

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фундаментальної та прикладної математики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: **«Дослідження та алгоритмізація процесу
прийняття рішень»**

Виконала: студент _____ 2 _____ курсу, групи 8.1130

Спеціальності _____ 113 прикладна математика
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми _____ Прикладна математика
(назва освітньої програми)

В. О. Проценко

(ініціали та прізвище)

Керівник _____ доцент кафедри фундаментальної та прикладної
математики, доцент, к.ф.-м.н. Кондрат'єва Н. О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент _____ доцент кафедри комп'ютерних наук,
доцент, к. т. н. Борю С.Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ математичний
Кафедра _____ фундаментальної та прикладної математики
Рівень вищої освіти _____ магістр
Спеціальність _____ 113 прикладна математика
_____ (шифр і назва)
Освітня програма _____ прикладна математика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач _____ кафедри
фундаментальної _____ та
прикладної математики, д.т.н.,
доцент

Гребенюк С.М.

(підпис)

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Проценко Вікторії Олександрівні

(прізвище, ім'я та по-батькові)

1. Тема роботи (проєкту) _____ Дослідження та алгоритмізація процесу прийняття рішення

керівник роботи (проєкту) _____ Кондрат'єва Наталія Олександрівна, к.ф.-м.н., доцент

(прізвище, ім'я та по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ « 09 » _____ червня 2021 року № _____ 851-с
від _____

2. Строк подання студентом роботи _____ 02.12.2021

3. Вихідні дані до роботи _____ 1) Постановка задачі
_____ 2) Перелік літератури

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

_____ 1) Збір даних

_____ 2) Реалізація

_____ 3) Перевірка працездатності програмного продукту

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

Презентація _____

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

7. Дата видачі завдання 09.06.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|----|---|-------------------------------|----------|
| 1. | Розробка плану роботи. | 15.06.2021 | |
| 2. | Збір вихідних даних. | 25.06.2021 | |
| 3. | Обробка методичних та теоретичних джерел. | 03.09.2021 | |
| 4. | Розробка першого розділу. | 15.10.2021 | |
| 5. | Розробка другого розділу. | 24.10.2021 | |
| 6. | Розробка третього та четвертого розділу. | 10.11.2021 | |
| 7. | Оформлення та нормоконтроль кваліфікаційної роботи. | 20.11.2021 | |
| 8. | Захист кваліфікаційної роботи. | 16.12.2021 | |

Студент

(підпис)

В. О. Проценко

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Н. О. Кондрат'єва

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

В.В. Леонт'єва

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Дослідження та алгоритмізація процесу прийняття рішення»: 136 с., 13 рис., 36 джерел, 2 додатки.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ, ПРОЦЕС ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ, КРИТЕРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, АЛЬТЕРНАТИВИ, НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ.

Об'єкт дослідження – процес прийняття рішення.

Мета роботи – розробка алгоритму та клієнтського веб-додатку моделювання ситуації прийняття рішення, визначення й дослідження оптимальних рішень з множини альтернатив.

Метод дослідження – аналітичний.

Робота присвячена проведенню дослідження та моделювання ситуації прийняття рішення із визначенням алгоритму послідовних дій в прийнятті оптимальних рішень та розробкою реалізуючого клієнтського веб-додатку моделювання зазначеної ситуації.

Структурно робота складається з чотирьох розділів. В першій і другій частині роботи поданий аналітичний огляд сучасного стану проблеми; розглянуті основні поняття теорії прийняття рішень та системного аналізу; розкрито методи розв'язання задач прийняття рішень: методи прийняття рішення в умовах повної та часткової невизначеності, моделі голосування, експертні методи та інші. Третя частина присвячена алгоритмізації процесу прийняття рішень, визначені вхідні та вихідні дані системи, яку потрібно реалізувати. Кінцева частина включає програмну реалізацію алгоритму автоматизації процесу прийняття рішень; наведено приклади роботи веб-додатку при застосуванні різних методів, що були реалізовані.

Підсумковим результатом розробки є готова система для автоматизації прийняття рішення на основі розглянутих в основній частині методів.

SUMMARY

Master's Qualifying Thesis "Research and algorithmization of the decision-making process": 136 p., 13 figs., 36 sources, 2 applications.

SYSTEM ANALYSIS, DECISION-MAKING PROCESS, DECISION-MAKING CRITERIA, ALTERNATIVES, UNCERTAINTY.

The object of research is the decision-making process.

The purpose of the work is to develop an algorithm and a client web application for modeling the situation of decision-making, determining and researching optimal decisions from a variety of alternatives.

Research method – analytical.

The work is devoted to research and modeling of the decision-making situation with the definition of the algorithm of sequential actions in making optimal decisions and the development of an implementing client web application for modeling this situation.

Structurally, the work consists of four sections. In the first and second parts of the work an analytical review of the current state of the problem; the basic concepts of decision theory and systems analysis are considered; methods of solving decision-making tasks are revealed: methods of decision-making in conditions of complete and partial uncertainty, voting models, expert methods and others. The third part is devoted to the algorithmization of the decision-making process, defines the input and output data of the system to be implemented. The final part includes the software implementation of the algorithm for automating the decision-making process; examples of web application operation using various methods that have been implemented are given.

The final result of the development is a ready-made system for automating decision-making based on the methods discussed in the main part.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Завдання на кваліфікаційну роботу студентіві | 2 |
| Реферат | 4 |
| Summary | 5 |
| Перелік скорочень і термінів | 9 |
| Вступ | 10 |
| 1 Аналітичний огляд сучасного стану проблеми моделювання, алгоритмізації та автоматизації процесу прийняття рішень | 12 |
| 2 Аналіз об'єкта та предметної області дослідження як об'єкта алгоритмізації та її програмної реалізації | 17 |
| 2.1 Основні поняття, підходи та особливості моделювання процесу прийняття рішень. Принципи системного підходу. Системний аналіз задачі прийняття рішень | 17 |
| 2.2 Класифікація задач прийняття рішень | 24 |
| 2.3 Альтернативи та критерії. Ризики та невизначеності в задачах прийняття рішень | 25 |
| 2.4 Загальна характеристика методів прийняття рішень | 27 |
| 2.4.1 Прийняття рішення в умовах повної невизначеності | 31 |
| 2.4.1.1 Критерій Вальда | 34 |
| 2.4.1.2 Критерій максімаксу | 35 |
| 2.4.1.3 Критерій песимізму | 36 |
| 2.4.1.4 Критерій мінімаксу або критерій Севіджа | 38 |
| 2.4.1.5 Критерій песимізму - оптимізму Гурвіца | 40 |
| 2.4.2 Прийняття рішень в умовах часткової невизначеності | 42 |
| 2.4.2.1 Критерій Байєса | 43 |
| 2.4.2.2 Рівноймовірний критерій або критерій Бернуллі-Лапласа | 46 |
| 2.4.3 Експертні методи в задачах прийняття рішень | 50 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.4.3.1 | Метод парного порівняння | 52 |
| 2.4.3.2 | Метод безпосереднього ранжування | 53 |
| 2.4.3.3 | Метод аналізу ієрархій | 56 |
| 2.4.3.4 | Моделі голосування..... | 57 |
| 2.4.4 | Методи прийняття рішень при нечіткій початковій інформації | 60 |
| 2.4.4.1 | Задача прийняття рішення з одним експертом | 60 |
| 2.4.5 | Якісні методи прийняття рішення | 61 |
| 3 | Алгоритмізація процесу моделювання задач прийняття рішень | 63 |
| 3.1 | Вхідні та вихідні дані досліджуваної системи..... | 63 |
| 3.2 | Алгоритм визначення оптимальних розв'язків задач прийняття рішення | 64 |
| 4 | Програмна реалізація алгоритму автоматизації процесу прийняття рішення | 66 |
| 4.1 | Обґрунтування вибору мови та середовища програмування для проведення автоматизації процесу прийняття рішень | 66 |
| 4.2 | Особливості програмної реалізації алгоритмічного забезпечення моделювання задач прийняття рішень | 69 |
| 4.2.1 | Інструментарій розробки графічного інтерфейсу на мові розмітки HTML. Основні можливості та переваги бібліотеки Bootstrap 4 | 69 |
| 4.2.2 | Реалізація програмного продукту для кінцевого користувача | 70 |
| 4.2.3 | Структура розробленого програмного продукту | 72 |
| 4.2.4 | Інтерфейс програмного продукту та інструкція по використанню для користувача | 73 |
| 4.3 | Приклади роботи розробленого програмного продукту | 74 |
| 4.3.1 | Розв'язання задач прийняття рішень в умовах повної невизначеності | 74 |

| | |
|--|----|
| 4.3.2 Розв'язання задач прийняття рішень в умовах часткової невизначеності | 79 |
| Висновки | 81 |
| Перелік посилань | 82 |
| Додаток А. Блок-схема алгоритму визначення методу прийняття рішення в залежності від наданих умов | 85 |
| Додаток Б. Лістинг вихідного коду програмного продукту для розв'язання задач прийняття рішення в умовах повної та часткової невизначеності | 86 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

СКОРОЧЕННЯ

| | |
|------|-------------------------------------|
| БД | База даних |
| ІС | Інформаційні системи |
| МАІ | Метод аналізу ієрархій |
| ОПР | Особа, що приймає рішення |
| ПК | Персональний комп'ютер |
| ПР | Прийняття рішення |
| СППР | Система підтримки прийняття рішення |
| CSS | Cascading Style Sheets |
| DSS | Системи підтримки прийняття рішення |
| HTML | Hypertext Markup Language |
| MIS | Управлінські інформаційні системи |

ТЕРМІНИ

| | |
|-----------|--|
| Хостинг | Послуга надавання дискового простору, підключення до мережі та інших ресурсів для розміщення фізичної інформації на сервері, що постійно перебуває в мережі |
| Bootstrap | Безкоштовний набір інструментів з відкритим кодом, призначений для створення веб-сайтів та веб-додатків, який містить шаблони CSS та HTML для типографії, форм, кнопок, навігації та ін. |
| PHP | Скриптова мова програмування, яка використовується для обчислення та генерації HTML-сторінок на стороні веб-сервера. |

ВСТУП

Під час всього часу функціонування суспільства, починаючи від первісних людей і до сьогодення, людство стикалося з проблемою прийняття рішення, причому діапазон цих рішень змінюється від найпростіших та особистих до глобальних та тих, що мають вплив не на одну особу. Саме тому з початком технічного процесу та створення перших ЕОМ почалося активне дослідження можливостей спростити та оптимізувати процес прийняття оптимальних рішень. Одна із проблем, що ускладнює ПР, є велика кількість факторів, що впливають на результат та найчастіше не взаємодіють між собою. Також не завжди в особи, що приймає рішення є остаточна картина результату, що вона отримає. Саме тому були розроблені різні інформаційні системи прийняття рішення. Хоча вони й відрізняються один від одного функціоналом, та ціль і мета у них однакові. Дослідження в цій галузі не можна назвати закінченими, вони продовжуються і залишаються актуальними й на сьогодні.

Робота присвячена проведенню дослідження та моделювання ситуації прийняття рішення із визначенням алгоритму послідовних дій в прийнятті оптимальних рішень та розробкою клієнтського веб-додатку моделювання зазначеної ситуації.

Завданнями кваліфікаційної роботи є аналіз предметної області, що охоплює сучасний стан питання та постановку проблеми; дослідження методів розв'язання задач прийняття рішення; практична реалізація розв'язання ЗПР.

Об'єктом дослідження є процес прийняття рішення, а предметом дослідження є автоматизація та спрощення цього процесу.

В роботі використовувалися теоретичні методи дослідження, такі як аналіз, синтез та порівняння. Спостереження, вимірювання та експеримент

використовувалися для опису та детального вивчення процесів роботи. Всі ці методи склали методологічну базу дослідження.

В результаті виконання роботи був створений веб-додаток для спрощення розв'язання задач прийняття рішень, що допомагає автоматизувати деякі етапи розв'язання задач виділеного класу.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ, АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Терміни «теорія систем, системний аналіз і системний підхід до задач прийняття рішень» попри період понад 50 років їх активного використання все ще не знайшли загальноприйняте стандартне визначення. Основною причиною цього є принципіальна можливість використання системного підходу, практично, до будь-якої задачі, що потребує розв'язку.

Системний аналіз – це методологія розв'язку масштабних проблем, що оснований на концепції систем [1]. Вибір однієї альтернативи, що потребує реалізації в результаті операції кількісного порівняння всіх альтернатив становить центр методології системного аналізу. Отримані під час аналізу оцінки повинні показувати суттєві властивості альтернатив. Суттєвими властивостями будемо вважати вихідний результат, ефективність, ціна та інше. Все це потрібно для порівняння альтернатив. Необхідним є правильні відповідні оцінки альтернатив, що буде результатом врахування всіх альтернатив та їх взаємозв'язків.

Момент зародження теорії систем і системного аналізу відносять до середини минулого століття. З розвитком кібернетики відповідна частина прикладних знань сформувалась в окремий і самостійний розділ. Розгалуження теорії систем і системного аналізу, ТПР знаходяться в багатьох сферах: біологічній, медичній, технічній, економічній.

Методологія системного аналізу є універсальним засобом дослідження і проектування складних систем різної природи. З цієї причини виникає проблема в систематизації всіх задач і методів, які вона використовує. Теорія систем і системний аналіз використовує досягнення багатьох галузях і цей список постійно поповнюється. Особливим методом на якому базується системний аналіз і ТПР – системний підхід до аналізу відповідних проблем і

задач. Всі елементи системи, що потребує аналізу, та всі операції в ній розглядаються як єдине ціле в сукупності та з усіма взаємозв'язками. При цьому повинні дотримуватися певних положень та принципів [2]:

- систему не можна розглядати як просте об'єднання елементів: система – це єдине ціле з відповідними цілями та властивостями;

- властивості системи визначаються не просто перерахунком властивостей її елементів. Є можливість, що система містить особливі властивості, які можуть не бути в окремих її елементів;

- приймається принцип максимізації ефективності системи;

- не можна розглядати систему окремо від навколишнього середовища.

Необхідно обов'язково враховувати зовнішні зв'язки та розглядати систему як підсистему деякої більш загальної системи;

- після врахування зовнішнього середовища й прийняття системи як частини чогось більшого необхідно прийняти декомпозицію даної системи на частини або підсистеми.

В деяких випадках можливі ситуації, для яких не потрібно враховувати стан природи. В таких випадках говорять про прийняття рішення в умовах визначеності. В задачах системного аналізу зазвичай необхідно враховувати стани природи та зовнішні впливи. При аналізі моделей систем, в яких необхідно враховувати різні, випадкові фактори, говорять, що приходить приймати рішення в умовах невизначеності [3-5], якщо ймовірності станів природи невідомі, або в умовах ризику [6], якщо відповідні ймовірності розподілу відомі.

Методи теорії прийняття рішення в умовах невизначеності дозволяють знаходити найкращі ефективні рішення. Для цього в теорії прийняття рішень розроблені класи критеріїв оптимізації в умовах невизначеності [1].

Для розв'язання задач колективного вибору застосовують методи голосування [7], які допомагають в ситуаціях, коли декілька осіб повинні обрати найкращий варіант серед усіх представлених. Дослідження в цій

області проводили Жан-Шарлем Борд [7] в 1770 році та Ніколя де Кондорсе [7] в 1785 році. Методи розроблені ними застосовують і в сьогоденні.

Крім того, задачі прийняття рішення розв'язуються і при нечіткій початковій інформації [8-9]. Цю тему досліджував С. А. Орловський у своїх працях, в яких розглянуті методи прийняття рішення, що основані на парних порівняннях.

При прийнятті управлінських рішень та прогнозуванні можливих результатів найчастіше використовується метод аналізу ієрархій (МАІ) [10-11]. В процесі прийняття рішення група експертів розбиває проблему на окремі компоненти та відношення між ними. В результаті отримуємо реальну модель дійсності зображену у вигляді ієрархії.

В моделях лінійного впорядкування об'єктів на основі векторних переваг використовують якісні методи прийняття рішень. Методи були розроблені О. І. Ларичевим та детально описані в його роботі [12-14].

Для порівняння результатів різних методів прийняття рішень з метою перевірки їх правдивості та об'єктивності необхідно використовувати кожен з них при аналізі однієї та тієї ж проблемної ситуації [10].

Чим більш складне рішення, тим більше факторів потрібно врахувати при прийнятті рішення. Водночас вони рідко взаємодіють між собою. Для подолання цієї проблеми існують спеціальні інформаційні системи (ІС) [15].

Найчастіше у процесі прийнятті рішення розрізняють дві основних інформаційних систем: управлінські ІС та системи підтримки прийняття рішення. Їхні міжнародні скорочення: MIS та DSS відповідно.

Базою для прийняття рішення та формування моделі ПР є база даних, комп'ютерна система та форма розподілу даних в MIS.

В інформаційних системах одним із компонентом є менеджер. В управлінських ІС він є зовнішнім компонентом, а от у СППР, навпаки, - внутрішнім. Тобто ОПР взаємодіє з ІС та одержує рішення в ітеративному процесі.

Увага зосереджується на структуруванні задач при попередньо визначених стандартних процедурах, методах розв'язання та інформаційних потоках. Увага приділяється саме рішенню. Суттєвим засобом для прийняття рішення є оцінки експертів, до допоміжних засобів віднесемо структуру ІС та аналітичну допомогу. Основною позитивною перевагою, яка досягається є збільшення можливостей комп'ютеризації процесу прийняття рішень з метою підвищення ефективності діяльності ОПР. Додаткові переваги полягають у зниженні витрат, необхідного часу чи кількості персоналу, що обслуговує тощо.

Виділяють три типи СППР [12], що відрізняються за функціональними можливостями та галузями використання.

При індивідуальному використанні користувачем системи для ПР виникає СППР першого типу. В її основу покладене багатокритеріальне оцінювання альтернатив та особиста, індивідуальна база знань.

Якщо ситуація прийняття рішення є часто повторюваною, то база знань не є стійкою, а адаптуючою до досвіду ОПР. В цьому випадку доцільно казати про СППР другого типу. Тоді, ситуація прийняття рішення моделюється на основі практичних ресурсів, що вже були в минулому та також використовує багатокритеріальне оцінювання.

Якщо виникає ситуація, коли для кожної альтернативи немає єдиних критеріїв оцінювання, розглянуті СППР не можуть бути застосовувані. Використовують СППР третього типу. Зона їх використання розтягається від органів управління найвищого рівня до великих бізнес структур, адже функціональні можливості їх є найбільшими.

В роботі створена система підтримки прийняття рішень першого типу, яка орієнтована на індивідуальне користування та підтримує прийняття рішення в умовах повної та часткової невизначеності.

Розроблення системи прийняття рішень було висвітлено у праці «Розроблення прецедентної системи підтримки прийняття рішень для діагностики мостових кранів» Климчук С. О. [16]. В результаті дослідження

вдалося спростити отримання знань від експертів, скоротити час пошуку рішення і реалізувати самонавчання.

Також особлива увага приділяється покращенню підходу до підготовки прийняття рішень. Для отримання початкової, повної та об'єктивної інформації покращуються системи моніторингу та збору даних [17].

Хоча теорія прийняття рішення пов'язана і з іншими науковими напрямками, але слідує своїм шляхом розвитку і має власний клас задач.

Процеси прийняття рішення багато науковців, як зарубіжних так і вітчизняних. До них належать Дж. Неш, Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн, Э. Мулен, В. А. Гурвіч, В. Ф. Ситник, Г. Саймон, Ю. В. Єршов, Є. І. Левіна. Також, паралельно розроблювалися математичні моделі інструментальні засоби розв'язання ЗПР. Тому варто згадати таких вчених як Фішберн П., Кіні Р. Л., Райф Р., Сааті Т., Руа Б., Заде Л., Орловський С. А., Ларічев О. І., Салуквадзе М. Є., Подіновський В. В., Волошин О. Ф., Наконечний О. Г., Зайченко Ю. П., Панкратова Н. Д. та багато інших. І, не зважаючи на всі наявні праці, остаточно проблема розв'язання ЗПР не є вирішеною. Особлива важкість виникає в ситуації врахування багатокритеріальності та невизначеності моделей вибору [18].

Так, упродовж 1950-1953 років Джон Неш опублікував чотири революційні роботи, в яких представив глибокий аналіз ігор з ненульовою сумою, — особливого класу ігор, в яких всі учасники або виграють, або зазнають поразки. Джон Неш взяв до уваги, що в реальному житті ситуації непримиренного антагонізму трапляються рідко, і частіше доводиться приймати рішення в умовах, коли учасники конфлікту зацікавлені у компромісі [19].

2 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ТА ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК ОБ'ЄКТА АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ТА ЇЇ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

2.1 Основні поняття, підходи та особливості моделювання процесу прийняття рішень. Принципи системного підходу. Системний аналіз задачі прийняття рішень

Однією з найефективніших методологій розв'язку прикладних задач виступає системний аналіз, що ґрунтується на послідовності дій з установленням структурних зв'язків між змінними або елементами системи, що досліджується. На основі узагальнення різних точок зору дається визначення системного аналізу, як прикладного напрямку, який: допомагає організувати процес прийняття рішення, в тому числі і колективного, об'єднуючи фахівців різних областей знань. В основі системного аналізу лежать загальнонаукові, експериментальні, природничі, статистичні та математичні методи [20].

Об'єктом системного аналізу виступають системи, практичні проблеми, що виникають в процесі створення нових систем та вдосконалення вже існуючих систем. До таких систем можна віднести системи різної фізичної природи, серед яких організаційні, економічні, інформаційні, технічні та інші системи.

Основними цілями системного аналізу є виділення існуючих проблем, постановка цілей дослідження, розробка та удосконалення методів розв'язку задач виділеної категорії. І оскільки системний аналіз опирається на міждисциплінарний підхід, це допомагає розв'язувати ті проблеми, які не можуть бути розв'язані в межах окремих дисциплін [21].

Під цілями системного аналізу розуміють вивчення загальних закономірностей складних систем, що мають різну природу й характер.

Основою прийняття рішення, у випадках, коли ефективність розв'язку не можливо точно оцінити та вона є неоднозначною, є системний аналіз. Адже він досліджує складні проблеми, що виникають у системах навколишнього світу та відповідні наукові методи. Результатом є об'єднання методів та знань для розв'язання проблем. До методів системного аналізу відносять побудову моделей систем, які можуть мати різні рівні і різню складності, та аналіз систем за допомогою вже раніше побудованих моделей [12, 20].

