

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ І МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

## СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

методичні рекомендації для практичних занять та самостійної роботи  
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП  
«Комп'ютерні науки» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» денної  
форми здобуття вищої освіти



Миколаїв - 2024

Друкується за рішенням науково-методичною комісією факультету менеджменту Миколаївського національного університету від 08.02.2024 року протокол № 7.

Укладачі:

- О. В. Шибаніна – д-р екон. наук, професор, професор кафедри економічної кібернетики і математичного моделювання, Миколаївський національний аграрний університет;
- С. І. Тищенко – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики і математичного моделювання, Миколаївський національний аграрний університет;
- О. Ю. Пархоменко – канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики і математичного моделювання, Миколаївський національний аграрний університет;
- В. О. Крайній – канд. екон. наук, доцент кафедри економічної кібернетики і математичного моделювання, Миколаївський національний аграрний університет;
- І. І. Хилько – старший викладач кафедри економічної кібернетики і математичного моделювання, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- Стройко Т.В. - д-р. екон. наук, професор кафедри економіки та менеджменту, Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського
- Стамат В.М. - канд. екон. наук, доцент кафедри менеджменту та маркетингу, Миколаївський національний аграрний університет

© Миколаївський національний аграрний університет, 2024

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
Перелік практичних занять та їх обсяг .....	5
Практичне заняття № 1. Властивості бінарних відношень .....	6
Практичне заняття № 2. Експертні процедури обґрунтування рішень ....	10
Практичне заняття № 3. Метод експертних оцінок .....	17
Практичне заняття № 4. Методи обробки та узагальнення експертної інформації .....	20
Практичне заняття № 5. Побудова множини Парето-оптимальних розв'язків .....	23
Практичне заняття № 6. ABC- XYZ-аналіз .....	33
Практичне заняття №7. Метод аналізу ієрархій .....	41
Практичне заняття №8. Модель основного балансового рівняння .....	58
Практичне заняття №9. Модель беззбитковості .....	68
Практичне заняття №10. Прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності .....	74
САМОСТІЙНА РОБОТА .....	81
Теми та завдання обов'язкового самостійного опрацювання .....	82
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	83

## ВСТУП

Дана навчальна дисципліна є однією з основних дисциплін, що забезпечують можливість набуття теоретичних і практичних знань на освітньо-кваліфікаційному рівні "Бакалавр" по даному напрямку як для роботи на виробництві, так і для подальшої участі у наукових дослідженнях.

**Метою викладання дисципліни** є допомогти здобувачам вищої освіти опанувати фундаментальні теоретичні знання про сучасні методи прийняття управлінських рішень. Сформувані практичні навички по їх розробці та використанню з використанням засобів обчислювальної техніки, пакетів прикладних програм, сучасних інформаційних технологій тощо.

### **Завдання вивчення дисципліни:**

- оволодіння основними поняттями систем прийняття рішень;
- ознайомлення з новітніми інформаційними технологіями систем підтримки прийняття рішень;
- набуття практичних навичок по використанню систем підтримки прийняття рішень в управлінні.

**Предметом** дисципліни «Системи прийняття рішень» є інформаційні технології, методи й засоби обробки інформації в сучасних системах прийняття рішень.

### Перелік практичних занять та їх обсяг

№	Назва теми	Обсяг (год.)
<b><i>Модуль 1 «Загальні аспекти прийняття рішень»</i></b>		
1.	Властивості бінарних відношень	2
2.	Експертні процедури обґрунтування рішень	2
3.	Метод експертних оцінок	4
4.	Методи обробки та узагальнення експертної інформації	2
<b>Усього за модулем 1</b>		<b>10</b>
<b><i>Модуль 2 «Моделі та методи прийняття рішень за умови багатокритеріальності»</i></b>		
5.	Побудова множини Парето-оптимальних розв'язків	4
6.	ABC- XYZ-аналіз	2
7.	Метод аналізу ієрархій	4
<b>Усього за модулем 2</b>		<b>10</b>
<b><i>Модуль 3 «Прийняття фінансових та інвестиційних рішень»</i></b>		
8.	Модель основного балансового рівняння	4
9.	Модель беззбитковості	4
10.	Прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності	2
<b>Усього за модулем 3</b>		<b>10</b>
<b>Разом</b>		<b>30</b>

## Практичне заняття № 1.

### Властивості бінарних відношень

**Мета:** набути знань та практичних навичок побудови бінарних відношень та вивчення їх властивостей.

#### Методичні рекомендації.

Підмножина  $R$  декартового степеня  $M^n$  деякої множини  $M$  називається  $n$ -місним або  $n$ -арним відношенням на множині  $M$ . Кажуть, що елементи  $a_1, a_2, \dots, a_n \in M$  знаходяться у відношенні  $R$ , якщо  $(a_1, a_2, \dots, a_n) \in R$ .

При  $n=1$  відношення  $R \subseteq M$  називають одномісним або унарним.

Найбільш популярними у математиці є двомісні або бінарні відношення. Далі скрізь під словом "відношення" розумітимемо бінарне відношення. Якщо елементи  $a, b \in M$  знаходяться у відношенні  $R$ , тобто  $(a, b) \in R$ , то це часто записують також у вигляді  $aRb$ .

Відношення можна задавати тими ж способами, що й звичайні множини. Крім того, зручним способом задання бінарного відношення  $R$  на скінченній множині  $M = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  є задання за допомогою так званої матриці бінарного відношення. Це квадратна матриця  $C$  порядку  $n$ , в якій елемент  $c_{ij}$ , що стоїть на перетині  $i$ -го рядка і  $j$ -го стовпчика, визначається так:  $c_{ij} = 1$ , якщо  $a_i R a_j$ ,  $c_{ij} = 0$  у противному разі.

Відношення можна задавати також за допомогою графіків і діаграм. Графік відношення означається й будується так само, як і графік відповідності. Поняття діаграми (або графа) відношення також можна означити аналогічно до відповідності. Однак частіше діаграма (або граф) відношення  $R$  на скінченній множині  $M = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  означається таким чином. Поставимо у взаємнооднозначну відповідність елементам множини  $M$  деякі точки площини. З точки  $a_i$  до точки  $a_j$  проводимо напрямлену лінію (стрілку) у вигляді відрізка або кривої тоді і тільки тоді, коли  $a_i R a_j$ . Зокрема, якщо  $a_i R a_i$ , то відповідна стрілка, що веде з  $a_i$  в  $a_i$ , називається петлею.

Відношення  $R$  на множині  $M$  називається відношенням еквівалентності (або просто еквівалентністю), якщо воно рефлексивне, симетричне і транзитивне, тобто:

- а)  $aRa$  для всіх  $a \in M$  (рефлексивність);
- б) якщо  $aRb$ , то  $bRa$  для  $a, b \in M$  (симетричність);
- в) якщо  $aRb$  і  $bRc$ , то  $aRc$  для  $a, b, c \in M$  (транзитивність).

Сукупність множин  $\{V_i \mid i \in \mathbb{N}\}$  називається розбиттям множини  $A$ , якщо  $\bigcup V_i = A$  і  $V_i \cap V_j = \emptyset$  для  $i \neq j$ .

Відношення  $R$  на множині  $M$  називається відношенням часткового (нестрогого) порядку, якщо воно *рефлексивне, антисиметричне і транзитивне*, тобто

- а)  $aRa$  для всіх  $a \in M$  (рефлексивність),
- б) якщо  $aRb$  і  $bRa$ , то  $a = b$  (антисиметричність),
- в) якщо  $aRb$  і  $bRc$ , то  $aRc$  (транзитивність).

Відповідне відношення  $R$ , задане на лінійно впорядкованій множині, називається лінійним (досконалим) порядком.

Таким чином, відношення  $R$  на множині  $M$  називається відношенням лінійного порядку, якщо воно рефлексивне, антисиметричне, транзитивне і для будь-якої пари елементів  $a, b \in M$  виконується  $aRb$  або  $bRa$ .

Для позначення відношень порядку будемо використовувати знаки  $\leq$  і  $\geq$ . Тобто для відношення порядку  $R$  замість  $aRb$  будемо записувати  $a \leq b$  або  $b \geq a$  і читати "а менше або дорівнює b" або "b більше або дорівнює a" відповідно. Очевидно, що  $\leq$  є оберненим відношенням до відношення  $\geq$ . Порядок  $\geq$  іноді називають двоїстим порядком до  $\leq$ .

За кожним відношенням часткового порядку  $\leq$  на довільній множині  $M$  можна побудувати інше відношення  $<$  на  $M$ , поклавши  $a < b$  тоді і лише тоді, коли  $a \leq b$  і  $a \neq b$ . Це відношення називається відношенням строгого порядку на множині  $M$ .

Зрозуміло, що відношення строгого порядку антирефлексивне, транзитивне, а також задовольняє умову так званої сильної анти симетричності

або асиметричності, тобто для жодної пари  $a, b \in M$  не може одночасно виконуватись  $a < b$  і  $b < a$ .

