МІНІСТЕРСТВО ФІНАНСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ПОДАТКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ФІНАНСІВ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

РОЗРОБКА БАЗИ МОДЕЛЕЙ СППР

Здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,
4 курсу, групи КБ-19-1, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
освітня програма «Інформаційні управляючі системи і технології (за галузями)»

_____ Мадея Бориса Вікторовича
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник _____ Погорєловська Ірина Дем'янівна, к.е.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Керівник освітньо-професійної програми _____ Федотова - Півень Ірина Миколаївна, к.т.н, доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту за рішенням кафедри
протокол від «26» травня 2023 № 13

Завідувач кафедри _____ Філоненко Михайло Миколайович, к.ф.-м.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Ірпінь – 2023

Реєстрація № 24 06.06.2023 _____
(дата) (підпис відповідальної особи.)

Результат перевірки до захисту 29.05.2023 _____
(до захисту. на доопрацювання) (дата) (підпис)

Результат захисту 4 (добре) 15.06.2023 _____
(оцінка) (дата) (підпис)

Голова комісії: _____ В.М. Франчук
(підпис) (ініціали, прізвище)

Члени комісії:

_____ М.М. Філоненко
(підпис) (ініціали, прізвище)

_____ О.В. Редич
(підпис) (ініціали, прізвище)

_____ Є.В. Котух
(підпис) (ініціали, прізвище)

БЛАНК ОЦІНЮВАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Об'єкти контролю	Діапазон оцінки в балах	Фактична кількість балів	Примітки	Дата, П.І.Б.: керівника, голови комісії членів комісії,секретаря, (підписи)
ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ КОМІСІЄЮ ПО ЗАХИСТУ				
1. Зміст випускної роботи (якість теоретичного матеріалу, його зв'язок з практичним, вміння представляти матеріал в логічній послідовності, наявність висновків та пропозицій)	від 0 до 30	27		15.06.2023 Франчук В.М. Філоненко М.М Редич О.В. Котух Є.В. Суховецька Л.П.
2. Дотримання вимог щодо оформлення	від 0 до 10	8		
3. Вчасне виконання роботи на всіх етапах у встановлені кафедрою терміни	від 0 до 5	3		
4. Рецензент	від 0 до 5	4		
РАЗОМ БАЛІВ	від 0 до 50	42		

Оцінювання кваліфікаційної роботи науковим керівником - 43 балів.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗА 100-БАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалоюЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Дата	П.І.Б.: голови, членів комісії, секретаря, (підпис)
85	B	4 (добре)	15.06.2023	Франчук В.М. Філоненко М.М Редич О.В. Котух Є.В. Суховецька Л.П.

ПРАВИЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНОК ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
80-89	B	4 (добре)
70-79	C	
60-69	D	3 (задовільно)
50-59	E	
35-49	FX	2 (незадовільно)

культет фінансів та цифрових технологій
федра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем
еціальність 122 «Комп'ютерні науки»
вітня програма «Інформаційні управляючі системи і технології (за галузями)»

Затверджую
Завідувач кафедри
_____ Філоненко М.М.
«16» 11 2022

Завдання на кваліфікаційну роботу (проєкт)

здобувачу вищої освіти

Мадея Бориса Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка бази моделей СППР
Затверджена наказом ректора від «15» листопада 2022 № 1205
2. Строк здачі закінченої роботи «27» травня 2023
3. Цільова установка: застосування набутих знань, умінь в розробці бази моделей СППР.
Мета роботи: формування бази моделей на основі класичних критеріїв оптимальності
Об'єкт дослідження: методи та моделі підтримки прийняття рішень
Предмет дослідження: класичні критерії оптимальності
База дослідження: функціональні можливості програмних продуктів: ARIS, AllFusion Process Modeler, Rational Rose
4. Вихідні дані до роботи: методи та підходи до розробки бази моделей СППР, функціональні можливості Matlab.
5. Перелік графічного матеріалу: графічний інтерфейс в середовищі Matlab
6. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань за кожним розділом): Розділ 1. Задачі моніторингу та аналізу параметрів комп'ютерних мереж. 1.1. Моніторинг як засіб аналізу функціонування комп'ютерної мережі. 1.2. Методи моніторингу та аналізу параметрів комп'ютерної мережі. Розділ 2. Аналітичний огляд засобів моніторингу комп'ютерних мереж. 2.1. Архітектура систем моніторингу та механізми моніторингу. 2.2. Програмно-технічні засоби контролю та аналізу стану функціонування комп'ютерних мереж. 2.3. засоби виявлення вторгнень у комп'ютерні системи. Розділ 3. Реалізація бази моделей СППР. 3.1 Програмна реалізація математичних моделей. 3.2. Розробка користувацького інтерфейсу. 3.3. Результати застосування моделей для підтримки прийняття рішення щодо вибору програмних продуктів.

7. Календарний план виконання роботи

№ п/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної (дипломної)роботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	Фактично
1	2	3	4
1	Вибір теми, підбір літературних джерел, формування структури ДР	До 15.11.2022	15.11.2022
2	**1. Вступ та І розділ** (розкрити сутність і стан дослідження наукової проблематики роботи, після чого навести її загальну характеристику; огляд літератури за темою і вибір конкретних напрямів досліджень)	01.02.2023	01.02.2023
3	**ІІ розділ** (аналіз експериментальної частини і методики досліджень)	03.04.2023	04.04.2023
4	**ІІІ розділ** (проведені теоретичні і (або) експериментальні дослідження та проектні рішення)	10.05.2023	09.05.2023
5	**Висновки**	15.05.2022	15.05.2022
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень наукового керівника	26.05.2023	26.05.2023
7	Отримання відгуку керівника	06.06.2023	06.06.2023
8	Отримання зовнішньої рецензії	08.06.2023	08.06.2023

8. Дата видачі завдання «16» листопада 2022

9. Керівник кваліфікаційної роботи _____ Погорєловська І.Д
(підпис) (прізвище, ініціали)

10. Керівник освітньо-професійної програми _____ Федотова-Півень І
(підпис) (прізвище, ініціали)

11. Завдання до виконання отримав здобувач вищої освіти _____ Мадей Б.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Розробка бази моделей СППР

Мета роботи полягає в формуванні бази моделей на основі класичних критеріїв оптимальності.

Завдання роботи:

- визачення сутності та призначення бази моделей системи підтримки прийняття рішень та математичних моделей;
- формовання бази моделей на основі класичних критеріїв оптимальності для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику;
- *програмна реалізація бази моделей та користувацького інтерфейсу*
- аналіз результатів застосування моделей.

Об'єктом дослідження є методи та моделі підтримки прийняття рішень.

Предметом дослідження є класичні критерії оптимальності.

База дослідження: функціональні можливості програмних продуктів: ARIS, AllFusion Process Modeler, Rational Rose

За результатами дослідження сформульовані висновки про можливості застосування розробленої бази моделей для підтримки прийняття рішень у контексті вибору програмних продуктів.

Одержані результати можуть бути використані при обґрунтованні рішень щодо вибору програмного продукту на основі класичних критеріїв оптимальності.

Кваліфікаційна робота містить 56 сторінок, 0 таблиць, 1 рисунок, список використаних джерел 34 найменувань, 1 додаток.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішення, критерії оптимальності, база моделей, бізнес-процеси, програмування, Matlab, інтерфейс.

Рік виконання кваліфікаційної роботи 2023

Рік захисту роботи 2023

ABSTRACT

Development of an DSS Base Model

The aim of this work is to create a model database based on classical optimality criteria.

The tasks of the project include: conducting an analysis of the subject area, selecting approaches for building the DSS, forming a model database, implementing components of the model database, and analyzing the application of the models.

The subject of the research is classical optimality criteria.

The object of the research is decision support methods and models.

The research is based on business processes of software products: ARIS, AllFusion Process Modeler, and Rational Rose.

Based on the research results, conclusions are drawn regarding the effectiveness and suitability of the developed decision support system in the context of software product selection.

The obtained results can be utilized by developers as the model database will assist in making informed choices of software products based on classical optimality criteria and supporting decision-making in organizational design and business process modeling.

The qualification work consists of 56 pages, 0 tables, 1 image, a list of 34 references, and 1 appendicle.

Keywords: decision support system, optimality criteria, packages, monitoring, utilities, model database, business processes, Matlab, interface.

Year of qualification work: 2023

Year of work defense: 2023

ЗМІСТ

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1. ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ 9

1.1. База моделей як складова системи підтримки прийняття рішень 9

1.2. Математичні моделі задач прийняття рішень 15

РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ БАЗИ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ КЛАСИЧНИХ КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ 19

2.1. Класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику 19

2.2. Критерії із шкодуваннями для прийняття рішень в умовах невизначеності 25

2.3 Адитивний та мультиплікативний критерії 28

2.4. Синтез багатокомпонентних критеріїв 31

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ БАЗИ МОДЕЛЕЙ СППР 33

3.1. Програмна реалізація математичних моделей 33

3.2. Розробка користувацького інтерфейсу 39

3.3. Результати застосування моделей для підтримки прийняття рішення щодо вибору програмних продуктів. 44

ВИСНОВКИ 49

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 51

ДОДАТКИ 54

ВСТУП

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) широко використовуються в різних галузях, таких як бізнес, наука, урядові органи тощо. Вони дозволяють ефективно аналізувати великі обсяги даних та приймати обґрунтовані рішення на основі цієї інформації.

Розробка бази моделей СППР може допомогти покращити процес прийняття рішень в різних сферах діяльності. База моделей СППР може включати в себе різноманітні моделі та методи аналізу даних, що дозволить вирішувати різноманітні завдання з різних галузей, наприклад:

- в бізнесі: аналіз ринку, розробка маркетингових стратегій, оптимізація бізнес-процесів тощо;
- в науці: моделювання процесів, прогнозування результатів експериментів, аналіз наукових даних тощо;
- в урядових органах: аналіз соціально-економічних процесів, розробка стратегій розвитку регіонів, прогнозування наслідків різних рішень тощо.

База моделей СППР може бути корисною для великої кількості компаній різних галузей, оскільки вона дозволить зменшити час та витрати на створення власних моделей та підвищити обґрунтованість прийнятих рішень. Крім того, така база моделей може бути корисною для досліджень та аналізу, дозволяючи виявити закономірності та тренди в певній галузі.

Також слід зазначити, що в Україні інформаційні технології є одним із найшвидше розвиваючих секторів економіки, що створює нові можливості для розвитку бізнесу та ринку праці. Розробка бази моделей СППР може сприяти розвитку цього сектору та залученню нових інвесторів в український інформаційний ринок.

Актуальність теми: оскільки існує достатньо велика кількість методів, моделей та програмних засобів підтримки прийняття рішень, то аналіз їх можливостей та

подальший розвиток є актуальним для як наукового пошуку та практичного застосування.

Орієнтуючись на актуальність обраної теми, було визначено *мету виконання кваліфікаційної роботи (проєкту)*, яка полягає у формуванні бази моделей на основі класичних критеріїв оптимальності.