Класифікують проблеми системного аналізу на глобальні й універсальні. Проблеми, що є загальновідомі та мають загальнолюдський характер відносять до глобальних проблем. До універсальних проблем відносять проблеми, що виникають в певній локальній системі. Прикладом таких проблем можуть бути проблеми міст, підприємств чи навіть проблеми окремих галузей промисловості.

Основою системного аналізу виступає системний підхід, а підтримують його різні математичні дисципліни і методи керування, які використовуються в наш час.

Напрямок дослідження, що базується на концепції об'єкт – це система та робить курс на розкриття цілісності об'єкта називається системний підхід. Також він знаходить зв'язки у об'єкта та групує все до єдиної картини.

Розглянемо основні принципи на яких базується системний підхід.

Принцип взаємозв'язку. Система розглядається як частина певної макросистеми, де вона взаємодіє з іншими системами залишаючись в єдності з ними.

Принцип багатоплановості. Система вивчається з різних боків представляючи із себе деяку самостійну одиницю.

Принцип багатомірності. Вивчаються різні характеристики систем, що об'єднують в групи. В цьому випадку об'єкт зображається як сукупність характеристик та взаємозв'язків між ними.

Принцип ієрархічності. Система досліджується як складна структура, що має різні рівні, між якими виникають певні зв'язки.

Принцип різнопорядковості. Основою цього принципу є різні ієрархічні рівні системи, що створюють закономірності різного порядку. Деякі закономірності можна використовувати лише до окремих елементів, а інші властиві всій групі.

Методи системного аналізу для розв'язання складних комплексних проблем застосовується з урахуванням того, що в процесі прийняття рішень вибір необхідно робити в умовах невизначеності. Процес системного аналізу з кожної проблеми можна розділити на чотири стадії:

1 стадія – постановка проблеми, визначення мети та критеріїв оцінки;

2 стадія – структурний аналіз досліджуваної системи;

3 стадія – розробка концепції розвитку системи та підготовка можливих варіантів;

4 стадія – безпосередній аналіз відібраних варіантів рішень та їх наслідків;

Головна мета системного аналізу – ліквідація проблеми або, як мінімум, виявлення її причини. Тому використовується широкий спектр засобів, можливості різних наук – математики, обчислювальної техніки, моделювання, експериментальних досліджень та інші [22].

Розрізняють два підходи до системного аналізу як методу прийняття рішень.

Перший підхід передбачає опис використання формальних засобів, для опису системи, тобто використання різноманітних математичних засобів і методів. На основі цього методу можна визначити оптимальне рішення.

Другий метод полягає в розгляді логіки системного аналізу, тобто системний аналіз розглядається як метод уточнення й упорядкування задач,

який слід вирішувати незалежно від того, чи здійснюється процес за допомогою математики та ПК.

Отже, найважливіші принципи системного аналізу полягають в наступному:

- процес прийняття рішення повинен починатися з визначення та чіткого формування кінцевої мети; необхідно розглядати всю проблему як єдину систему, і визначати всі наслідки і взаємозв'язки кожного приватного рішення; необхідно визначити та проаналізувати можливі альтернативні методи досягнення мети;

- вказувати призначення кожної частини.

Основною процедурою системного аналізу є побудова узагальненої моделі, яка може відображати всі фактори і взаємозв'язки реальної ситуації, які можуть виникнути в процесі прийняття рішень. Досліджується отримана модель, щоб визначити наскільки результати використання тієї чи іншої альтернативи близькі до вартості кожного варіанту та наскільки модель чутлива до різних зовнішніх впливів.

Задачею прийняття рішень називають задачу, яка включає все множини можливих варіантів, що забезпечують розв'язок проблемної ситуації при суттєвих обмеженнях, і визначення найкращого результату, що задовольняє вказані вимоги. Задача направлена на визначення найкращого способу для досягнення поставлених цілей. Під ціллю розуміють ідеальне представлення бажаного результату.

В загальному вигляді задачу прийняття рішення D записують так [12]:

$$D = \langle F, A, X, G, P \rangle$$

Розглянемо детальніше дану формулу.

F – формулювання задачі прийняття рішення, що включає в себе опис розглянутої проблеми, за можливістю її модельного представлення,

визначення кінцевої цілі, яку треба досягнути, а також вимог до кінцевого результату.

A – сукупність всіх альтернатив за якими проводиться вибір оптимальної альтернативи. Дана множина може містити як реальні варіанти, так і теоретично можливі варіанти, яких може бути нескінченна кількість. До цього варто зазначити, що вибір виникає лише в тому випадку, коли є хоча б два варіанти розв'язку задачі.

X – сукупність параметрів, що описують варіанти і їх відмінні особливості. В якості даних параметрів виступають об'єктивні показники, які характеризують ті або інші властивості, які властиві варіантам, і які, зазвичай, можна виміряти. Крім об'єктивних показників параметрами можуть бути також і суб'єктивні оцінки, які відображають для учасників якісь важливі риси варіантів, і подаються по спеціально відібраними критеріями.

G – множина умов, що обмежує область допустимих варіантів розв'язку задачі. Ці обмеження можна описати та встановити у вигляді деяких формальних вимог до опцій та їх функцій. Прикладом таких обмежень може бути обмеження на значення якої-небудь ознаки, або неможливість одночасного поєднання значень ознак для реально існуючих варіантів.

P – вподобання однієї або декількох осіб, що приймають рішення, які є основою для оцінки і порівняння можливих варіантів розв'язку проблеми, відбору варіантів, що задовольняють умови та пошуку найкращого варіанту. В деяких випадках для спрощення постановки задачі прийняття рішень вподобання особи перетворюють в обмеження.

Під поняттям прийняття рішень розуміють процес, який характеризується вибором найкращого варіанту серед усіх можливих для досягнення необхідного результату. Прийняття рішення проходить в часі, тому вводиться поняття процесу прийняття рішення. Цей процес складається із послідовних етапів і процедур направлених на вирішення проблемної ситуації.

В процесі прийняття рішення формуються альтернативні варіанти рішення і оцінюється їх переваги. Під перевагами тут розуміють інтегральну оцінку якості рішення, що ґрунтується на об'єктивному аналізі і суб'єктивному розумінні цінності та ефективності рішення.

До проблем, які виникають в результаті прийняття рішень відносять пошук інформації, невизначеність, невпевненість.

Якщо фактичний стан не відповідає ідеальному, то має місце проблема.

Проблеми можуть виникнути в таких ситуаціях:

- поточна робота системи не дає досягнень визначених цілей;
- подальша робота системи не дасть досягнень визначених цілей;
- необхідно зміна цілей.

Проблема завжди пов'язана з визначеними умовами, які загально називаються ситуацією.

Сукупність проблем і ситуацій утворює проблемну ситуацію. Виявлення і опис проблемної ситуації дає початкову інформацію для постановки задачі прийняття рішення.

В незалежності від конкретних областей проблема прийняття рішення ставиться з єдиної позиції. Це пояснюється тим, що вже існує багато доказів про спільні ознаки та характеристики особи, що приймає рішення незалежно від того чи це технічні, економічні чи навіть особисті рішення. На основі загальної поведінки та загальних вимог до поведінки людей виникли єдині методологічні задачі прийняття рішень.

Проблемою при прийнятті рішень виступає неможливість точно спрогнозувати результат рішення і через це обрати найкращий варіант. Це пояснюється тим, що критерії вибору різнопланові і вибір критерію визначається сукупністю факторів. Одні варіанти вибору є кращими за одним критерієм, а інші – за іншими [12].

Суб'єктом будь-якого рішення є особа, яка приймає рішення (ОПР). Під особою, що приймає рішення розуміють не тільки індивідуальну особу, а й групу осіб, які приймають колективне рішення. Для допомоги ОПР в зборі

й аналізі інформації і формуванню рішення залучають експертів. В даній ситуації експертами виступають спеціалісти по проблемі, що потребує розв'язку.

Таким чином, всякий процес прийняття рішень можна охарактеризувати такими елементами [23]:

- особа, що приймає рішення;
- множина змінних, важливість яких вибирає ОПР, до них віднесемо: варіанти, стратегії, плани, керівні дії;
- множина змінних, значення яких залежать від прийнятого рішення, до них віднесемо: результати, вихідні змінні ситуації прийняття рішень;
- множина змінних, значення яких ОПР не регулює (параметри й зовнішнє середовище);
- проміжок часу, протягом якого приймаються рішення;
- математична модель задачі прийняття рішення, що являє собою множину співвідношень між параметрами, керівними діями й вихідними змінними;
- обмеження, що описують вимоги, викликані ситуацією прийняття ПР по відношенню до вихідних змінних задачі та керівних дій;
- цільова функція або критерій оптимальності, за допомогою якого оцінюють рівень вибраного рішення.

Теорія прийняття рішень в останній час набуває все більшого значення в різних областях, таких як техніка, економіка, медицина, керування, дослідження операцій, радіолокація і таке інше. Суттєво розширився спектр застосування систем підтримки прийняття рішень, які в свою чергу модернізуються і розширюються залежно від вимог сучасного стану виробництва, навчання і таке іншого. Число публікацій, які присвячені зазначеним питанням зростає з кожним роком [16, 24].

2.2 Класифікація задач прийняття рішень

В основу класифікації задач прийняття рішень покладені різні системи ознак. Розглянемо основні типи задач прийняття рішень, які розрізняються за цими ознаками.

За ступенем інформованості:

- задачі з повною визначеністю;
- задачі в умовах ризику;
- задачі, які вирішуються в умовах невизначеності;
- задачі, які вирішуються в умовах стратегічної невизначеності.

За виглядом показника ефективності:

- за скалярним показником або однокритеріальні задачі;
- за векторним показником або багатокритеріальні задачі.

Отже, згідно визначеної класифікації задач прийняття рішень, класифікується і відповідний математичний апарат, що застосовується для їх розв'язання.

Якщо задача прийняття рішень повинна враховувати декілька критеріїв, то її називають багатокритерійною, а в протилежному випадку однокритерійною. В задачах багатокритеріального вибору на відмінно від задач дослідження операції головною проблемою є невизначеність, яка є принципіальною і не може бути виключена шляхом математичних розрахунків чи вибору вірної моделі [12].

Показник ефективності показує ступінь досягнення поставленої мети. В однокритеріальних задачах результат вибору описується єдиним показником. Якщо такий показник визначений, то процес прийняття рішення зводиться до вибору альтернативи, що задовольняє встановленими особою прийняття рішень критеріям ефективності і заданим обмеженням [25].

За ступенем впливу фактору часу на вирішення задач виділяють статичні задачі та динамічні.

За ступенем структуризації елементів є структуровані, неструктуровані та мішані задачі [26].

За кількістю осіб, які приймають рішення виділяють задачі прийняття індивідуальних рішень і задачі прийняття колективних рішень.

Задачі, що стосуються прийняття індивідуальних рішень дуже поширені на практиці і саме тому вже доволі добре вивчені та мають множину методів їх вирішення. В даних задачах вибір здійснює одна людина і повністю бере відповідальність за свій вибір.

На відміну від індивідуальних рішень, група задач прийняття колективних рішень, не так сильно вивчена і ще не містить суттєвої бази загальноприйнятих ефективних методів для їх розв'язку. Все це пояснюється проблематикою індивідуальних переваг всіх членів групи і об'єднання їх в єдину думку при ухваленні рішення [25].

2.3 Альтернативи та критерії. Ризики та невизначеності в задачах прийняття рішень

Альтернативи [14] – це варіанти можливих дій, з яких обирається оптимальне рішення. Для існування самої задачі прийняття рішень необхідно мати хоча б дві альтернативи. Адже під проблемною ситуацією розуміють ситуацію, яка має не менше двох альтернатив. Незалежними альтернативами будемо вважати ті, які не впливають на якість інших альтернатив. При видаленні їх зі списку розглянутих варіантів рішення нічого не зміниться. При залежних ах розв'язку одна впливає на якість інших. Образ ідеальної альтернативи, що створюється ОПР, може впливати на реальні альтернативи, якщо є ймовірність реалізації реальної альтернативи. В цьому випадку ідеальна альтернатива є неіснуючою.

Число альтернатив і їх існування на момент прийняття рішення відрізняє ЗПР. Розглядають задачі, в яких всі альтернативи є вже відомими і вибір проводиться серед них. До цих задач можемо віднести, наприклад, вибір найкращого продукту серед усіх заданих. Тому множина альтернатив є замкнутою і не змінною. В іншому типі задач множина альтернатив або не сформульована, або не повністю відома на момент прийняття рішення. Цей клас задач називається задачами з конструйованими альтернативами. На основі відомих альтернатив виникають інші варіанти, або вимоги до тих альтернатив, яких ще не вистачає.

Критерії [10] – це спосіб опису альтернативних варіантів рішення, спосіб вираження відмінностей між ними з точки зору вподобань ОПР. В різних методах прийняття рішень кількість критеріїв перевищує одиницю. Все більш прийнятним вважається багатокритеріальний опис альтернатив. Критерії оцінки повинні бути знайдені в діалозі ОПР та експертів, зазвичай, не відомі на початковому етапі.

Розрізняють залежні та незалежні критерії. Критерій буде вважатися залежним, коли характеристика альтернатив за одним із них визначає оцінку за іншим критерієм. Задачі прийняття рішень та методи їх розв'язку відрізняються за кількістю критеріїв. Задача є доволі простою та зрозумілою при наявності невеликої кількості критеріїв, в іншому випадку – задача стає складнішою. Тоді необхідно об'єднувати критерії у групи, які будуть незалежними: виникає ієрархія критеріїв.

Отже, виявлення альтернатив та побудова структури критеріїв є першим етапом задачі прийняття рішень.

У зв'язку з великою кількістю невизначеностей, що виникають, рішення приймаються в умовах ризику, тобто при можливості втрат [27]. Під невизначеністю в [28] розуміють стан, що не піддається аналізу і вимірюванню з будь-якою точністю.

В [27] приводиться класифікація різних видів невизначеностей, в залежності від інформації про стан природи:

- невизначеності, пов'язані з недостатньою інформацією про стан природи;
- невизначеності стану природи;
- невизначеності пов'язані із здійсненням дійсних чи проектуємих технічних процесів.

Крім цього розрізняють невизначеності зв'язані з ОПР та його оточенням, ті що відрізняються на рівні країни та інші. Кожна із перерахованих видів невизначеностей може бути структурована далі.

Врахування ризиків і невизначеностей в процесі прийняття рішень визначає вибір математичних методів, що дозволяють враховувати дані фактори.

2.4 Загальна характеристика методів прийняття рішень

Методи системного аналізу та прийняття рішень базуються на комплексі математичних методів, які використовуються в умовах повної або неповної визначеності про об'єкт дослідження. В умовах повної визначеності про структуру й параметри математичної моделі використовують методи математичного програмування.

При відсутності повної інформації використовують методи теорії прийняття рішення.

Основними категоріальними ознаками [29] теорії прийняття рішення, в просторі яких повинні будуватися оцінки, є варіанти рішень та умови прийняття рішень.

В [30] наведено класифікацію науково-практичних методів ПР на групи і склад цих груп.

Перший клас представляють загальнонаукові методи, включаючи:

- а) системний аналіз;

- б) комплексний аналіз;
- в) диференціацію та інтеграцію;
- г) програмно-цільове планування.

Другий клас представлений традиційними способами обробки інформації та прийняття рішень, в які входять:

- а) метод порівняння;
- б) метод відносних і середніх величин;
- в) графічний метод;
- г) метод угруповання;
- д) балансовий метод.

Третій клас складають способи прийняття рішень на основі детермінованого факторного аналізу, включаючи:

- а) метод ланцюгових підстановок;
- б) індексний метод;
- в) метод абсолютних різниць;
- г) метод відносних різниць;
- д) інтегральний метод;
- е) метод пропорційного розподілу (пайової участі);
- ж) метод диференціального числення;
- з) метод зважених кінцевих різниць;
- і) метод простого додавання нерозкладного залишку;
- к) логарифмічний метод;
- л) метод коефіцієнтів;
- м) метод дроблення прирощення факторів.

Четвертий клас складають способи прийняття рішень на основі стохастичного факторного аналізу. До них відносяться прийняття рішень, засновані на методах:

- а) кореляційного аналізу;
- б) дисперсійного аналізу;
- в) компонентного аналізу;

г) сучасного багатовимірного факторного регресійного аналізу.

П'ятий клас складають способи прийняття рішень на основі оптимізації показників ефективності. До них відносяться:

- а) методи лінійного програмування;
- б) методи динамічного програмування;
- в) методи теорії масового обслуговування;
- г) методи теорії ігор;
- д) методи теорії дослідження операцій;
- е) методи управління запасами ресурсів;
- ж) методи розпізнавання образів.

Отже, прийняття рішень здійснюють на основі моделювання станів системи і її рухів на базі отриманої інформації, її перевірки і оцінки.

Оптимальний чи раціональний варіант дій можна вибрати такими способами: за аналогією, ранжируванням вимог до рішення, побудовою математичної моделі дій і використанням різних критеріїв, інтуїтивно на основі евристичного алгоритму.

В обґрунтуванні рішення доводиться враховувати не один, а кілька критеріїв. Багатокритеріальні задачі можна об'єднати в такі умовні групи:

- зведення множини критеріїв до одного шляхом введення вагових коефіцієнтів для кожного критерію (більш важливий одержує більшу вагу);
- мінімізація максимальних відхилень від найкращих значень серед усіх критеріїв;
- оптимізація одного критерію (з якоїсь причини визнаного найбільш важливим), а решта критеріїв виступають в ролі додаткових обмежень;
- упорядкування (ранжирування) множини критеріїв і послідовна оптимізація за ними.

Для вибору альтернативної стратегії (рішення) використовують різні правила і критерії. Розглянемо деякі з них.

Прийняття рішення за детермінованих умов – оптимальність не потребує виділення однієї найкращої альтернативи (тобто кращої за всіма критеріями).

Прийняття рішень за умов ризику – найчастіше використовують методи зведення стохастичних задач прийняття рішень до детермінованих, наприклад, метод штучного зведення до детермінованої схеми і метод оптимізації в середньому. Сутність методу штучного зведення до детермінованої схеми полягає в тому, що всі випадкові фактори наближено замінюють деякими не випадковими характеристиками, як правило, їх математичними сподіваннями. У результаті стохастична задача прийняття рішень замінюється детермінованою. Сутність методу оптимізації в середньому полягає в переході від випадкового показника ефективності до деякої статистичної характеристики.

Прийняття рішень за умов невизначеності – полягає у виборі оптимальної стратегії, успіх реалізації якої залежить також від деяких невизначених факторів. Розрізняють невизначеності не стохастичної і стохастичної природи. Так, невизначеності не стохастичної природи можуть спричинятися дією таких факторів:

- стратегічні невизначеності – зумовлені протидією кількох активних учасників, які мають різні цілі;
- концептуальні невизначеності – не визначені фактори, зумовлені прийняттям особливо складних рішень, рішень, що мають довгострокові наслідки.

Невизначеності стохастичного типу зумовлені об'єктивною дійсністю, яку називають природою. Тут природа розглядається як незацікавлена сторона, стан природи – ситуація, на яку ОПР не може вплинути або має дуже малий вплив, а альтернатива – напрямок дій або стратегія, яка може бути обрана ОПР.

Критерій Вальда – мінімально готовий до ризику, припускаючи максимум негативного розвитку стану зовнішнього середовища і з огляду на найменш сприятливий розвиток для кожної альтернативи.

Правило мінімаксу (критерій Севіджа) – допускає розумний ризик задля одержання додаткового прибутку. У ситуації невизначеності цим критерієм можна користуватися при впевненості, що випадковий збиток не приведе фірму до повного краху.

Правило Гурвиця – правила максімаксу і максіміну сполучаються зв'язуванням максимуму мінімальних значень альтернатив. Це правило ще називають правилом оптимізму – песимізму.

Якщо маємо повну невизначеність того, який стан природи в множині всіх розв'язків, може з'явитися, звертаються до наступних критеріях для прийняття рішення в умовах невизначеності: критерій максімаксу, критерій максіміну та критерій мінімаксу та ін.

2.4.1 Прийняття рішення в умовах повної невизначеності

Задача прийняття рішення в умовах повної невизначеності заключається у виборі оптимальної стратегії, вибір якої залежить від невизначених фактів, які не може контролювати ОПР.

Розрізнять два види невизначеності: стохастичної та не стохастичної природи [31]. Розглянемо їх детальніше.

Невизначеність не стохастичного типу обумовлена дією кількох учасників, або конкурентів, що мають різні цілі. Тоді ОПР приймає рішення за умов коли стратегії та подальші дії учасників є невідомими.

В свою чергу невизначеності стохастичного типу зумовлені природою. Природа розглядається, як незацікавлена особа. Задачі такого типу розв'язуються за допомогою теорії статистичних рішень.

Перший гравець A має m можливих стратегій A_1, A_2, \dots, A_m . Під стратегією гравця розуміють його можливі дії в залежності від кожної можливої ситуації та при будь-якій наданій інформації. В якості можливих ситуацій можуть бути різні варіанти розв'язку поставлених задач, будь-які економічні показники стану підприємства, надійності об'єктів та інше.

Другий гравець – природа, яка виступає опонентом, теж має n можливих стратегій, які позначимо у вигляді $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$. Під стратегією природи розуміється певна сукупність зовнішніх факторів, такі як рівень попиту, ціни, дії конкурента тощо. Дані фактори впливають на вибір стратегії гравця A , але не можуть бути ним контрольовані.

Гравець A може обирати стратегії A_i ($i = \overline{1, m}$). Якщо гравець має можливість зробити оцінку наслідкам застосування кожної зі своєї стратегії в залежності від кожного стану природи Π_j , тобто йому відомо чисельний результат гри – дохід a_{ij} для кожної допустимої комбінації (A_i, Π_j) , то гру можна задати платіжною матрицею, яка містить виграші гравця A , у вигляді таблиці 2.1 [32].

Таблиця 2.1 – Платіжна матриця гри

| | | | | |
|---------|----------|----------|---------|----------|
| | Π_1 | Π_2 | \dots | Π_n |
| A_1 | a_{11} | a_{12} | \dots | a_{1n} |
| A_2 | a_{21} | a_{22} | \dots | a_{2n} |
| \dots | \dots | \dots | \dots | \dots |
| A_m | a_{m1} | a_{m2} | \dots | a_{mn} |

або у вигляді матриці (2.1)

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \quad (2.1)$$

Матриця, задана формулою (2.1), називається матрицею вигравів.