З іншого боку, за довільним відношенням строгого порядку  $<$  на множині  $M$  однозначно можна побудувати відповідне відношення часткового (нестрогого) порядку  $\leq$ , поклавши  $a \leq b$  тоді і тільки тоді, коли  $a < b$  або  $a = b$ ,  $a, b \in M$

Приклад

1. Нехай  $M = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ . Задати переліком та матрицею відношення  $R \subseteq M \times M$ , якщо  $R$  – «бути строго менше».

Відповідь:

Відношення  $R$  як множина містить всі пари елементів  $a, b$  з  $M$  таких, що  $a < b$ :

$$R = \{(a, b) \mid a, b \in M; a < b\}.$$

### Завдання . Розв'яжіть задачі.

1. Для відношень  $R_1$  та відношення  $R_2$  на множині  $M = \{1, 2, 3, 4\}$  побудуйте матриці відношень та визначте всі елементи відношень, якщо  $R_1$  – «ділитися на 2», а  $R_2$  - «менше 3».

2. На множині студентів вашої групи побудуйте відношення явним переліком (задаючи ПІБ, наприклад, Петрова Ганна Іванівна – ПІІ) та у вигляді матриці відношення  $R \subseteq M \times M$ , якщо:

- 1)  $R_1$  – «бути вищим на зріст»;
- 2)  $R_2$  – «народитися на Миколаївщині»;
- 3)  $R_3$  – «мати розмір одягу менший 48».

3. Які з наведених у задачі 2 відношень є:

- a) рефлексивними;
- b) антирефлексивними;
- c) симетричними;
- d) антисиметричними;
- e) транзитивними;
- f) толерантними?



5. Які з відношень задачі 2 є відношеннями часткового, строгого чи лінійного порядку?

### **Питання для самоконтролю.**

1. Що є відношення?
2. Які способи визначення відношень існують?
3. Яке відношення називають рефлексивним?
4. Яке відношення називають антирефлексивним?
5. Яке відношення називають симетричним?
6. Яке відношення називають антисиметричним?
7. Яке відношення називають толерантним?
8. Як будується матриця бінарного відношення?
9. Чи можна задати відношення переліком елементів?
10. Яке відношення називають відношенням часткового порядку?
11. Яке відношення називають відношенням строгого порядку?
12. Які властивості має відношення строгого порядку?
13. Яке відношення називають відношенням лінійного порядку?
14. Яке відношення називають відношенням еквівалентності?

Зберегти виконану практичну роботу у середовищі МУДЛ МНАУ у відповідній вкладці з назвою файлу **КНЗ\_1\_Прізвище\_ПР\_1.docx**

## Практичне заняття № 2.

### Тема: Експертні процедури обґрунтування рішень.

**Мета:** Одержати практичні навички використання методу Дельфи для організації і проведення експертного аналізу керованої системи.

#### Методичні вказівки.

Основні етапи методу Дельфи такі:

- 1) уточнення проблем або об'єктів для експертизи;
- 2) формування групи експертів;
- 3) розробка анкети для опитування експертів;
- 4) індивідуальне анкетне опитування експертів;
- 5) математичне опрацювання результатів опитування;
- 6) уточнення експертами своїх оцінок.

Для формування стійкої узагальненої оцінки, етапи 4, 5, 6 можуть проводитися 3-4 рази.

Конкретний склад і чисельність групи експертів визначається характером аналізованих проблем, можливістю притягнення до експертизи компетентних спеціалістів.

Ступінь компетентності експертів можна визначити за формулою:

$$K_k = \frac{K_z + K_a}{2},$$

де  $K_z$  – коефіцієнт ступеня знайомства експерта з проблемою;  $K_z \leq 1$ ;

$K_a$  – коефіцієнт аргументованості рішень експерта,  $K_a \leq 1$ .

Коефіцієнт ступеня знайомства  $K_z$  визначається самооцінкою експерта за десятибальною шкалою і множенням оцінки на 0,1.

Може бути використана така шкала оцінок ступеня знайомства експерта з проблемою:

- |             |  |
|-------------|--|
| 0 балів     | - експерт не знайомий із проблемою;                        |
| 1 - 3 бали  | - погано знайомий, але проблема входить до кола інтересів; |
| 4 - 6 балів | - задовільно знайомий, але практично не займається;        |

- 7 - 9 балів - добре знайомий і займається практично;  
 10 балів - вузький фахівець із проблеми.

Для одержання значення  $K_a$  може бути використана шкала аргументованості, приведена в таблиці 1.

Експерт відмічає відповідну графу по кожному виді джерел, а потім числа з відзначених граф підсумовуються.

Таблиця 1 – Шкала оцінок аргументованості думок експертів.

Джерело аргументів	Ступінь впливу аргументів		
	високий	середній	низький
Теоретичний аналіз	0,3	0,2	0,1
Досвід	0,5	0,4	0,2
Література	0,1	0,08	0,04
Інтуїція	0,05	0,04	0,02

При упорядкуванні анкети необхідно дотримуватися таких вимог:

- анкета не повинна містити багато питань; відповіді на питання не повинні займати багато часу;
- відповіді повинні даватися суворо в заданій шкалі оцінок;
- анкета, як правило, повинна бути анонімною.

Доцільно застосовувати 10 або 100 – бальні шкали оцінок із невеличким числом градацій, кожна градація повинна бути однозначно описана.

Всі оцінки, отримані в ході опитування групи експертів, зводяться в матрицю:

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_{m1} & C_{m2} & \dots & C_{mn} \end{pmatrix}$$

При цьому деякі з оцінок можуть бути відсутніми, якщо експерт утримався від оцінки якогось чинника.

Узагальнена оцінка важливості чинника обчислюється за формулою:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^m c_{ij}}{m_j}, \quad j = 1, n,$$

де  $M_j$  – узагальнена оцінка важливості  $j$ -го чинника;

$m_j$  – кількість експертів, що оцінили  $j$ -ий чинник, ( $m_j \leq m$ );

$c_{ij}$  – оцінка в балах, дана  $i$ -м експертом  $j$ -му чиннику .

Сума рангів оцінок, отриманих кожним чинником, дорівнює:

$$S_j = \sum_{i=1}^{m1} R_{ij}, \quad j = 1, n$$

де  $m1$  – кількість експертів, що оцінили хоча б один чинник;

$R_{ij}$  – ранг оцінки  $c_{ij}$ ;

Ранг  $R_{ij}$  визначається у такий спосіб:

- якщо оцінка  $c_{ij}$  експертом не поставлена, то приймається  $c_{ij} = m_j$ ;
- всі оцінки  $i$ -го експерта, що він виставив  $n$  чинникам, упорядковуються по зменшенню розміру оцінки і нумеруються від 1 до  $n$ ;
- серед пронумерованих оцінок виявляються однакові оцінки, кожній із яких присвоюється однаковий ранг, рівний середньому арифметичному номерів оцінок;
- ранги інших оцінок рівні номерам оцінок.

Сума рангів  $S_j$  може бути обчислена після того, як проранжировані оцінки всіх експертів. Очевидно, що чим важливіший чинник, тим менше відповідна йому сума рангів.

Крім узагальненої оцінки чинника може бути обчислений ступінь узгодженості думок експертів. Для цього визначають коефіцієнт варіації  $V_j$  оцінок, даних кожному чиннику.

$$V_j = \frac{G_j}{M_j},$$

де  $G_j$  – середньоквадратичне відхилення оцінок.

Чим менше значення  $V_j$ , тим вище узгодженість думок експертів, ближче до об'єктивної істини.

**Приклад 1.** За результатами експертизи проранжувати часткові критерії за ступенем значимості. Кількість критеріїв  $n = 7$ . Вихідні дані для ранжирування наведені у наступній таблиці.

Вихідні дані для рішення прикладу

Експерти	Часткові критерії						
	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
1	1	2	6	4	7	3	5
2	1	2	7	6	3	5	4
3	7	1	6	4	2	5	3
4	3	1	5	6	4	7	2
5	1	2	6	4	5	7	3
$\sum_{i=4}^5 r_{ij}$	13	8	30	24	21	27	17
$R_i$	2	1	7	5	4	6	3

Критерії проранжовані за значимістю наступним образом:

$$f_2 > f_1 > f_7 > f_5 > f_4 > f_6 > f_3.$$

Якщо вирішується задача визначення відносних коефіцієнтів значимості часткових критеріїв, то використовується простої функції ранжирування:

$$\lambda_i = 2 \left[ \frac{(n+1) - R_i}{n(n+1)} \right], \quad i = \overline{1, n};$$

**Приклад 2.** За результатами попереднього ранжирування часткових критеріїв  $\{f_i\}$  визначити відносні коефіцієнти їх значимості.