Для досягнення визначеної мети було вирішено наступні *завдання*:

- розкрито сутність і призначення бази моделей системи підтримки прийняття рішень та математичних моделей;
- сформовано базу моделей на основі класичних критеріїв оптимальності для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику;
- реалізовано компоненти бази моделей СППР

Об'єкт дослідження: методи та моделі підтримки прийняття рішень

Предметом дослідження є процес розробки бази моделей СППР на основі класичних критеріїв оптимальності.

Методи дослідження, які були використані при виконанні роботи: системний аналіз, який застосовувався при роботі з інформаційними джерелами за темою дослідження; методи оцінювання застосовувалися при дослідженні особливостей роботи класичних критеріїв оптимальності; методи групування – при розробці бази моделей; за допомогою методу узагальнення були сформовані висновки.

Інформаційною базою дослідження є класичні критерії оптимальності, методи, підходи до розробки бази моделей СППР.

Науково-практична значимість одержаних результатів: одержані результати можуть бути використані для підтримки прийняття рішень в умовах невизначенності та ризику, а також в освітньому процесі при викладанні навчальної дисципліни "Математичні методи оптимізації", "Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень".

РОЗДІЛ 1. ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

1.1. База моделей як складова системи підтримки прийняття рішень

Термін «системи підтримки прийняття рішень» (англ. Decision Support System, DSS) виник у 70-х роках і належить Горрі та Мортону, хоча перше покоління систем підтримки прийняття рішень (СППР) мало чим відрізнялось від традиційних управлінських інформаційних систем, і тому замість СППР часто використовувався термін «системи управлінських рішень» [13].

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) є інформаційними системами, призначеними для надання підтримки та полегшення процесу прийняття рішень. Вони дозволяють користувачам зібрати та обробити великі обсяги даних, проводити аналіз, моделювання та оптимізацію різних варіантів рішень, що допомагає в прийнятті обґрунтованих та ефективних рішень.

Основним призначенням СППР є забезпечення користувачів доступом до необхідної інформації, обробка якої є складною або неможливою вручну, зокрема, при аналізі бізнес-даних, маркетингових досліджень, а також управлінням проєктами. Системи підтримки прийняття рішень дозволяють проводити як кількісний, так і якісний аналіз даних, використовуючи різні методи та алгоритми, що допомагає знайти оптимальне рішення на основі надійних та обґрунтованих даних [15].

Різноманітність визначень систем підтримки прийняття рішень відображає широкий спектр різних форм, розмірів та типів СППР. Однак, майже всі види цих комп'ютерних систем мають чітку структуру, що складається з трьох головних компонентів: підсистеми інтерфейсу користувача, підсистеми управління базою даних та підсистеми управління базою моделей. Ці три компоненти є основою класичної структури СППР, що відрізняє їх від інших типів інформаційних систем, зокрема інформаційних систем, які ґрунтуються на

використанні сховищ даних та мають таку ж англомовну абревіатуру - DSS. Останнім часом з розвитком мережі Інтернет до СППР додається новий компонент - система управління електронною поштою (повідомленнями).

Процес прийняття рішень в системах підтримки прийняття рішень (СППР) складається з трьох основних фаз.

Перша фаза - дослідницька. На цьому етапі проводиться дослідження знань та інформації з внутрішніх та зовнішніх джерел. В процесі дослідження розуміння проблеми стає більш ясним та обґрунтованим, альтернативи та їх наслідки стають більш зрозумілими.

Друга фаза - проєктування. На цьому етапі менеджер формулює знання про результати альтернативних дій, оцінює їх наслідки для функціонування системи. Також на цьому етапі можуть вироблятись додаткові знання.

Третя фаза - вибір рішення. На цьому етапі менеджер виконує вибір між альтернативами з урахуванням їх наслідків, які були проаналізовані та досліджені на перших двох етапах [14].

Прийняте рішення може бути застосоване не одразу, а через деякий час, який підтвердить правильність прийнятого рішення. Всі три фази не обов'язково йдуть послідовно, вони можуть перекриватись одна одну, а процес прийняття рішень може бути ітеративним.

Прийняття складних рішень, які підтримуються комп'ютерними системами, є викликом через нерозуміння мети або засобів досягнення. Системи підтримки прийняття рішень не надають готові рішення, а забезпечують користувачів інформацією, що використовується разом з іншими даними для прийняття рішень.

Комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень включають широкий спектр різноманітних систем, засобів та технологій. Якщо комп'ютеризована система не є онлайновим процесом оброблення транзакцій (OLTP), то вона відноситься до категорії СППР. Якщо програма встановлена на персональному комп'ютері і

може допомагати менеджерам приймати рішення, то вона також відноситься до категорії СППР. Системи, які використовуються для виконавчої інформації (BIC), геоінформаційні системи, системи інтерактивного оперативного оброблення (OLAP), сховища даних, програмні системи виявлення знань і системи підтримки прийняття групових рішень, також можуть бути віднесені до категорії СППР [16].

Для досягнення управлінських цілей необхідно звернути увагу на два головні типи СППР. Зокрема, виділяють СППР наступних типів:

1. корпоративні (Enterprise-wide) або широкомасштабні, що охоплюють рівень підприємства;
2. настільні (desktop) СППР.

Корпоративні СППР є складними системами, які сполучені з великими сховищами даних та використовуються багатьма менеджерами в різних компаніях. Своєю чергою, настільні СППР розраховані на одного користувача та є невеликими системами, що знаходяться в персональних комп'ютерах менеджерів.

Розвиток корпоративних СППР з обширними сховищами даних є результатом значної уваги до прийняття обґрунтованих та взаємопов'язаних управлінських рішень на рівні підприємств. Дані системи дають змогу особам, що приймають рішення, знаходити практично будь-яку інформацію про їхню компанію в потрібний момент.

Використання корпоративних систем підтримки прийняття рішень (СППР) дозволяє органам публічного управління (ОПР) виконувати такі операції, як деталізоване оброблення інформації (drill-down), виділення окремих фрагментів або зрізів (slice і dice), та наочне (графічне і схематичне) відображення корпоративних та зовнішніх даних [15].

Користування корпоративною СППР дозволяє спрощувати процес прийняття рішень від досить простих систем, що містять комплексну інформацію, до аналітично розвинутих виконавчих інформаційних систем.

Зазвичай, в організаціях існує тісний зв'язок між корпоративними СППР, сховищами даних та настільними СППР. Дуже важливо знати, де знаходиться конкретна інформація та як її необхідно аналізувати та подавати.

Настільні індивідуальні СППР не здобули такої популярності, як корпоративні СППР. Іноді для створення окремих інструментів підтримки прийняття рішень користувачів використовують програмні пакети електронних таблиць, такі як Excel або Lotus1-2-3, для проведення необхідного настільного аналізу або розроблення специфічних функцій СППР для окремих менеджерів [19].

Система підтримки прийняття рішень має численні переваги. Зокрема, вона дозволяє збільшити швидкість та ефективність прийняття рішень завдяки здатності збирати та аналізувати дані в реальному часі. Крім того, впровадження та використання СППР сприяє навчанню всередині організації, оскільки потрібно розвивати спеціальні навички для їх використання.

Система автоматизує монотонні управлінські процеси, що звільняє менеджера від таких завдань і дозволяє йому більше часу на прийняття важливих рішень. Крім того, вона сприяє покращенню міжособистісного спілкування всередині організації.

Серед недоліків можна відзначити значну вартість розробки та впровадження СППР, яка робить його менш доступним для невеликих організацій. Крім того, залежність компанії від СППР може призвести до зниження суб’єктивного аспекту прийняття рішень менеджерами, що може вплинути на результативність організації. Інформаційне перевантаження СППР може також стати серйозною проблемою, оскільки він може розглядати всі аспекти проблеми та створювати кілька варіантів вибору для кінцевих користувачів. Нарешті, впровадження СППР може викликати страх та негативну реакцію у

співробітників нижчого рівня, які можуть боятися втратити роботу через технології [18].

База моделей є важливою складовою системи підтримки прийняття рішень. Вона містить описи різноманітних моделей, які використовуються для аналізу даних та прогнозування результатів різних сценаріїв. Ці моделі можуть бути математичними, статистичними, економічними або іншими.

Крім того, база моделей може містити описи методів та алгоритмів, які використовуються для побудови моделей та обробки даних. Наприклад, це можуть бути методи статистичного аналізу, машинного навчання, аналізу даних за допомогою штучних нейронних мереж та інші.

База моделей системи підтримки прийняття рішень включає як оптимізаційні, так і неоптимізаційні моделі. Оптимізаційні моделі математичного програмування (лінійного, нелінійного, динамічного типу) включають розподіл ресурсів, оптимальне планування, аналіз сітьових графіків, транспортні задачі, а також моделі обліку, аналізу цінних паперів для визначення інвестиційної стратегії, моделі маркетингу та інші. Неоптимізаційні моделі включають статистичні моделі (лінійний і нелінійний аналіз регресій), методи прогнозування (аналізу) часових рядів, альтернативні методи моделювання (наприклад, машинна імітація) тощо.

Загалом, усі моделі в базі системи підтримки прийняття рішень можуть бути представлені в тривимірному просторі з наступними вимірами: подання, час та методологія.

Система підтримки прийняття рішень бути корисною для різних видів діяльності, де необхідно приймати рішення в складних умовах з великою кількістю факторів, які впливають на результат. Вибір моделей, які повинні бути включені в сімейство систем підтримки прийняття рішень, залежить від вимог користувача та цілей СППР [15].

Опис деяких математичних та статистичних моделей, що зазвичай використовуються у дослідженнях:

Статистичні моделі є широким класом моделей, які включають різноманітні статистичні функції, такі як середнє значення, медіана, мода, відхилення тощо. Вони застосовуються для встановлення залежності між подіями та різними факторами, пов'язаними з цими подіями. Наприклад, можна використовувати статистичні моделі для вивчення залежності продажів від різних факторів, таких як регіон, дохід, сезонність тощо. Крім статистичних функцій, ці моделі включають програмне забезпечення, яке може аналізувати серії даних та прогнозувати майбутні результати.

Моделі аналізу чутливості застосовуються для відповіді на запитання "що-якщо", які часто виникають у різних організаціях. Під час аналізу значення однієї змінної змінюється кілька разів, і в результаті спостерігаються зміни інших змінних. Наприклад, на продаж продукту впливають різні фактори, такі як ціна, витрати на рекламу, кількість торгового персоналу, виробництва тощо. За допомогою моделі чутливості можна змінювати ціну продукту (збільшувати або зменшувати) декілька разів, щоб визначити, які фактори впливають на обсяг продажів та наскільки чутливі вони до зміни ціни. Для проведення аналізу часто використовуються електронні таблиці, такі як Excel або Lotus 1-2-3.