На рівні з матрицею вигравів застосовується поняття матриці програвів. Матриця програшу – це платіжна матриця, елементами якої є величини програвів гравця A .

З метою виявлення переваги однієї стратегії у порівнянні з іншою при певному стані природи від платіжної матриці слід перейти до матриці ризиків.

Матрицею ризиків є матриця вигляду [32]:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}, \quad (2.2)$$

де $r_{ij} = \beta_j - a_{ij}$, різниця між максимальним вигравом $\beta_j = \max_i a_{ij}$, який би він мав можливість отримати достовірно знаючи, що природою буде реалізований стан Π_j , і тим вигравом a_{ij} , який він отримає, використовуючи стратегію A_i , не знаючи про той стан, що буде реалізований природою.

Матриця ризиків повинна задовольняти дві основні властивості.

Всі елементи матриці ризиків (2.2) є невід'ємними числами, тобто $r_{ij} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$.

У кожному стовпчику матриці ризиків (2.2) є як мінімум один нульовий елемент.

Для розв'язку задач, що розглядаються в умовах повної невизначеності використовуються методи теорії ігор та теорії мінімаксу. Нижче розглянемо деякі із цих критеріїв.

2.4.1.1 Критерій Вальда

У випадку, коли той, хто приймає рішення, мінімально готовий до ризику, припускаючи максимум негативного розвитку стану зовнішнього середовища і з огляду на найменш сприятливий розвиток для кожної альтернативи застосовує критерій Вальда. За допомогою цього критерію знаходять альтернативу, яка максимізує мінімальний вихід або слідство для кожної альтернативи, тобто спочатку знаходиться мінімальний вихід в середині кожної альтернативи і потім обирають альтернативу з максимальним значенням.

Зовнішнє середовище в даному випадку оцінюються як ворог у «грі двох осіб при нульовій сумі». А оскільки цей критерій дозволяє знайти альтернативу з найменшими можливими втратами, його можна назвати «песимістичним» критерієм. Це дуже обережний підхід прийняття рішення.

Отже, за цим критерієм ОПР вибирає стратегію, що гарантує максимальне значення найбільш поганого рішення з можливих, використовуючи матрицю виграшів A . Тоді критерій Вальда запишемо у вигляді [32]:

$$a^* = \max_i \min_j a_{ij} \quad (2.3)$$

У кожному рядку матриці фіксують альтернативи з мінімальним значенням і з визначених мінімальних значень вибирають максимальне. Альтернативі, визначеної по a^* з максимальним значенням з усіх мінімальних надається пріоритет.

Приклад 2.1. У матриці наведено приклад значень вартості капіталу чотирьох альтернатив a_j , де $(j = 1, 2, \dots, 5)$. Необхідно обрати найкращу альтернативу використовуючи критерій Вальда.

Вибір здійснюється з використанням таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Матриця виграшу гри

| | Π_1 | Π_2 | Π_3 | Π_4 | Π_5 | <i>min</i> |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| A_1 | 190 | 130 | 120 | 140 | 135 | 120 |
| A_2 | 170 | 145 | 130 | 125 | 155 | 125* |
| A_3 | 120 | 100 | 80 | 110 | 120 | 80 |
| A_4 | 90 | 10 | 70 | 60 | 80 | 10 |

Зірочка відповідає мінімальним (максимальним) значенням альтернативи.

Максимумом мінімальних значень є вартість капіталу другої альтернативи при найменш сприятливому стані зовнішнього середовища для цієї альтернативи.

Отже, керуючись правилом Вальда, варто вибрати другу альтернативу A_2 .

2.4.1.2 Критерій максімаксу

Відповідно до цього правила вибирають альтернативу з найвищим a_{ji} . При цьому ОПР не враховує при ПР ризику від несприятливої зміни навколишнього середовища. Альтернативу знаходять за формулою [32]:

$$a^* = \max_i \max_j a_{ij} \quad (2.4)$$

Продовжимо приклад 2.1 і знайдемо найбільш оптимальний розв'язок використовуючи критерій максімаксу. Початкові дані візьмемо з таблиці 2.2, маємо

$$a^* = \max\{190; 170; 120; 90\},$$

$$a^* = 190.$$

Цей критерій знаходить альтернативу, яка максимізує максимальний вихід або слідство для кожної альтернативи. Ми знаходимо максимальний вихід всередині кожної альтернативи і потім обираємо альтернативу з максимальним значенням. У цьому випадку альтернатива A_1 вважається оптимальною ($a^* = A_1$).

Це означає, що не залежно від стану природи P_j , гравець A при застосуванні стратегії A_1 отримає гарантований виграш 190 одиниць. При використанні гравцем іншої стратегії або у випадку гіршої ситуації може бути отриманий виграш 190 одиниць.

Також, варто відзначити, що висновки отримані в результаті застосування критерію Вальда та критерію максімаксу відрізняються. Використовуючи ці два критерії, ОПР остаточно не може надати перевагу одній стратегії.

Оскільки цей критерій рішення знаходиться на альтернативі з найвищим можливим результатом, його можна назвати «оптимістичним» критерієм рішення. Це підхід карткового гравця – ігноруючи можливі втрати, розраховувати на максимально можливий дохід.

Загальний недолік правил максімаксу і максіміну – використання тільки одного варіанта розвитку ситуації для кожної альтернативи при ПР.

2.4.1.3 Критерій песимізму

Критерій песимізму застосовується у випадку, коли ОПР орієнтується на найменш сприятливі умови та фактори, що впливають на ситуацію є неконтрольовані.

У випадку, коли застосовують для гри матрицю виграшів, за даним критерієм обирається той варіант рішення, який мінімізує мінімальні виграші для кожного варіанта ситуації. Тоді запишемо критерій у вигляді [32]:

$$a^* = \min_i \min_j a_{ij} \quad (2.5)$$

В протилежному випадку, коли розглядається саме матриця програшу, потрібно максимізувати максимальні програші для кожної ситуації критерій песимізму приймає вигляд:

$$a^* = \max_i \max_j a_{ij}$$

За критерієм особлива увага приділяється саме неконтрольованим факторам, адже вважається, що вони будуть використані несприятливим чином. Саме ця ситуація виникає найчастіше в реальному світі. Неконтрольованими факторами можуть вважатися фактори часу, витрати виробництва в межах певного інтервалу, вартість матеріалів та ресурсів тощо.

Покажемо дію даного критерію на прикладі 2.1, де матриця виграшів записана в таблиці 2.2. Потрібно знайти оптимальну стратегію за критерієм песимізму.

За формулою маємо:

$$a^* = \min_i (120; 125; 80; 10) = 10,$$

що вказує на перевагу стратегії A_4 .

Результат гри вказує на те, що незалежно від стану, який складеться при неконтрольованому стані природи, гравець обираючи стратегію A_4 гарантовано отримає виграш не менше 10 одиниць. Звичайно, у випадку вибору будь-якої іншої стратегії можливий виграш буде менше 10.

2.4.1.4 Критерій мінімаксу або критерій Севіджа

Критерій Севіджа відшукує альтернативи, які мінімізують максимум можливих втрат. Його застосовують у випадках, коли неконтрольовані фактори діють більш приємним чином у порівнянні зі становищем на яке орієнтувалася ОПР. Тому виникає необхідність визначення можливих відхилень отриманих результатів від їх оптимальних значень.

Даний критерій аналогічний критерію Вальда, але використовується не матриця виграшу, а матриця ризику.

Краще рішення за критерієм Севіджа визначається за формулою [32]:

$$a^* = \min_i \max_j r_{ij} \quad (2.6)$$

і визначає стратегію, при якій максимальне значення ризику буде найменшим.

Умови застосування критерію Севіджа аналогічні до умов, що пред'являються до критерію Вальда.

Приклад 2.2. Для вхідних даних прикладу 2.1 за критерієм Севіджа обрати стратегію, яка є найбільш вигідною.

З прикладу 2.1 маємо матрицю виграшів A , але, як вказувалося вище, для застосування критерію Севіджа, необхідно використовувати матрицю ризиків. Знайдемо її.

Для кожної стратегії гравця A знайдемо максимальний виграш $\beta_i = \max_j a_{ij}$:

$$\beta_1 = \max_j a_{1j} = \max\{190; 170; 120; 90\} = 190$$

$$\beta_2 = \max_j a_{2j} = \max\{130; 145; 100; 10\} = 145$$

$$\beta_3 = \max_j a_{3j} = \max\{120; 130; 80; 70\} = 130$$

$$\beta_4 = \max_i a_{i4} = \max\{140; 125; 110; 60\} = 140$$

$$\beta_5 = \max_i a_{i5} = \max\{135; 155; 120; 80\} = 155$$

Використовуючи формулу $r_{ij} = a_{ij} - \min_i a_{ij}$ побудуємо матрицю ризиків:

$$R = \begin{pmatrix} 190 - 190 & 145 - 130 & 130 - 120 & 140 - 140 & 155 - 135 \\ 190 - 170 & 145 - 145 & 130 - 130 & 140 - 125 & 155 - 155 \\ 190 - 120 & 145 - 100 & 130 - 80 & 140 - 110 & 155 - 120 \\ 190 - 90 & 145 - 10 & 130 - 70 & 140 - 60 & 155 - 80 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 5 & 10 & 0 & 20 \\ 20 & 0 & 0 & 15 & 0 \\ 70 & 45 & 50 & 30 & 35 \\ 100 & 135 & 60 & 80 & 75 \end{pmatrix}$$

$$\max_j r_{ij} = \{20; 20; 70; 135\}$$

Обираємо серед стратегій A_i $i = \overline{1,4}$, таку стратегію, яка має найменший ризик, тому за формулою (2.6) маємо:

$$a^* = \min_i (20; 20; 70; 135) = 20.$$

В даному випадку, критерій Севіджа не дає остаточної відповіді. Найбільш оптимальними стратегіями є A_1 і A_2 . При їх застосуванні величина ризику дорівнює 20 одиниць та приймає мінімальне значення в найгіршій ситуації.

Треба зауважити, що цей вибір оптимальних стратегій узагальнює вибори за критерієм Вальда та критерієм максімаксу та допомагає уникнути великого ризику при виборі рішення.

2.4.1.5 Критерій песимізму - оптимізму Гурвіца

Ще одним критерієм прийняття рішення в умовах повної невизначеності є критерій песимізму-оптимізму Гурвіца. Цей критерій дає середній результат, стан між крайнім песимізмом і крайнім оптимізмом.

За критерієм Гурвіца перевага надається тому варіанту рішення, яке є максимальним при лінійній комбінації мінімального і максимального виграшу. Гра задається матрицею виграшу.

Критерій Гурвіца [32]:

$$a^* = \max_i \{ \lambda \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij} \}. \quad (2.7)$$

де $0 \leq \lambda \leq 1$.

Коефіцієнт λ – показник оптимізму.

При $\lambda = 0$ критерій Гурвіца перетворюється у максимакний критерій, тоді гра орієнтується на граничний ризик. При $\lambda = 1$ критерій співпадає з критерієм Вальда, тобто орієнтується на обережну поведінку. Тому критерій Гурвіца ще називають критерієм узагальненого максіміну.

Можна узагальнити, що значення λ є проміжним між ризиком і обережністю і обирається в залежності від конкретних умов та схильності до ризику ОПР, але завжди належить інтервалу $[0; 1]$.

Критерій Гурвіца також можна застосовувати і до матриці програшів, і до матриці ризиків, тоді оптимальною альтернативою буде те рішення, що визначається мінімумом серед лінійних комбінацій мінімального і максимального виграшів:

$$a^* = \min_i \{ \lambda \max_j a_{ij} + (1 - \lambda) \min_j a_{ij} \},$$

де $0 \leq \lambda \leq 1$.

Розглянемо випадки у яких більш доцільним є застосування саме критерію Гурвіца:

- немає ніякої інформації про ймовірність стану природи P_j ;
- потрібно вважатися зі станом P_j ;
- реалізується лише мала кількість рішень;
- допускається деякий ризик.

Приклад 2.3. Для гри, що задана матрицею виграшів із прикладу 2.1, за критерієм Гурвіца при $\lambda = 0,3$, $\lambda = 0,5$, $\lambda = 0,7$ знайти найбільш оптимальну стратегію.

Знайдемо найменше значення $\min a_j$, і найбільше значення $\max a_j$, для кожного рядка.

$$\min a_j = \{120; 125; 80; 10\}$$

$$\max a_j = \{190; 170; 120; 90\}.$$

Визначимо максимум серед лінійних комбінацій мінімального і максимального виграшів за формулою (2.7) для $\lambda = 0,3$:

$$\begin{aligned} a^*(0,3) &= \max\{0,3 * 120 + (1 - 0,3) * 190; 0,3 * 125 + (1 - 0,3) * 170; 0,3 * 80 + (1 - 0,3) * 120; 0,3 * 10 + (1 - 0,3) * 90\} \\ &= \max\{169; 156,5; 108; 66\} = 169. \end{aligned}$$

При $\lambda = 0,5$ маємо:

$$\begin{aligned} a^*(0,5) &= \max\{0,5 * 120 + (1 - 0,5) * 190; 0,5 * 125 + (1 - 0,5) * 170; 0,5 * 80 + (1 - 0,5) * 120; 0,5 * 10 + (1 - 0,5) * 90\} \\ &= \max\{155; 147,5; 100; 50\} = 155. \end{aligned}$$

При $\lambda = 0,7$:

$$\begin{aligned}
 a^*(0,7) &= \max\{0,7 * 120 + (1 - 0,7) * 190; 0,7 * 125 + (1 - 0,7) * 170; 0,7 * 80 + (1 - 0,7) * 120; 0,7 * 10 + (1 - 0,7) * 90\} \\
 &= \max\{141; 138,5; 92; 34\} = 141.
 \end{aligned}$$

Таким чином, не зважаючи на значення показника оптимізму λ , за критерієм Гурвіца рекомендовано обрати стратегію A_1 .

Як видно, даний вибір стратегії для нашого прикладу збігається з вибором за критерієм максімаксу та частково з критерієм Севіджа.

Було розглянуто п'ять основних критеріїв прийняття рішення в умовах повної невизначеності. ОПР сама обирає найбільш доцільний для неї критерій спираючись на позитиві та негативні сторони кожного із них.

Крім ситуації повної невизначеності можна розглядати проблему в умовах часткової невизначеності. Зупинимося на цьому детальніше.

2.4.2 Прийняття рішень в умовах часткової невизначеності

Ситуація в умовах часткової невизначеності виникає якщо ОПР при прийнятті рішення знає ймовірності P_j станів Π_j . Характерна риса саме цієї гри – це можливість отримання інформації в результаті деякого статичного експерименту для оцінки розподілу ймовірностей стратегій природи. Дослідження механізму випадкового вибору стратегії природи дозволяє прийняти оптимальне рішення, яке буде найкращім рішенням в грі з природою.

Гравець приймає i -те рішення, при цьому використовуючи стратегію A_i в умовах часткової невизначеності. Очікується отримати дохід a_{ij} при реалізації стану Π_j , який є випадковою величиною Q_i з рядом розподілу, що можна представити у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Ряд розподілу випадкової величини Q_i

| | | | | |
|-------|----------|----------|---------|----------|
| Q_i | q_{i1} | q_{i2} | \dots | q_{in} |
| P | p_1 | p_2 | \dots | p_n |

У цьому випадку для прийняття рішення використовується один із критеріїв, що наведемо нижче.

2.4.2.1 Критерій Байєса

Критерій Байєса – це один із критеріїв прийняття рішення в умовах часткової невизначеності, що орієнтується на максимізацію середнього очікуваного виграшу. Саме тому критерій також називають критерієм максимуму середнього виграшу.

Для використання критерію Байєса потрібно знати математичне очікування $M(Q_i)$ випадкової величини Q_i , що представляє собою середній очікуваний виграш, який також позначають Q_i та знаходять за формулою [32]:

$$M(Q_i) = \sum_{j=1}^n q_{ij}p_j. \quad (2.8)$$

Для кожної стратегії A_i слід розрахувати середній очікуваний виграш за формулою (2.8), і відповідно до критерію Байєса слід обрати ту стратегію, для якої досягається найбільше значення:

$$\max M(Q_i) = \max \sum_{j=1}^n q_{ij}p_j$$

Критерії Байєса доцільно використовувати в ситуаціях, коли виконуються відповідні умови:

- ймовірність появи стану Π_j не залежить від часу і є відомою;
- ухвалене рішення теоретично допускає нескінчену велику кількість реалізацій;
- при малих числах реалізації допускається певний ризик.

Приклад 2.4. Для гри, що задана матрицею виграшів з прикладу 2.1, відомі ймовірності станів Π_j $p_1 = \frac{1}{8}, p_2 = \frac{2}{8}, p_3 = \frac{3}{8}, p_4 = \frac{1}{8}, p_5 = \frac{1}{8}$. За критерієм Байєса необхідно з'ясувати при якому варіанті рішення досягається найбільший середній виграш і яка величина цього виграшу.

Перепишемо матрицю гри, додавши додатковий рядок з ймовірностями станів Π_j , у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Платіжна матриця гри

| | Π_1 | Π_2 | Π_3 | Π_4 | Π_5 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A_1 | 190 | 130 | 120 | 140 | 135 |
| A_2 | 170 | 145 | 130 | 125 | 155 |
| A_3 | 120 | 100 | 80 | 110 | 120 |
| A_4 | 90 | 10 | 70 | 120 | 80 |
| p_i | 1/8 | 2/8 | 3/8 | 1/8 | 1/8 |

Знайдемо для кожної стратегії A_i середній очікуваний виграш за формулою (2.8):

$$M(Q_1) = 190 * \frac{1}{8} + 130 * \frac{2}{8} + 120 * \frac{3}{8} + 140 * \frac{1}{8} + 135 * \frac{1}{8} = \frac{1085}{8};$$

$$M(Q_2) = 170 * \frac{1}{8} + 145 * \frac{2}{8} + 130 * \frac{3}{8} + 125 * \frac{1}{8} + 155 * \frac{1}{8} = \frac{1130}{8};$$

$$M(Q_3) = 120 * \frac{1}{8} + 100 * \frac{2}{8} + 80 * \frac{3}{8} + 110 * \frac{1}{8} + 120 * \frac{1}{8} = \frac{790}{8};$$

$$M(Q_4) = 90 * \frac{1}{8} + 10 * \frac{2}{8} + 70 * \frac{3}{8} + 60 * \frac{1}{8} + 80 * \frac{1}{8} = \frac{460}{8}.$$

Максимальний середній очікуваний виграш дорівнює $\frac{1130}{8}$ і відповідає стратегії A_2 .

Критерій Байєса можна застосовувати не лише до матриці виграшу, а й застосовувати до матриці ризику.

Математичне очікування $M(R_i)$ випадкової величини R_i і є середній очікуваний ризик, який позначається також \bar{R}_i [32]:

$$M(R_i) = \sum_{j=1}^n r_{ij} p_j \quad (2.12)$$

Для кожної стратегії A_i слід розрахувати середній очікуваний ризик за формулою (2.12), і відповідно до критерію Байєса слід обирати варіант, для якого досягається найменше значення:

$$\min M(R_i) = \min \sum_{j=1}^n r_{ij} p_j$$

Приклад 2.5. На основі ймовірностей станів P_j з прикладу 2.4. та матриці ризиків з прикладу 2.2. за критерієм Байєса з'ясувати, при якому варіанті рішення досягається найменший середній ризик і значення цього ризику.

Спочатку запишемо матрицю ризиків гри додавши до неї рядок з ймовірностями станів P_j у вигляді нової таблиці 2.45.

Таблиця 2.5 – Матриця ризиків гри

| | Π_1 | Π_2 | Π_3 | Π_4 | Π_5 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A_1 | 0 | 5 | 10 | 0 | 20 |
| A_2 | 20 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| A_3 | 70 | 45 | 50 | 30 | 35 |
| A_4 | 100 | 135 | 60 | 80 | 75 |
| p_i | 1/8 | 2/8 | 3/8 | 1/8 | 1/8 |

Для наступного етапу необхідно обчислити середній очікуваний ризик для кожної стратегії A_i за формулою (2.12):

$$M(R_1) = 0 * \frac{1}{8} + 5 * \frac{2}{8} + 10 * \frac{3}{8} + 0 * \frac{1}{8} + 20 * \frac{1}{8} = \frac{60}{8};$$

$$M(R_2) = 20 * \frac{1}{8} + 0 * \frac{2}{8} + 0 * \frac{3}{8} + 15 * \frac{1}{8} + 0 * \frac{1}{8} = \frac{35}{8};$$

$$M(R_3) = 70 * \frac{1}{8} + 45 * \frac{2}{8} + 50 * \frac{3}{8} + 30 * \frac{1}{8} + 35 * \frac{1}{8} = \frac{375}{8};$$

$$M(R_4) = 100 * \frac{1}{8} + 135 * \frac{2}{8} + 60 * \frac{3}{8} + 80 * \frac{1}{8} + 75 * \frac{1}{8} = \frac{705}{8}.$$

Мінімальний середній очікуваний ризик дорівнює $\frac{35}{8}$ і відповідає стратегії A_2 . Як бачимо, не зважаючи, на основі якої матриці проводиться прийняття рішення за критерієм Байєса, оптимальна стратегія співпадає.

2.4.2.2 Рівноймовірний критерій або критерій Бернуллі-Лапласа

Цей критерій рішення знаходить альтернативу з найвищим середнім виграшем. Спочатку розраховується середній виграш для кожної альтернативи, яка є сумою всіх результатів, поділена на кількість виходів. Потім обирається альтернатива з максимальним значенням. Рівноймовірний

підхід припускає, що ймовірність появи стану природи рівні і тому кожен стан природи рівноймовірний.