**Рішення:** Визначаємо відносні коефіцієнти значимості критеріїв методом простої функції ранжирування:

$$\lambda_1 = 2 \left[ \frac{8-2}{7 \cdot 8} \right] = 0,21 ; \quad \lambda_2 = 2 \left[ \frac{8-1}{7 \cdot 8} \right] = 0,25 ;$$

$$\lambda_3 = 2 \left[ \frac{8-7}{7 \cdot 8} \right] = 0,04 ; \quad \lambda_4 = 2 \left[ \frac{8-5}{7 \cdot 8} \right] = 0,11 ;$$

$$\lambda_5 = 2 \left[ \frac{8-4}{7 \cdot 8} \right] = 0,14 ; \quad \lambda_6 = 2 \left[ \frac{8-6}{7 \cdot 8} \right] = 0,07 ;$$

$$\lambda_7 = 2 \left[ \frac{8-3}{7 \cdot 8} \right] = 0,18 ; \quad \sum_{i=1}^7 \lambda_i = 1,00.$$

### Практичне завдання

#### **Варіант 1.**

За допомогою експертного аналізу визначити пріоритетні напрямки удосконалення вищої освіти в країні.

#### **Варіант 2.**

За допомогою експертного аналізу визначити пріоритетні напрямки дослідження кон'юнктури ринку продукції.

**Зауваження:** Рішення поставлених завдань здійснювати відповідно до виділених етапів проведення експертного аналізу.

#### **1. Уточнення проблем або об'єктів експертизи.**

На цьому етапі доцільно попередньо запропонувати експертам по кожному варіанту можливі напрямки удосконалення вищої освіти (1-й варіант) і можливі напрямки дослідження кон'юнктури ринку (2-й варіант).

Для першого варіанта можна запропонувати такі напрямки удосконалення вищої освіти:

1. Поліпшення матеріального забезпечення ВНЗ.
2. Зниження оплати за навчання.
3. Підвищення вимог до абітурієнтів і до оцінки знань студентів.
4. Об'єднання навчання у ВНЗ з роботою на виробництві за фахом.
5. Підвищення заробітної плати викладачам ВНЗ.
6. Підвищення вимог до атестації професорсько-викладацького складу.
7. Притягнення виробничників до читання лекцій і керівництва курсовими і дипломними проектами.
8. Індивідуалізація навчання.

Для другого варіанта можна запропонувати такі напрямки дослідження кон'юнктури ринку продукції:

1. Динаміка виробництва даної продукції і її аналогів усередині країни і за кордоном.
2. Вплив науково-технічного прогресу на споживчі властивості і конструкторсько-технологічні параметри продукції.
3. Динаміка навантаження виробничих потужностей і наявність їх резерву на даному підприємстві й інших підприємствах усередині країни і за кордоном.
4. Динаміка поточних витрат виробництва і потреб у капітальних вкладеннях.
5. Динаміка споживання (попиту) продукції і причини її зміни усередині країни і за кордоном.
6. Динаміка поточних витрат і супутніх капітальних вкладень у споживачів продукції, пов'язаних із споживанням цієї продукції.
7. Тенденції науково-технічного прогресу в галузях – споживачах продукції і вплив їх на споживання (попит).
8. Тенденції зміни системи експортно-імпортних операцій, митної, валютної і кредитної політики потенційних країн-споживачів продукції і власної країни.

За експертами залишається право доповнити список можливих напрямків.

## **2. Формування групи експертів.**

В умовах виконання даної практичної роботи в якості експертів виступають студенти, що об'єднуються по 3-4 чоловіка в одну групу. Таким чином, подальше виконання роботи здійснюється окремо кожною групою студентів.

Кожний експерт, користуючись шкалою оцінки ступеня знайомства і таблицею оцінок аргументованості думок, приведених у методичних вказівках, визначає коефіцієнт компетентності. Ця процедура є першим етапом роботи автоматизованої інформаційної системи, що необхідно створити для проведення експертного аналізу.

Припустимо, що експерт вважає, що він задовільно знайомий із проблемою, але практично нею не займається, тоді його коефіцієнт ступеня знайомства дорівнює:

$$K_z = 6 \times 0,1 = 0,6.$$

Якщо при цьому він вважає, що для нього характерний високий ступінь впливу інтуїції і матеріалів із літератури, а такі джерела аргументів як теоретичний аналіз і досвід вплинуть на його думку незначно, то його коефіцієнт аргументованості дорівнює:

$$K_a = 0,1 + 0,2 + 0,1 + 0,05 = 0,45.$$

Тоді значення  $K_k$  для цього експерта буде дорівнювати:

$$K_k = (0,6 + 0,45)/2 = 0,525.$$

Отримані значення Кк по всіх експертах групи можна подати у формі таблиці2.

Таблиця 2 – Результати оцінки компетентності експертів.

Номер експерта в групі	Коефіцієнт ступеня знайомства	Коефіцієнт аргументованості	Коефіцієнт компетентності
1	0,6	0,45	0,525
5	0,5	0,63	0,57

### 3. Розробка анкети для опитування експертів.

Можливий варіант анкети приведений нижче.

#### **Шановний експерт!**

Просимо Вас оцінити ступінь важливості (пріоритетності ) таких напрямків дослідження ... далі відповідно до завдання

№ з/п	Назва напрямку дослідження	Оцінка у балах
1	(перелік можливих напрямків)	
2		
3		

Оцінку кожному із запропонованих напрямків просимо виставити по такій 10-бальній шкалі:

0	Напрямок не впливає на дослідження кон'юнктури ринку
1–2	Напрямок робить слабкий вплив, його варто врахувати в майбутньому
3–5	Напрямок впливає, але важко реалізовано
6–7	Напрямок має істотний вплив
8–10	Напрямок є важливим і актуальним, реалізується в першу чергу

Результати експертного опитування опрацьовуються за допомогою електронних таблиць Excel та прикріплюються у середовище МУДЛ.

Зберегти виконану практичну роботу у середовищі МУДЛ МНАУ у відповідній вкладці з назвою файлу **КНЗ\_1\_Прізвище\_ПР\_2.xlsx**



### Практична робота № 3

#### Метод експертних оцінок.

**Мета:** Одержати практичні навички використання методу експертних оцінок для організації і проведення експертного аналізу керованої системи.

З метою підвищення ефективності діяльності, керівництвом фірми було запрошено десять експертів для аналізу виробничих проблем. Базуючись на висновках експертів щодо необхідності зміни устаткування фірми на більш ефективне (табл.1), використовуючи метод експертних оцінок необхідно:

- оцінити узгодженість дій експертів;
- визначити сумарну експертну оцінку необхідності зміни устаткування фірми на більш ефективне.

#### *Вихідні дані*

Таблиця 1

Експертні оцінки необхідності зміни устаткування фірми на більш ефективне

Експерти	Частка зміни устаткування				
	50%	30%	20%	10%	5%
1	2	1	5	3	4
2	3	2	4	1	5
3	1	2	4	3	5
4	1	2	3	4	5
5	3	2	1	4	5
6	2	3	1	4	5
7	2	3	1	5	4
8	4	1	3	5	2
9	5	1	4	2	3
10	3	2	5	4	1

У таблиці експертна оцінка проставляється виходячи з того, що експерт присвоює 1 бал тій частці зміни обладнання, яка на його думку є найбільш необхідна, а максимальний бал 5 – тій частці обладнання, яка є найменш необхідною. Оцінка узгодженості дій експертів здійснюється шляхом розрахунку коефіцієнта конкордації (погодження).

### *Методика та приклад розрахунку*

**1.** Визначається сумарний ранг необхідності за фактичними експертними оцінками з таблиці вихідних даних (табл. 2).

*Таблиця 2 Сумарний ранг необхідності за фактичними експертними оцінками*

Експерти	Часка зміни устаткування				
	50%	30%	20%	10%	5%
<b>Сумарний ранг необхідності</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>39</b>

**2.** Розраховується пріоритетність кожної частки зміни – кількість експертів, які оцінили відповідну частку рангом 1 (табл. 3);

*Таблиця 3 Пріоритетність кожної частки зміни устаткування фірми*

Частка зміни устаткування	Кількість відповідей експертів
<b>50%</b>	<b>2</b>
<b>30%</b>	<b>3</b>
<b>20%</b>	<b>3</b>
<b>10%</b>	<b>1</b>
<b>5%</b>	<b>1</b>

**3.** Розрахунок сумарного рангу співпадання необхідності (табл. 16.4). Сумарний ранг необхідності у випадку повного співпадання думок експертів визначається як добуток пріоритетної експертної оцінки та кількості експертів, що брали участь в опитуванні.

*Таблиця 4 Сумарний ранг необхідності у випадку повного співпадання думок експертів щодо необхідності зміни устаткування фірми*

Експертна оцінка	Частка зміни устаткування				
	50%	30%	20%	10%	5%
<b>Пріоритетність</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Сумарний ранг співпадання</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

**4.** Розрахунок середнього значення сумарної оцінки проводиться за формулою:

$$\bar{x} = \frac{n(m+1)}{2}$$

$n$  – кількість експертів,

$m$  – кількість об'єктів оцінки.

**5.** Розрахуємо дисперсію (відхилення значення випадкової величини від центру розподілу) фактичних оцінок:

$$\sigma^2_{\phi} = (x_{i\phi} - \bar{x})^2$$

$x_{i\phi}$  – фактичні експертні оцінки (за сумарним рангом важливості);

–  $\bar{x}$  – середнє значення експертної оцінки.