Моделі оптимізаційного аналізу є потужним інструментом для пошуку оптимального значення цільової змінної в певних обставинах. Вони знаходять широке застосування для прийняття рішень щодо ефективного використання ресурсів у сфері бізнесу. Під час оптимізаційного аналізу значення однієї або кількох змінних змінюються з урахуванням обмежень, доки не будуть знайдені найкращі значення цільової змінної. Наприклад, такі моделі можуть визначити максимальний рівень виробництва, досяжний при певних умовах, враховуючи кваліфікації працівників та їхні призначення, що не можуть бути змінені. Для

проведення оптимізаційного аналізу часто використовуються методи лінійного програмування та інструмент Solver у Microsoft Excel [21].

Моделі прогнозування є іншим ефективним інструментом у сфері бізнесу, які використовують різноманітні інструменти та методи прогнозування, такі як регресійні моделі, аналіз часових рядів, методи дослідження ринку тощо, для того, щоб зробити передбачення майбутнього або щось передбачити заздалегідь. Вони надають інформацію, яка допомагає аналізувати умови ведення бізнесу та будувати плани на майбутнє. Ці моделі широко використовуються для прогнозування продажів та інших ринкових показників.

Моделі чутливості зворотного аналізу є технікою, яка застосовується в багатьох галузях науки та промисловості. Вона відома також як аналіз пошуку цілі, протилежна техніці, що використовується в моделях аналізу чутливості. Основна ідея полягає у встановленні цільового значення для певної змінної та послідовному внесенні змін до інших змінних, доки не буде досягнуто цього цільового значення [22].

Узагалі, база моделей може бути розширена та доповнена залежно від потреб користувачів системи підтримки прийняття рішень. Вона дозволяє зберігати та організовувати інформацію про різні моделі та методи, що допомагає вирішувати завдання прийняття рішень більш ефективно та швидко.

1.2. Математичні моделі задач прийняття рішень

Математичні моделі задач прийняття рішень – це формальні структури, які дозволяють представити різноманітні рішення в математичній формі. Вони допомагають розв’язувати задачі, які пов'язані з вибором найкращого варіанту дій в умовах невизначеності, обмежень та ризику.

Такі моделі охоплюють обчислювальні техніки, які допомагають розв’язувати задачі на основі введення математичних формул та алгоритмів. Математичні

моделі прийняття рішень можуть бути використані в багатьох сферах, включаючи економіку, науку, технології та менеджмент.

Математична модель задачі прийняття рішень описує мету, засоби та результати, а також зв'язок між ними. Для цього можна використовувати дві множини: множину альтернатив $X = \{x_1, ..., x_n\}$, та множину результатів $A = \{a_1, ..., a_n\}$. Альтернативи представляють вибір особи, яка приймає рішення, а результати – це те, до чого вони приводять при певному стані зовнішнього середовища [5].

У задачах зі скінченними множинами X та A існує кілька видів зв'язку результатів з альтернативами. У найпростішому випадку кожна альтернатива приводить тільки до одного результату, тому існує функціональна залежність результатів від альтернатив.

Другий вид зв'язку передбачає, що кожна альтернатива може привести до одного з k результатів з множини A ($a_k \in A$), кожен з яких має певну імовірність появи. У такому випадку відбувається стохастична залежність результатів від альтернатив.

При третьому виді зв'язків альтернативи можуть привести до декількох результатів, але стохастична залежність між ними та альтернативами невідома.

Результат прийняття рішення в певній системі визначається двома чинниками: вибором альтернативи ОПР та станом зовнішнього середовища. У такому контексті, кожен можливий результат a_{ij} є функцією двох аргументів: $a_{ij} = F(x_i, y_j)$, де x_i ($x_i \in X$) визначає обрану альтернативу, а y_j ($y_j \in Y$) відображає стан зовнішнього середовища [3].

Зв'язок між альтернативами та результатами може бути визначений в умовах визначеності, умовах ризику або умовах невизначеності. ОПР може бути неінформованим щодо об'єктивного зв'язку між альтернативами та результатами. У цьому випадку, якщо ОПР не знає імовірностей настання результатів, умови прийняття рішення класифікуються як умови

невизначеності. Класифікація задач прийняття рішень пов'язана із суб'єктом, оскільки вона залежить від його знань, досвіду та умінь. Умови визначеності характеризують ситуацію, коли ОПР знає зв'язок між альтернативами та результатами, а також імовірності настання кожного можливого результату. Умови ризику характеризують ситуацію, коли ОПР знає зв'язок між альтернативами та результатами, але не знає імовірностей настання результатів. Умови невизначеності характеризують ситуацію, коли ОПР не знає об'єктивного зв'язку між альтернативами та результатами, а також імовірностей настання результатів.

Для розв'язання задач прийняття рішень в умовах визначеності, можна використовувати методи аналізу ієрархій, лінійного програмування, теорії ігор тощо. Для умов ризику та невизначеності використовуються методи теорії прийняття рішень, які дозволяють оцінювати імовірність настання результатів, знаходити оптимальні рішення та ризиковані альтернативи.

У процесі прийняття рішень, ОПР повинен брати до уваги всі можливі альтернативи та результати, а також враховувати свої цілі та обмеження. Для цього необхідно використовувати математичні моделі, які відображають всі аспекти задачі прийняття рішень та дозволяють знаходити оптимальні рішення.

У залежності від суб'єкта прийняття рішень, можуть відрізнятися і методики прийняття рішень. Наприклад, у разі колективного прийняття рішень, при оцінці альтернатив можуть використовуватися методи мультикритеріального аналізу, що базуються на порівнянні альтернатив за декількома критеріями. У разі індивідуального прийняття рішень можуть використовуватися методи оптимізації, що базуються на знаходженні оптимальної альтернативи з урахуванням заданого критерію.

Дуже важливим для побудови математичні моделі є формулювання критерія оптимізації. Існують задачі оптимізації з одним критерієм і багатокритеріальні задачі. Більшість задач оптимізації вирішується з одним критерієм. Якщо

критеріїв декілька необхідно застосувати відповідно методику, яка дозволить оптимізувати задачу фактично по одному критерію.

Ці методики можуть містити різні алгоритми оптимізації, такі як методи компромісного програмування, методи вагових коефіцієнтів або методи обмежень.

Незважаючи на це, формулювання критеріїв оптимізації є важливим етапом в розв'язанні задач прийняття рішень і дозволяє знайти оптимальне рішення, відповідне поставленій меті.

Інакше кажучи, задача багатокритеріальної оптимізації полягає в тому, щоб знайти множину рішень, які забезпечують найкращу компромісну точку між різними критеріями, при цьому кожне рішення може бути хорошим за одним критерієм, але менш ефективним за іншими. Для розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації використовуються різноманітні методи, такі як методи вагової функції, методи порівняння пар, методи багатокрокової оптимізації та інші.

У будь-якому випадку, розв’язання задачі оптимізації передбачає використання певного критерію, який може бути різним у різних задачах. Цей критерій може бути мінімальним або максимальним значенням якої-небудь характеристики, такою як ціна, час, якість, кількість, ризик, прибуток тощо. Його вибір залежить від конкретної задачі та вимог, що ставляться до її вирішення.

Отже, побудова математичних моделей та розв’язання задач оптимізації залежать від формулювання критерію оптимізації, а також від кількості критеріїв, які задаються у конкретній задачі.

РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ БАЗИ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ КЛАСИЧНИХ КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ

2.1. Класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику

Прийняття рішень є неодмінною складовою керування у будь-якій сфері діяльності. Однак, іноді потрібно приймати рішення в умовах невизначеності та ризику, коли результати не можуть бути передбачені або наслідки неочевидні. У таких випадках, щоб досягнути оптимального результату, необхідно використовувати класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику.

Ці критерії допомагають зменшити ризики та забезпечити оптимальний результат. Критерій максимуму очікуваної корисності, критерій максиміну та критерій максимуму очікуваної корисності з коефіцієнтом ризику - це три основних класичних критерії, які використовуються для прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику. Кожен з цих критеріїв має свої переваги та обмеження, тому вибір конкретного критерію залежить від конкретної ситуації та умов.

У будь-якому випадку, знання та використання цих критеріїв допоможе приймати оптимальні рішення в умовах невизначеності та ризику.

Критерій недостатнього підстави (критерій Лапласа) дозволяє визначити оптимальне дію тоді, коли абсолютно невідомо, яка зі стратегій супротивника може мати місце. В цьому критерії всі стратегії суперника розглядаються як рівноімовірні.

Критерій Бернуллі-Лапласа використовують тоді, коли можна припустити, що будь-який з варіантів середовища не більш ймовірний, ніж інший. Цей критерій передбачає, що всі стани середовища (всі варіанти реальної ситуації) мають однакову ймовірність.

Критерій Бернуллі-Лапласа дозволяє відокремити найкращий варіант прийняття рішення в умовах, коли немає достатніх підстав для того, щоб вважати, що кожен окремий стан зовнішнього середовища більш імовірний, порівняно з іншими. Цей критерій базується на припущенні про однакову ймовірність виникнення кожного з можливих станів.

$$K_H = \max_i \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} a_{ij} \right)$$

Критерій Бернуллі-Лапласа використовується для прийняття рішення шляхом порівняння ймовірності успіху з встановленим пороговим значенням, яке визначається на основі умов. Якщо ймовірність успіху перевищує порогове значення, то рішення приймається на користь успіху, в іншому випадку - на користь невдачі [3].

Максимінний критерій Вальда є одним з методів вибору рішень в умовах невизначеності та ризику. Цей критерій забезпечує максимізацію мінімального можливого результату або, що є те ж саме, мінімізацію максимального можливого програшу (втрат), який може виникнути при реалізації будь-якої зі стратегій. Критерій Вальда спонукає особу, що приймає рішення, до дуже обережної (песимістичної) лінії поведінки та уникнення ризику.

$$K_W = \max_i \min_j a_{ij}$$

Максимінний критерій Вальда використовується у випадках, коли потрібна гарантія, щоб виграш у будь-яких умовах виявився не меншим, ніж найбільший з можливих у гірших умовах (кращий з гірших). За цим критерієм обирається рішення, для якого мінімальний можливий результат максимальний. Іншими словами, визначається мінімально можливий результат для кожної можливої стратегії, і обирається та стратегія, для якої мінімальний можливий результат максимальний [3].

Наприклад, якщо ми порівнюємо два проєкти, де кожен з них може мати різні можливі результати, то за максимінним критерієм Вальда ми оберемо той

проект, для якого найгірший можливий результат буде найбільш прийнятним. Таким чином, максимінний критерій Вальда забезпечує захист від можливих негативних наслідків та надає гарантію на мінімальний результат, що є особливо важливим в умовах невизначеності.

Цей критерій особливо корисний у випадках, коли неможливо точно визначити ризик або оцінити його вагу. Однак, у ситуаціях, коли необхідно враховувати імовірність різних результатів, цей критерій може бути менш корисним. При використанні максимінного критерію Вальда, необхідно ретельно вивчити його переваги та недоліки, врахувати специфіку конкретної ситуації та зробити висновок, чи є цей критерій підходящим для прийняття рішення в даному випадку [3].

Критерій Гурвіца, також відомий як критерій песимізму-оптимізму Гурвіца, є методом вибору рішення, який базується на середньому результаті, що відображає стан між крайнім песимізмом та невтральністю оптимізму. Даний критерій встановлює рівновагу між ситуаціями екстремального песимізму та надмірного оптимізму, надаючи їм відповідну вагу.