Будемо вважати, що ймовірності $p_j, j = \overline{1, n}$ однакові для кожної стратегії A_i та всі ймовірності дорівнюють $p_j = \frac{1}{n}, j = \overline{1, n}$. тоді математичне очікування $M(Q_i)$ випадкової величини Q_i представляє собою очікуваний виграш, який можна знайти за формулою (2.13) [32]:

$$M(Q_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{ij}. \quad (2.13)$$

Слід розрахувати середній очікуваний виграш для кожної стратегії A_i за формулою (2.13), і відповідно до критерію Бернуллі-Лапласа слід вибрати ту стратегію A_i , для якої досягається найбільше значення [32]:

$$\max M(Q_i) = \frac{1}{n} \max \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad (2.14)$$

Приклад 2.6. Для гри, яку задано матрицею виграшів з прикладу 2.2., ОПР вважає рівно ймовірними всі стани природи $P_j: p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p_5 = \frac{1}{5}$. За критерієм Бернуллі-Лапласа з'ясувати при якому варіанті рішення досягається найбільший середній виграш і яка величина цього виграшу.

Зобразимо матрицю виграшів додавши до неї додатковий рядок з ймовірностями станів P_j у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Платіжна матриця гри

| | Π_1 | Π_2 | Π_3 | Π_4 | Π_5 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A_1 | 190 | 130 | 120 | 140 | 135 |
| A_2 | 170 | 145 | 130 | 125 | 155 |
| A_3 | 120 | 100 | 80 | 110 | 120 |
| A_4 | 90 | 10 | 70 | 60 | 80 |
| p_i | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 |

Для кожної стратегії A_i знайдемо середній очікуваний дохід за формулою (2.13):

$$M(Q_1) = \frac{1}{5} (190 + 130 + 120 + 140 + 135) = \frac{715}{5};$$

$$M(Q_2) = \frac{1}{5} (170 + 145 + 130 + 125 + 155) = \frac{725}{5};$$

$$M(Q_3) = \frac{1}{5} (120 + 100 + 80 + 110 + 120) = \frac{530}{5};$$

$$M(Q_4) = \frac{1}{5} (90 + 10 + 70 + 60 + 80) = \frac{310}{5}.$$

Максимальний середній виграш дорівнює $\frac{725}{5}$ і відповідає стратегії A_2 .

Для задач прийняття рішення за критерієм Бернуллі-Лапласа можна використовувати також матрицю ризиків і відповідно математичне очікування $M(R_i)$, що обчислюється за формулою (2.15) [32]:

$$M(R_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij} \quad (2.15)$$

Розрахувати, за формулою вище, математичне очікування для кожної наявної стратегії та відповідно до критерію Бернуллі-Лапласа необхідно обрати найменше значення із них [32]:

$$\min M(R_i) = \min \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij}. \quad (2.16)$$

Приклад 2.7. За критерієм Бернуллі-Лапласа, на основі матриці ризиків з прикладу 2.2., визначити за якою стратегією досягається найменший середній ризик і зйти величину цього ризику.

Матрицю ризиків з рядком з ймовірностями станів Π_j зобразимо у вигляді таблиці 2.7.

Таблиця 2.7. – Матриця ризиків гри

| | Π_1 | Π_2 | Π_3 | Π_4 | Π_5 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A_1 | 0 | 5 | 10 | 0 | 20 |
| A_2 | 20 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| A_3 | 70 | 45 | 50 | 30 | 35 |
| A_4 | 100 | 135 | 60 | 80 | 75 |
| p_i | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 |

Знайдемо для кожної стратегії A_i середній очікуваний ризик за формулою (2.15):

$$M(R_1) = \frac{1}{5} (0 + 5 + 10 + 0 + 20) = \frac{35}{5};$$

$$M(R_2) = \frac{1}{5} (20 + 0 + 0 + 15 + 0) = \frac{35}{5};$$

$$M(R_3) = \frac{1}{5} (70 + 45 + 50 + 30 + 35) = \frac{230}{5};$$

$$M(R_4) = \frac{1}{5} (100 + 135 + 60 + 80 + 75) = \frac{450}{5}.$$

Мінімальний середній очікуваний ризик дорівнює $\frac{35}{5}$ і відповідає одночасно двом стратегіям A_1 і A_2 . Як бачимо, остаточно немає відповіді, але

якщо для критерію Бернуллі-Лапласа об'єднати і знайти відповідь як за матрицею виграшів, так і за матрицею ризиків, то у відповіді отримаємо стратегію A_2 .

Слід зауважити, що критерій Бернуллі-Лапласа безпосередньо не можна віднести до критеріїв розв'язку задач з частковою невизначеністю, оскільки його застосовують і в умовах повної невизначеності.

2.4.3 Експертні методи в задачах прийняття рішень

Методи експертних оцінок – це методи організації роботи з експертами та обробка думки експертів, яка виражена в кількісній або в якісній формі [10]. Головною ціллю використання даних методів є підготовка інформації для прийняття рішень ОПР. Початковим етапом для роботи з методами експертних оцінок є створення робочої групи, завдання якої організувати діяльність експертів, що об'єднані в експертну комісію.

Існують різноманітні методи отримання експертних оцінок, які відрізняються один від одного. В одних методах робота з кожним експертом проводиться окремо і, в результаті, йому навіть не відомо про інших експертів. Це допомагає кожному експерту приймати рішення неупереджено. В інших методах всі експерти збираються разом для підготовки матеріалу для ОПР, при цьому кожна думка експертів обговорюється, доповнюється, а невірні судження відкидаються. Також методи відрізняються і постійністю експертів. В одних методах кількість експертів стала і не змінна протягом дослідження, щоб статистичні методи перевірки узгодженості дозволили прийняти обґрунтоване рішення. Число експертів може і зростати в процесі проведення експертизи. Велика кількість методів обробки результатів, які як і математизовані, так і комп'ютеризовані.

Якщо основною ціллю експертного складу – це збір інформації для ОПР, то робоча група повинна зібрати якнайбільше інформації, що відноситься до дослідження та аргументи «за» і «проти» визначених варіантів розв'язку. Ефективним методом є поступове збільшення числа експертів. Спочатку перший експерт наводить свою думку з приводу питання, що розглядається і наведені матеріали передаються на розгляд другого експерта. Його завдання доповнити відомості своїми аргументами і передати все наступному експерту, і так далі. Процедура закінчується при закінченні нових суджень.

В цьому випадку, не треба очікувати єдиного проєкту рішення, адже експерти лише наводять свої аргументи «за» чи «проти». Думка експертів, що відрізняється від думки більшості, не ігнорується, а вважається найбільш потрібною.

Іншою ціллю експертного складу – підготовка проєкту рішення для ОПР, тоді застосовується методи створення єдиної думки експертів [10].

Догма узгодження. Рішення, може бути прийняте лише при узгодженні думки всіх експертів. У випадку, коли чиєсь судження відрізняється від думки більшості, то його виключають з робочої групи. Експерти можуть розділитися на дві чи більше груп, якщо мають єдину групову точку зору.

Думки дисидентів. Як вже вказувалося вище, думка експертів-дисидентів найчастіше виключається з основної вибірки. Це може привезти до процедур, що мають погані або невідомі статистичні властивості. Іншим способом виключення дисидентів заключається у використанні стійких статистичних процедур.

Підбір експертів – одна із найбільших проблем. Використовують різні методи підбору експертів. Одним із таких, є метод взаємооцінки, коли грає роль не лише прояв особистих чи групових симпатій та антипатій та, також, необізнаність експертів про можливості один одного.

Ще одним відомим методом є метод «снігового кому». При ньому кожен експерт, залучений в роботі, рекомендує інших спеціалістів, які на

його думку, будуть найбільш потрібні. В результаті отримується великий список можливих експертів.

Не зважаючи від методи, який буде обраний для підбору експертів, ця ціль повністю лежить на робочій групі. Остаточний список експертів утворює ОПР.

2.4.3.1 Метод парного порівняння

При використанні методу попарного порівняння ОПР має у використанні шкалу словесного визначення рівня складності, де кожному визначенню ставить у відповідність деяке число [13]. Зобразимо таку шкалу у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Шкала відносної важливості

| Рівень важливості | Кількісне значення |
|-----------------------------|---------------------------|
| Рівна важливість | 1 |
| Помірна перевага | 3 |
| Суттєва або сильна перевага | 5 |
| Значна перевага | 7 |
| Дуже велика перевага | 9 |

При порівнянні елементів, що належать одному рівню ієрархії, ОПР повинна виразити свою думку використовуючи одне із суджень, що наведені в таблиці 2.8. після чого відповідне значення заноситься у матрицю порівняння. Для прикладу, наведемо таблицю 2.9., що буде матрицею порівняння критеріїв вибору комп'ютера.

Таблиця 2.9. – Матриця порівняння для критеріїв

| Критерії | C_1 Ціна | C_2 Технічні характеристи ки | C_3 Наявність додаткових атрибутів | Власний вектор |
|--|---------------|---|---|-------------------|
| C_1 Ціна | 1 | 5 | 3 | 2,47 |
| C_2 Технічні характеристики | 1/5 | 1 | 3 | 0,848 |
| C_3 Наявність додаткових атрибутів | 1/3 | 1/3 | 1 | 0,48 |

З даної матриці можемо визначити наступні переваги ОПР: критерій «Ціна» суттєво переважає критерій «Технічні показники» і помірно переважає критерій «Наявність додаткових атрибутів»; критерій C_2 помірно переважає критерій C_3 .

На нижньому рівні ієрархічної схеми порівнюються задані альтернативи.

2.4.3.2 Метод безпосереднього ранжування

Метод ранжування полягає в безпосередньому пред'явленні експертові всіх оцінювальних альтернатив та подальшому їх впорядкуванні згідно з перевагами. Експерт керується обраними показниками порівняння.

В залежності від типу відношень між об'єктами існують і різні варіанти впорядкування. Якщо між об'єктами порівняння немає однакових за показниками порівнянь, то між об'єктами є відношення строгого порядку. Внаслідок порівняння, складається впорядкована строга послідовність

$$a_1 > a_2 > \dots > a_n$$

де a_1 має найбільшу перевагу серед усіх інших, другий рівень переваги надається об'єкту a_2 і т. д [24]. Система об'єктів із відношенням строгого порядку за умовою порівняння всіх об'єктів за даним відношенням утворюють повний строгий порядок.

До недоліку метода ранжування можна віднести його обмеженість до кількості об'єктів. Використання з великою кількістю об'єктів приводить до труднощів, експертам важко визначитися у ранжуванні [33].

Приклад 2.8. Нехай маємо стратегічний план розвитку фірми [34] та 8 різних стратегій розвитку (A – H). У дослідженні беруть участь 12 експертів, їхні оцінювання представимо у вигляді таблиці 2.10.

Таблиця 2.10. – Стратегічний план розвитку фірми

| Проект/ № експерту | A | B | C | D | E | F | G | H |
|-----------------------|---|---|-----|-----|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 8 | 4 | 6 | 7 |
| 2 | 5 | 4 | 3 | 1 | 8 | 2 | 6 | 7 |
| 3 | 1 | 7 | 5 | 4 | 8 | 2 | 3 | 6 |
| 4 | 8 | 4 | 2,5 | 2,5 | 8 | 1 | 7 | 5 |
| 5 | 8 | 2 | 4 | 6 | 2 | 5 | 1 | 7 |
| 6 | 5 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 7 | 8 |
| 7 | 6 | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 | 8 | 7 |
| 8 | 5 | 1 | 3 | 2 | 7 | 4 | 6 | 8 |
| 9 | 6 | 1 | 3 | 2 | 5 | 4 | 7 | 8 |
| 10 | 5 | 3 | 2 | 1 | 8 | 4 | 6 | 7 |
| 11 | 7 | 1 | 3 | 2 | 6 | 4 | 5 | 8 |
| 12 | 1 | 6 | 5 | 3 | 8 | 4 | 2 | 7 |

На основі таблиці 2.10. знайдемо основні характеристики для кожного проєкту (A – H). Наші розрахунки зобразимо у вигляді таблиці 2.11.

Таблиця 2.11. – Проміжні розрахунки

| Проект | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---------------------------------------|----|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Сума рангів | 60 | 39 | 37,5 | 31,5 | 76 | 39 | 64 | 85 |
| Сер. арифметичне рангів | 5 | 3.25 | 3.125 | 2.625 | 6,(3) | 3.25 | 5,(3) | 7,083 |
| Підсумковий ранг за сер. арифметичним | 5 | 3,25 | 2 | 1 | 7 | 3,5 | 6 | 8 |
| Медіана рангів | 5 | 3 | 3 | 2.25 | 7,5 | 4 | 6 | 7 |
| Ранг за медіаною | 5 | 2,5 | 2,5 | 1 | 8 | 4 | 6 | 7 |

Ранжування за середнім арифметичним:

$$D > C > (B, F) > A > G > E > H.$$

Ранжування за медіаною:

$$D > (C, B) > F > A > G > H > E.$$

За результатами ранжування експерти надали перевагу проєкту D. ОПР рекомендується обрати саме цю стратегію, але остаточний вибір залишається за ним.

Автоматизація процесу експертного ранжування розглядалася мною в 2019 році і за результатами була написана стаття [35].

2.4.3.3 Метод аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій (МАІ) найчастіше використовується при прийнятті управлінських рішень та прогнозуванні можливих результатів. ОПР стикається з складною системою взаємозв'язаних компонентів, яку потрібно проаналізувати [11]. МАІ розвиває модель Бержа-Брука-Буркова [36].

В процесі прийняття рішення група експертів розбиває проблему на окремі компоненти та відношення між ними. В результаті отримуємо реальну модель дійсності зображену у вигляді ієрархії. Основна ціль знаходиться на вершині ієрархії, далі розташовуються підцілі, потім сили, що впливають на ці підцілі, люди, їх цілі, стратегії та виходи, які будуть результатами стратегій. На наступному етапі порівнюються окремі компоненти ієрархії між собою. Результатом є виражена степінь інтенсивності взаємодії елементів в ієрархії. Далі судження виражаються численно. Результатом аналізу проблеми МАІ є процедура синтезу множинних суджень, отримання пріоритетних критеріїв і знаходження альтернативних рішень.

Отже, основними етапами прийняття рішення за допомогою МАІ є [10]:

- побудова ієрархії розглянутої проблеми;
- парне порівняння компонентів ієрархії;
- математична обробка отриманих суджень.

Розрізняють декілька видів ієрархії: домінантні, холархії, китайський ящик та інші. Домінантні ієрархії є найбільш розповсюджені.

Парні порівняння виражаються в домінуванні одного елемента над іншим, що виражається в цілих числах. Якщо елемент А домінує над елементом Б, то клітинка матриці, що відповідає рядку А і стовпцю Б, заповнюється цілим числом, а клітинка, що відповідає рядку Б і стовпцю А, заповнюється дробом, що відповідає оберненому числу.

З цього можна виразити обов'язкові вимоги до матриці МАІ [10].

- матриця повинна бути симетричною, $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$;
- головна діагональ заповнена одиницями, оскільки альтернатива рівноцінна сама собі;
- для заповнення матриці необхідно $n(n - 1)/2$ суджень;
- матриця повинна бути узгодженою. Узгодженість проявляється в кардинальному узгодженні: $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ та в транзитивності.

Обчислювати власний вектор для кожної пари парних порівнянь можна різними способами [11]. В залежності від способу, який був обраний, задача буде мати меншу чи більшу похибку. Найбільш достовірний результат отримуємо при використанні теореми Перрона-Фробениуса.

На останньому етапі обробки отриманих векторів пріоритети синтезуються, починаючи з другого рівня вниз. Локальні пріоритети множаться на пріоритет відповідного критерію на рівні, що знаходиться вище, і шумується за кожним елементом у відповідності з критеріями на які діє цей елемент. Це дає глобальний пріоритет цього елемента, який потім використовується для зважування локальних пріоритетів елементів, порівнювальних за відношенням до нього як до критерію і розміщених рівнем нижче. Процедура продовжується на найнижчого рівня.

2.4.3.4 Моделі голосування

Моделі голосування формально розв'язують задачу колективного вибору, коли декілька осіб повинні обрати один найкращий варіант серед усіх представлених. При цьому судження кожного виборця можуть відрізнятись.

Будемо вважати, що множина виборців M повинна обрати одного кандидата із множини кандидатів S . При цьому обидві множини є скінченні і припускається, що не допускається варіанту байдужості від виборців. Дане припущення не приводить до суттєвих втрат спільності.

Якщо виборець віддає перевагу кандидату $x \in S$ кандидату $y \in S$, це буде позначатися: $x \succ y$. Індивідуальний порядок переваг виборців представляє собою деяку перестановку кандидатів, в якій кандидати розташовані в порядку їх переваг, що надав даний виборець. Основна проблема – вибір кращого представника із множини S з точки зору множини виборців.

Розрізняють декілька різних правил вибору кандидатів. Детальніше розглянемо деякі з них.

Достатньо популярним методом голосування є правилом відносної більшості. Кожен виборець віддає свій голос одному кандидату, перемагає той, що отримує найбільше голосів. У випадку, коли за результатами голосування жоден із кандидатів не набирає більше половини від числа голосів, перевагу надають тому, хто отримує більше голосів, чим кожен із інших кандидатів.

Борд запропонував визначати переможця іншим способом. За правилом Борда [7] кандидат, що займає останнє місце в індивідуальному порядку переваг виборців, отримує від цього виборця нуль балів. Якщо він займає передостаннє місце, то отримує один бал і так далі. При загальному числі кандидатів n кандидат, що займає перше місце в індивідуальному порядку переваг виборців, отримує $n - 1$ бал. Переможцем за Бордом є кандидат з найбільшим числом балів.

Переможці за правилом відносної більшості та за правилом Борда можуть не співпадати. Тоді є сенс використовувати інші методи. Один із таких запропонував Кондорс.

Переможцем за Кондорсом за заданим профілем переваг виборців називається кандидат x , який перемагає всіх кандидатів при парному порівнянні за правилом більшості, тобто для будь-якого кандидата $y \in S, y \neq x$, виборців, що надають перевагу кандидату x кандидату y , більше, чим тих, хто вважає, що кандидат y переважає кандидата x .

Правило голосування називається виконаним за Корном, якщо для тих профілів переваг виборців, для яких існує переможець за Кондорсом, він і перемагає за цим правилом голосування.

Існують такі профілі переваг виборців, що переможець за правилом відносної більшості програє кожному іншому кандидату в парному порівнянні, тобто виграти вибори за правилом відносної більшості може найгірший кандидат, який програв би кожному із залишених кандидатів.

Наступним правилом голосування є голосування в два тури [7]. Спочатку проводиться звичайний тур голосування. Кожен виборець віддає свій голос за одного кандидата, якому надає перевагу. Якщо такий кандидат набирає строго більшу кількість голосів, то він перемагає. В протилежному випадку проводиться другий тур голосування за правилом більшості для двох кандидатів, що набрали найбільшу кількість голосів у першому турі.

Правило голосування з послідовним вибуванням. Голосування проводиться в декілька турів. В першому турі виборець віддає свій голос одному кандидату. Голосування закінчується, якщо один із кандидатів отримав строго більшу кількість голосів. В протилежному випадку голосування продовжується, але без кандидата, що отримав найменшу кількість голосів. Так процедура закінчується, коли визначиться остаточний переможець.

Дані правила збігаються у випадку, коли кандидатів троє. При числі кандидатів, більше трьох, вони працюють по різному. За правилом голосування з послідовним вибуванням для n кандидатів необхідно провести $n - 1$ турів голосування.

2.4.4 Методи прийняття рішень при нечіткій початковій інформації

Методи прийняття рішень, що основані на парних порівняннях, що виражені у вигляді нечітких множин розглядалися в роботі С. А. Орловського [8]. В роботі [9] наведена структуризація методів і виділені методи теорії прийняття рішень при нечіткій початковій інформації:

- методи прийняття рішень з одним експертом;
- методи прийняття рішень з групою експертів, що характеризуються ваговим коефіцієнтом;
- методи прийняття рішень з групою експертів, що характеризуються нечітким відношенням нестрогої переваги.

2.4.4.1 Задача прийняття рішення з одним експертом

Нехай задана множина можливих розв'язків або альтернатив $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ і нечітке відношення нестрогої переваги R на множині U з функцією приналежності $\mu_R(u_i, u_j) \in [0,1]$ – будь-яке рефлексивне нечітке відношення на U , так що $\mu_R(u_i, u_i) = 1, u_i \in U$.

При заданих вхідних даних задача прийняття рішення заключається в раціональному виборі найбільш оптимальної альтернативи із множини U , на якому задане нечітке відношення переваг.

Для розв'язання задачі будується нечітке відношення строгої переваги R^S , що асоціюється з R , та визначається функцією приналежності [10]

$$\mu_R^S(u_i, u_j) = \begin{cases} \mu_R(u_i, u_j) - \mu_R(u_j, u_i), & \mu_R(u_i, u_j) > \mu_R(u_j, u_i), \\ 0, & \mu_R(u_i, u_j) \leq \mu_R(u_j, u_i). \end{cases}$$

Будується нечітка підмножина $U_R^{nd} \subset U$ недомінованих альтернатив, що асоційовані з R і включають ті альтернативи, які не домінуються ніякими іншими, визначене функцією приналежності [10]

$$\mu_R^{nd}(u_i) = \min_{u_j \in U} \{1 - \mu_R^S(u_j, u_i)\} = 1 - \max_{u_j \in U} \{\mu_R^S(u_j, u_i)\}, u_i \in U.$$

Обирається та альтернатива u^* , для якої значення $\mu_R^{nd}(u^*)$, максимальне [10]:

$$u^* = \arg \max_{u_i \in U} \mu_R^{nd}(u_i).$$

Так ми отримуємо розв'язок задачі. За умовою, якщо найбільшу степінь не домінування має не одна, а декілька альтернатив, то ОПР сама обирає одну із них. Можливо розширити коло експертів при формуванні початкових даних задачі і повторити розв'язання.

2.4.5 Якісні методи прийняття рішення

Якісні методи в прийнятті рішення розглядав О. И. Ларичев і описував їх в своїй роботі [12, 14]. Областю застосування методів можна вважати моделі лінійного упорядкування об'єктів на основі їх векторних переваг. В якісних методах прийняття рішення використовуються способи отримання інформації від експертів і логічні процедури для побудови висновків.

Одним із способів розв'язання неструктурованих проблем з якісними змінними – метод упорядкування багатокритеріальних альтернатив ЗАПРОС (замкнуті процедури при опорних ситуаціях).

Метод ЗАПРОС дозволяє ранжувати альтернативи за суб'єктивними вербальними оцінками з врахуванням значущості критеріїв, що єх важливою частиною багатокритеріальних задач.