**6.** Дисперсія оцінок у випадку повного співпадання думок визначається за формулою:

$$\sigma^2_{\max} = (x_{i_{\max}} - \bar{x})^2$$

$x_{i_{\max}}$  – експертні оцінки у випадку співпадання думок (за сумарним рангом важливості).

**7.** Проведемо оцінку узгодженості дій експертів за допомогою визначення коефіцієнта конкордації. Значення коефіцієнта конкордації ( $W$ ) змінюється в межах  $0 \div 1$ : при  $W = 0$  вважається, що узгодженості в діях не було; при  $W = 1$  – узгодженість думок повна. В інших випадках встановлюється нормативне значення коефіцієнта конкордації, з яким порівнюється його фактичне значення.

Найчастіше нормативне значення коефіцієнта конкордації  $W_H = 0,5$ . У випадку  $W > 0,5$  вважають, що думки експертів більшою мірою узгоджені, і навпаки.

$$W = \frac{12\sigma^2_{\phi}}{n^2(m^3 - m)} \quad (4)$$

$W$  – коефіцієнт конкордації.

Коефіцієнт конкордації  $W = 0,244$ , що  $< 0,5$  і вказує на низький рівень узгодженості думок експертів.

**8.** Розрахунок сумарної експертної оцінки, з використанням формули середньої зваженої:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (5)$$

$p_i$  – частка зміни устаткування;

$h_i$  – пріоритетність зміни.

**9.** У висновку необхідно вказати про узгодженість дій експертів при проведенні експертної оцінки аналізу виробничих проблем фірми. Визначити середню частку зміни устаткування фірми на більш ефективне.

Зберегти виконану практичну роботу у середовищі МУДЛ МНАУ у відповідній вкладці з назвою файлу **КН\_3\_1\_Прізвище\_ПР\_3.xlsx**

## **Практичне заняття № 4.**

### **Методи обробки та узагальнення експертної інформації.**

**Мета заняття** – засвоїти метод експертних оцінок в питаннях: коли доцільно його застосовувати в економічному прогнозуванні, яка послідовність дій, як скласти анкету для проведення експертних оцінок, як сформувати групу експертів.

Вирішуючи практичні завдання і обговорюючи теоретичні питання, здобувачі повинен з'ясувати такі запитання четвертої теми:

➤ Чим відрізняються методи індивідуальних і колективних експертних оцінок?

➤ Які переваги й недоліки методів колективних і індивідуальних експертних оцінок?

➤ Хто такі експерти, як провести експертизу?

➤ Як формується група експертів?

➤ Як впливає склад групи експертів на вибір методу експертної оцінки?

➤ Які вимоги ставляться до анкети?

При обговоренні цих питань слід акцентувати увагу на змісті таких ключових понять:

▶▶ ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА,

▶▶ ЕКСПЕРТ,

▶▶ ЕКСПЕРТНА ГРУПА,

▶▶ КОМПЕТЕНТНІСТЬ ЕКСПЕРТНОЇ ГРУПИ,

▶▶ МЕТОД ДЕЛЬФІ,

▶▶ МЕТОД ІНТЕРВ'Ю,

▶▶ СЦЕНАРНИЙ МЕТОД,

▶▶ МЕТОД ГЕНЕРАЦІЇ ІДЕЙ.

### **Практичне завдання 1.**

При формуванні групи експертів для отримання експертної інформації про перспективи розвитку будівництва в регіоні кожному з 25 претендентів до групи експертів було запропоновано заповнити дві анкети:

першу - для самооцінки рівня аргументованості своїх думок про виучувану проблему (див табл.2);

другу - для самооцінки ступеня знайомства з виучуваною проблемою (див. табл.3).

Проаналізувавши відповіді на пропоновані анкети, наведені у табл. 4 та 5, відібрати в групу експертів 15 найбільш компетентних спеціалістів.

*Варіант №1 практичного завдання розглядається в аудиторії, варіант №2 пропонується вирішити як самостійне домашнє завдання*

Таблиця 2 - Анкета 1. Самооцінка ступеня знайомства з виучуваною проблемою

Бал	Ступінь знайомства
0	не знайомий з проблемою;
1, 2, 3	погано знайомий з проблемою, але вона входить до сфери моїх інтересів;
4, 5, 6	задовільно знайомий з проблемою, але не беру участі в її практичному вирішенні;
7, 8, 9	добре знайомий з проблемою, беру участь у її практичному вирішенні;
10	проблема входить у коло моєї вузької спеціалізації.

Таблиця 3 - Анкета 2. Самооцінка рівня аргументованості висловлюваних думок

Джерело аргументованості	Ступінь аргументованості		
	вища	середня	низька
1. Проведений теоретичний аналіз	0.3	0.2	0.1
2. Виробничий досвід	0.5	0.4	0.2
3. Узагальнення дослідницьких праць вітчизняних авторів	0.05	0.05	0.05
4. Узагальнення дослідницьких праць зарубіжних авторів	0.05	0.05	0.05
5. Особисте знайомство зі станом справ за кордоном з виучуваної проблеми	0.05	0.05	0.05
6. Інтуїція	0.05	0.05	0.05

Таблиця 4 - Бальна самооцінка ступеня знайомства

Варіант	Відповіді претендентів до групи експертів (бал)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	4	7	8	9	3	4	7	8	2	10	9	1	3	5	6	7	10	9	4	5
2	9	2	7	8	5	6	3	2	9	10	2	4	6	7	9	8	10	1	3	5

Таблиця 5 - Бальна самооцінка рівня аргументованості думок

Варіант	Відповіді претендентів до групи експертів (бал)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.35	0.7	0.4	0.8	0.3	0.45	0.65	0.75	0.35	0.75	0.6	0.3	0.7	0.4	0.35	0.4	0.65	0.7	0.6	0.4
2	0.8	0.4	0.7	0.3	0.45	0.25	0.6	0.55	0.45	0.6	0.7	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5	0.6	0.35	0.75	0.45

### Практичне завдання 2.

Скласти анкету щодо проведення експертного опитування спеціалістів для отримання інформації, яка необхідна для розробки прогнозу розвитку житлово-комунального господарства регіону. Анкету скласти з трьох закритих та чотирьох відкритих питань.

Зберегти виконану практичну роботу у середовищі МУДЛІ МНАУ у відповідній вкладці з назвою файлу [КН\\_3\\_1\\_Прізвище\\_ПР\\_4.docx](#)

## Практичне заняття № 5

### Побудова множини Парето-оптимальних розв'язків

**Метою роботи** є ознайомлення студентів з теоретичними основами побудови множини Парето та отримання навичок розв'язання ЗБО.

#### Основні теоретичні відомості

Практично, будь-яка реальна задача в нашому житті – це вибір кращого рішення за кількома важливими критеріями. Інколи ці критерії, є не тільки рівноцінно важливими, а й на перший погляд, взаємно оберненими, так наприклад вираз: «максимальне задоволення потреб споживачів в умовах обмеженості ресурсів» - прийняття рішення на основі двох критеріїв, що сприймаються діаметрально протилежними. Іншими словами: рішення – це певний баланс альтернативних рішень.

В даному випадку маємо справу з задачею багатокритеріальної оптимізації, яку необхідно розв'язати.

Під багатокритеріальною задачею найчастіше розуміють не власне вербальний опис задачі, а її модель, а саме: "багатокритеріальна задача - математична модель прийняття оптимального розв'язання по декількох критеріях. Ці критерії можуть

відображати оцінки різних якостей об'єкта проектування чи процесу, із приводу яких приймається розв'язання".

Формально багатокритеріальна задача як модель задається у виді:

$$\begin{cases} F(x) \rightarrow \max \\ x \in D \end{cases}, \quad (1)$$

де  $D$  - множина допустимих рішень,  $F(x)$  – векторна функція векторного аргументу  $x$ , яку можна представити як  $F(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}$ , де  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)$  – скалярні функції векторного аргументу  $x$ , кожна з яких є математичним виразом одного критерію оптимальності [2].

Так як в даній моделі використовується векторна цільова функція, її часто називають задачею векторної оптимізації.

Інакше задачу (1) можна переписати в виді:



$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(x) \rightarrow \max \\ f_2(x) \rightarrow \max \\ \dots \\ f_k(x) \rightarrow \max \\ | x \in D \end{array} \right. \quad (2)$$

Сутність поставленої задачі полягає в знаходженні такого її допустимого розв'язання, тобто  $\{x \in D\}$ , яке в тому чи іншому змісті максимізує (мінімізує) значення всіх цільових функцій  $f_i(x)$ ,  $i=1, k$ . Існування розв'язання, буквально максимізуючого всі цільові функції, є рідкісним випадком.

Нехай розв'язується задача (1) та існують  $x', x'' \in D$  - допустимі розв'язання ЗБО. Говорять, що  $x'$  *краще розв'язання* (рішення) у порівнянні з  $x''$ , якщо  $f_i(x') \geq f_i(x'')$

$\forall i=1, k$ , причому  $\exists i_0$ , таке, що  $f_{i_0}(x') > f_{i_0}(x'')$ . Іншими словами, будемо вважати, що розв'язання  $x'$  краще у порівнянні з розв'язанням  $x''$ , якщо воно не гірше  $x''$  по всім розглянутим критеріям, причому серед усіх критеріїв є хоча б один критерій з номером  $i_0$ , для якого розв'язання  $x'$  краще, ніж  $x''$ .