Для застосування критерію Гурвіца до вибору оптимального рішення, необхідно визначити коефіцієнт оптимізму та функцію рішень. Для матриці рішень обчислюються значення для кожної альтернативи, які базуються на коефіцієнті оптимізму та вагових коефіцієнтах, і потім обирається оптимальна альтернатива.



де c − константа (коефіцієнт оптимізму), що задовольняє умову $0 \leq c \leq 1$.

У критерії Гурвіца коефіцієнт оптимізму використовується для визначення оптимального рішення. Цей коефіцієнт приймає значення в проміжку від 0 до 1, залежно від того, як приймаюче рішення оцінює ситуацію. Якщо приймаюча сторона налаштована оптимістично, то цей коефіцієнт повинен бути більше 0,5. При песимістичній оцінці ситуації коефіцієнт повинен бути меншим за 0,5.

Критерій Гурвіца використовується для вибору оптимального рішення з урахуванням функції рішень, яка визначається на множині альтернатив та множині станів. При k = 0 критерій Гурвіца збігається з максимаксним критерієм, а при k = 1 - з критерієм Вальда.

Критерій Байєса-Лапласа є узагальненням нейтрального критерію прийняття рішень в умовах невизначеності. Вважається, що середовище нейтральне до об'єкта прийняття рішень (ОПР), тому всі стани середовища з'являються з однаковою ймовірністю. У такому випадку доцільно вибирати альтернативи, які мають максимальне середнє значення [3].

$$K_H = \max_i \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} a_{ij} \right)$$

Якщо кожен стан y_j (j = 1,m) зовнішнього середовища має свою імовірність q_j, то середнє значення, що відповідає кожній альтернативі, обчислюється з урахуванням цих імовірностей за допомогою математичного сподівання. Таким чином, виходить співвідношення для критерію Байєса-Лапласа

$$K_{BL} = \max_i \left(\sum_{j=1}^{m} a_{ij} q_j \right), \sum_{j=1}^{m} q_j = 1$$

Критерій Лапласа ґрунтується на принципі недостатньої підстави, сформульованому Я. Бернуллі, що стверджує відсутність достатніх підстав для вважання ймовірностей різних станів однаковими, оскільки розподіл ймовірності станів q(T) є невідомим. У свою чергу, критерій Байєса – Лапласа є узагальненням нейтрального критерію прийняття рішень в умовах невизначеності, припускаючи нейтральність середовища до об'єкта прийняття рішень та однакову ймовірність виникнення кожного з його станів [3].

В такому разі, для кожної альтернативи необхідно обчислювати середнє значення з урахуванням ймовірностей виникнення кожного стану зовнішнього середовища, що відповідає математичному сподіванню. Застосування критерію Байєса – Лапласа припускає точне знання імовірностей появи станів

зовнішнього середовища, незалежність цих імовірностей від часу та можливість реалізації нескінченної кількості рішень.

Якщо ці умови виконуються, то критерій Байєса – Лапласа є абсолютно надійним критерієм прийняття рішень, який усуває ризики. Однак, у випадку порушення зазначених умов, критерій Байєса – Лапласа може стати ризикованим [3].

Критерій Ходжа – Лемана є науковим методом вирішення задач прийняття рішень, який поєднує в собі критерії Байєса-Лапласа і Вальда. Для визначення оптимального рішення цей критерій використовує функцію рішень, що визначена на множині альтернатив та множині станів, а також ймовірнісну міру ситуації [3].

Однак, критерій Байєса-Лапласа є надійним тільки в тому випадку, коли точно відомі імовірності появи станів зовнішнього середовища. Але на практиці точні числа, як правило, відсутні, що послаблює довіру до цього критерію. Тому часто звертаються до більш надійного максимінного критерію, який гарантує мінімальний ризик. Гарантований мінімум можна спробувати збільшити за рахунок використання зваженої лінійної комбінації розглянутих критеріїв



«За допомогою параметра с ($0 \leq c \leq 1$) , з одного боку, виражається ступінь довіри до розподілу імовірностей, що використовується, а з іншого боку, – ступінь небажаності появи дуже малих значень. Якщо ступінь довіри великий й кількість реалізацій ухваленого рішення значна, то акцентується критерій K_{BL}, а інакше перевага віддається максимінному критерію. Оскільки числова оцінка ступеня довіри до розподілу імовірностей, що використовується, й ступеня небажаності появи малих значень зазвичай утруднена, то вибір параметра с, як правило, суб'єктивний. У багатьох випадках враховують, що с = 0,5. При с = 1

критерій K_{HL} переходить у критерій Байєса – Лапласа, а при c = 0 перетворюється в максимінний критерій» [3].

Критерій Севіджа використовується в ситуації, коли немає можливості точно визначити апріорні ймовірності станів природи. Його основу складає аналіз матриці ризиків або платіжної матриці. Матриця оцінки ризику надає візуальне представлення аналізу ризиків та класифікує їх відповідно до їх рівня ймовірності та тяжкості або впливу. Даний критерій застосовується, коли потрібно обрати стратегію захисту суб'єкта від надто великих збитків.

Критерій Гермейєра – це максимінний критерій з врахуванням вагових коефіцієнтів, що відповідають відповідним значенням ймовірносних мір, що знаходяться під знаком внутрішнього екстремуму. Критерій Гермейєра можна описати формулою

$$K_{Гер} = \max_i \min_j a_{ij} q_j, \sum_{j=1}^{m} q_j = 1$$

У порівнянні з максимінним критерієм, критерій Гермейєра є його узагальненням. У випадку рівномірного розподілу, коли $q_j = 1/ m$ (j = 1,m), обидва критерії стають ідентичними.

Критерій Гермейєра надійний лише тоді, коли точно відомі ймовірності появи станів зовнішнього середовища та рішення буде реалізовано значну кількість разів. В іншому випадку, використання критерію Гермейєра може призвести до недооцінки ризику [3].

Існують критерії, які за формою нагадують критерій Байєса-Лапласа, проте використовують суб'єктивні імовірності та відносяться до критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності. Один з таких критеріїв - це критерій суб'єктивно-середніх шкодувань

$$K_{сс.ш} = \min_i \sum_{j=1}^{m} (\max_i a_{ij} - a_{ij}) p_j$$

де p_j − суб'єктивна імовірність стану y_j зовнішнього середовища, яка обчислюється як відношення суми елементів j-го стовпця матриці $||a_{ij}||$ до суми всіх елементів матриці $||a_{ij}||$

$$p_j = ¿$$

У критерії Хоменюка суб'єктивні імовірності вводяться за допомогою матриці шкодувань

$$p_j = ¿$$

Сам критерій Хоменюка зовнішньо нагадує критерій Байєса-Лапласа [3]:

$$K_\chi = \max_j \sum_{j=1}^{m} a_{ij} p_j$$

2.2. Критерії із шкодуваннями для прийняття рішень в умовах невизначеності

Критерії із шкодуванням для прийняття рішень в умовах невизначеності є інструментом, який дозволяє враховувати можливу шкоду в разі невдачі при прийнятті рішення в умовах невизначеності. Використання цих критеріїв сприяє зменшенню ризику та покращенню результатів прийнятих рішень.

При прийнятті рішень в умовах невизначеності, особа, що приймає рішення, повинна застосовувати критерії із шкодою залежно від поставлених цілей. Наприклад, якщо метою є максимізація прибутку, то критерієм може бути максимум очікуваного прибутку.

Для прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику використовується статична ігрова модель, де вхідна інформація представлена у вигляді матриці.

Критерій мінімаксних шкодувань (Критерій Севіджа) є одним з основних критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності, оскільки він дозволяє забезпечити максимальний рівень безпеки при виборі рішення. Згідно з цим критерієм, приймається рішення, яке мінімізує максимальне можливе

шкодування, тобто приймається рішення, яке зменшує максимальний можливий ризик [15].

Критерій Севіджа формується наступним чином: при прийнятті рішення в умовах невизначеності необхідно знайти мінімальний можливий збиток для кожного з можливих варіантів розвитку подій, і потім з вибрати рішення, що максимізує мінімальний можливий збиток. Це означає, що враховується найгірший можливий варіант розвитку подій, і приймається рішення, яке найкраще захистить від цього найгіршого можливого варіанту.

Критерій Севіджа визначається формулою:



Для розуміння цього критерію величини $d_{ij} = \max a_{ij} - a_{ij}$ можна розглянути як додаткові виграші або як шкодування за недоотримані виграші. Ці виграші були б отримані, якби при стані зовнішнього середовища y_j замість альтернатив x_i (i =1, n) було обрано альтернативу x_k ($k \neq i$), для якої справедливий вираз $a_{kj} = \max a_{ij}$, i = 1,n. Величини $d_{ij} = \max a_{ij} - a_{ij}$ можна трактувати як штрафи, на які карається ОПР, що вибирає неоптимальні рішення.

Вихідна матриця виграшів $||a_{ij}||$ за допомогою співвідношенням $d_{ij} = \max a_{ij} - a_{ij}$ перетворюється в матрицю $||d_{ij}||$ можливих додаткових виграшів або матрицю шкодувань або матрицю штрафів за неправильні рішення. Припустивши, що середовище вороже, при прийнятті рішень в умовах невизначеності, кожна альтернатива характеризується можливим максимальним штрафом або шкодуванням за допомогою співвідношення $\max d_{ij} = \max(\max a_{ij} - a_{ij})$ характеризується можливим максимальним штрафом або шкодуванням. Потім за допомогою операції мінімуму вибирається альтернатива, яка мінімізує негативні наслідки при будь-яких можливих станах зовнішнього середовища. Критерій Севіджа є одним із основних критеріїв, що задовольняє принципові мінімаксу [3].

У критерії Севіджа, який має неявну форму, передбачається, що середовище є ворожим до обраної прийнятої рішення (ОПР). Однак, необхідно відзначити, що середовище може бути не тільки ворожим, але й прихильним або нейтральним до ОПР. Якщо ми маємо нейтральне середовище, то використовується критерій, який є аналогом нейтрального критерію для матриці виграшів.

$$K_{н.ш} = \min_i \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} \left(\max_i a_{ij} - a_{ij} \right),$$

Критерій Севіджа, який мінімізує шкодування або додаткові втрати, не враховує абсолютну величину елементів вихідної матриці рішень $||a_{ij}||$. Це може приводити до оптимальності в шкодуваннях та більших загальних втратах. У зв'язку з цим, був запропонований критерій $K_{сс.ш}$ суб'єктивносередніх шкодувань. Цей критерій усуває недолік критерію Севіджа, оскільки враховує величини сум елементів у стовпцях матриці $||a_{ij}||$

$$K_{сс.ш} = \min_i \sum_{j=1}^{m} \left(\max_i a_{ij} - a_{ij} \right) p_j,$$

де p_j означає суб'єктивну імовірність стану зовнішнього середовища y_j. Вона обчислюється як відношення суми елементів j-го стовпця матриці $||a_{ij}||$ до суми всіх елементів матриці $||a_{ij}||$ [3]

$$p_j = \left(\sum_{i=1}^{n} a_{ij} \right) / \left(\sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} a_{ij} \right), \; j = \overline{1, m}$$

Критерії Хоменюка є методами прийняття рішень в умовах невизначеності, що полягають у виборі рішення з максимальним значенням середнього шкодування. Цей критерій є одним з ключових, що відповідає принципу суб'єктивно-середнього підходу.