Крім цього методу, до даного класу задач можна віднести і методи [29]:

- ПАРК (ПАРна Компенсація),
- ОРКЛАС (Ординальна КЛАСифікація).

3 АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

3.1 Вхідні та вихідні дані досліджуваної системи

Перший етап роботи над системою включає визначення вхідних та вихідних даних для методів розв'язання задач прийняття рішень, що використовуються розробленою системою. Для роботи були визначено клас методів, що використовуються при прийнятті рішень в умовах повної та часткової невизначеності. Детальніше про ці методи можна дізнатися в параграфі 2.4.1 та 2.4.2. даної роботи.

Оскільки одним із завдань було спрощення системи, кількість вхідних даних, які вимагаються від потенційного користувача, була обмежена. Незалежно від групи методів, яка була обрана, система почне працювати лише після введення матриці виграшу A (див. пар. 2.4.1.). Елементи матриці повинні задовольняти умові: $a_{ij} \geq 0$. Перед початком роботи матриця проходить валідацію.

Хоча деякі методи потребують лише матрицю виграшів, для більш складніших методів треба більше інформації.

Критерій песимізму-оптимізму Гурвіца працює з показником оптимізму λ . На значення λ накладаються обмеження: $0 \leq \lambda \leq 1$. Можна збільшувати та зменшувати показник в формі за допомогою спеціальних перемикачів, довжина кроку складає 0.1. Можливість вести значення λ з'являється лише після вибору критерію Гурвіца.

Також варто згадати про критерій Севіджа. Формула, що була наведена в теоретичній частині використовувала матрицю ризиків. Розроблена система отримує матрицю виграшів і вже на її основі будується матриця ризиків з якої будуть продовжуватися всі наступні обчислення.

До другої групи відносяться два методи, які були реалізовані: критерій Байєса та критерій Бернуллі-Лапласа. І хоча обидва критерію працюють з вектором ймовірностей стану природи, але у випадку критерія Байєса ймовірність задається користувачем у вигляді звичайних дробів сума яких обов'язково рівна одиниці. При застосуванні критерію Бернуллі-Лапласа вважається, що кожен стан природи є рівноймовірним. Вектор ймовірностей задається автоматично.

Система не продовжить розрахунки поки всі вхідні дані не будуть введені вірно.

Вихідними даними системи вважається найбільш оптимальна стратегія гравця *A*. Якщо таких стратегій виявиться більше однієї, відповідь буде не остаточною і включатиме множину найбільш оптимальних стратегій. Це дозволить застосувати інший критерій для більш точного результату або для порівняння результатів між собою.

Проміжні результати доступні для перегляду користувачу, хоч і не наводяться подробиці їх обчислення.

3.2 Алгоритм визначення оптимальних розв'язків задач прийняття рішень

Нижче наведено алгоритм визначення оптимальних розв'язків задач прийняття рішень, що застосовувався при створенні системи.

Перший етап. Шляхом відповіді на ключове питання: «Чи є у вас інформація про ймовірності стану природи?» обирається група методів, що буде використовуватися. Перша група відноситься до ситуації прийняття рішення в умовах повної невизначеності, друга – в умовах часткової невизначеності. Після підтвердження вибору відбувається редірект на відповідну сторінку.

Другий етап. Вибір кількості стратегій гравця A та кількості станів природи за якими побудується макет матриці виграшу потрібного розміру.

Третій етап. Заповнення матриці гри та вибір з наявного списку методу прийняття рішення.

При виборі задачі в умовах часткової невизначеності – додатково введення вектору ймовірностей станів природи.

Валідація даних, збереження введених даних до БД та генерація унікального 25-значного токєну, який виступає ключем доступу для визначення та отримання запису з БД.

Четвертий етап. Проводиться розрахунок задачі із застосуванням тієї формули, що відповідає обраному методу. На екран виводяться проміжні результати, остаточне максимальне (мінімальне) значення, рекомендована стратегія.

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

4.1 Обґрунтування вибору мови та середовища програмування для проведення автоматизації процесу прийняття рішень

Першочерговим етапом реалізації системи автоматизації процесу прийняття рішень, як і при створенні будь-якого іншого програмного продукту, є вибір платформи, де буде розміщений програмний код. Обираючи між представленням системи у вигляді десктопного додатку для персональних комп'ютерів, додатком для основних мобільних платформ, таких як Android або IOS та у вигляді веб-додатку, був обраний саме останній варіант.

Веб-додаток – це клієнт-серверний додаток, при якому зберігання даних відбувається значним чином на стороні серверу, а обмін даними проходить за допомогою всесвітньої мережі Інтернет. Причиною такого вибору став обширний список переваг.

Доступність додатку для кожного користувача, незалежно від наявної у нього платформи. Додаток доступний на всіх пристроях одночасно, незалежно від розширення екрану та наявності технічних складових пристрою, при цьому не потребує додаткового завантаження та встановлення, а отже не займає пам'яті пристрою.

Безпека. Оскільки всі обчислювальні операції відбуваються на сервері, доступ до якого є лише у власника, жоден сторонній користувач не зможе вплинути на результати обробки, або отримати та привласнити алгоритм обчислення.

Швидкість. Всі обчислювальні потужності відбуваються на орендованому сервері, користувач отримує лише зовнішню оболонку з

результатом обчислювань, отже, час обчислення буде однаковим для всіх користувачів.

Зручність оновлення додатку. Користувачу не потрібно власноруч оновлювати систему, адже зміни застосовуються відразу після їх внесення.

До недоліків клієнт-серверного додатку можна віднести наведені нижче пункти.

Обов'язковий постійний доступ до мережі Інтернет. Сервер, на якому відбуваються обчислення, та клієнт обмінюються між собою пакетами даних за допомогою Інтернету, саме тому його нестабільне підключення унеможлиблює роботу додатку для користувача.

Залежність додатку від стабільності роботи серверу. Оскільки обчислення відбуваються на стороні серверу, його робота напряму впливає на стабільність обчислень та роботи додатку для користувача. Сервер може вийти з ладу з незалежних від користувача причин. Наприклад, припинення підтримки серверу, несвоєчасна оплата за його утримання власником, атака кібер-злочинців тощо.

Наступним етапом після остаточного вибору платформи, на якій буде базуватися проєкт, є вибір мови програмування. Серед великої множини доступних мов програмування для серверної частини було обрано PHP версії 7.3, адже саме вона є однією з останніх стабільних версій.

PHP – це скриптова мова загального призначення, що активно застосовується для розробки серверної частини веб-сайтів та веб-додатків будь-якої складності.

Розглянемо основні переваги даного вибору.

Низький поріг входження. Майже всі середовища, які надають хост-провайдери, підтримують саме цю мову, при цьому вартість утримання такого середовища є низькою.

Легкість вивчення. PHP є однією з основних мов програмування для веб-додатків будь-якої складності, тому, більша половина сайтів світу,

написана саме на цій мові. Отже, у вільному доступі надана достатня кількість документації, що прискорює вивчення та реалізацію проєктів.

Великий перелік безкоштовних компонентів, з якими працює ця мова програмування. До переліку можна віднести майже всі типи реляційних баз даних, включаючи веб-інтерфейси до них.

Регулярні оновлення. Ця мова на даний момент підтримується розробниками та постійно вдосконалюється.

З метою підвищення юзабіліті проєкту, а саме при впровадженні системи зберігання розв'язків для швидкого їх поширення між користувачами виникла потреба використовувати реляційні бази даних. Оскільки обрана мова програмування є дружньою до використання бази даних MySQL, було вирішено обрати саме її. Цей вибір був зумовлений підтримкою декількох одночасних запитів, швидкістю роботи, безкоштовністю та повною сумісністю з сервером, де було заплановано розгорнути додаток.

Основним фактором стабільної роботи є сервер, доменне ім'я та домен. Самостійне утримання серверу є неможливим через надвисоку вартість, саме тому є сенс використовувати хостинг. Хостинг – це послуга, що надає ресурси для розміщення інформації на сервері, який має постійний доступ до мережі Інтернет. Тобто, один сторонній сервер умовно розділяється на декілька частин та надається доступ різним користувачам до них. Власник розміщує на свою частину веб-сайт або іншу інформацію, після чого вона є доступною цілодобово за наявності підключення до Інтернету у клієнта. Таким чином вартість серверу та його утримання розділяється між декількома власниками та багатократно здешевлюється. Перевагами такого алгоритму роботи можна назвати спрощення налаштувань, адже всі попередні налаштування виконав хост-провайдер, низька вартість, зручний користувацький інтерфейс для керування доступними конфігураціями, тощо. До недоліків можна віднести урізання потужностей серверу та відсутність гнучких налаштувань для захисту проєктів інших власників.

4.2 Особливості програмної реалізації алгоритмічного забезпечення моделювання задач прийняття рішень

4.2.1 Інструментарій розробки графічного інтерфейсу на мові розмітки HTML. Основні можливості та переваги бібліотеки Bootstrap 4

Як і у більшості веб-додатків, візуальне оформлення було вирішено представити у вигляді зверстаного HTML макету. HTML – це стандартизована мова розмітки документів для перегляду веб-сторінок у браузері. За допомогою HTML тегів була додана статична інформація. Також для покращення зовнішнього вигляду проекту було додано каскадні таблиці стилів CSS. CSS – це формальна мова опису зовнішнього вигляду документа, написаного за допомогою мови розмітки.

Для пришвидшення верстки, а також для дотримання респонсивності зовнішнього представлення використовувався фреймворк Bootstrap 4. Цей фреймворк має вільний та обширний набір інструментів та класів стилів для майже всіх візуальних компонентів сторінки. Використовуючи його, проект отримав підтримку мобільної версії сайту для отримання вхідних даних. Для стабільної роботи цього фреймворку, а також для пришвидшення реалізації програмного коду на мультипарадигмній мові програмування JavaScript, було вирішено підключити набір інструментів jQuery.

Бібліотека jQuery націлена на взаємодію мови JavaScript та HTML, а також допомагає легко отримувати доступ до будь-якого елемента DOM, звертатися до атрибутів та змісту цих елементів. До того ж цей набір інструментів надає зручне API для роботи з AJAX, а це в свою чергу означає, що за допомогою неї можна відправляти асинхронні запити та передавати дані між візуальною частиною та серверною.

4.2.2 Реалізація програмного продукту для кінцевого користувача

Точкою входу до системи є головний файл `index.php`. Умовно його функціонал розділимо на 2 основні частини – форми для збору вхідних даних та блоку, де зберігається перелік посилань на минулі обчислення для швидкого доступу. Першу частину також розділимо на дві частини: визначення умов при яких проходить процес прийняття рішень та збір кількості стратегій гравця, станів природи, матриці гри, а також метод подальшого розв’язання.

Після отримання відповіді на питання про наявність інформації про ймовірності стану природи, відкривається ця ж сторінка, до якої додається GET параметр з варіантом відповіді користувача. У випадку наявності цього параметру відображається лише друга частина, через яку система збирає потрібну для розв’язання інформацію. Валідація даних відбувається у реальному часі за допомогою JavaScript функцій. У випадку, коли валідація введених даних пройдена успішно, система дозволяє користувачу запустити процес розв’язання.

Після заповнення даних та натискання тригерної кнопки, система генерує JSON-об’єкт з введених даних та відправляє його за допомогою асинхронного запиту AJAX до серверної частини, де він оброблюється. Кожен набір таких даних перевіряється на наявність дублікатів в базі даних та, у випадку, якщо дані нові для системи, зберігаються в потрібному для додатку форматі; генерується унікальний 25-значний токен. Коли запис існує, отримується лише його токен та повертається. Приклад зберігання даних в БД наведемо на рис. 4.1.

| id | token | original | input | lambda | fractions | type |
|----|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|------|
| 1 | ad9b47f5db7835aa1ded30ccd | [[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]] | [[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]] | 0 | [[0, 1, 2], [3, 3, 3]] | 6 |
| 2 | 46797191298663165e1d418d4 | [[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]] | [[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]] | 0 | [[1, 1, 1], [3, 3, 3]] | 7 |
| 3 | b519064fd3b034208e55d92dd | [[12, 0, 4], [1, 6, 2], [2, 4, 6]] | [[12, 0, 4], [1, 6, 2], [2, 4, 6]] | 0.3 | [[1, 1, 1], [3, 3, 3]] | 6 |
| 4 | 803971c53312c49009faf9eed | [[12, 0, 4, 6], [1, 6, 2, 2], [2]] | [[12, 0, 4, 6], [1, 6, 2, 2], [2]] | 0.3 | [[1, 1, 1, 1], [4, 4, 4, 4], [4]] | 7 |

Рисунок 4.1 – Приклад зберігання введених даних

Після повної обробки даних, визначається IP-адреса клієнта для прив'язки обчислення в історії та зберігається відповідний запис у базі.

Якщо AJAX-запит успішно виконаний, то відповіддю він поверне унікальний токен, за яким будуть ідентифікуватися та отримуватися дані для розв'язку.

До проєкту додано декілька файлів, в яких проходить розв'язання різних методів. Для одного методу виділяється один файл. Після того, як токен було отримано, система в залежності від типу перенаправляє користувача до потрібного методу, додаючи GET запис з унікальним токеном. На сторінці з розв'язанням потрібного методу, додаток робить запит до БД та шукає запис з вказаним токеном. Якщо такий токен не було знайдено, то додаток відобразить помилку. В іншому випадку, система проведе потрібні розрахунки, відповідно з методом розв'язання та відобразить результат користувачу.

Дана система дає змогу швидко ділитися посиланням на розв'язок, адже достатньо ввести потрібні дані, провести розрахунки та скопіювати посилання на сторінку з результатами – будь-який користувач, який має посилання на розв'язання може не вводити ті ж дані, а відразу переглянути результат.

4.2.3 Структура розробленого програмного продукту

Структура проєкту є звичною для схожих додатків та приймає наступний вигляд.

Папка Actions. В цій папці знаходиться файл для обробки та зберігання вхідних даних користувача. Саме до цього файлу система відправляє асинхронний запит після введення та підтвердження даних користувачем. Також тут знаходиться файл, який запускається при натисканні на кнопку обчислення в історії розв'язків.

Папка Content. Ця папка призначена для розміщення в ній зображень проєкту. Тут знаходиться фоновий рисунок, який застосовується майже на всіх сторінках.

Папка Core. В цій папці знаходиться файл з класом SQL для підключення та взаємодії з базою даних.

Папка Css. Директорія призначена для зберігання файлів з каскадними таблицями стилів CSS.

Папка Solutions. Потрібна для зберігання файлів. Кожен файл відповідає одному методу прийняття рішення в яких обчислюються введені користувачем дані.

Структура проєкту крім розглянутих папок містить важливі файли.

Index.php. Точка доступу до системи.

Run-core.php. Файл запуску ядра системи. Після підключення цього файлу до сторінки, автоматично ініціалізуються потрібні класи для роботи з базою даних, а також компілюються конфігураційні файли.

Sys-config.php. В цьому файлі знаходиться перелік системних конфігурацій. Наприклад, дані для підключення бази даних та ін.

User-config.php. Цей файл потрібен для розміщення конфігурацій, до яких потрібен швидкий доступ. Наприклад, максимальна кількість записів в розділі історії обчислень тощо.

Зовнішній вигляд структури розробленої системи наведено на рис. 4.2.

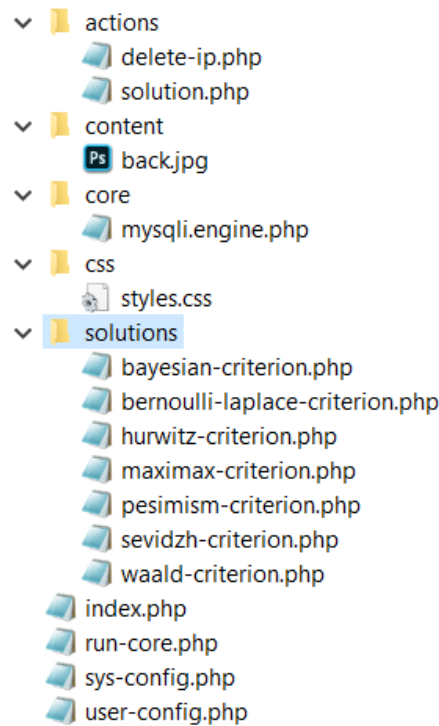


Рисунок 4.2 – Структура розроблюваної системи

4.2.4 Інтерфейс програмного продукту та інструкція по використанню для користувача

Користувацький інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим завдяки підказкам та модальним вікнам. Він складається з форм, полів для вводу даних та випадаючих списків. А також, з таблиць для візуалізації матриць та дробів, що означають ймовірності станів природи.

Сторінка, кожного методу, містить коротку довідку про критерій прийняття рішення, що буде застосовуватися. Вона реалізована шляхом застосування технології модальних вікон, які є частиною відкритої бібліотеки Bootstrap 4 з використанням фреймворку jQuery.

Система розроблена для використання будь-яким користувачем, навіть з мінімальним знанням математичного апарату.

Перед початком роботи користувач повинен визначити задачу якого типу необхідно розв'язати. За умовою наявності лише матриці виграшу

виникає ситуація прийняття рішення в умовах повної невизначеності. В протилежному випадку – задача часткової невизначеності.

Кількість стратегій гравця визначає кількість рядків матриці гри, а за кількість стовпців відповідає кількість станів природи. Маска матриці з'явиться після підтвердження вибору. Заповнення інтуїтивне і зрозуміле. Допускаються лише додатні числа, можливість ввести інші дані виключена.

Вибір методу розв'язання здійснюється лише з наявного списку. Можна або підтвердити метод розв'язання та матрицю, яку будуть використовувати, або очистити поля для заповнення новими значеннями.


Подальші розв'язання проводяться автоматично, тому наступна сторінка містить остаточну відповідь. На ній можна отримати довідку про метод, що використовується, або повернутися назад, щоб ввести нові дані чи обрати інший метод, який з першої спроби не вдалося визначити оптимальну стратегію.


4.3 Приклади роботи розробленого програмного продукту

4.3.1 Розв'язання задач прийняття рішень в умовах повної невизначеності

Для демонстрації роботи програми наведемо приклади розв'язання задачі прийняття рішення, яка була попередньо розв'язана в теоретичній частині. Почнемо з вибору групи методів, рис. 4.3., які потрібно використовувати.

Розв'язання задач прийняття рішень

 Дана система є результатом магістерської роботи студентки Запорізького національного університету, математичного факультету **Проценко Вікторії Олександрівни**.

 Метою даного продукту є розв'язання задач прийняття рішення в умовах повної або часткової невизначеності. Для визначення категорії методів, які треба використовувати для розв'язку задачі, можете надати відповідь на питання, яке наведено нижче.

Чи є у вас інформація про ймовірності стану природи?

Так, відома і матриця виграшу, і вектор ймовірностей станів природи
 Ні, відома лише матриця виграшу

[Перейти до розв'язання](#)

Рисунок. 4.3 – Головна сторінка

Наступним кроком є вибір розмірності матриці гри рис.4.4. Заповнення матриці та вибір методу розв'язання – рис. 4.5.

Розмір матриці виграшу


Кількість стратегій гравця А:

 Стан природи П:

[Побудувати матрицю](#)


Матриця виграшу А складається з елементів a_{ij} , що відображають виграш гравця для кожної комбінації.

Рисунок 4.4 – Вибір розмірності матриці

 Заповнення матриці

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 190 | 130 | 120 | 140 | 135 |
| 170 | 145 | 130 | 125 | 155 |
| 120 | 100 | 80 | 110 | 120 |
| 90 | 10 | 70 | 60 | 80 |

Метод розв'язання

Критерій Вальда 

- Критерій Вальда
- Критерій максімакса
- Критерій песимізму
- Критерій Севіджа
- Критерій песимізму-оптимізму Гурвіца

Рисунок 4.5 – Заповнення матриці

Розв'язання задачі методом Вальда – рис. 4.6., методом максімаксу – рис.4.7., критерієм песимізму – рис. 4.8., критерієм Севіджа – рис.4.9., критерієм песимізму-оптимізму Гурвіца – рис. 4.10.

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 190 | 130 | 120 | 140 | 135 |
| 170 | 145 | 130 | 125 | 155 |
| 120 | 100 | 80 | 110 | 120 |
| 90 | 10 | 70 | 60 | 80 |

Для розв'язку даної задачі застосуємо [критерій Вальда](#)

☒ Мінімальне значення

| | | | |
|-----|-----|----|----|
| 120 | 125 | 80 | 10 |
|-----|-----|----|----|

☒ Відповідь: 125

Отже, керуючись правилом Вальда, варто вибрати А2 альтернативу.

Рисунок 4.6 – Застосування методу Вальда

Для розв'язку даної задачі застосуємо [критерій максімаксу](#)

☒ Максимальні значення

| | | | |
|-----|-----|-----|----|
| 190 | 170 | 120 | 90 |
|-----|-----|-----|----|

☒ Відповідь: 190

Отже, керуючись правилом максімаксу, варто вибрати А1 альтернативу.

Рисунок 4.7 – Застосування критерію максімаксу

Для розв'язку даної задачі застосуємо **критерій песимізму**

☒ Мінімальні значення

| | | | |
|-----|-----|----|----|
| 120 | 125 | 80 | 10 |
|-----|-----|----|----|

☒ Відповідь: 10

Отже, керуючись правилом песимізму, варто вибрати A4 альтернативу.

Рисунок 4.8 – Застосування критерію песимізму

☒ Матриця ризиків

| | | | | |
|-----|-----|----|----|----|
| 0 | 15 | 10 | 0 | 20 |
| 20 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| 70 | 45 | 50 | 30 | 35 |
| 100 | 135 | 60 | 80 | 75 |

☒ Максимальні значення

| | | | |
|----|----|----|-----|
| 20 | 20 | 70 | 135 |
|----|----|----|-----|

☒ Відповідь: 20

Правило Севіджа не дає остаточного результату. Найбільш сприятливими альтернативами є A1, A2

Рисунок 4.9 – Застосування критерію Севіджа

Для розв'язку даної задачі застосуємо критерій песимізму-оптимізму Гурвіца

☒ Лінійна комбінація мінімального і максимального виграшу

| | | | |
|-----|-------|-----|----|
| 169 | 156.5 | 108 | 66 |
|-----|-------|-----|----|

☒ Відповідь: 169

Отже, керуючись критерієм песимізму-оптимізму Гурвіца, варто вибрати А1 альтернативу.