Деяке розв'язання  $x^* \in D$  задачі (1) називається *ефективним розв'язанням* ЗБО, якщо для нього не існує рішень з більшою перевагою. Інакше можна сказати, що ефективним розв'язанням називається таке розв'язання  $x^*$ , яке не можна покращити за якимось з критеріїв, не погіршивши, при цьому, значення інших критеріїв.

Множина ефективних рішень називається множиною Парето і позначається  $P(D)$ . Очевидно, що множина Парето є підмножиною множини допустимих рішень, яка в свою чергу належить  $n$ -мірному векторному простору, тобто  $P(D) \subset D \subset E^n$ .

Вектор значень критеріїв, обчислених для ефективного розв'язання  $F(x^*)$ , називається *ефективною оцінкою*. Сукупність всіх ефективних оцінок, тобто образ множини Парето в просторі критеріїв, називається *множиною ефективних оцінок* і, як правило, позначається як  $F(P)$ .

Розв'язання  $x^l \in D$  називається *слабоефективним розв'язанням* задачі (1), якщо для нього не існує розв'язання  $x^{ll}$  такого, що  $\forall i=1, k f_i(x^l) > f_i(x^{ll})$ , іншими словами, слабоефективне розв'язання – розв'язання, яке не може бути покращено одночасно за всіма критеріями.

$$P(D) \subset S(D) \subset D \subset E^n \quad (3)$$

Введення поняття слабоефективних рішень викликано тим, що в процесі оптимізації часто отримуємо розв'язання, що належать  $S(D)$  (множині слабоефективних рішень), але не є ефективними. Такі розв'язання представляють, звичайно, менший інтерес у порівнянні з ефективними розв'язаннями ЗБО.

*Субоптимальне* розв'язання (за критерієм  $f_i(x)$ ) – оптимальне розв'язання багатокритеріальної задачі, знайдене за якимось одним критерієм ( $i$ -ому) без врахування інших критеріїв.

представляють, звичайно, менший інтерес у порівнянні з ефективними розв'язаннями ЗБО.

*Субоптимальне* розв'язання (за критерієм  $f_i(x)$ ) – оптимальне розв'язання багатокритеріальної задачі, знайдене за якимось одним критерієм ( $i$ -ому) без врахування інших критеріїв.

**Принцип Парето:** зміст введеного поняття ефективного розв'язання полягає в тому, що оптимальне розв'язання варто шукати тільки серед елементів множини Парето

- множини  $P(D)$ . У протилежному випадку завжди знайдеться точка  $x$ , що виявляється кращою незалежно від розміщення пріоритетів і щодо важливості окремих часткових критеріїв.

Принцип Парето дає змогу звузити клас можливих претендентів на остаточне розв'язання і виключити з розгляду свідомо неконкурентоздатні варіанти. А остаточний вибір здійснюється на основі додаткової інформації про переваги особи, яка приймає рішення.

Наведемо приклад і визначимо рішення, які відносяться до множини Парето. Існує 10 варіантів металоріжучих станків, серед яких для проектованої дільниці необхідно вибрати найкращий. Станки оцінені експертами по двох показниках (критеріях): продуктивності та надійності. Оцінка проводилась за 11-ти бальною шкалою від 0 до 10. Результати оцінки станків наведені в таблиці 1.

В даному випадку, чим більше значення оцінки, тим кращий параметр станка.

**Таблиця 1**

**Експертні оцінки станків по критеріях продуктивності та надійності**

Критерії	Оцінки експертів (бали) для станків									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Продуктивність (П)	6	4	10	3	10	0	2	4	6	7
Надійність (Н)	6	2	1	7	4	4	10	4	8	2

Застосуємо графічний підхід до розв'язання даної ЗБО. Отже, позначимо горизонтальну вісь як надійність, а вертикальну – продуктивність. Кожне з рішень, яке включає дві оцінки експертів, позначаємо точкою. Коли відобразимо всі

рішення на системі координат надійність-продуктивність, то отримаємо розміщення точок, яке зображено на рис. 1.

Згідно з принципом Парето – ефективними рішеннями є станки С5, С7 і С9. При цьому, слід зауважити, що станки С1 і С3, не входять до цієї множини, оскільки С3 має однакове значення оцінки з С5 за критерієм «продуктивність», але володіє гіршою оцінкою за критерієм «надійність». Аналогічна ситуація з станком С1.

Виберемо інші два критерії оптимальності для даної задачі, а саме: вартість та затрати на їхнє обслуговування. В даному випадку чим менші значення критеріїв оптимальності, тим краще. Наведемо значення цих критеріїв у таблиці 2.

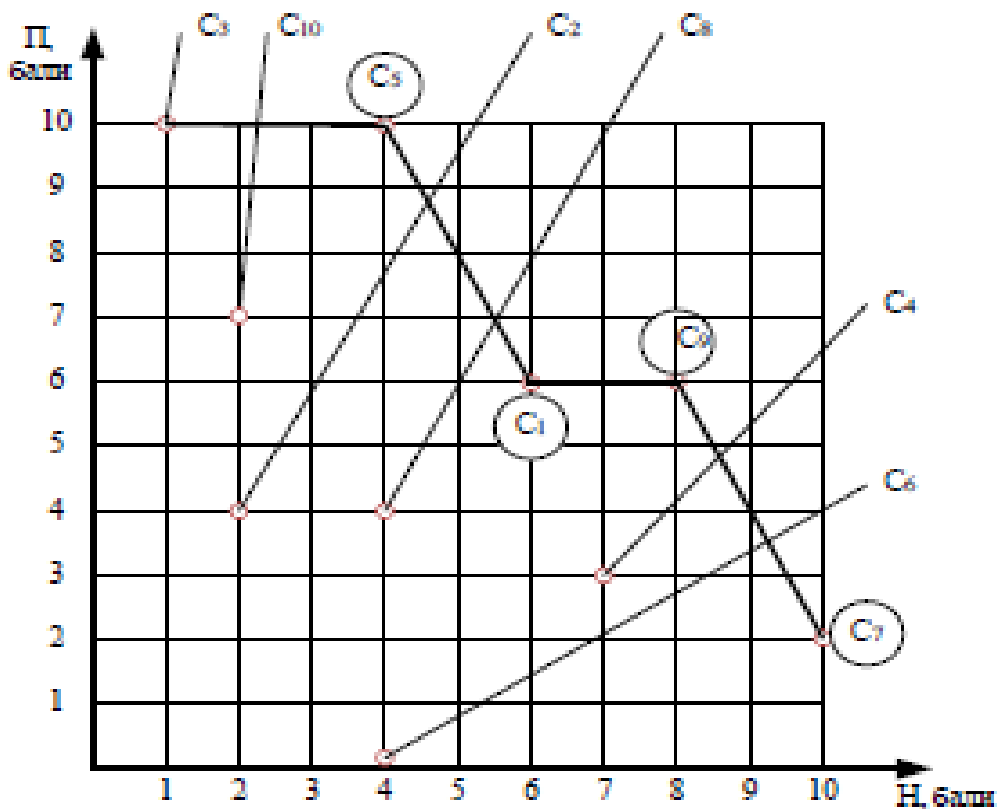


Рис. 1. Парето – ефективними рішеннями є варіанти станків С5, С7 та С9.

Таблиця 2

Значення параметрів станків

Критерії	Параметри станків									
	С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7	С8	С9	С10
Ціна. тис.грн	60	40	100	30	100	30	20	40	60	70
Затрати на обслуговування, тис.грн	6	2	1	7	4	4	10	4	8	2

Аналогічно застосуємо графічний підхід до визначення ефективних рішень множини Парето. Відповідно, отримаємо наступні результати, а саме: ефективними рішеннями є станки С3, С2 С6 та С7 (див. рис.2).

Наведемо наступний підхід знаходження оптимальних рішень, які відносяться до множини Парето для випадку, коли цільові функції та обмеження задані у вигляді виразів.

Припустимо, що необхідно знайти максимум ЗБО з двома критеріями оптимальності. В даному випадку маємо дві цільові функції.

Причому, забезпечити виконання таких умов:

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 &\leq 15, \\5x_1 + x_2 &\geq 1, \\-x_1 + x_2 &\leq 5, \\x_2 &\leq 20.\end{aligned}\tag{5}$$

Список варіантів рішень додається.

Використаємо для цього програмну систему, особливості якої детально описано вище.