У критерії Хоменюка, як і в критерії суб'єктивно-середніх шкодувань, об'єктивні імовірності появи зовнішніх станів відсутні. Для врахування впливу таких станів вводяться суб'єктивні імовірності з використанням матриці шкодувань

$$p_j = \left(\sum_{i=1}^{n} \left(\max_i a_{ij} - a_{ij}\right)\right) / \left(\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} \left(\max_i a_{ij} - a_{ij}\right)\right), j = \overline{1,m}$$

Сам критерій Хоменюка розраховується за формулою

$$K_x = \max_i \sum_{j=1}^{m} a_{ij} p_j$$

Отже, критерій Хоменюка, так само як і критерій суб'єктивно-середніх шкодувань, у своєму виразі використовує й елементи матриці рішень $||a_{ij}||$, й елементи матриці шкодувань $||d_{ij}||$.

Використання критеріїв із шкодуванням може бути важливим у прийнятті рішень в різних галузях, включаючи бізнес-сферу. Наприклад, у банківському секторі цей критерій може бути використаний для прийняття рішень про надання кредитів, а в інших галузях – для прийняття рішень про інвестування. У сфері IT критерії зі шкодою можуть бути застосовані для прийняття рішень щодо розробки програмного забезпечення [3].

2.3 Адитивний та мультиплікативний критерії

Адитивний критерій є методом розв'язання багатокритеріальних задач шляхом об'єднання всіх критеріїв, і використовується в теорії прийняття рішень для вибору найкращого варіанту за числовими критеріями. Цей метод також використовується для багатокритеріальної оптимізації з використанням адитивної, мультиплікативної, максимінної та мінімаксної згорток.

Адитивний критерій полягає в порівнянні середніх значень двох груп даних та порівнянні різниці зі стандартною помилкою. Якщо різниця значима, тобто вона більша за стандартну помилку, то приймається висновок, що існує статистична різниця між групами.

Для застосування адитивного критерію необхідно мати дві групи даних, для яких потрібно порівняти середні значення. Для кожної групи визначають

середнє значення та стандартну помилку, після чого обчислюється різниця між середніми значеннями та порівнюється зі стандартною помилкою[3].

Цільову функцію узагальненої багатокритеріальної задачі будують шляхом додавання нормованих значень кожного критерію, що використовується. У загальному випадку формула цільової функції має наступний вигляд:

$$F(\vec{x}) = \sum_{i=1}^{n} a_i \frac{f_i(\vec{x})}{f^0 i(\vec{x})} = ¿ \sum_{i=1}^{n} a_i f_{H,i}(\vec{x}) \rightarrow max(min) ¿$$

Власні критерії оптимальності, які використовуються у задачах оптимізації, мають різну фізичну природу та, отже, різну розмірність. Це означає, що просте підсумовування їх числових значень є некоректним. Одним із способів нормування власних критеріїв є ділення їх числових значень на деякі дільники, що забезпечують їх нормалізацію та призначаються наступними способами:

1. В якості нормуючих дільників можуть використовуватись директивні значення або параметри критеріїв, які задаються замовником. Ці значення можна отримати з технічного завдання на проектований виріб. При цьому припускається, що проектні параметри, закладені в технічному завданні, є оптимальними або найкращими.
2. Як нормуючі дільники можуть використовуватись максимальні (мінімальні) значення критеріїв, які досягаються в області припустимих рішень.

Розмірності власних критеріїв оптимальності та відповідних дільників, що нормують, однакові. Тому узагальнений адитивний критерій є безрозмірною величиною.

Перевагою даного критерію є те, що, як правило, завжди вдається визначити єдиний оптимальний варіант розв’язання оптимізаційної задачі.

До недоліків цього критерію можна віднести таке:

1. Труднощі з визначенням вагових коефіцієнтів, що можуть мати суб'єктивний характер.

2. Адитивний критерій не є наслідком об'єктивної ролі власних критеріїв і тому виступає як формальний математичний прийом.

3. В адитивному критерії відбувається взаємна компенсація власних критеріїв, що може призводити до зменшення одного з них і компенсування його збільшенням іншого.

Для розв'язання деяких завдань використовують мультиплікативний критерій, що базується на порівнянні середніх значень двох груп даних та їх стандартних помилок. Якщо відношення середніх значень є значущим, тобто перевищує стандартну помилку, то можна зробити висновок про наявність статистичної різниці між групами.

Цільова функція з використанням мультиплікативного критерію виражається наступним чином:

$$F(\vec{x}) = \prod_{i=1}^{n} \alpha_i f_i(\vec{x}) \to max(min)$$

де $\prod$ – знак добутку; α_i - ваговий коефіцієнт і -го часткового критерію; $f_i(x)$ - числове значення і -го часткового критерію.

Переваги мультиплікативного критерію є наступні:

1. Не потрібно нормування власних критеріїв.

2. Практично завжди визначається одне оптимальне рішення.

До недоліків можна віднести наступне:

1. Труднощі (суб'єктивізм) у визначенні вагових коефіцієнтів.

2. Перемноження критеріїв з різними розмірностями може викликати проблеми.

3. Взаємна компенсація значень власних критеріїв може призвести до того, що зменшення значення одного критерію буде компенсовано збільшенням значення іншого.

Якщо хоча б один частковий критерій у мультиплікативному критерії рівний нулю (або близький до нуля), то результуючий критерій також буде рівний нулю. Рішення, які максимізують узагальнену функцію, можуть бути незадовільними з огляду на деякі часткові критерії. Це можна пояснити тим, що

при досягненні максимуму узагальненої функції, дуже малі значення деяких показників f_j (x) можуть бути компенсовані великими значеннями інших [3].

2.4. Синтез багатокомпонентних критеріїв

Синтез багатокомпонентних критеріїв є процесом поєднання декількох показників у загальний критерій, який дозволяє визначити оптимальні рішення в складних задачах.

Оцінка багатьох ситуацій або об'єктів реального світу не може бути виконана за допомогою одно- або двокомпонентних класичних критеріїв прийняття рішень. Це пояснюється тим, що ці об'єкти або ситуації оцінюються за десятками або навіть сотнями різних показників. У таких випадках для прийняття рішень використовуються критерії складної структури, які складаються з багатьох компонентів

$$K = \sum_{i=1}^{n} a_i K_i$$

де a_i (i, = 1, n) – вагові коефіцієнти; K_i (i = 1, n) – найпростіші одно- або двокомпонентні критерії.

Отримання критеріїв вигляду є складним завданням, яке може бути вирішено за допомогою різних методів та алгоритмів. Один з таких методів - алгоритм із лінійними частинними описами евристичного методу самоорганізації математичних моделей, також відомий як метод групового врахування аргументів (МГВА), призначений для синтезу критеріїв вигляду. На першому етапі роботи алгоритму, як найпростіші критерії або оцінні функції, можуть бути використані відомі одно- або двокомпонентні критерії K_1, де верхній індекс указує на те, що це критерії першого етапу або першого ряду селекції багатокомпонентного критерію. При цьому будемо припускати, що необхідно одержати критерій K^*, за допомогою якого можна буде розподілити множини деяких об'єктів на два класи, наприклад, на об'єкти, що мають деякі певні властивості (перший клас), і на об'єкти, що не мають цих властивостей (другий клас). Для синтезу цього критерію будемо використовувати навчальну множину

M об'єктів, для яких відомий правильний їх розподіл на два зазначених класи: M_1 й M_2, $M_1 \cap M_2 = \emptyset$, $M_1 \cup M_2 = M$ [15].

Синтез багатокомпонентних критеріїв є важливим етапом при вирішенні складних задач у багатьох галузях, таких як наука, технології, бізнес, економіка та інші. Використання правильної методології синтезу критеріїв може допомогти підвищити ефективність прийняття рішень та забезпечити досягнення максимальних результатів в заданій області.

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ БАЗИ МОДЕЛЕЙ СППР

3.1. Програмна реалізація математичних моделей

Успішна реалізація системи підтримки прийняття рішень (СППР) та комп'ютерної інформаційної системи (КІС) вимагає врахування наступних факторів: потреб та вимог замовника, правильного вибору відповідного інструментарію для розробки та впровадження системи, наявності достатнього досвіду та знань виконавців, адекватної фінансової підтримки та доступу до необхідної інформації.

Врахування потреб та вимог замовника є ключовим аспектом успішної реалізації СППР та КІС. Необхідно чітко зрозуміти вимоги та врахувати їх при проектуванні та розробці системи. Крім того, важливо забезпечити вибір інструментарію, який найкращим чином підходить для виконання поставлених завдань.

Процес розробки та реалізації СППР складається з наступних етапів:

1. Формулювання постановки задачі:

- Визначення повної назви системи та її абревіатури.
- Опис проблеми, що потребує прийняття рішення, з підкресленням її особливостей.
- Попередній аналіз можливості розв'язання задачі за допомогою наявних методів комп'ютерної підтримки.
- Визначення основного методу (методів) прийняття рішень та проектування альтернатив.
- Встановлення типів моделей та критеріїв вибору моделей і рішень, що будуть використовуватись у СППР.

2. Аналіз можливості реалізації СППР:

- Аналіз технічної реалізації системи на наявних засобах обчислювальної техніки.

- Оцінка наявних технологій розробки та досвіду використання готових продуктів.
- Економічний аналіз фінансової підтримки на всіх етапах розробки та реалізації системи.

3. Формулювання вимог до СППР:

- Вимоги користувача, узгоджені з замовником.
- Функціональні вимоги до системи, які стосуються конкретних функцій, що будуть виконуватися.

4. Створення проєкту СППР:

- Вибір інструментальної системи для реалізації СППР.
- Розробка мовної системи, яка включає види запитів та відповідей системи.
- Проєкт системи представлення результатів, що включає реакції системи на запити користувача та типи представлення результатів.

Для дипломного проєкту була розроблена програмна реалізація в середовищі Matlab класичних критеріїв прийняття рішень, таких як Мінімаксний (максімінний) критерій Вальда, Критерій Байеса-Лапласа, Критерій Севіджа, Критерій Гурвіця, Критерій Ходжа-Лемана та Критерій Гермейера.

Використання Matlab для програмної реалізації класичних критеріїв прийняття рішень принесе переваги у математичній потужності, гнучкості та розширюваності, а також візуалізації даних. Matlab є потужним інструментом для чисельних обчислень і математичного моделювання, з багатим набором функцій і бібліотек для статистичного аналізу, оптимізації та чисельних розрахунків, необхідних для реалізації критеріїв прийняття рішень. Можливість створення власних функцій і алгоритмів в Matlab дозволяє реалізувати специфічні критерії прийняття рішень, а наявність широкої спільноти користувачів сприяє обміну рішеннями і розширенню можливостей програми. Засоби візуалізації даних в Matlab допомагають графічно представляти

результати аналізу і порівняння різних критеріїв прийняття рішень, сприяючи зрозумілому і ефективному процесу прийняття рішень [23].