Рисунок 4.10 – Застосування критерію Гурвіца

4.3.2 Розв'язання задач прийняття рішень в умовах часткової невизначеності

Початкові етапи такі ж самі як і при прийнятті рішення в умовах повної невизначеності. Перейдемо до відповідних методів. Критерій Байєса – рис. 4.11., критерій Бернуллі-Лапласа – рис. 4.12.

☒ Вектор ймовірностей стану природи

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |

☒ Середній очікуваний виграш

| M(Q1) | M(Q2) | M(Q3) | M(Q4) |
|-------|-------|-------|-------|
| 1085 | 1130 | 790 | 460 |
| 8 | 8 | 8 | 8 |

☒ Максимальний середній очікуваний виграш: $\frac{1130}{8}$

Отже, керуючись критерієм Байєса, варто вибрати А2 альтернативу.

Рисунок. 4.11 – Застосування критерію Байєса

☒ Вектор ймовірностей стану природи

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

☒ Середній очікуваний виграш

| M(Q1) | M(Q2) | M(Q3) | M(Q4) |
|-------|-------|-------|-------|
| 715 | 725 | 530 | 310 |
| 5 | 5 | 5 | 5 |

☒ Максимальний середній очікуваний виграш: $\frac{725}{5}$

Отже, керуючись критерієм Бернуллі-Лапласа, варто вибрати A2 альтернативу.

Рисунок 4.12 – Застосування критерію Бернуллі-Лапласа

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи була досягнута мета роботи, цілі та завдання, що були поставлені на початку. Кінцевим продуктом будемо вважати розроблену зручну систему, яка надає можливість розв'язувати задачі прийняття рішення в умовах повної та часткової невизначеності та має зручний візуальний інтерфейс.

Під час роботи був проведений аналіз існуючого стану розвитку предметної області дослідження; визначені основні підходи та методи, що застосовуються до задач прийняття рішень. Особлива увага приділялася методам прийняття рішення, що застосовуються при розв'язанні задачі в умовах повної та часткової невизначеності. Алгоритми їх роботи покладені в основу розробленої системи.

В процесі програмної реалізації алгоритму автоматизації процесу прийняття рішення було визначено вхідні та вихідні дані системи, мова та середовище програмування.

Розроблена система готова до використання та задовольняє всі поставлені вимоги.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности. Москва: 2010. 314 с.
2. Корнилов Г.И. Основы теории систем и системного анализа. Кривой Рог: ИДА, 1996. 76 с.
3. Бродецкий Г.Л. Системная аналитика принятия решений в исследованиях логистики. Москва: ГУ-ВШЭ, 2004. 170 с.
4. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталёв Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: Учеб. пособие / Под ред. Б.А. Лагоши. Москва: Финансы и статистика, 1999. 176 с.
5. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. Москва: Мир, 1990. 208 с.
6. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска. Москва: «Вершина», 2006. 376 с.
7. Хабибуллин Р. Ф. Голосования и коллективный выбор. Казань: Казанский государственный университет, 2009. 28 с.
8. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. Москва: Наука, 1981. 194 с.
9. Блюмин С. Л., Лубенец Ю. В. Задачи принятия решений. Липецк: ЛГТУ, 1996. 26 с.
10. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк: ЛЭГИ, 2001. 138 с.
11. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва: Радио и связь, 1991. 224 с.
12. Емельянов С. В., Ларичев О. И. Многокритериальные методы принятия решений. Москва: Знание, 1985. 32 с.
13. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: Москва: Логос, 2000. 296 с.

14. Ларичев О. И., Мошкович Е. М. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений. Москва: Наука, 1996. 208 с.
15. Варенко В. М., Братусь І. В., Дорошенко В. С., Смольников Ю. Б., Юрченко В. О. Системний аналіз інформаційних процесів. Київ: Університет «Україна», 2013. 203с.
16. Климчук С. О. Розроблення прецедентної системи підтримки прийняття рішень для діагностики мостових кранів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». «Інформаційні системи та мережі»*, 2010. Вип. 689. С. 169 – 176.
17. Кащена Н. Б., Лисак Г. Г., Бойко А. О. Статистичний моніторинг фінансового стану підприємства як інформаційна система підтримки прийняття рішень з його стабілізації. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг*, 2009. Вип. 1(1). С. 120 – 127. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/esprstp_2009_1%281%29__20.
18. Ковальчук В. М. Особливості розв'язання багатокритеріальних задач прийняття рішень у нечіткому середовищі. *Наукові записки [Національного університету "Острозька академія"]*, 2010. Вип. 14. С. 447 – 456. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nznuoa_2010_14_53.
19. Джон Форбс Неш – Wikipedia. URL: <https://inlnk.ru/68EE5>.
20. Системний аналіз – Wikipedia. URL: <https://inlnk.ru/zaYR5>.
21. Системний аналіз – Довідково-інформаційний сайт. URL: https://systems-analysis.ru/systems_analysis.html.
22. Ладанюк А. П. Основи системного аналізу. Вінниця: Нова книга, 2004. 176 с.
23. Орлів М. С. Підготовка і прийняття управлінських рішень. Київ: НАДУ, 2013. 40 с.
24. Лісовенко А. І., Бісікало О. В. Експертна оцінка ревалентності відповідей автоматизованої системи підтримки діалогу для дистанційного навчання. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2016. Вип. 8. С. 93 – 96.

25. Мельников О. Ф. Класифікація задач прийняття рішень у системах управління. *Державне будівництво*, 2011. Вип. 2. С. 38 – 46. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/DeVu_2011_2_15.
26. Фирсова, И. А. Методы принятия управленческих решений. Москва: Издательство Юрайт, 2015. 542 с.
27. Орлов А. И. Менеджмент. Москва: Знание, 1999. 79 с.
28. Ягер Р. Нечеткие множества и теория возможностей: последние достижения. Москва: Радио и связь, 1989. 405 с.
29. Козлов В. Н. Системный анализ и принятие решений. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2009. 223 с.
30. Тебекін А.В., Касаєв Б.С. Менеджмент організації. Москва: 2008. 260 с.
31. Прийняття рішення в умовах повної невизначеності – Довідково-інформаційний сайт. URL: <https://dss.tg.ck.ua/decision-uncertainty-help>.
32. Донець Л. І., Шепеленко О. В., Баранцева С. М., Сергєєва О. В., Веремейчик О. Ф. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 472 с.
33. Wilcoxon F. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, 1945. No. 6. Pp. 80-83.
34. Кушлик-Дивульська О. І., Кушлик Б. Р. Основи теорії прийняття рішень. Київ: 2014. 94с.
35. Петрущенко В., Проценко В., Кондрат'єва Н. О., Леонтьєва В. В. Автоматизація процесу експертного ранжирування об'єктів дослідження. Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука – 2019», 2019. Вип. 1. С. 45-50. URL: http://sites.znu.edu.ua/stud-sci-soc//2019/MN2019/tom_1.pdf.
36. Белкин А. Р., Левин М. Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. Москва: Наука, 1990. 160 с.

Додаток А

Блок-схема алгоритму визначення методу прийняття рішення в залежності від наданих умов

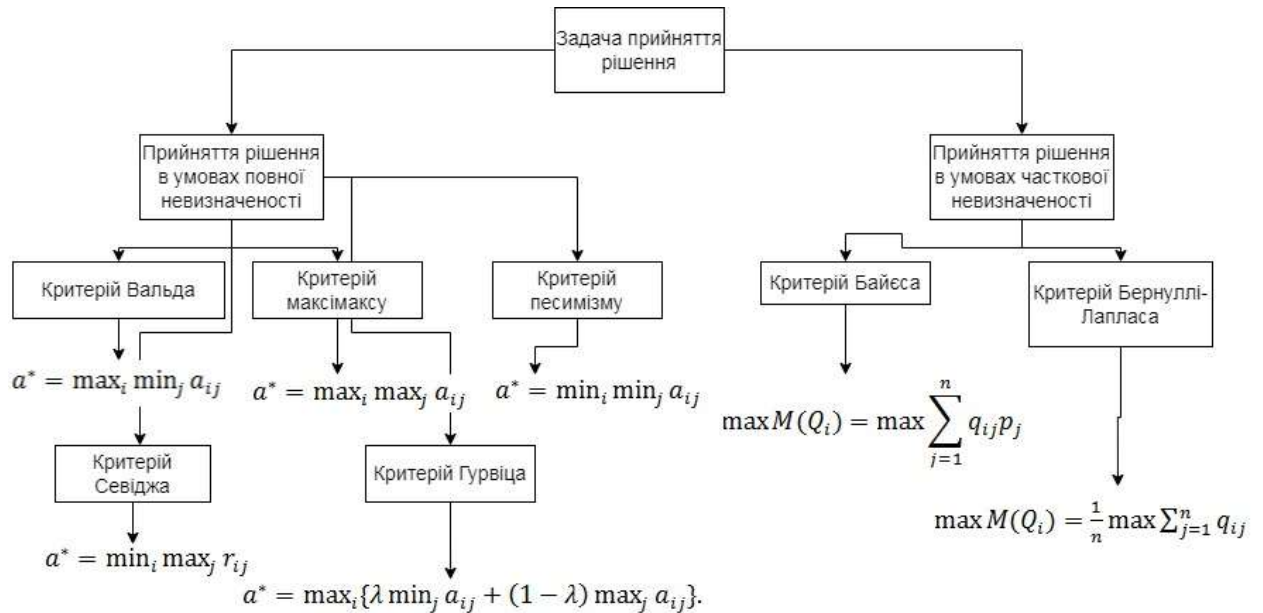


Рисунок А.1 – Блок-схема алгоритму

Додаток Б

Лістинг вихідного коду програмного продукту для розв'язання задач прийняття рішення в умовах повної та часткової невизначеності

Б.1 Головна сторінка з вибором групи та заповнення матриці гри

```

<?php
    include("run-core.php");
    $pageName = "Головна сторінка";
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
    <head>
        <meta charset="utf-8" />
        <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no" />
        <title><?=$pageName?></title>
        <link
                                rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-
Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
crossorigin="anonymous">
        <link
                                rel="stylesheet"
                                type="text/css"
href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:4
00,700|Material+Icons" />
        <link href="css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />
        <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.11.2/js/all.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>

    </head>
    <body>
        <?php if($_GET["group"] == "") { ?>
            <div class="container user-container">
                <div class="main-content">
                    <div class="row align-items-center justify-content-
center">
                        <div class="col-md-12 text-center">
                            <h3>Розв'язання задач прийняття
рішень</h3>
                        </div>
                        <div style="text-align: left; max-width: 700px;
margin-top: 20px;">
                            <span
                                style="margin-left:
30px;"></span><i class="fas fa-user"></i> Дана система є результатом магістерської

```

роботи студентки Запорізького національного університету, математичного факультету **Проценко Вікторії Олександрівни**.

<i class="fas fa-exclamation-circle"></i> Метою даного продукту є розв'язання задач прийняття рішення в умовах повної або часткової невизначеності. Для визначення категорії методів, які треба використовувати для розв'язку задачі, можете надати відповідь на питання, яке наведено нижче.

</div>
<div style="margin-top: 30px;" class="col-md-12 text-left">

<form action="" method="GET">
<div>Чи є у вас інформація про ймовірності стану природи? </div>

<div style="padding: 10px 0px 15px 0px;">

<div class="form-check">
<input class="form-check-input" type="radio" name="group" id="group-2" value="2" checked>
<label class="form-check-label" for="group-2">

Так, відома і матриця виграшу, і вектор ймовірностей станів природи

</label>
</div>
<div class="form-check">
<input class="form-check-input" type="radio" name="group" id="group-1" value="1">

<label class="form-check-label" for="group-1">

Ні, відома лише матриця виграшу

</label>
</div>

</div>
<div>

<button type="submit" class="btn btn-primary">Перейти до розв'язання</button>

</div>
</form>

</div>
</div>

</div>
</div>

<?php } else { ?>
<div class="container user-container">

<div class="main-content">
<div class="row align-items-center justify-content-

center">

<div class="col-md-12 text-center">
<?php
if(\$_GET["group"] == 1) {

```

        echo      '<h2>Прийняття
рішення в умовах повної невизначеності</h2>';
    } else {
        echo      '<h2>Прийняття
рішення в умовах часткової невизначеності</h2>';
    }
?>
</div>
</div>
<div class="input-size-form">
    <div class="row align-items-center justify-
content-center">
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="far fa-clone"></i>
            </div>
        </div>
        <div style="margin-top: 20px;" class="row align-
items-center justify-content-center">
            <div class="col-md-4 text-left">
                <div class="form-group">
                    <label for="m">Кількість
стратегій гравця A</label>
                    <input min="2" value="5"
type="number" name="m" class="form-control" id="m" placeholder="">
                </div>
            </div>
            <div class="col-md-4 text-left">
                <div class="form-group">
                    <label for="n">Стан
природи П</label>
                    <input min="2" value="5"
type="number" name="n" class="form-control" id="n" placeholder="">
                </div>
            </div>
            <div class="col-md-3 text-left"
style="max-width: 220px;">
                <div style="margin-top:
15px;"><button onClick="buildNet();" type="submit" class="btn btn-info">Побудувати
матрицю</button></div>
            </div>
            <div style="margin-top: -10px; margin-
bottom: 20px;">
                <small id="emailHelp"
class="form-text text-muted">Матриця виграшу А складається з елементів
а<small>ij</small>, що відображають виграш гравця для кожної комбінації.</small>
            </div>
        </div>
    </div>
    <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;
display: none;" class="input-value-form">

```



```

content-center">
    <div class="row align-items-center justify-
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="far fa-edit"></i>
        </div>
    </div>
    <div style="margin-top: 30px; " class="row
align-items-center justify-content-center">
    class="table-responsive">
        <div style="" id="horizontal-scroller"
            <table class="table" style="width:
                <tbody id="input-matrix-
                    </tbody>
            </table>
        </div>
    </div>
    <div class="row align-items-center justify-
content-center">
        <div class="col-md-6 text-center">
            <div class="form-group">
                <label for="type">Метод
                    <select
                        onchange="checkSelectMethod();" class="form-control" name="type" id="type">
                            <?php
                                if($_GET["group"] == 1) { ?>
                                    <option
                                        value="1">Критерій Вальда</option>
                                    <option
                                        value="2">Критерій максімакса</option>
                                    <option
                                        value="3">Критерій песимізму</option>
                                    <option
                                        value="4">Критерій Севіджа</option>
                                    <option
                                        value="5">Критерій песимізму-оптимізму Гурвіца</option>
                                <?php } else
                                    <option
                                        value="6">Критерій Байєса</option>
                                    <option
                                        value="7">Критерій Бернуллі-Лапласа</option>
                                <?php } ?>
                            </select>
                        </div>
                    </div>
                </div>
            <div class="row align-items-center justify-
content-center" id="lambda-form">
                <div class="col-md-6 text-center">

```

```

                                <div class="form-group">
                                  <label
for="lambda">Показник оптимізму  $\lambda$ </label>
                                <input      type="number"
min="0"    max="1"    step="0.1"    value="0"    class="form-control"    id="lambda"
name="number">
                                </div>
                                <div style="margin-top: -10px;
margin-bottom: 10px;" id="probability-natur-label">
                                  <b><i class="fas fa-
exclamation-triangle"></i> Пам'ятайте!</b><BR> Показник оптимізму  $\lambda$  повинен бути
більше або рівним 0 та менше або рівним одиниці!
                                  </div>
                                </div>
                                </div>
                                <div class="row align-items-center justify-
content-center" id="probability-nature-form">
                                  <div class="col-md-6 text-center">
                                    <div style="margin-bottom:
10px;">Вектор ймовірностей стану природи</div>
                                    <div style="" id="horizontal-
scroller" class="table-responsive">
                                      <table class="table"
style="width: auto; margin-left: auto; margin-right: auto;">
                                        <tbody
id="probability-nature"></tbody>
                                      </table>
                                    </div>
                                    <div style="margin-top: -10px;
margin-bottom: 10px;" id="probability-natur-label">
                                      <b><i class="fas fa-
exclamation-triangle"></i> Пам'ятайте!</b><BR> Один дріб - це один стовбчик.
Верхій ряд відповідає чисельникам, а нижчий - знаменникам. Сума дробів повинна
рівнятися одиниці. Без виконання цих умов система не почне розв'язання!
                                      </div>
                                    </div>
                                </div>
                                <div class="row align-items-center justify-
content-center" id="bernoulli-laplace-criterion-form">
                                  <div class="col-md-6 text-center">
                                    <div style="margin-bottom:
10px;">Вектор ймовірностей стану природи</div>
                                    <table class="table" style="width:
auto; margin-left: auto; margin-right: auto;">
                                      <tbody id="bernoulli-
laplace-criterion"></tbody>
                                    </table>
                                    <div style="margin-top: -10px;
margin-bottom: 10px;" id="probability-natur-label">
                                      В даному критерії вектор
ймовірностей генерується самостійно, зважаючи на те, що кожен стан природи є
рівноймовірним.

```



```

criterion.php";
6) {
criterion.php";
7) {
laplace-criterion.php";

$link = "hurwitz-
} else if($inquiry["type"] ==
$link = "bayesian-
} else if($inquiry["type"] ==
$link = "bernoulli-
}
?>
<div style="margin-top:
20px;" class="col-md-4 text-center" id="ip-<?=$ip["id"]?>">
<a class="btn btn-
danger" href="#" onClick="deletelp(<?=$ip["id"]?>); return false"><i class="fas fa-
trash"></i></a>
<a class="btn btn-
info" href="solutions/<?=$link?>?token=<?=$ip["inquiries_token"]?>"><i class="fas fa-
external-link-alt"></i> <?=$ip["date"]?></a>
</div>
<?php
$i++;
}
if($i == 0) {
echo '
<div class="col-md-
12 text-center">
<div
style="color: grey;">Тут буде показана історія Ваших розрахунків
</div>
';
}
?>
</div>
</div>
</div>
</div>
<?php } ?>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ApNbgh9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxxU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAjyUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>

```

```

<?php if($_GET["group"] != "") { ?>
<script>
    function checkSelectMethod() {
        var method = $('#type').val();
        if(method == 5) {
            $("#lambda-form").show();
        } else {
            $("#lambda-form").hide();
        }
        if(method == 6) {
            $("#probability-nature").html("");
            $("#bernoulli-laplace-criterion").html("");
            var draw= "";
            for (var m = 0; m < 2; m++) {
                draw += '<tr id="hov">';
                for (var n = 0; n < nSize; n++) {
                    if(localStorage.getItem('col-dr-' +
m + '-' + n) !== null) {
                        savedVaue =
localStorage.getItem('col-dr-' + m + '-' + n);
                    } else {
                        savedVaue = "";
                    }
                    draw += '<th id="col-dr-' + m + '-' +
+ n + '" style="width: 50px;" onInput="inputedDR(' + m + ', ' + n + ');" class="align-
middle" contenteditable="true" >' + savedVaue + '</th>';
                }
                draw += '</tr>';
            }
            $("#probability-nature").append(draw);
            $("#probability-nature-form").show();
        } else {
            $("#probability-nature-form").hide();
        }
        if(method == 7) {
            $("#probability-nature").html("");
            $("#bernoulli-laplace-criterion").html("");
            var draw = "";
            var val = "";
            for (var m = 0; m < 2; m++) {
                draw += '<tr id="hov">';
                for (var n = 0; n < nSize; n++) {
                    if(m == 0) {
                        val = 1;
                    } else {
                        val = nSize;
                    }
                    draw += '<th id="col-dr-' + m + '-' +
+ n + '" style="width: 50px;" onInput="inputedDR(' + m + ', ' + n + ');" class="align-
middle">' + val + '</th>';
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        draw += '</tr>';
    }
    $("#bernoulli-laplace-criterion").append(draw);
    $("#bernoulli-laplace-criterion-form").show();
} else {
    $("#bernoulli-laplace-criterion-form").hide();
}
}
checkSubmitButton();
}
function deleteIp(id) {
    var formData = new FormData();
    formData.append('id', id);
    $.ajax({
        url: "actions/delete-ip.php",
        type: 'POST',
        data: formData,
        async: true,
        success: function (res) {
            $("#ip-" + id).remove();
            if($("#ips-data").html().trim() == "") {
                $("#ips-data").html('<div
class="col-md-12 text-center"><div style="color: grey;">Тут буде показана історія
Ваших розрахунків</div>');
            }
        },
        cache: false,
        contentType: false,
        processData: false
    });
}
if (localStorage.getItem('nSize') !== null &&
localStorage.getItem('mSize') !== null) {
    var nSize = localStorage.getItem('nSize');
    var mSize = localStorage.getItem('mSize');
    var lambda = localStorage.getItem('lambda');
    if(lambda == "") {
        lambda = 0;
    }
    $("#n").val(nSize);
    $("#m").val(mSize);
    $("#lambda").val(lambda);
    buildNet();
} else {
    var nSize = 0;
    var mSize = 0;
    var lambda = 0;
}
function clearInputed() {
    localStorage.clear();
    var nSize = 0;
    var mSize = 0;
    $("#n").val("5");
}

```

```

$("#m").val("5");
$("#lambda").val("0");
$(".input-value-form").hide();
$('#submit-button').prop('disabled', true);
checkSelectMethod();
}
function buildNet() {
  if($("#n").val() < 2 || $("#m").val() < 2) {
    if($("#n").val() < 2) {
      $("#n").val("2");
    }
    if($("#m").val() < 2) {
      $("#m").val("2");
    }
    alert("Ширина або/та висота матриці не може
мати значення менше двох.");
    return false;
  }
  nSize = $("#n").val();
  mSize = $("#m").val();
  $("#input-matrix-form").html("");
  $(".input-value-form").show();
  localStorage.setItem('nSize', nSize);
  localStorage.setItem('mSize', mSize);
  var draw= "";
  for (var m = 0; m < mSize; m++) {
    draw += '<tr id="hov">';
    for (var n = 0; n < nSize; n++) {
      if(localStorage.getItem('col-' + m + '-' + n)
!= null) {
        savedVaue =
localStorage.getItem('col-' + m + '-' + n);
      } else {
        savedVaue = "";
      }
      draw += '<th id="col-' + m + '-' + n + "'
style="width: 50px;" onInput="inputed(' + m + ', ' + n + ');" class="align-middle"
contenteditable="true" >' + savedVaue + '</th>';
    }
    draw += '</tr>';
  }
  $("#input-matrix-form").append(draw);
  checkSubmitButton();
  checkSelectMethod();
}
function inputed(x, y) {
  var el = $("#col-" + x + "-" + y);
  if (!isNumeric(el.text()) && el.text() != "") {
    var num = el.text().replace(/D+/g, "");
    el.text(num);
    el.focus();
  }
}