### ***СИСТЕМА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОБУДОВИ МНОЖИНИ ПАРЕТО***

Запропонована програмна система дає змогу вводити в програму вхідні дані з використанням спеціального меню та вхідного файлу. В даному випадку, система зчитує вхідні дані з файлу з довільним іменем і розширенням та структури, приклад якої зображено на рис.3.

```
#CRITERIA
-x1 + 2x2 + 2
x1 + x2 + 4
#CONDITION
x1 + x2;<=;15.0
5x1 + x2;>=;1.0
-x1 + x2;<=;5.0
x2;<=;20.0
#DATA
6 8
1 8
1 8
9 2
```

**Рис.3. Структура вхідного файлу**

В цьому файлі повинні міститися критерії оптимізації після мітки #CRITERIA, обмеження після мітки #CONDITION та експериментальні дані після мітки #DATA. Критерії представляються у вигляді функції з кількістю змінних, що дорівнює кількості стовпчиків вхідних даних. Обмеження представляються у вигляді функції, знаку нерівності та значення, що розділені знаком ; . Дані представляються дійсними числами у рядках, де стовпці розбілені знаком табуляції, кількість стовпців відповідає кількості змінних.

Меню системи містить команди роботи з файлами та управління системою. Зверху розташовані вкладки меню:

Зокрема, вкладка 'Файл' містить наступні команди (рис.4):

- Вихід – завершення роботи з програмою.
- Завантажити дані – відкривається діалог вибору файлу з вхідними даними і при натисканні кнопки відкрити відбувається завантаження даних.

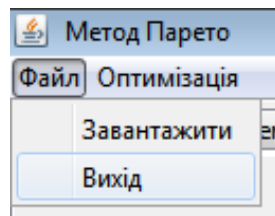


Рис. 4. Вкладка меню «Файл»

Вкладка меню «Оптимізація» містить наступні команди:

- Виконати — проводиться оптимізація вхідних даних з використанням принципу Парето.
- Зберегти результат — викликається діалог для збереження оптимальних даних у файлі.

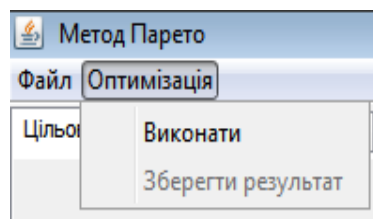
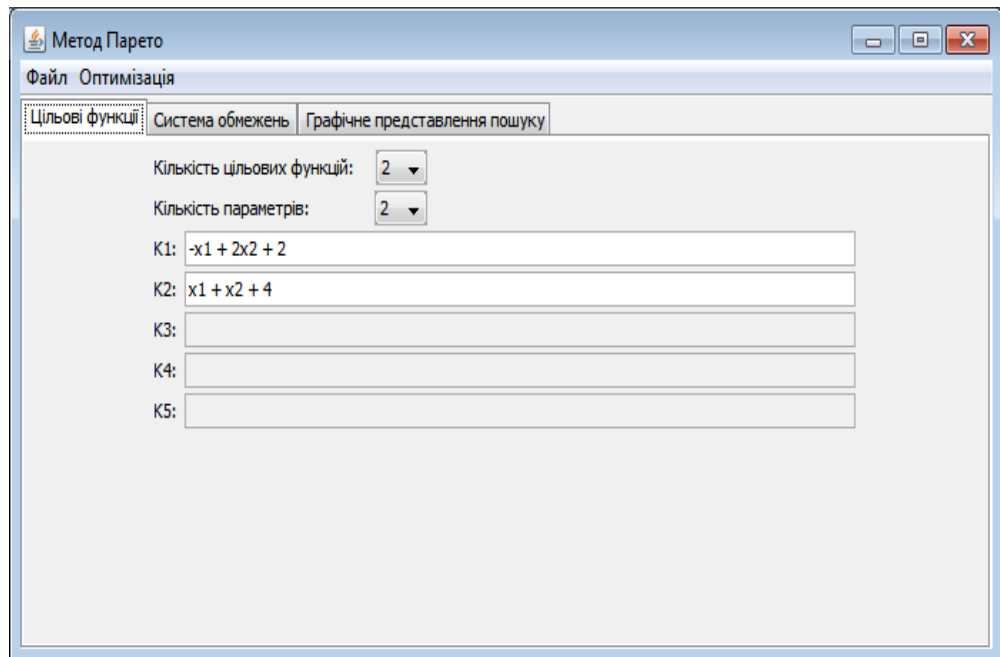


Рис. 5. Вкладка «Оптимізація»

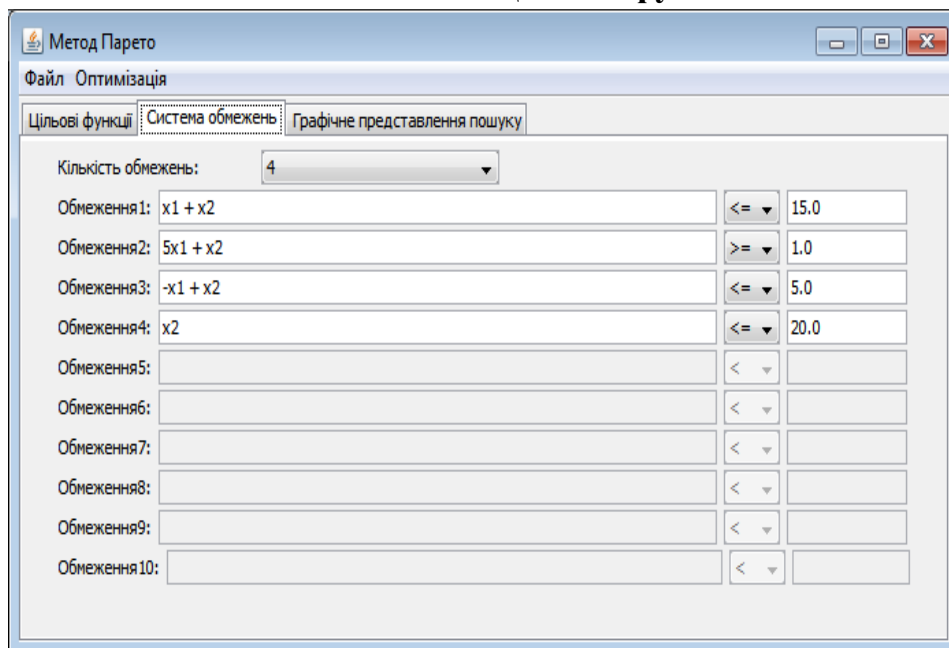
**Введення цільових функцій.** Система дає можливість ввести кількість цільових функцій, кількість змінних, що будуть використовуватися в цих функціях, та, власне, цільові функції у зручному для користувача вигляді. У випадку введення даних з файлу значення буде перезаписано у меню введення вхідних даних системи. Дозволяється ввести до п'яти критеріїв та десяти змінних.

**Введення обмежень.** Дозволяє ввести обмеження у вигляді нерівностей. При цьому, дані, що не задовольняють систему обмежень будуть відкинуті і не беруть участі в оптимізації. Система обмежень може містити до десяти компонентів.

**Графічне представлення результатів пошуку.** Розроблене ПЗ дає змогу графічно представити критерії оптимізації згідно принципу Парето, при чому, оптимальні рішення представлені іншими мітками і кольором та об'єднані лінією. Графічне представлення формується після конфігурації критеріїв та системи обмежень викликом вкладки меню Оптимізація> Виконати. Слід зауважити, що така форма представлення розв'язання можлива лише у випадку двох критеріїв оптимальності.



**Рис. 6. Закладка «Цільові функції»**



**Рис. 7. Закладка «Система обмежень»**

Оптимальні набори даних можна зберегти у потрібний для користувача файл з можливістю подальшого їх опрацювання.