Основна мета цієї програми полягає в прийнятті рішення щодо вибору інструментальних засобів організаційного проектування та моделювання бізнес-процесів серед найбільш розповсюджених програмних продуктів, зокрема ARIS, AllFusion Process Modeler (ERwin/BPwin) та Rational Rose.

1. Мінімаксний (максімінний) критерій Вальда, який базується на виборі рішення, що мінімізує максимальний можливий збиток або максимізує мінімальний можливий дохід.

Файл-програма kMM для знаходження оптимального рішення по методу мінімакс:

```
%Знаходження оптимального рішення по методу мінімакс
type kMM
script
clc
d=input('Введіть значення матриці рішень ||dij||=')
%Знаходження оптимального рішення
dir=min(d');
[dirmax,i]=max(dir');
disp(sprintf('i=%g - номер оптимального рішення',i))
disp(sprintf('dirmax=%g -значення корисності рішення',dirmax))
```

2. Критерій Байеса-Лапласа, який використовує ймовірнісний підхід та припускає наявність апріорних ймовірностей для оцінки ризику і вигоди рішень.

Файл-програма kBL для знаходження оптимального рішення по методу Байеса-Лапласа:

```
%Знаходження оптимального рішення по методу БайесаЛапласа|
```

type kBL

script

clc

d=input('Введіть значення матриці рішень ||dij||=')

qj=input('Введіть значення вектора ймовірності станів qj=')

%Знаходження оптимального рішення

*dir=d*qj';*

[dirmax,i]=max(dir');

disp(sprintf('i=%g - номер оптимального рішення',i))

disp(sprintf('dirmax=%g -значення корисності рішення',dirmax))

3. Критерій Севіджа, який приймає рішення на основі максимізації мінімального очікуваного збитку, враховуючи ступінь небезпеки різних можливих результатів.

%Знаходження оптимального рішення по методу Севіджа

type kS

script

clc

d=input('Введіть значення матриці рішень ||dij||=')

disp('Знаходження матриці залишків')

a=max(d);

m=size(d);

m=m(1);

a=repmat(a,m,1);

aij=a-d;

disp('Знаходження оптимального рішення')

dir=max(aij');

[dirmin,i]=min(dir');

disp(sprintf('i=%g - номер оптимального рішення',i))

disp(sprintf('dirmin=%g -значення mindir',dirmin))

4. Критерій Гурвіця дозволяє враховувати упевненість в прийнятому рішенні та його потенційні наслідки.

Файл-програма kGur для знаходження оптимального рішення по методу Гурвіця:

%Знаходження оптимального рішення по методу Гурвіця

type kGur

script

clc

d=input('Введіть значення матриці рішень ||dij||=')

c=input('Введіть значення коефіцієнта c=')

disp('Знаходження minmax рішення')

*a=c*min(d')*

disp('Знаходження maxmax рішення')

*b=(1-c)*max(d')*

disp('Знаходження середньозважених результатів')

dir=a+b

[dirmax,i]=max(dir');

disp(sprintf('i=%g - номер оптимального рішення',i))

disp(sprintf('dirmax=%g -значення корисності рішення',dirmax))

5. Критерій Ходжа-Лемана використовується для ситуацій, коли прийняття рішення пов'язане з невизначеністю та невідомими наслідками.

Файл-програма kHL для знаходження оптимального рішення по методу Ходжа-Лемана

%Знаходження оптимального рішення по методу ХоджаЛемана

type kHL

script

clc

```
d=input('Введіть значення матриці рішень ||dij||=')
qj=input('Введіть значення вектора ймовірності станів qj=')
v=input('Введіть значення коефіцієнта v=')
disp('Знаходження рішення по Ходжа-Леману')
a=d*qj'.*v
disp('Знаходження mintmax рішення')
b=(min(d').*(1-v))'
disp('Знаходження результату рішення')
dir=a+b
[dirmax,i]=max(dir');
disp(sprintf('i=%g - номер оптимального рішення',i))
disp(sprintf('dirmax=%g -значення max(dir)',dirmax))
```

6. Критерій Гермейера використовується для прийняття рішень в умовах невизначеності та неповної інформації про майбутні наслідки. Цей критерій враховує часову складову та зниження значення доходів у майбутньому.

Файл-програма kGrm для знаходження оптимального рішення по методу Гермейера :

```
%Знаходження оптимального рішення по методу Гермейера
type kGrm
script
clc
d=input('Введіть значення матриці рішень ||dij||=')
q=input('Введіть ймовірність вектора станів qj=')
disp('Знаходження оптимального рішення')
m=size(d);
m=m(1);
q=repmat(q,m,1);
d=d.*q
```

dir=min(d')

[dirmax,i]=max(dir');

disp(sprintf('i=%g - номер оптимального рішення',i))

disp(sprintf('dirmax=%g -значення max(dir)',dirmax))

Ця програмна реалізація дозволяє ввести вхідні дані, такі як параметри, критерії оцінки та ваги для кожного програмного продукту. На основі цих даних програма обчислює значення кожного критерію прийняття рішень для кожного програмного продукту і надає рекомендації щодо найоптимальнішого вибору на основі обраного критерію.

Така програмна реалізація допомагає дослідникам, управлінцям та проектним командам аналізувати та порівнювати різні програмні продукти з використанням класичних критеріїв прийняття рішень. Вона дозволяє об'єктивно оцінити та вибрати найбільш підходящий програмний продукт для конкретного проекту з організаційного проектування та моделювання бізнес-процесів.

3.2. Розробка користувацького інтерфейсу

Оскільки ефективність взаємодії користувача з системою (швидкість, зручність, відсутність втоми) залежить від психологічних факторів, таких як короткотривала та середньотривала пам'ять, час реакції та сприйняття візуальної інформації, розробникам інтерфейсу важливо враховувати наступні аспекти:

- Інтерфейс є важливою складовою системи підтримки проектування (СППР) як з точки зору реклами та маркетингу, так і для безпосереднього користувача системи, який може проводити з нею продуктивну роботу тривалий час.

- Інтерфейс має вплив на характер рішень, які приймає оператор підтримки прийняття рішень (ОПР). Він може прискорювати процес прийняття рішень та впливати на якість цих рішень, покращуючи або погіршуючи їх.
- Вибір конкретного типу інтерфейсу, який можна створити за допомогою обраного набору інструментальних засобів, а також його принципові можливості, мають велике значення для розробки інтерфейсної системи.

Основні характеристики, яким повинні відповідати інтерфейси, включають наступні:

- Адаптованість:
  - Відповідність потребам і можливостям користувача.
  - Забезпечення легкості переходу між функціями.
  - Надання чітких вказівок щодо можливих дій користувача та належного зворотного зв'язку.
  - Забезпечення повноправного керівництва користувачем у всіх типах задач.
  - Забезпечення різних форм представлення результатів залежно від типу запиту або характеру рішення.
  - Врахування особливостей користувачів різних рівнів.
- Достатність інтерфейсу:
  - Чіткість та однозначність допустимих запитів користувача для всіх рівнів користувачів і типів прикладних задач.
  - Однозначна та зрозуміла реакція системи на всі типи запитів.
- Дружність інтерфейсу:
  - Максимальна простота використання.
  - Готовність повністю задовольняти запити користувача для визначеного класу задач.
- Гнучкість інтерфейсу: Гнучкість інтерфейсу визначається його можливістю адаптуватись до конкретної задачі. У разі вирішення складних задач, інтерфейс

повинен спрощувати формулювання запитів та швидко відображати результати, що легко сприймаються користувачем. Значущі аспекти простоти включають:

- Відсутність надмірних деталей щодо представлення розв'язку, так як користувач не завжди повинен розуміти всі деталі.
- Відсутність зайвих декоративних елементів, які відволікають від основної задачі.
- Консистентність інтерфейсу, що базується на використанні відомих та загальноприйнятих методів та засобів представлення інформації.
- Ідеальною ситуацією є відсутність будь-яких труднощів у процесі взаємодії користувача з системою.

Розробка користувацького інтерфейсу в Matlab дозволяє створити зручне та інтуїтивно зрозуміле середовище для взаємодії користувача з програмою. Матлаб надає потужні інструменти для створення графічного інтерфейсу, що дозволяє розміщувати кнопки, поля введення, таблиці, графіки та інші елементи інтерфейсу.

Розробка користувацького інтерфейсу дозволяє забезпечити зручний доступ до функцій та опцій програми, введення параметрів, візуалізацію результатів та маніпулювання даними. Користувач може взаємодіяти з програмою шляхом натискання кнопок, введення даних у поля введення, вибору опцій зі списків тощо. Користувацький інтерфейс робить використання програми більш зручним, сприяє швидкому виконанню завдань та полегшує розуміння роботи програми користувачами, які не мають досвіду з програмування.

Можливості розробки користувацького інтерфейсу в Matlab включають в себе гнучкість у створенні власного дизайну і розташування елементів інтерфейсу, можливість використання готових компонентів та шаблонів, можливість використання різних стилів оформлення і кольорових схем. Крім того, Matlab надає можливість реагувати на події, такі як натискання кнопок або зміна

значень полів введення, що дозволяє програмі реагувати на взаємодію користувача та виконувати відповідні дії.

Для дипломного проєкту було розроблено користувацький інтерфейс в середовищі Matlab для класичних критеріїв прийняття рішень щодо вибору інструментальних засобів організаційного проектування та моделювання бізнес-процесів. Серед програмних продуктів, які були враховані у дослідженні, включаються ARIS, AllFusion Process Modeler (раніше відомий як ERwin/BPwin) та Rational Rose, які є одними з найбільш поширених у даній галузі. Розроблений інтерфейс дозволяє зручно та ефективно порівнювати ці інструментальні засоби, а також здійснювати прийняття рішень на основі класичних критеріїв.