```

```

setEndOfContenteditable(document.getElementById("col-" + x + "-" + y));
    } else {
        localStorage.setItem("col-" + x + "-" + y,
el.text());

        checkSubmitButton();
    }
}
function inputedDR(x, y) {
    var el = $("#col-dr-" + x + "-" + y);
    if (!isNumeric(el.text()) && el.text() != "") {
        var num = el.text().replace(/D+/g, "");
        el.text(num);
        el.focus();

setEndOfContenteditable(document.getElementById("col-dr-" + x + "-" + y));
    } else {
        localStorage.setItem("col-dr-" + x + "-" + y,
el.text());

        checkSubmitButton();
    }
}
var a;
function checkSubmitButton() {
    var allArray = [];
    var undis = 1;
    for (var m = 0; m < mSize; m++) {
        allArray[m] = [];
        for (var n = 0; n < nSize; n++) {
            allArray[m][n] = $("#col-" + m + "-" +
n).text();

            if($("#col-" + m + "-" + n).text() == "") {
                undis = 0;
            }
        }
    }
    var drArray = [];
    var undisDR = 1;
    if($('#type').val() == 6) {
        for (var m = 0; m < 2; m++) {
            drArray[m] = [];
            for (var n = 0; n < nSize; n++) {
                drArray[m][n] = $("#col-dr-" + m +
"- " + n).text();

                if($("#col-dr-" + m + "-" + n).text()
== "") {

                    undisDR = 0;
                }
            }
        }
    }
    var asn = 0;
    for (var n = 0; n < nSize; n++) {

```



```

        asn += drArray[0][n] / drArray[1][n];
    }
    if(asn >= 0.99 && asn <= 1) {
        undisDR = 1;
    } else {
        undisDR = 0;
    }
}
if($('#type').val() == 7) {
    for (var m = 0; m < 2; m++) {
        drArray[m] = [];
        for (var n = 0; n < nSize; n++) {
            drArray[m][n] = $("#col-dr-" + m +
"- " + n).text());
        }
    }
}
if(undis == 1 && undisDR == 1) {
    $('#submit-button').prop('disabled', false);
} else {
    $('#submit-button').prop('disabled', true);
}
a = JSON.stringify(allArray);
b = JSON.stringify(drArray);
}
function isNumeric(str) {
    if (typeof str != "string") return false;
    return !isNaN(str) && !isNaN(parseFloat(str));
}
function setEndOfContenteditable(contentEditableElement) {
    var range,selection;
    if(document.createRange) {
        range = document.createRange();
        range.selectNodeContents(contentEditableElement);
        range.collapse(false);
        selection = window.getSelection();
        selection.removeAllRanges();
        selection.addRange(range);
    } else if(document.selection) {
        range = document.body.createTextRange();
        range.moveToElementText(contentEditableElement);
        range.collapse(false);
        range.select();
    }
}
$('#type option[value=' + localStorage.getItem("type") +
']').prop('selected', true);
function sendQuery() {
    localStorage.setItem("type", $('#type').val());
    var l = $("#lambda").val();

```

```

        if(l > 1) l = 1;
        if(l < 0) l = 0;
        localStorage.setItem("lambda", l);
        var formData = new FormData();
        formData.append('json', a);
        formData.append('fractions', b);
        formData.append('type', $("#type").val());
        formData.append('lambda', $("#lambda").val());
        $.ajax({
            url: "actions/solution.php",
            type: 'POST',
            data: formData,
            async: true,
            success: function (res) {
                if($("#type").val() == 1) {
                    location.href = "solutions/waald-
criterion.php?token=" + res;
                } else if($("#type").val() == 2) {
                    location.href =
"solutions/maximax-criterion.php?token=" + res;
                } else if($("#type").val() == 3) {
                    location.href =
"solutions/pesimism-criterion.php?token=" + res;
                } else if($("#type").val() == 4) {
                    location.href = "solutions/sevidzh-
criterion.php?token=" + res;
                } else if($("#type").val() == 5) {
                    location.href = "solutions/hurwitz-
criterion.php?token=" + res;
                } else if($("#type").val() == 6) {
                    location.href =
"solutions/bayesian-criterion.php?token=" + res;
                } else if($("#type").val() == 7) {
                    location.href = "solutions/bernoulli-
laplace-criterion.php?token=" + res;
                }
            },
            cache: false,
            contentType: false,
            processData: false
        });
    }
    checkSelectMethod();
</script>
<?php } ?>
</body>
</html>

```

Б.2 Метод Вальда

```
<?php
```

```

include("../run-core.php");
$pageName = "Прийняття рішення в умовах повної невизначеності";
$row = $sqli->selectData("inquiries", "`token` = '{$_GET["token"]}'");
if($row["id"] == "") {
    die("An error occurred - No solution was found for this matrix!");
}
$json = json_decode($row["input"]);
function getAnswer($el, $array) {
    $answs = [];
    $i = 1;
    foreach($array as $a) {
        if($el == $a) {
            $answs[] = $i;
        }
        $i++;
    }
    return $answs;
}
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
    <head>
        <meta charset="utf-8" />
        <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-fit=no" />
        <title><?=$pageName?></title>
        <link
            href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
            integrity="sha384-
            Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
            crossorigin="anonymous"
            rel="stylesheet"
            type="text/css"
            href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:400,700|Material+Icons" />
        <link href="../css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />
        <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/font-awesome@5.11.2/js/all.min.js"
            crossorigin="anonymous"></script>
    </head>
    <body>
        <div class="container user-container">
            <div class="main-content">
                <div class="row align-items-center justify-content-center">
                    <div class="col-md-12 text-center">
                        <h2><?=$pageName?></h2>
                    </div>
                </div>
                <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
                    class="input-value-form">
                    <div class="row align-items-center justify-content-center">
                        <div class="col-md-12 text-center">

```

```

        <h4><i class="fas fa-table"></i> Вхідна
матриця</h4>
    </div>
</div>
<div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
    <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
        <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
            <tbody id="input-matrix-form">
                <?php
                    foreach($json as $n)
                        echo ' <tr
id="hov">';
                        foreach($n as
$m) {
                            echo
'<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
                        }
                        echo '</tr>';
                    }
                ?>
            </tbody>
        </table>
    </div>
    <div class="big-text">Для розв'язку даної
задачі застосуємо <a href="#" onClick="return false;" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModal">критерій Вальда</a></div>
</div>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
    <div class="row align-items-center justify-content-
center">
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="fas fa-table"></i>
Мінімальне значення</h4>
        </div>
    </div>
</div>
<div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
    <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
        <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
            <tbody id="input-matrix-form">
                <?php
                    $mansw = [];

```

```

count($json); $n++) {
    $json[$n][0];
    $m < count($json[$n]); $m++) {
        if($json[$n][$m] < $val) {
            $val = $json[$n][$m];
            $pos = $m+1;
        }
    }
    [$pos, $val];
}
$value) {
    $value[1];
    style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $value[1] . '</th>';
}
echo '</tr>';
}
echo '</tr>';
?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
</div>
<?php
    $ind = 0;
    $ans = $mansw[0][1];
    for($n = 0; $n < count($mansw); $n++) {
        if($ans < $mansw[$n][1]) {
            $ans = $mansw[$n][1];
            $ind = $n;
        }
    }
    $und = $ind + 1;
?>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
    <div class="row align-items-center justify-content-
center">
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="fas fa-table"></i>
Відповідь: <?=$mansw[$ind][1]?></h4>

```

```

        </div>
    </div>
    <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
        <div style="text-align: center;" id="horizontal-
scroller" class="table-responsive">
            <?php
                $answers
                =
                getAnswer($mansw[$ind][1], $tempo);
                if(count($answers) == 1) {
                    echo ' <div class="big-
text">Отже, керуючись правилом Вальда, варто вибрати A<small>' . $und . '</small>
альтернативу.</div>';
                } else {
                    $temp = "";
                    foreach($answers as $a) {
                        $temp .= "A<small
class='ind-num'>{$a}</small>, ";
                    }
                    $temp = substr($temp, 0, -
2);
                    echo ' <div class="big-
text">Правило Вальда не дає остаточного результату. Найбільш сприятливими
альтернативами є ' . $temp . ' </div>';
                }
            ?>
        </div>
    </div>
    </div>
    <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">
        <a href="<?=$config["directory"]?>?group=1"
id="submit-button" onClick="sendQuery();" type="submit" class="btn btn-
warning">Ввести нові значення</a>
    </div>
</div>
<div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1" role="dialog"
aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
    <div class="modal-dialog" role="document">
        <div class="modal-content">
            <div class="modal-header">
                <h5 class="modal-title"
id="exampleModalLabel">Довідка про критерій Вальда</h5>
                <button type="button" class="close" data-
dismiss="modal" aria-label="Close">
                    <span aria-
hidden="true">&times;</span>
            </div>
            <div class="modal-body">

```

Критерій Вальда - один із критеріїв прийняття рішення в умовах невизначеності. За критерієм Вальда за оптимальну приймається стратегія, яка в найгірших умовах гарантує максимальний виграш.

```

    </div>
    <div class="modal-footer">
      <button type="button" class="btn btn-info" data-
dismiss="modal">Закрити</button>
    </div>
  </div>
</div>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ApNbgh9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxxhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAjyUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>
</body>
</html>

```

Б.3 Метод максімаксу

```

<?php
include("../run-core.php");
$pageName = "Прийняття рішення в умовах повної невизначеності";
$row = $sqli->selectData("inquiries", "`token` = '{$_GET["token"]}'");
if($row["id"] == "") {
    die("An error occurred - No solution was found for this matrix!");
}
$json = json_decode($row["input"]);
function getAnswer($el, $array) {
    $answs = [];
    $i = 1;
    foreach($array as $a) {
        if($el == $a) {
            $answs[] = $i;
        }
        $i++;
    }
    return $answs;
}
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
    <head>
        <meta charset="utf-8" />
        <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-fit=no" />
        <title><?=$pageName?></title>
        <link
            href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
            integrity="sha384-
            Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
            crossorigin="anonymous"
            rel="stylesheet"
            type="text/css"
            href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:400,700|Material+Icons" />
        <link href=" ../css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />
        <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.11.2/js/all.min.js"
            crossorigin="anonymous"></script>
    </head>
    <body>
        <div class="container user-container">
            <div class="main-content">
                <div class="row align-items-center justify-content-center">
                    <div class="col-md-12 text-center">
                        <h2><?=$pageName?></h2>
                    </div>
                </div>
            </div>
        </div>
    </body>
</html>

```



```

        <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
        <div class="row align-items-center justify-content-
center">
                <div class="col-md-12 text-center">
                        <h4><i class="fas fa-table"></i> Вхідна
матриця</h4>
                </div>
        </div>
        <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
                <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
                        <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                                <tbody id="input-matrix-form">
                                        <?php
                                                foreach($json as $n)
                                                {
                                                        echo '<tr
id="hov">';
                                                        foreach($n as
$m) {
                                                                echo
'<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
                                                                }
                                                        echo '</tr>';
                                                }
                                        ?>
                                </tbody>
                                </table>
                                </div>
                                <div class="big-text">Для розв'язку даної
задачі застосуємо <a href="#" onClick="return false;" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModal">критерій максімаксу</a></div>
                                </div>
                                <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
                                <div class="row align-items-center justify-content-
center">
                                        <div class="col-md-12 text-center">
                                                <h4><i class="fas fa-table"></i>
Максимальні значення</h4>
                                        </div>
                                </div>
                                <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
                                        <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
                                                <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">

```

```

count($json); $n++) {
    $json[$n][0];
    $m < count($json[$n]); $m++) {
        if($json[$n][$m] > $val) {
            $val = $json[$n][$m];
            $pos = $m+1;
        }
    }
    [$pos, $val];
}
$value) {
    $value[1];
    style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $value[1] . '</th>';
}
echo '</tr>';
?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
<?php
    $ind = 0;
    $ans = $mansw[0][1];
    for($n = 0; $n < count($mansw); $n++) {
        if($ans < $mansw[$n][1]) {
            $ans = $mansw[$n][1];
            $ind = $n;
        }
    }
    $und = $ind + 1;
?>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
<div class="row align-items-center justify-content-
center">
<tbody id="input-matrix-form">
<?php
    $mansw = [];
    for($n = 0; $n <
        $pos = 1;
        $val =
        for($m = 0;
            }
        }
        $mansw[] =
    }
    $tempo = [];
    echo '<tr id="hov">';
    foreach($mansw as
        $tempo[] =
        echo '<th
    }
    echo '</tr>';
?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
<?php
    $ind = 0;
    $ans = $mansw[0][1];
    for($n = 0; $n < count($mansw); $n++) {
        if($ans < $mansw[$n][1]) {
            $ans = $mansw[$n][1];
            $ind = $n;
        }
    }
    $und = $ind + 1;
?>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
<div class="row align-items-center justify-content-
center">

```

```

        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="fas fa-table"></i>
Відповідь: <?=$mansw[$ind][1]?></h4>
        </div>
    </div>
    <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
        <div style="text-align: center;" id="horizontal-
scroller" class="table-responsive">
            <?php
                $answers =
getAnswer($mansw[$ind][1], $tempo);
                if(count($answers) == 1) {
                    echo '<div class="big-
text">Отже, керуючись правилом максімаксу, варто вибрати A<small>' . $und .
'</small> альтернативу.</div>';
                } else {
                    $temp = "";
                    foreach($answers as $a) {
                        $temp .= "A<small
class='ind-num'>{$a}</small>, ";
                    }
                    $temp = substr($temp, 0, -
2);
                    echo '<div class="big-
text">Правило максімаксу не дає остаточного результату. Найбільш сприятливими
альтернативами є ' . $temp . ' </div>';
                }
            ?>
        </div>
    </div>
    </div>
    <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">
        <a href="<?=$config["directory"]?>?group=1"
id="submit-button" onClick="sendQuery();" type="submit" class="btn btn-
warning">Ввести нові значення</a>
    </div>
</div>
<div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1" role="dialog"
aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
    <div class="modal-dialog" role="document">
        <div class="modal-content">
            <div class="modal-header">
                <h5 class="modal-title"
id="exampleModalLabel">Довідка про критерій максімаксу</h5>
                <button type="button" class="close" data-
dismiss="modal" aria-label="Close">
                    <span aria-
hidden="true">&times;</span>
                </button>
            </div>
        </div>
    </div>

```

```

        <div class="modal-body">
            Критерій максімаксу - один із критеріїв
            прийняття рішення в умовах невизначеності. За критерієм максімакса за
            оптимальну приймається стратегія, яка передбачає отримання максимально
            можливого виграшу.
        </div>
        <div class="modal-footer">
            <button type="button" class="btn btn-info" data-
dismiss="modal">Закрити</button>
        </div>
    </div>
</div>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ApNbgh9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxxhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAyjUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>
</body>
</html>

```

Б.4 Метод песимізму

```

<?php
include("../run-core.php");
$pageName = "Прийняття рішення в умовах повної невизначеності";
$row = $sql->selectData("inquiries", "`token` = '{$_GET["token"]}'");
if($row["id"] == "") {
    die("An error occurred - No solution was found for this matrix!");
}
$json = json_decode($row["input"]);
function getAnswer($el, $array) {
    $answs = [];
    $i = 1;
    foreach($array as $a) {
        if($el == $a) {
            $answs[] = $i;
        }
        $i++;
    }
    return $answs;
}
?>

```

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8" />
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no" />
    <title><?=$pageName?></title>
    <link
                                                                    rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-
Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
crossorigin="anonymous">
    <link
                                                                    rel="stylesheet"
                                                                    type="text/css"
href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:4
00,700|Material+Icons" />
    <link href=" ../css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />
    <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.11.2/js/all.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
  </head>
  <body>
    <div class="container user-container">
      <div class="main-content">
        <div class="row align-items-center justify-content-center">
          <div class="col-md-12 text-center">
            <h2><?=$pageName?></h2>
          </div>
        </div>
        <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
          <div class="row align-items-center justify-content-
center">
            <div class="col-md-12 text-center">
              <h4><i class="fas fa-table"></i> Вхідна
матриця</h4>
            </div>
          </div>
          <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
            <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
              <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                <tbody id="input-matrix-form">
                  <?php
                    foreach($json as $n)
                    {
                      echo ' <tr
id="hov">';
                      foreach($n as
                    $m) {

```

```

'<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
}
echo '</tr>';
}
?>
</tbody>
</table>
</div>
<div class="big-text">Для розв'язку даної
задачі застосуємо <a href="#" onClick="return false;" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModal">критерій песимізму</a></div>
</div>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
<div class="row align-items-center justify-content-
center">
<div class="col-md-12 text-center">
<h4><i class="fas fa-table"></i>
Мінімальні значення</h4>
</div>
</div>
<div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
<div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
<table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
<tbody id="input-matrix-form">
<?php
$mansw = [];
for($n = 0; $n <
count($json); $n++) {
    $pos = 1;
    $val =
    for($m = 0;
    }
    $mansw[] =
[$pos, $val];
}
$tempo = [];
echo '<tr id="hov">';

```

```

$value) {
    $value[1];
    style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $value[1] . '</th>';
    foreach($mansw as
        $tempo[] =
        echo '<th
    }
    echo '</tr>';
}
?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
<?php
    $ind = 0;
    $ans = $mansw[0][1];
    for($n = 0; $n < count($mansw); $n++) {
        if($ans > $mansw[$n][1]) {
            $ans = $mansw[$n][1];
            $ind = $n;
        }
    }
    $und = $ind + 1;
?>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
    <div class="row align-items-center justify-content-
center">
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="fas fa-table"></i>
Відповідь: <?=$mansw[$ind][1]?></h4>
        </div>
    </div>
    <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
        <div style="text-align: center;" id="horizontal-
scroller" class="table-responsive">
            <?php
                $answers =
                getAnswer($mansw[$ind][1], $tempo);
                if(count($answers) == 1) {
                    echo '<div class="big-
text">Отже, керуючись правилом песимізму, варто вибрати A<small>' . $und .
'</small> альтернативу.</div>';
                } else {
                    $temp = "";
                    foreach($answers as $a) {
                        $temp .= "A<small
class='ind-num'>{$a}</small>, ";
                    }

```

```

2);
$Temp = substr($Temp, 0, -
echo '<div class="big-
text">Правило песимізму не дає остаточного результату. Найбільш сприятливими
альтернативами є ' . $Temp . ' </div>';
}
?>
</div>
</div>
</div>
<div style="text-align: center; margin-top: 20px;">
<a href="<?=$config["directory"]?>?group=1"
id="submit-button" onClick="sendQuery();" type="submit" class="btn btn-
warning">Ввести нові значення</a>
</div>
</div>
<div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1" role="dialog"
aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
<div class="modal-dialog" role="document">
<div class="modal-content">
<div class="modal-header">
<h5 class="modal-title"
id="exampleModalLabel">Довідка про критерій песимізму</h5>
<button type="button" class="close" data-
dismiss="modal" aria-label="Close">
<span aria-
hidden="true">&times;</span>
</button>
</div>
<div class="modal-body">
Критерій песимізму - один із критеріїв
прийняття рішення в умовах невизначеності. За критерієм песимізму обирається
той варіант рішення, який мінімізує мінімальні виграші для кожного варіанта
ситуації.
</div>
<div class="modal-footer">
<button type="button" class="btn btn-info" data-
dismiss="modal">Закрити</button>
</div>
</div>
</div>
</div>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ApNbgh9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxxU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"

```



```

integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAjyUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>
</body>
</html>

```

Б.5 Метод Севіджа

```

<?php
include("../run-core.php");
$pageName = "Прийняття рішення в умовах повної невизначеності";
$row = $sqli->selectData("inquiries", "`token` = '{$_GET["token"]}'");
if($row["id"] == "") {
    die("An error occurred - No solution was found for this matrix!");
}
$json = json_decode($row["input"]);
function getAnswer($el, $array) {
    $answs = [];
    $i = 1;
    foreach($array as $a) {
        if($el == $a) {
            $answs[] = $i;
        }
        $i++;
    }
    return $answs;
}
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
<meta charset="utf-8" />
<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no" />
<title><?=$pageName?></title>
<link
rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-
Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
crossorigin="anonymous">
<link
rel="stylesheet"
type="text/css"
href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:4
00,700|Material+Icons" />
<link href="../css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />
<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.11.2/js/all.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
</head>
<body>
<div class="container user-container">

```

```

<div class="main-content">
  <div class="row align-items-center justify-content-center">
    <div class="col-md-12 text-center">
      <h2><?=$pageName?></h2>
    </div>
  </div>
  <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
  <div class="row align-items-center justify-content-
center">
    <div class="col-md-12 text-center">
      <h4><i class="fas fa-table"></i> Вхідна
матриця</h4>
    </div>
  </div>
  <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
class="table-responsive">
    <div style="" id="horizontal-scroller"
    <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
      <tbody id="input-matrix-form">
        <?php
          $orig =
json_decode($row["original"]);
          foreach($orig as $n)
          {
            echo '<tr
id="hov">';
            foreach($n as
$m) {
              echo
'<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
            }
            echo '</tr>';
          }
        ?>
      </tbody>
    </table>
  </div>
  <div class="big-text">Для розв'язку даної
задачі застосуємо <a href="#" onClick="return false;" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModal">критерій Севіджа</a></div>
  </div>
  <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
  <div class="row align-items-center justify-content-
center">
    <div class="col-md-12 text-center">
      <h4><i class="fas fa-table"></i>
Матриця ризиків</h4>

```



```

        if($json[$n][$m] > $val) {
            $val = $json[$n][$m];
            $pos = $m+1;
        }
    }
    $mansw[] =
[$pos, $val];
}
$tempo = [];
echo '<tr id="hov">';
foreach($mansw as
    $tempo[] =
    echo '<th
$value) {
    $value[1];
    style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $value[1] . '</th>';
}
echo '</tr>';
?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
</div>
<?php
    $ind = 0;
    $ans = $mansw[0][1];
    for($n = 0; $n < count($mansw); $n++) {
        if($ans > $mansw[$n][1]) {
            $ans = $mansw[$n][1];
            $ind = $n;
        }
    }
    $und = $ind + 1;
?>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
    <div class="row align-items-center justify-content-
center">
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="fas fa-table"></i>
Відповідь: <?=$mansw[$ind][1]?></h4>
        </div>
    </div>
    <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
        <div style="text-align: center;" id="horizontal-
scroller" class="table-responsive">
            <?php

```