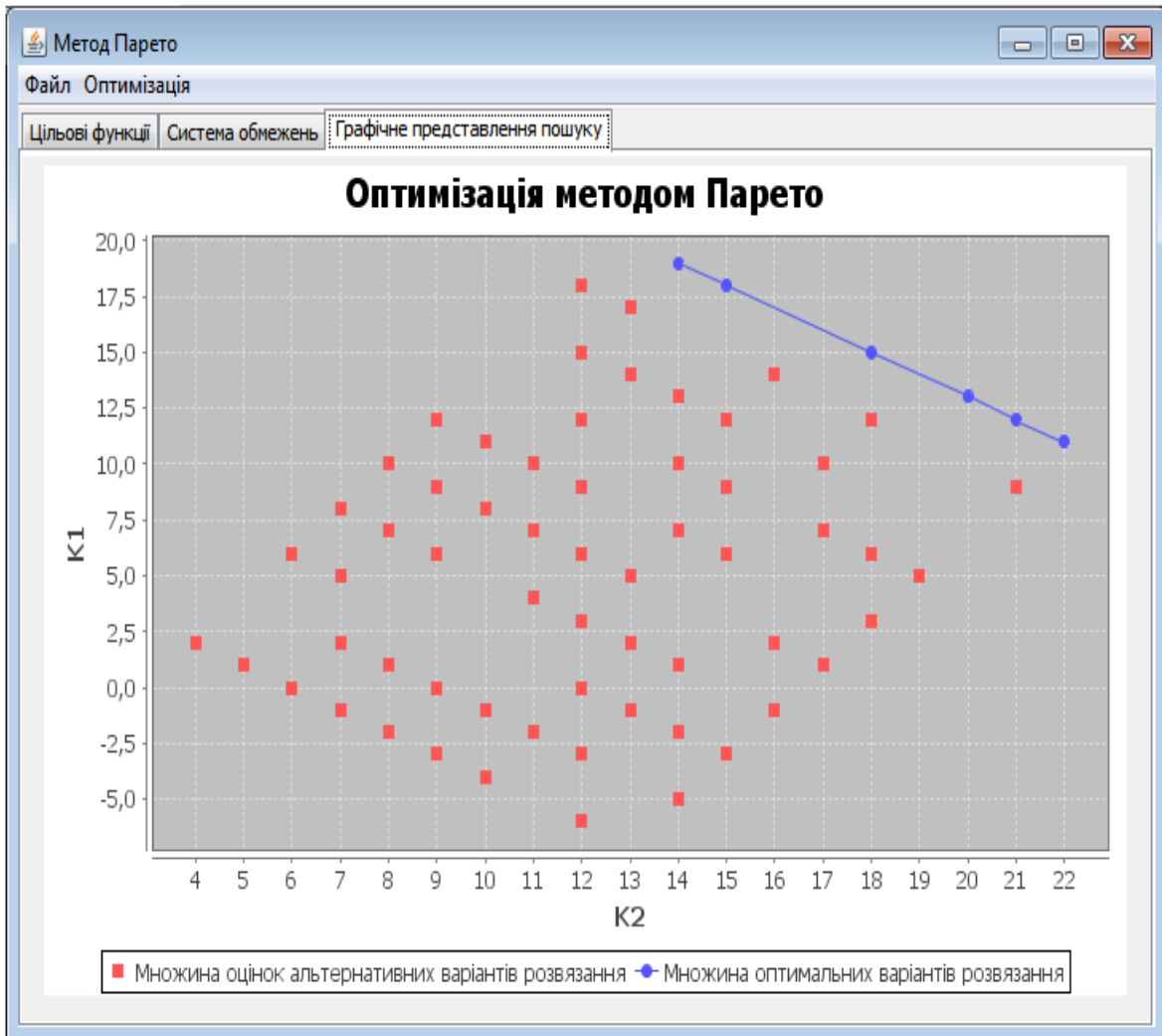


Рис. 8. закладка «Графічне представлення оптимізації»

## Практичне завдання

1. Ознайомитися з основними підходами до розв'язання ЗБО з використанням побудови множини Парето.

2. Обрати варіант відповідно номера у списку групи.

Деяка фірма планує організувати виробництво колінвалів. На даний момент існує можливість придбати 4 варіанти станків. Параметри станків, які використовують для виготовлення колінвалів наведено в таблиці 1. В процесі розв'язання задачі використати принцип Парето. Коефіцієнти відносної важливості критеріїв наведено в табл.2.

**Таблиця 1.**

**Параметри станків**

Вартість	Надійність год.	Продуктивність шт./год.	а
10	100	1000	Станок 1
9	110	1100	Станок 2
9,5	95	1200	Станок 3
8	89	1300	Станок 4
8,4	79	1400	Станок 5
9	80	1650	Станок 6
7,8	75	1700	Станок 7
6,5	78	1850	Станок 8
7,5	70	1900	Станок 9
7,1	65	2000	Станок 10
7,4	61	2100	Станок 11
7	60	2200	Станок 12
6,8	58	2300	Станок 13
5	55	2400	Станок 14
6,5	50	2500	Станок 15
7	70	2600	Станок 16
8	80	2100	Станок 17
9	75	2000	Станок 18



Таблиця 2.

## Значення вагових коефіцієнтів

№ вар.	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	Прізвище
1	0,1	0,2	0,7	
2	0,1	0,1	0,8	
3	0,1	0,3	0,6	
4	0,1	0,4	0,5	
5	0,1	0,5	0,4	
6	0,1	0,6	0,3	
7	0,1	0,7	0,2	
8	0,1	0,8	0,1	
9	0,2	0,1	0,7	
10	0,2	0,2	0,6	
11	0,2	0,3	0,5	
12	0,2	0,4	0,4	
13	0,2	0,5	0,3	
14	0,2	0,6	0,2	
15	0,2	0,7	0,1	
16	0,3	0,1	0,6	
17	0,3	0,2	0,5	
18	0,3	0,3	0,4	
19	0,3	0,4	0,3	
20	0,3	0,5	0,2	
21	0,3	0,6	0,1	
22	0,4	0,1	0,5	
23	0,4	0,2	0,4	
24	0,4	0,3	0,3	
25	0,4	0,4	0,2	
26	0,4	0,5	0,1	
27	0,5	0,1	0,4	
28	0,5	0,2	0,3	
29	0,7	0,2	0,1	
30	0,3	0,4	0,3	

Розв'язати ЗБО з використанням зазначеного методу. Провести аналіз отриманих результатів та оформити звіт.

Прикріпити файл **Прізвище студента\_назва\_групи\_ПР\_5.xlsx** у середовище МУДЛІ МНАУ на оцінювання.

## Практичне заняття № 6 ABC і XYZ - аналіз

**Мета заняття** – надбання практичних навичок у диференціації об’єктів управління в логістиці.

### Постановка задачі

З метою зміцнення позиції на ринку керівництво гуртової фірми прийняло рішення розширити торговельний асортимент. Вільних фінансових засобів, необхідних для кредитування додаткових товарних ресурсів, фірма не має.

Перед службою логістики поставили задачу посилення контролю товарних запасів з метою скорочення загального обсягу коштів, заморожених у запасах.

Торговельний асортимент фірми, середні запаси за рік, а також обсяги продажів по окремих кварталах представлені в таблиці (див. Варіанти ЛР 5).

### Завдання 1. Диференціювати асортимент за методом ABC.

#### Методичні вказівки

1. Сформулювати мета аналізу ABC, вказати об’єкт і ознаку, за якою намічено провести поділ асортименту.

2. Розрахувати частку окремих позицій асортименту в загальному обсязі запасу. Результат внесіть до окремої графи в таблицю, яка має містити поля: № позиції та Середній запас за квартал.

3. Побудувати асортиментні позиції в порядку убудування частки в загальному запасі. Можна використовувати функцію Excel “Сортировка”.

4. Розрахувати для кожної позиції кумулятивну частку (з зростаючим підсумком) в графі 4 в таблиці.

5. Запропонувати поділ аналізованого асортименту на групи А, В і С. Пропонується скористатися алгоритмом:

- до групи А відносять 20% позицій упорядкованого списку, починаючи з найбільш значимої;
- до групи В відносять наступні 30% позицій;
- до групи С відносять ті позиції, що залишилися.

1. Побудувати криву ABC. При побудові кривої по осі  $OX$  відкладають об’єкти управління в порядку спадання значимості їхнього внеску в кінцевий результат, виражені у відсотках до загальної кількості об’єктів. По осі  $OY$  відзначають внесок кожного об’єкта в кінцевий результат, обчислений зростаючим підсумком, також виражений у відсотках.

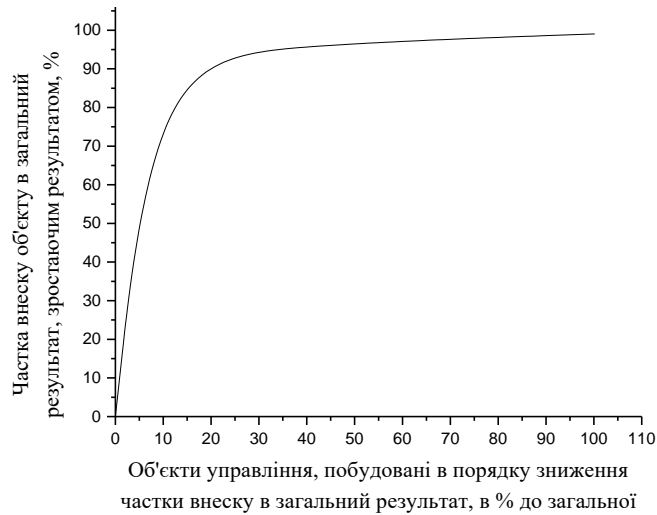


Рис. 1. Приклад кривої аналізу ABC

Завдання 2. Диференціювати асортимент за методом XYZ

**Методичні вказівки**

1. Розрахувати коефіцієнти варіації попиту за окремими позиціями асортименту ( $v$ ):

$$v = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}}{\bar{x}} 100\%,$$

де  $x_i$  –  $i$ -те значення попиту за оцінюваною позицією;

$\bar{x}$  – середньоквартальне значення попиту за оцінюваною позицією;

$n$  – число кварталів, за які зроблена оцінка.

2. Побудувати асортиментні позиції в порядку зростання значення коефіцієнта варіації.

3. Розділити аналізований асортимент на групи X, Y і Z.

У рамках даної задачі алгоритм розподілу пропонується у табл. 1.