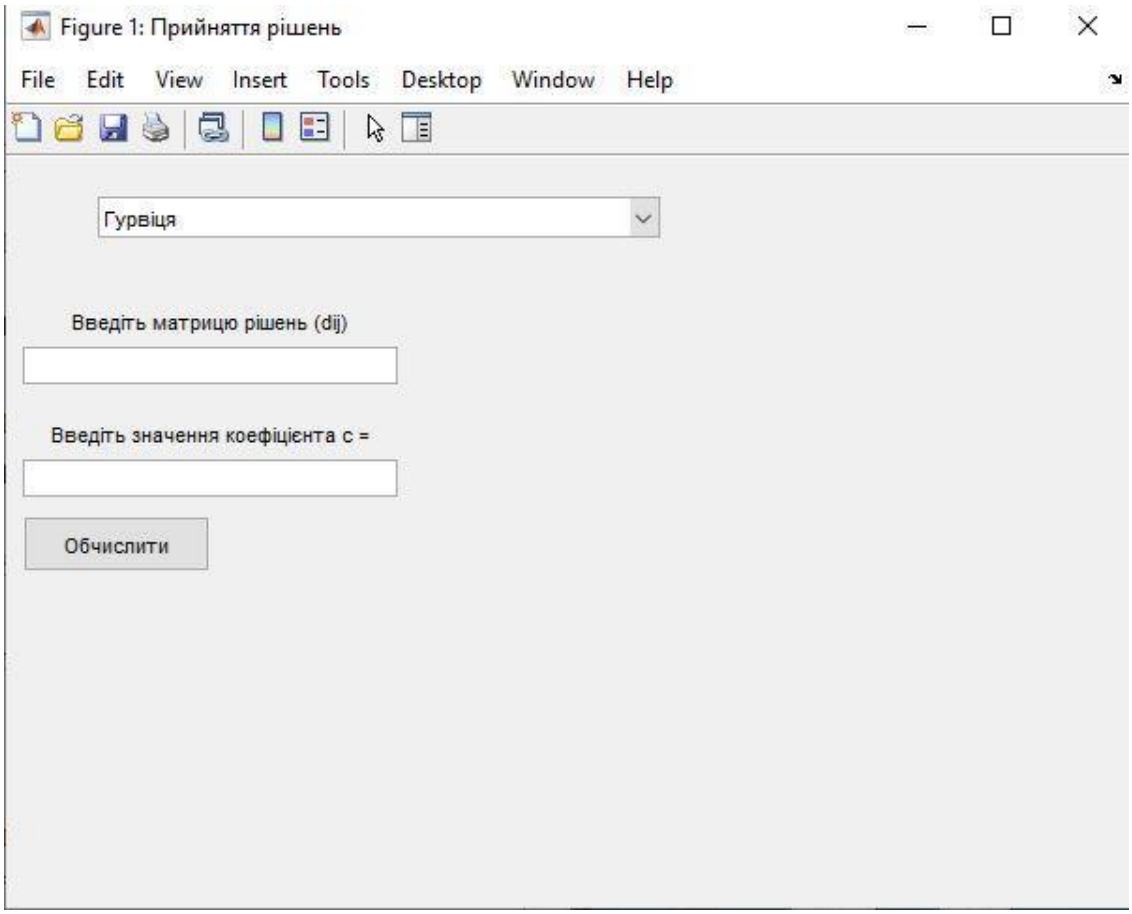


Рис. 3.1. Графічний інтерфейс в середовищі Matlab

Для розробки інтерфейсу в MATLAB використано інтерактивні графічні елементи, такі як текстові поля, кнопки, випадаючі списки тощо.

Спочатку було створено нове графічне вікно, використовуючи функцію figure. Потім додано графічні елементи за допомогою функції uicontrol, такі як текстові поля (text), кнопки (pushbutton), випадаючі списки (popupmenu), полі введення (edit), та визначено їх розташування та розміри. Після цього налаштовано обробник подій для керування взаємодією з графічними елементами. Це дозволяє виконати певний код або функцію, коли відбудеться певна подія, наприклад, натискання кнопки. В кінці виконано розрахунки та після обчислень оновлено графічні елементи, щоб відобразити результати.

Нижче показано код для створення графічного інтерфейсу в Matlab.

```
% Отримати розміри екрану
screenSize = get(groot, 'ScreenSize');
screenWidth = screenSize(3);
screenHeight = screenSize(4);
% Розміри графічного інтерфейсу
figureWidth = 600;
figureHeight = 400;
% Позиція графічного інтерфейсу
figureX = (screenWidth - figureWidth) / 2;
figureY = (screenHeight - figureHeight) / 2;
% Створити графічний інтерфейс
figure('Name', 'Прийняття рішень', 'Position', [figureX figureY figureWidth figureHeight]);
% Випадаючий список з критеріями
criteriaList = {'Мінімаксний (максімінний) критерій', 'Вальда', 'Байеса-Лапласа', 'Сэвіджа', 'Гурвіця', 'Ходжа-Лемана', 'Гермейера'};
```

```
criteriaDropdown = uicontrol('Style', 'popupmenu', 'String', criteriaList, 'Position', [50 350 300 30]);
% Текстове поле "Введіть матрицю рішень (dij)"
uicontrol('Style', 'text', 'String', 'Введіть матрицю рішень (dij)', 'Position', [10 300 200 20]);
dataInput = uicontrol('Style', 'edit', 'Position', [10 280 200 20]);
% Текстове поле "Введіть значення коефіцієнта c"
uicontrol('Style', 'text', 'String', 'Введіть значення коефіцієнта c =', 'Position', [10 240 200 20]);
cInput = uicontrol('Style', 'edit', 'Position', [10 220 200 20]);
% Кнопка "Обчислити"
calculateButton = uicontrol('Style', 'pushbutton', 'String', 'Обчислити', 'Position', [10 180 100 30])
% Текстове поле для виведення результатів
resultText = uicontrol('Style', 'text', 'String', '', 'Position', [10 130 300 30]);
% Назначити функцію-обробник події натискання кнопки
calculateButton.Callback = @calculateButtonCallback;
```

3.3. Результати застосування моделей для підтримки прийняття рішення щодо вибору програмних продуктів.

В результаті застосування моделей для підтримки прийняття рішень щодо вибору програмних продуктів, була проведена процедура прийняття рішення з вибору інструментальних засобів організаційного проектування та моделювання бізнес-процесів серед програмних продуктів ARIS, AllFusion Process Modeler (ERwin/BPwin) і Rational Rose.

Використовуючи Табл.1.6. з дисертації Помазун (Додаток А), можна створити матрицю рішень для вибору програмного продукту та позначити відповідними значеннями.

Функції, властивості	**ARIS**	**AllFusion Process Modeler**	**Rational Rose**
Функціональні можливості системи:	3	2	2
Створення технічного завдання	4	3	3
Створення концептуальних та фізичних моделей структури бази даних	1	4	3
Генерація програмного коду, SQL-сценаріїв для створення структури бази даних	0	2	1
Імітаційне моделювання, подійно-кероване моделювання	2	1	0
Функціонально-вартісний аналіз	2	2	0
Отримання вбудованих звітів за стандартом ISO9000	2	0	0

Для проведення аналізу за допомогою Мінімаксного (максімінного) критерію Вальда, потрібно знайти максимальні значення для кожного програмного продукту.

ARIS: Максимальне значення: 4 (для функції "Створення технічного завдання")

AllFusion Process Modeler: Максимальне значення: 4 (для функції "Створення концептуальних та фізичних моделей структури бази даних")

Rational Rose: Максимальне значення: 3 (для функції "Створення технічного завдання" та "Створення концептуальних та фізичних моделей структури бази даних")

```
Введіть значення матриці рішень ||dij||= [3 2 2;
4 3 3;
1 4 3;
0 2 1;
2 1 0;
2 2 0;
2 0 0]
i=1 - номер оптимального рішення
dirmax=0 -значення корисності рішення
```

Рис. 3.2. Результат в Matlab за Мінімаксним (максімінним) критерієм Вальда

Отже, за Мінімаксним критерієм Вальда, ARIS має найвище значення 4, AllFusion Process Modeler також має значення 4, а Rational Rose має значення 3. З цих результатів можна зробити висновок, що ARIS та AllFusion Process Modeler є більш привабливими варіантами в порівнянні з Rational Rose, коли оцінюється за Мінімаксним критерієм Вальда (Рис. 3.2).

Для проведення аналізу за допомогою критерію Байеса-Лапласа, потрібно призначити ймовірності наявності кожної функції або властивості для кожного програмного продукту. В даному випадку використаємо рівні ймовірності від 0 до 1.

ARIS:

- Функціональні можливості системи: 0.3
- Створення технічного завдання: 0.4
- Створення концептуальних та фізичних моделей структури бази даних: 0.1

- Генерація програмного коду, SQL-сценаріїв для створення структури бази даних: 0
- Імітаційне моделювання, подійно-кероване моделювання: 0.2
- Функціонально-вартісний аналіз: 0.2
- Отримання вбудованих звітів за стандартом ISO9000: 0.2

AllFusion Process Modeler:

- Функціональні можливості системи: 0.2
- Створення технічного завдання: 0.3
- Створення концептуальних та фізичних моделей структури бази даних: 0.4
- Генерація програмного коду, SQL-сценаріїв для створення структури бази даних: 0.2
- Імітаційне моделювання, подійно-кероване моделювання: 0
- Функціонально-вартісний аналіз: 0
- Отримання вбудованих звітів за стандартом ISO9000: 0

Rational Rose:

- Функціональні можливості системи: 0.2
- Створення технічного завдання: 0.3
- Створення концептуальних та фізичних моделей структури бази даних: 0.3
- Генерація програмного коду, SQL-сценаріїв для створення структури бази даних: 0.1
- Імітаційне моделювання, подійно-кероване моделювання: 0
- Функціонально-вартісний аналіз: 0
- Отримання вбудованих звітів за стандартом ISO9000: 0

Далі потрібно обчислити середні значення для кожного програмного продукту, перемноживши значення ймовірності на відповідні значення функцій та властивостей і склавши їх.

Отже, за критерієм Байеса-Лапласа, ARIS має найвище середнє значення 5.6, AllFusion Process Modeler має значення 3.1, а Rational Rose має значення 2.3. З цих результатів можна зробити висновок, що ARIS є найбільш привабливим варіантом в порівнянні з AllFusion Process Modeler та Rational Rose, коли оцінюється за критерієм Байеса-Лапласа.

Для проведення аналізу за допомогою критерію Севіджа, потрібно знайти максимальні значення для кожної функції або властивості в рядку таблиці.

Потім отримуємо відхилення для кожного програмного продукту, після обираємо максимальне значення для кожного рядка.

ARIS: 5

AllFusion Process Modeler: 3

Rational Rose: 4

Таким чином, за критерієм Севіджа, ARIS має найбільше відхилення 5, AllFusion Process Modeler має значення 3, а Rational Rose має значення 4. Це означає, що ARIS є найменш бажаним варіантом, оскільки має найбільше відхилення, тоді як AllFusion Process Modeler є найкращим варіантом.

За критерієм Гурвіця, ARIS має значення 12, AllFusion Process Modeler має значення 5.5, а Rational Rose має значення 6.5. Це означає, що ARIS є найкращим варіантом з точки зору критерію Гурвіця, оскільки має найбільше значення, тоді як AllFusion Process Modeler є менш бажаним варіантом, а Rational Rose займає проміжне положення.

Далі за критерієм Ходжа-Лемана, ARIS має найвищу суму віднімань, що дорівнює 13, AllFusion Process Modeler має суму віднімань, що дорівнює 4, а Rational Rose має суму віднімань, що дорівнює 6. Це означає, що ARIS є найкращим варіантом з точки зору критерію Ходжа-Лемана, тоді як AllFusion Process Modeler є менш бажаним варіантом, а Rational Rose займає проміжне положення.

За критерієм Гермейера, ARIS має найвищу суму, що дорівнює 2.95, тоді як AllFusion Process Modeler та Rational Rose мають однакову суму, яка дорівнює 2.25. Отже, ARIS є найкращим варіантом з точки зору критерію Гермейера.

