменом

FMCSA - Processing by methods: Ranks_TAOV

CC: Input values

QBMS

MMSA

MMS:M

MMS:S

MMS:G

WMS

CC: FCMC

TOPSIS

PROMETHEE II

GRA

CC: MCDM

Kendall rank correlation coefficient: 0.429 - Noticeable consistency;

Spearman's rank correlation coefficient:

Alternatives	Coefficient	Explanation
QBMS - MMSA	0.413	Noticeable consistency
QBMS - MMS:S	0.371	Weak consistency
QBMS - MMS:G	0.413	Noticeable consistency
QBMS - MMS:M	0.497	Noticeable consistency
QBMS - WMS	0.559	Noticeable consistency
QBMS - TAOV	-0.559	Alternatives are almost inconsistent
MMSA - MMS:S	0.986	Very high consistency, alternatives almost coincide
MMSA - MMS:G	1.0	Very high consistency, alternatives almost coincide
MMSA - MMS:M	0.909	Very high consistency, alternatives almost coincide
MMSA - WMS	-0.084	Alternatives are almost inconsistent
MMSA - TAOV	0.21	Weak consistency
MMS:S - MMS:G	0.986	Very high consistency, alternatives almost coincide
MMS:S - MMS:M	0.923	Very high consistency, alternatives almost coincide
MMS:S - WMS	-0.105	Alternatives are almost inconsistent
MMS:S - TAOV	0.238	Weak consistency
MMS:G - MMS:M	0.909	Very high consistency, alternatives almost coincide
MMS:G - WMS	-0.084	Alternatives are almost inconsistent
MMS:G - TAOV	0.21	Weak consistency
MMS:M - WMS	0.056	Alternatives are almost inconsistent
MMS:M - TAOV	-0.007	Alternatives are almost inconsistent
WMS - TAOV	-0.839	Alternatives are almost inconsistent

FMCSA - Processing by methods: Ranks_TAOV

CC: Input values

QBMS

MMSA

MMS:M

MMS:S

MMS:G

WMS

CC: FCMC

TOPSIS

PROMETHEE II

GRA

CC: MCDM

Kendall rank correlation coefficient: 0.841 - Strong consistency;

Spearman's rank correlation coefficient:

Alternatives	Coefficient	Explanation
TOPSIS - PROMETHEE II	0.643	Good consensus
TOPSIS - GRA	0.75	Good consensus
PROMETHEE II - GRA	0.893	Strong consistency

Рисунок 4.7. Екранна форма для визначення узгодженості за Кендалом і Спірменом

Вказане реалізовано кроком **K14**, що в свою чергу реалізується також програмою FMCSA. Як показують результати, подані на рис. 4.7, за первинними рейтингами при порівнянні усіх семи результатів коефіцієнт конкодації Кендала має значення $W=0,429$, тобто єневисоким і його практичне використання є проблематичним.

В той же час $W=0,841$ після проведених відповідних оптимізаційних розрахунків за вказаними методиками є достатньо великим. Це вказує на його високу придатність до практичного використання. При цьому порівняння отриманих за рейтингами методів вказують на те, що коефіцієнти попарної узгодженості є також достатньо високими з найвищим значенням коефіцієнта Спірмена для пари PROMETHEE II та GRA.

Вказане також є свідченням можливості використання TAOV-методу в даній постановці для розв'язування задач НБВА.

4.3. Висновок за розділом 4

Отримані результати порівняння існуючих методів і методу TAOV, який виконувався за допомогою чат-боту ChatGPT, не суперечать один одному, що дає змогу стверджувати, що комплексна методика, що базується на комплексному використанні TAOV-методу та чат-боту ChatGPT, може використовуватися для розв'язання задач НБВА. При цьому необхідним є врахування професійно-методичної підготовки користувача при роботі з чат-ботом ChatGPT.

НАПРЯМКИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Адаптувати автоматизоване розв'язування задач НБВА з використанням чат-боту ChatGPT з попередньо розробленими методиками найгіршого найкращого і середнього випадків.
2. Адаптувати використання чат-боту ChatGPT для автоматизацій розв'язування нерозроблених і тому нереалізованих методик НБВА різногалузевого змісту.
3. Адаптувати напрямки 1 та 2 до нових версій чат-боту ChatGPT.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено комплексний підхід реалізації процесу НБВ РМСТ, що дає можливість розв'язувати прикладні задачі НБВА, автоматизація яких забезпечується використанням чат-боту ChatGPT. Вказане в своїй сукупності збільшує обґрунтованість та зменшує трудомісткість розв'язування задач НБВА, тобто підвищує ефективність технологічної підготовки РМСВ.
2. Виконано аналіз сучасного стану та результатів розв'язування різногалузевих задач НБВА що вказує на неоднозначність отриманих рішень з одного боку та не заперечує можливість використання інших методик розв'язування таких задач. Це дало можливість використати методику ТАОВ для прикладної задачі НБВ РМСТ.
3. Для автоматизації розв'язування прикладної задачі НБВ РМСТ запропоновано використати чат-бот ChatGPT, сформовано очевидні переваги та недоліки його використання. Визначено що користувач повинен володіти глибокими методично-інженерними знаннями для «спілкування» з чат-ботом ChatGPT.
4. Комплексне використання методики ТАОВ та чат-боту ChatGPT продемонстроване на прикладі НБВ РМСТ. Отримані результати в контексті порівняння з рішеннями отриманими іншими методиками та методами показали прийнятність запропонованого комплексного підходу і отриманих результатів це дозволяє рекомендувати подібні підходи для розв'язування різногалузевих задач НБВА
5. Визначені напрямки подальших досліджень що направлені на розширення, поглиблення та автоматизацію розрахунків при розв'язуванні подібних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://chatgpt.com/>
2. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/24-1.pdf>
3. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/11/150.pdf>
4. https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/334343/mod_resource/content/1/4.%D0%92%D0%B8%D0%B1%D1%96%D1%80%20%D0%A0%D0%9C%D0%A1%D0%A2%2C%20%D0%BE%D0%BF%D1%82.%D0%B7%D0%B0%20%D0%95%D0%B4%D0%B6%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%BC-%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BE.pdf
5. <https://eztuir.ztu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3564/1/6.pdf>
6. <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/109/82.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. <https://ela.kpi.ua/items/e6b32bf5-1f69-4b4f-9500-f9f86b919060>
8. <https://sendpulse.ua/blog/chat-gpt-for-business>
9. <https://web-desing.com.ua/vikoristannya-chatgpt-dlya-avtomatizaczi%D1%97-biznes-zavdan/>
10. Воробець С. Й. Створення автоматизованих інформаційних систем на засадах процесного підходу / С. Й. Воробець, В. П. Кічор, А. В. Симак // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку : збірник наукових праць ; відп. ред. О. Є. Кузьмін. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012.
11. Автоматизація виробничих процесів Автор: Ельперін І.В Рік видання: 2017
12. TOTAL AREA BASED ON ORTHOGONAL VECTORS (TAOV) AS A NOVEL METHOD OF MULTI-CRITERIA DECISION AID Department of Management, Faculty of Management and Finance, Khatam University, Tehran, Iran 2Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran 3Department of Management, Saramadan Andisheh Avina Co., Tehran, Iran accepted 19 December 2016.