```

getAnswer($manswer[$ind][1], $tempo);
text">Отже, керуючись правилом Севіджа, варто вибрати A<small>' . $und .
'</small> альтернативу.</div>';
class='ind-num'>{ $a}</small>, ";
2);
text">Правило Севіджа не дає остаточного результату. Найбільш сприятливими
альтернативами є ' . $temp . ' </div>';
}
?>
</div>
</div>
</div>
<div style="text-align: center; margin-top: 20px;">
<a href="<?=$config["directory"]?>?group=1"
id="submit-button" onClick="sendQuery();" type="submit" class="btn btn-
warning">Ввести нові значення</a>
</div>
</div>
</div>
<div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1" role="dialog"
aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
<div class="modal-dialog" role="document">
<div class="modal-content">
<div class="modal-header">
<h5 id="exampleModalLabel">Довідка про критерій Севіджа</h5>
<button type="button" class="close" data-
dismiss="modal" aria-label="Close">
<span aria-
hidden="true">&times;</span>
</button>
</div>
<div class="modal-body">
Критерій Севіджа - один із критеріїв
прийняття рішення в умовах невизначеності. За критерієм Севіджа мінімізується
максимально можливі втрати.
</div>
<div class="modal-footer">
<button type="button" class="btn btn-info" data-
dismiss="modal">Закрити</button>
</div>
</div>
</div>

```

```

        </div>
    </div>
    <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ApNbgH9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAyjUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>
    </body>
</html>

```

Б.6 Метод оптимізму-песимізму Гурвіца

```

<?php
include("../run-core.php");
$pageName = "Прийняття рішення в умовах повної невизначеності";
$row = $sqli->selectData("inquiries", "`token` = '{$_GET["token"]}'");
if($row["id"] == "") {
    die("An error occurred - No solution was found for this matrix!");
}
$json = json_decode($row["input"]);
function getAnswer($el, $array) {
    $answs = [];
    $i = 1;
    foreach($array as $a) {
        if($el == $a) {
            $answs[] = $i;
        }
        $i++;
    }
    return $answs;
}
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
    <head>
        <meta charset="utf-8" />
        <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no" />
        <title><?=$pageName?></title>
        <link
                                rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-

```

```

Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
crossorigin="anonymous">
    <link rel="stylesheet" type="text/css"
href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:4
00,700|Material+Icons" />
    <link href=" ../css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />
    <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.11.2/js/all.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
</head>
<body>
    <div class="container user-container">
        <div class="main-content">
            <div class="row align-items-center justify-content-center">
                <div class="col-md-12 text-center">
                    <h2><?=$pageName?></h2>
                </div>
            </div>
            <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
                <div class="row align-items-center justify-content-
center">
                    <div class="col-md-12 text-center">
                        <h4><i class="fas fa-table"></i> Вхідна
матриця</h4>
                    </div>
                </div>
                <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
                    <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
                        <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                            <tbody id="input-matrix-form">
                                <?php
                                    foreach($json as $n)
                                    {
                                        echo '<tr
id="hov">';
                                        foreach($n as
                                        $m) {
                                            echo
                                            '
<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
                                        }
                                        echo '</tr>';
                                    }
                                ?>
                            </tbody>
                        </table>
                    </div>
                    <div class="big-text">Для розв'язку даної
задачі застосуємо <a href="#" onClick="return false;" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModal">критерій песимізму-оптимізму Гурвіца</a></div>

```

```

        </div>
    </div>
    <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
        <div class="row align-items-center justify-content-
center">
            <div class="col-md-12 text-center">
                <h4><i class="fas fa-table"></i> Лінійна
комбінація мінімального і максимального виграшу</h4>
            </div>
        </div>
        <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
            <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
                <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                    <tbody id="input-matrix-form">
                        <?php
                            $mins = [];
                            for($n = 0; $n <
count($json); $n++) {
                                $pos = 1;
                                $val =
                                for($m = 0;
                                }
                                $mins[] = $val;
                            }
                            $maxes = [];
                            for($n = 0; $n <
count($json); $n++) {
                                $pos = 1;
                                $val =
                                for($m = 0;
                                }
                                $maxes[] =
                                $val;

```



```

count($maxes); $n++) {
    round(($row["lambda"] * $mins[$n]) + ((1-$row["lambda"]) * $maxes["$n"]), 1);
    [$pos, $val];
}
$tempsw = [];
echo '<tr id="hov">';
foreach($mansw as
    $tempo[] =
    echo '<th
style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $value[1] . '</th>';
}
echo '</tr>';
?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
</div>
<?php
    $ind = 0;
    $ans = $mansw[0][1];
    for($n = 0; $n < count($mansw); $n++) {
        if($ans < $mansw[$n][1]) {
            $ans = $mansw[$n][1];
            $ind = $n;
        }
    }
    $und = $ind + 1;
?>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
    <div class="row align-items-center justify-content-
center">
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="fas fa-table"></i>
Відповідь: <?=$mansw[$ind][1]?></h4>
        </div>
    </div>
    <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
        <div style="text-align: center;" id="horizontal-
scroller" class="table-responsive">
            <?php

```

```

getAnswer($mansw[$ind][1], $tempo);
class='ind-num'>{ $a }</small>, ";
2);
text">Отже, керуючись критерієм песимізму-оптимізму Гурвіца, варто вибрати
A<small> . $und . '</small> альтернативу.</div>';
} else {
    $temp = "";
    foreach($answers as $a) {
        $temp .= "A<small
    }
    $temp = substr($temp, 0, -
    echo '<div class="big-
text">Критерій песимізму-оптимізму Гурвіца не дає остаточного результату.
Найбільш сприятливими альтернативами є ' . $temp . ' </div>';
}
?>
</div>
</div>
</div>
<div style="text-align: center; margin-top: 20px;">
    <a href="<?=$config["directory"]?>?group=1"
id="submit-button" onClick="sendQuery();" type="submit" class="btn btn-
warning">Ввести нові значення</a>
    </div>
</div>
</div>
<div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1" role="dialog"
aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
    <div class="modal-dialog" role="document">
        <div class="modal-content">
            <div class="modal-header">
                <h5 class="modal-title"
id="exampleModalLabel">Довідка про критерій песимізму-оптимізму Гурвіца</h5>
                <button type="button" class="close" data-
dismiss="modal" aria-label="Close">
                    <span aria-
hidden="true">&times;</span>
                </button>
            </div>
            <div class="modal-body">
                Критерій песимізму-оптимізму Гурвіца - один
із критеріїв прийняття рішень в умовах повної невизначеності. Цей критерій дає
середній результат, стан між крайнім песимізмом і крайнім оптимізмом.
            </div>
            <div class="modal-footer">
                <button type="button" class="btn btn-info" data-
dismiss="modal">Закрити</button>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>

```

```

        </div>
    </div>
    <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ApNbgH9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAyjUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>
    </body>
</html>

```

Б.7 Метод Байєра

```

<?php
include("../run-core.php");
$pageName = "Прийняття рішення в умовах часткової невизначеності";
$row = $sqli->selectData("inquiries", "`token` = '{$_GET["token"]}'");
if($row["id"] == "") {
    die("An error occurred - No solution was found for this matrix!");
}
$json = json_decode($row["input"]);
function getAnswer($el, $array) {
    $answs = [];
    $i = 1;
    foreach($array as $a) {
        if($el == $a) {
            $answs[] = $i;
        }
        $i++;
    }
    return $answs;
}
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
    <head>
        <meta charset="utf-8" />
        <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no" />
        <title><?=$pageName?></title>
        <link
                                rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-

```

```

Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
crossorigin="anonymous">
    <link rel="stylesheet" type="text/css"
href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:4
00,700|Material+Icons" />
    <link href=" ../css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />
    <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.11.2/js/all.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
</head>
<body>
    <div class="container user-container">
        <div class="main-content">
            <div class="row align-items-center justify-content-center">
                <div class="col-md-12 text-center">
                    <h2><?=$pageName?></h2>
                </div>
            </div>
            <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
                <div class="row align-items-center justify-content-
center">
                    <div class="col-md-12 text-center">
                        <h4><i class="fas fa-table"></i> Вхідна
матриця</h4>
                    </div>
                </div>
                <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
                    <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
                        <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                            <tbody id="input-matrix-form">
                                <?php
                                    foreach($json as $n)
                                    {
                                        echo '<tr
id="hov">';
                                        foreach($n as
                                        $m) {
                                            echo
                                            '
<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
                                        }
                                        echo '</tr>';
                                    }
                                ?>
                            </tbody>
                        </table>
                    </div>
                    <div class="big-text">Для розв'язку даної
задачі застосуємо <a href="#" onClick="return false;" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModal">критерій Байєса</a></div>

```

```

        </div>
    </div>
    <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
        <div class="row align-items-center justify-content-
center">
            <div class="col-md-12 text-center">
                <h4><i class="fas fa-table"></i> Вектор
ймовірностей стану природи</h4>
            </div>
        </div>
        <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
            <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
                <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                    <tbody id="input-matrix-form">
                        <?php
                            $fractions =
json_decode($row["fractions"]);
                            foreach($fractions as
                                $n) {
                                    echo '<tr
id="hov">';
                                    foreach($n as
                                        $m) {
                                            echo
'<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
                                        }
                                    echo '</tr>';
                                }
                            ?>
                        </tbody>
                    </table>
                </div>
            </div>
        </div>
    <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
        <div class="row align-items-center justify-content-
center">
            <div class="col-md-12 text-center">
                <h4><i class="fas fa-table"></i>
Середній очікуваний виграш</h4>
            </div>
        </div>
        <div style="margin-top: 15px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
            <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">

```

```

margin-left: auto; margin-right: auto;">
        <table class="table" style="width: auto;
        <tbody id="input-matrix-form">
            <?php
                $manswRes = [];
                for($n = 0; $n <
                    count($json); $n++) {
                        $val = [];
                        for($m = 0;
                            $m < count($json[$n]); $m++) {
                                $t =
                                    $json[$n][$m] * $fractions[0][$m];
                                $val[] =
                                    $t;
                            }
                        $manswRes[]
                            = $val;
                    }
                $tempo = [];
                echo '<tr id="hov"
                    style="">';
                    $i = 1;
                    foreach($manswRes
                        as $value) {
                            echo '<th
                                style="border-left: 1px solid white; border-top: 1px solid white; border-right: 1px solid
                                white; width: 50px;" class="align-middle" >M(Q' . $i . ')</th>';
                                $i ++;
                            }
                        echo '</tr>';
                        echo '<tr id="hov">';
                        foreach($manswRes
                            as $value) {
                                $tempo[] =
                                    array_sum($value);
                                $mansw[] =
                                    [$pos, array_sum($value)];
                                echo '<th
                                    style="width: 50px;" class="align-middle" >' . array_sum($value) . '</th>';
                                    }
                                echo '</tr>';
                                echo '<tr id="hov">';
                                foreach($manswRes
                                    as $value) {
                                        echo '<th
                                            style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $fractions[1][0] . '</th>';
                                            }
                                        echo '</tr>';
                                    }
                                ?>
                            </tbody>
                        </table>

```

```

        </div>
    </div>
</div>
<?php
    $ind = 0;
    $ans = $mansw[0][1];
    for($n = 0; $n < count($mansw); $n++) {
        if($ans < $mansw[$n][1]) {
            $ans = $mansw[$n][1];
            $ind = $n;
        }
    }
    $und = $ind + 1;
?>
<div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
    <div class="row align-items-center justify-content-
center">
        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4>
                <div style="display: inline-block;
vertical-align: middle;">
                    <i class="fas fa-table"></i>
Максимальний середній очікуваний виграш:
                </div>
                <div style="display: inline-block;
vertical-align: middle; margin-left: 10px;" >
                    <div style="padding-bottom:
3px; border-bottom: 3px solid #2b3036;">
                        <?=$mansw[$ind][1]?>
                    </div>
                </div>
            </h4>
        </div>
    </div>
<div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
    <div style="text-align: center;" id="horizontal-
scroller" class="table-responsive">
        <?php
            $answers =
getAnswer($mansw[$ind][1], $tempo);
            if(count($answers) == 1) {
                echo '<div class="big-
text">Отже, керуючись критерієм Байеса, варто вибрати A<small>' . $und . '</small>
альтернативу.</div>';
            } else {
                $temp = "";

```

```

class='ind-num'>{ $a }</small>, ";
2);
text">Критерій Байєса не дає остаточного результату. Найбільш сприятливими
альтернативами є ' . $temp . ' </div>;
}
?>
</div>
</div>
</div>
<div style="text-align: center; margin-top: 20px;">
  <a href="<?=$config["directory"]?>?group=2"
id="submit-button" onClick="sendQuery();" type="submit" class="btn btn-
warning">Ввести нові значення</a>
</div>
</div>
</div>
<div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1" role="dialog"
aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
  <div class="modal-dialog" role="document">
    <div class="modal-content">
      <div class="modal-header">
        <h5 class="modal-title"
id="exampleModalLabel">Довідка про критерій Байєса</h5>
        <button type="button" class="close" data-
dismiss="modal" aria-label="Close">
          <span aria-
hidden="true">&times;</span>
        </button>
      </div>
      <div class="modal-body">
        Критерій Байєса - один із критеріїв прийняття
        рішень в умовах часткової невизначеності, що орієнтується на максимізацію
        середнього очікуваного виграшу. Саме тому критерій також називають критерієм
        максимуму середнього виграшу.
      </div>
      <div class="modal-footer">
        <button type="button" class="btn btn-info" data-
dismiss="modal">Закрити</button>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
</div>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-

```



```

ApNbgH9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxBhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAyjUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>
    </body>
</html>

```

Б.8 Метод Бернуллі-Лапласа

```

<?php
include("../run-core.php");
$pageName = "Прийняття рішення в умовах часткової невизначеності";
$row = $sqli->selectData("inquiries", "`token` = '{$_GET["token"]}'");
if($row["id"] == "") {
    die("An error occurred - No solution was found for this matrix!");
}
$json = json_decode($row["input"]);
function getAnswer($el, $array) {
    $answs = [];
    $i = 1;
    foreach($array as $a) {
        if($el == $a) {
            $answs[] = $i;
        }
        $i++;
    }
    return $answs;
}
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
    <head>
        <meta charset="utf-8" />
        <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge" />
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no" />
        <title><?=$pageName?></title>
        <link
                                rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-
Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm"
crossorigin="anonymous">
                                <link
                                rel="stylesheet"
                                type="text/css"
href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:300,400,500,700|Roboto+Slab:4
00,700|Material+Icons" />
                                <link href="../css/styles.css?<?=rand()?>" rel="stylesheet" />

```

```

<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.11.2/js/all.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
</head>
<body>
    <div class="container user-container">
        <div class="main-content">
            <div class="row align-items-center justify-content-center">
                <div class="col-md-12 text-center">
                    <h2><?=$pageName?></h2>
                </div>
            </div>
            <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
                <div class="row align-items-center justify-content-
center">
                    <div class="col-md-12 text-center">
                        <h4><i class="fas fa-table"></i> Вхідна
матриця</h4>
                    </div>
                </div>
                <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
                    <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
                        <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                            <tbody id="input-matrix-form">
                                <?php
                                    foreach($json as $n)
                                    {
                                        echo '<tr
id="hov">';
                                        foreach($n as
                                        $m) {
                                            echo
                                            '
<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
                                        }
                                        echo '</tr>';
                                    }
                                ?>
                            </tbody>
                        </table>
                    </div>
                    <div class="big-text">Для розв'язку даної
задачі застосуємо <a href="#" onClick="return false;" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModal">критерій Бернуллі-Лапласа</a></div>
                </div>
            </div>
            <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
                <div class="row align-items-center justify-content-
center">

```

```

        <div class="col-md-12 text-center">
            <h4><i class="fas fa-table"></i> Вектор
ймовірностей стану природи</h4>
        </div>
    </div>
    <div style="margin-top: 30px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
        <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
            <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                <tbody id="input-matrix-form">
                    <?php
                        $fractions =
json_decode($row["fractions"]);
                        foreach($fractions as
$n) {
                            echo ' <tr
id="hov">';
                            foreach($n as
$m) {
                                echo
'<th style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $m . '</th>';
                            }
                            echo '</tr>';
                        }
                    ?>
                </tbody>
            </table>
        </div>
    </div>
    <div style="padding-left: 15px; padding-right: 15px;"
class="input-value-form">
        <div class="row align-items-center justify-content-
center">
            <div class="col-md-12 text-center">
                <h4><i class="fas fa-table"></i>
Середній очікуваний виграш</h4>
            </div>
        </div>
    <div style="margin-top: 15px; " class="row align-items-
center justify-content-center">
        <div style="" id="horizontal-scroller"
class="table-responsive">
            <table class="table" style="width: auto;
margin-left: auto; margin-right: auto;">
                <tbody id="input-matrix-form">
                    <?php
                        $manswRes = [];

```

```

count($json); $n++) {
    $m < count($json[$n]); $m++) {
        $json[$n][$m] * $fractions[0][$m];
        $t;
        = $val;
        style="">';
        as $value) {
            style="border-left: 1px solid white; border-top: 1px solid white; border-right: 1px solid
            white; width: 50px;" class="align-middle" >M(Q' . $i . ')</th>';
        as $value) {
            array_sum($value);
            [$pos, array_sum($value)];
            style="width: 50px;" class="align-middle" >' . array_sum($value) . '</th>';
        as $value) {
            style="width: 50px;" class="align-middle" >' . $fractions[1][0] . '</th>';
        }
    }
}
$ans = $mansw[0][1];
}
$tempo = [];
echo '<tr id="hov"
$i = 1;
foreach($manswRes
    echo '<th
    $i ++;
}
echo '</tr>';
echo '<tr id="hov">';
foreach($manswRes
    $tempo[] =
    $mansw[] =
    echo '<th
    }
    echo '</tr>';
    echo '<tr id="hov">';
    foreach($manswRes
        echo '<th
        }
        echo '</tr>';
    }
}
?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
</div>
<?php
$ind = 0;
$ans = $mansw[0][1];

```



```

        echo ' <div class="big-
text">Критерій Бернуллі-Лапласа не дає остаточного результату. Найбільш
сприятливими альтернативами є ' . $temp . ' </div>';
    }
    ?>
    </div>
    </div>
    </div>
    <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">
        <a href="<?=$config["directory"]?>?group=2"
id="submit-button" onClick="sendQuery();" type="submit" class="btn btn-
warning">Ввести нові значення</a>
    </div>
    </div>
    </div>
    <div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1" role="dialog"
aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
        <div class="modal-dialog" role="document">
            <div class="modal-content">
                <div class="modal-header">
                    <h5 class="modal-title"
id="exampleModalLabel">Довідка про критерій Бернуллі-Лапласа</h5>
                    <button type="button" class="close" data-
dismiss="modal" aria-label="Close">
                        <span aria-
hidden="true">&times;</span>
                    </button>
                </div>
                <div class="modal-body">
                    Критерій Бернуллі-Лапласа - це критерій
розв'язання задачі в умовах часткової невизначеності. Цей критерій рішення
знаходить альтернативу з найвищим середнім виграшем.
                </div>
                <div class="modal-footer">
                    <button type="button" class="btn btn-info" data-
dismiss="modal">Закрити</button>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
    </div>
    <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ApNbgH9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAjyUar5+76PVCmYI"
crossorigin="anonymous"></script>

```

```

</body>
</html>

```

Б.9 Отримання вхідних даних та збереження їх в БД

```

<?php
include("../run-core.php");
if($_POST["lambda"] < 0) $_POST["lambda"] = 0;
if($_POST["lambda"] > 1) $_POST["lambda"] = 1;
$_POST["lambda"] = round($_POST["lambda"], 1);
$query = "original` = CAST('{$_POST["json"]}' AS JSON) AND `type` =
{$_POST["type"]} AND `lambda` = {$_POST["lambda"]}";
if($_POST["type"] == 6) {
    $query .= " AND `fractions` = CAST('{$_POST["fractions"]}' AS JSON)";
}
$json = $sqli->selectData("inquiries", $query);
if($json["id"] == "") {
    $token = substr(md5($_POST["json"] . time()), 0, 25);
    $original = $_POST["json"];
    $input = $_POST["json"];
    if($_POST["type"] == 4) {
        $json = json_decode($_POST["json"]);
        $transponse = arrayTranspose($json);
        $mansw = [];
        for($n = 0; $n < count($transponse); $n++) {
            $val = $transponse[$n][0];
            for($m = 0; $m < count($transponse[$n]); $m++) {
                if($transponse[$n][$m] > $val) {
                    $val = $transponse[$n][$m];
                }
            }
            $mansw[] = $val;
        }
        $array2 = $transponse;
        for($n = 0; $n < count($array2); $n++) {
            for($m = 0; $m < count($array2[$n]); $m++) {
                $array2[$n][$m] = $mansw[$n] - $array2[$n][$m];
            }
        }
        $input = json_encode(arrayTranspose($array2));
    }
    $id = $sqli->insertData("inquiries", [
        "token" => $token,
        "input" => $input,
        "original" => $original,
        "type" => $_POST["type"],
        "lambda" => $_POST["lambda"],
        "fractions" => $_POST["fractions"],
    ]);
} else {

```

```

        $id = $json["id"];
        $token = $json["token"];
    }
    $sqli->insertData("ips", [
        "inquiries_token" => $token,
        "ip" => $_SERVER['REMOTE_ADDR'],
        "date" => date("d.m.Y H:i:s"),
    ]);
    echo $token;
    function arrayTranspose($array, $selectKey = false) {
        if (!is_array($array)) return false;
        $return = array();
        foreach($array as $key => $value) {
            if (!is_array($value)) return $array;
            if ($selectKey) {
                if (isset($value[$selectKey])) $return[] = $value[$selectKey];
            } else {
                foreach ($value as $key2 => $value2) {
                    $return[$key2][$key] = $value2;
                }
            }
        }
        return $return;
    }
}

```