За BL (MM) - критерієм, ARIS має найменше значення, яке дорівнює 0.2, тоді як AllFusion Process Modeler та Rational Rose мають однакове значення, яке дорівнює 0.0. Отже, ARIS є найкращим варіантом з точки зору BL (MM) - критерію.

Аналіз результатів застосування моделей показав, що ARIS найкраще задовольняє поставлені критерії оптимальності Таким чином, застосування бази моделей та проведений аналіз допомогли зробити обґрунтований вибір програмного продукту на основі класичних критеріїв оптимальності і підтримувати прийняття рішень в організаційному проєктуванні та моделюванні бізнес-процесів.

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи на тему «Розробка бази моделей СППР» було проведено дослідження та розробку системи підтримки прийняття рішень з використанням бази моделей. Робота була розділена на три основні розділи, які включали в себе наступне:

У першому розділі розглянуто різні підходи до створення системи підтримки прийняття рішень. Була проаналізована роль бази моделей у такій системі та визначено її значення як складової частини. Також було досліджено математичні моделі, що використовуються для опису задач прийняття рішень.

Дослідження в цьому розділі дозволило отримати глибоке розуміння ролі бази моделей у системі підтримки прийняття рішень, а також розширити знання про математичні моделі, які можуть бути використані для аналізу та розв'язання задач прийняття рішень. Це надало основу для подальшого розвитку та реалізації бази моделей у дипломному проєкті.

У другому розділі були розглянуто класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику, також розглянуті критерії зі шкодуваннями для прийняття рішень в умовах невизначеності. Та проводився аналіз адитивного та мультиплікативного критеріїв і розробка синтезу багатокомпонентних критеріїв.

Особлива увага приділялась критеріям зі шкодуваннями, які використовуються для прийняття рішень в умовах невизначеності. Було розглянуто принципи їх побудови та застосування в реальних ситуаціях. Це дозволило розширити розуміння інструментів, які можуть використовуватись для вирішення задач прийняття рішень в умовах невизначеності.

Дослідження дозволило розширити знання про класичні критерії прийняття рішень та їх застосування в умовах невизначеності та ризику. Розроблені

підходи до синтезу багатокомпонентних критеріїв використані для побудови бази моделей у системі підтримки прийняття рішень.

У третьому розділі описано реалізацію компонентів бази моделей СППР. Була проведена програмна реалізація математичних моделей, а також розроблено користувацький інтерфейс для зручності введення даних та відображення результатів. Також були презентовані результати застосування моделей для підтримки прийняття рішень щодо вибору програмних продуктів.

В першу чергу, була проведена програмна реалізація математичних моделей, які були визначені в попередніх розділах. Це включало в себе написання коду для обчислення різних критеріїв та алгоритмів прийняття рішень на основі цих моделей. Реалізація включала в себе введення необхідних формул та алгоритмів, а також оптимізацію коду для забезпечення ефективності та точності обчислень.

Поміж програмної реалізації математичних моделей, було розроблено користувацький інтерфейс для зручності введення даних та відображення результатів. Інтерфейс включав текстові поля для введення необхідних даних, таких як матриці рішень та коефіцієнтів, а також кнопку для запуску обчислень. Після натискання кнопки, результати обчислень виводилися на екран для користувача.

Крім того, були презентовані результати застосування моделей для підтримки прийняття рішень щодо вибору програмних продуктів. Це означало використання розроблених компонентів СППР для аналізу різних варіантів програмних продуктів та визначення оптимального рішення на основі заданих критеріїв.

Результати роботи демонструють ефективність та придатність розробленої системи підтримки прийняття рішень у контексті вибору програмних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бреус С. В., Семченко Є. О. Методи прийняття управлінських рішень : thesis. 2018. URL: https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/10541 (дата звернення: 24.05.2023).
2. Геселева Н. В., Євдоченко В. А. Інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень : thesis. 2015. URL: https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/17327 (дата звернення: 24.05.2023).
3. Демиденко М. А. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. / М.А. демиденко;. Дніпро : НАЦ. ГІРН. УН-Т, 2016. 104 с.
4. Засоби та алгоритми прийняття рішень - pdf free download. *Enjoy free comfortable tools to publish, exchange, and share any kind of documents online!*. URL: https://docplayer.net/86499400-Zasobi-ta-algoritmi-priynyattya-rishen.html (дата звернення: 24.04.2023).
5. Золялетдінов К. Аналіз сучасного стану предметної області підтримки прийняття рішень: алгоритми автоматизованого підтримки. //*Наукові нотатки*. 2022. № 73. С. 234–238. URL: https://doi.org/10.36910/775.24153966.2022.73.34 (дата звернення: 24.05.2023).
6. Кігель В. Р. Математичні методи прийняття рішень у ефективному підприємництві : Монографія. Київ, 1999. 269 с.
7. Корякіна А. А. Матриця прийняття рішень : thesis. 2019. URL: https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/13897 (дата звернення: 24.05.2023).
8. Криворучко О., Костюк Ю. Розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень на базі sysml. *Information technology and society*. 2022. № 2 (4). С. 58–64. URL: https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.2.8 (дата звернення: 24.05.2023).

9. Критерії оптимальності та обмеження в задачах оптимального керування об’єктами. *StudFiles*. URL: https://studfile.net/preview/9400084/page:20/ (дата звернення: 15.05.2023).

10. Луценко В. М. Проектування систем інформаційної безпеки з використанням технічних засобів підтримки прийняття рішень. *Ukrainian information security research journal*. 2011. Т. 13, № 1 (50). URL: https://doi.org/10.18372/2410-7840.13.1993 (дата звернення: 24.05.2023).

11. Мартинков С. В. Системи підтримки прийняття рішень для керування проектами : bachelor's thesis. 2019. 91 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29452 (дата звернення: 24.05.2023).

12. Математичні методи моделювання управлінських рішень. *Stud*. URL: https://stud.com.ua/45773/menedzhment/matematichni_metodi_modelyuvannya_upravlinskih_rishen (дата звернення: 16.04.2023).

13. Мулеса О. Ю., Білак Ю. Ю. Підхід до проектування систем підтримки прийняття управлінських рішень в умовах ризику та невизначеності. *Automation of technological and business processes*. 2021. Т. 13, № 3. С. 30–34. URL: https://doi.org/10.15673/atbp.v13i3.2146 (дата звернення: 24.05.2023).

14. Розробка архітектури кросплатформних розподілених систем підтримки прийняття рішень, основаних на математичних моделях. *КиберЛенинка*. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rozrobka-arhitekturi-krosplatformnih-rozpodilenih-sistem-pidtrimki-priynyattya-rishen-osnovanih-na-matematichnih-modelyah (дата звернення: 24.05.2023).

15. Розробка бази знань системи підтримки прийняття рішень машиністом на основі асоціативної пам’яті / В. Д. Дмитрієнко та ін. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2016. № 2. С. 3–9. URL: https://doi.org/10.18664/ikszt.v0i2.67566 (дата звернення: 24.05.2023).

16. Системи і методи підтримки прийняття рішень / П. Бідюк та ін. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 259 с.

17. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. для самост. вивч. дисципліни : для студ. вищ. навч. закл. Суми : УАБС НБУ, 2010. 265 с.

18. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень : Навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2004. 614 с.

19. Харченко В. В. Сучасні системи підтримки прийняття рішень при управлінні виробничим процесом. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Економіка, аграрний менеджмент та бізнес"*. 2010. Вип. 154, ч. 2. С. 308–311.

20. Цегелик Г. Г. Моделі та методи підтримки прийняття рішень в умовах визначеності : текст лекцій. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2016. 92 с.

21. AllFusion process modeler bpwin free download - webforpc. *WebForPC*. URL: https://webforpc.net/allfusion-process-modeler-bpwin-free-download/ (date of access: 08.04.2023).

22. ARIS – вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/ARIS (дата звернення: 07.04.2023).

23. Bandyopadhyay S. Future of decision support system. *Decision support system*. Boca Raton, 2023. P. 367–369. URL: https://doi.org/10.1201/9781003307655-16 (date of access: 06.06.2023).

24. Decision support system (DSS). *Corporate Finance Institute*. URL: https://corporatefinanceinstitute.com/resources/management/decision-support-system-dss/ (date of access: 06.04.2023).

25. Decision support system (DSS). *Corporate Finance Institute*. URL: https://corporatefinanceinstitute.com/resources/management/decision-support-system-dss/ (date of access: 24.04.2023).

26. Evolution of decision support systems research - proquest. *ProQuest | Better research, better learning, better insights*. URL: https://www.proquest.com/docview/854847241 (date of access: 24.05.2023).

27. MIS - decision support system. *Online Courses and eBooks Library*. URL: https://www.tutorialspoint.com/management_information_system/decision_support_system.htm (date of access: 24.05.2023).

28. Rational rose – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Rational_rose (дата звернення: 06.04.2023).

29. Segal T. Decision support system (DSS): what it is and how businesses use them. *Investopedia*. URL: https://www.investopedia.com/terms/d/decision-support-system.asp (date of access: 06.04.2023).

30. Segal T. Decision support system (DSS): what it is and how businesses use them. *Investopedia*. URL: https://www.investopedia.com/terms/d/decision-support-system.asp (date of access: 24.05.2023).

31. Types of decision support systems (DSS). *GDRC | The Global Development Research Center*. URL: https://www.gdrc.org/decision/dss-types.html (date of access: 24.05.2023).

32. Unified modeling language – вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language (дата звернення: 04.05.2023).

33. What is architecture of integrated information systems (ARIS) | IGI global. *IGI Global: International Academic Publisher*. URL: https://www.igi-global.com/dictionary/service-oriented-architecture-business-management/1424 (date of access: 21.04.2023).

34. What Is MATLAB?. *MathWorks - Makers of MATLAB and Simulink - MATLAB & Simulink*. URL: https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html (date of access: 24.05.2023).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця 1.6

Порівняльний аналіз програмних продуктів, що використовують для моделювання бізнес-процесів

	Функції, властивості	Програмні продукти моделювання бізнес-процесів		
		ARIS	**AllFusion Process Modeler**	**Rational Rose**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Функціональні можливості системи	Весь комплекс задач за винятком формування логічної структури БД і кодів додатків	Весь комплекс задач організаційного проектування, супроводження технічного проекту, формування кодів управління БД і технологічними процесами	Весь комплекс задач організаційного проектування, вимагає додаткового ПЗ
1.1	Створення технічного завдання	Є	Частково	Частково
1.2	Створення концептуальних та фізичних моделей структури бази даних	Середні можливості	Великі можливості	Великі можливості
1.3	Генерація програмного коду, SQL-сценаріїв для створення структури бази даних	Немає	Великі можливості	Середні можливості
1.4	Імітаційне моделювання, подійно-кероване моделювання	Є	Невеликі можливості	Немає
1.5	Функціонально-вартісний аналіз	Є	Є	Частково
1.6	Отримання вбудованих звітів за стандартом ISO9000	Є	Немає	Немає