Таблиця 1

*Пропонований алгоритм поділу асортименту на групи X, Y і Z*

група	інтервал
X	$0 \leq v < 10\%$
Y	$10\% \leq v < 25\%$
Z	$25\% \leq v < \infty$

4. Побудувати криву XYZ. Побудова кривої XYZ здійснюється в прямокутних координатах (рис. 2). По осі OX відкладають позиції асортименту в порядку зростання коефіцієнта варіації попиту, виражені у відсотках до загальної кількості позицій асортименту.

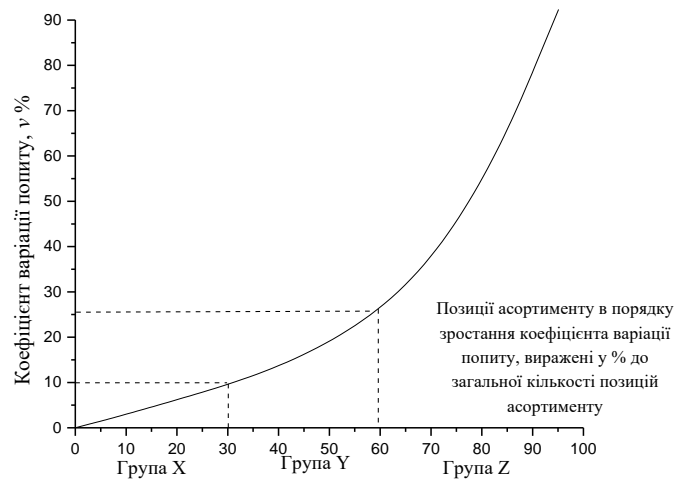


Рис. 2. Типова крива аналізу XYZ

5. Побудувати матрицю ABC-XYZ і виділити товарні позиції, що вимагають найбільш ретельного контролю при керуванні запасами.

Матрицю і результати оформити у наступному вигляді:

*Матриця ABC-XYZ*

<i>AX</i>	<i>AY</i>	<i>AZ</i>
<i>BX</i>	<i>BY</i>	<i>BZ</i>
<i>CX</i>	<i>CY</i>	<i>CZ</i>

### Критерії оцінювання

1. Вчасно здана та захищена робота;
2. Відповідь на додаткові запитання;
3. Оформлення роботи;
4. Наявність помилок у розрахунках;

## Варіанти завдань

### Варіант 1

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	2500	600	620	700	680
2	760	240	180	220	160
3	3000	500	1400	400	700
4	560	140	150	170	140
5	110	10	0	60	50
6	1880	520	530	400	430
7	190	40	40	50	70
8	17050	4500	4600	4400	4300
9	270	40	60	100	40
10	4000	1010	1030	1050	950
11	9000	2240	2200	2300	2260
12	2250	530	560	540	570
13	980	230	260	270	240
14	340	100	60	70	50
15	310	80	100	80	60

### Варіант 2

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	240	60	80	90	50
2	170	30	50	40	40
3	120	20	30	10	60
4	460	200	100	120	60
5	70	20	0	20	40
6	220	50	40	40	70
7	680	200	190	190	180
8	20	0	5	5	30
9	180	40	50	40	70
10	2390	710	670	800	580
11	130	30	50	40	40
12	23400	5280	5600	5600	6000
13	40	10	20	10	0
14	210	50	70	30	50
15	1120	300	400	200	200

### Варіант 3

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	30	10	10	15	5
2	80	0	20	20	80
3	320	70	50	80	40
4	13600	2900	3160	3200	3300
5	440	100	140	180	140
6	60	10	30	30	10
7	360	80	100	90	90
8	5400	1760	800	560	2280
9	140	10	30	80	40
10	11050	2500	2600	2700	2440
11	350	80	90	90	60
12	1280	320	340	300	320
13	1660	560	580	380	280
14	400	100	110	100	90
15	500	120	140	130	170

### Варіант 4

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	880	230	230	200	140
2	2100	540	600	440	500
3	50	20	20	30	10
4	7200	1500	2200	1700	1800
5	1400	300	350	360	390
6	4000	1010	1030	1050	950
7	9000	2240	2200	2300	2260
8	2250	530	560	540	570
9	980	230	260	270	240
10	340	100	60	70	50
11	310	80	100	80	60
12	240	60	80	90	50
13	170	30	50	40	40
14	120	20	30	10	60
15	460	200	100	120	60

Варіант 5

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	2600	610	630	710	690
2	860	250	190	230	170
3	3100	510	1410	410	710
4	660	150	160	180	150
5	210	20	10	70	60
6	1980	530	540	410	440
7	290	50	50	60	80
8	17150	460	4610	4410	4320
9	370	50	70	110	50
10	4100	1020	1040	1060	960
11	9100	2250	2210	2310	2270
12	2350	540	570	550	580
13	1080	240	270	280	250
14	440	110	70	80	60
15	410	90	110	90	70

Варіант 6

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	780	220	220	190	130
2	2000	530	590	430	490
3	50	10	10	20	0
4	7100	1490	2190	1690	1790
5	1300	290	340	350	380
6	3900	1000	1020	1040	940
7	8900	2230	2190	2290	2250
8	2150	520	550	530	560
9	880	220	250	260	230
10	240	90	50	60	40
11	210	70	90	70	50
12	140	50	70	80	40
13	70	20	40	30	30
14	20	10	20	0	50
15	360	190	90	10	50

### Варіант 7

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	20	15	10	10	5
2	70	65	60	65	50
3	310	305	310	395	230
4	13590	4000	3500	2000	900
5	430	425	400	255	290
6	50	45	40	35	30
7	350	345	340	275	340
8	5390	2000	1600	1000	950
9	130	120	100	95	100
10	11040	3000	2500	680	890
11	340	300	250	230	560
12	1270	1000	900	860	960
13	1650	590	500	460	450
14	390	300	300	270	290
15	490	160	150	130	230

### Варіант 8

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	440	80	100	110	70
2	370	50	70	60	60
3	320	40	50	30	80
4	660	220	120	140	80
5	270	40	20	40	60
6	420	70	60	60	90
7	880	220	210	210	200
8	220	20	25	25	50
9	380	60	70	60	90
10	2590	730	690	820	600
11	330	50	70	60	60
12	23600	5300	5620	5620	6020
13	240	30	40	30	20
14	410	70	90	50	70
15	1320	320	420	220	220



Варіант 9

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	30	10	10	15	5
2	80	0	20	20	80
3	320	70	50	80	40
4	13600	2900	3160	3200	3300
5	440	100	140	180	140
6	60	10	30	30	10
7	360	80	100	90	90
8	5400	1760	800	560	2280
9	140	10	30	80	40
10	11050	2500	2600	2700	2440
11	350	80	90	90	60
12	1280	320	340	300	320
13	1660	560	580	380	280
14	400	100	110	100	90
15	500	120	140	130	170

Варіант 10

№ позиц.	Сер. запас за квартал	Реалізація за квартал			
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	880	230	230	200	140
2	2100	540	600	440	500
3	50	20	20	30	10
4	7200	1500	2200	1700	1800
5	1400	300	350	360	390
6	4000	1010	1030	1050	950
7	9000	2240	2200	2300	2260
8	2250	530	560	540	570
9	980	230	260	270	240
10	340	100	60	70	50
11	310	80	100	80	60
12	240	60	80	90	50
13	170	30	50	40	40
14	120	20	30	10	60
15	460	200	100	120	60

## Практичне заняття № 7 Метод аналізу ієрархій.

**Мета:** Одержати практичні навички обґрунтування і вибору форм розробки і реалізації управлінських рішень у конкретних виробничих ситуаціях.

### 1.1. Теоретичні положення

Одним з ефективних методів рішень багатокритеріальних задач з ієрархічними структурами, що містять явні і неявні фактори, є метод аналізу ієрархій (МАІ, англ. Analytic Hierarchy Process, АНР), розроблений Т. Сааті.

Для задач, що розв'язуються МАІ, дано:

- загальна мета (або цілі) розв'язання задач;
- критерії, за якими оцінюються альтернативи;
- альтернативи.

Зазвичай потрібно вибрати найкращу альтернативу або зробити їх упорядкування.

Використання МАІ передбачає реалізацію таких етапів.

1. Структуризація задачі у вигляді ієрархічної структури з декількома рівнями: цілі – критерії – альтернативи.

2. Формування матриць попарних порівнянь і обчислення оціночних коефіцієнтів для елементів кожного рівня. Водночас перевіряється узгодженість суджень ОПР.

3. Підраховується кількісний індикатор якості кожної з альтернатив і визначається найкраща альтернатива або проводиться їх упорядкування за цим значенням.

Обчислювальну основу МАІ визначають матриці попарних порівнянь об'єктів (табл. 4.1).

Для формування матриць попарних порівнянь (наприклад, об'єктів А і В) використовується шкала значень (балів):

- «1» – А і В однаково важливі;
- «2»–«3» – А незначно важливіше, ніж В;
- «4»–«5» – А значно важливіше за В;
- «6»–«7» – А явно важливіше за В;
- «8»–«9» – А за своєю значущістю абсолютно перевершує В.

**Таблиця 4.1 – Приклад матриці попарних порівнянь об’єктів А, В, С, D**

	A	B	C	D
A	1	5	6	7
B	1/5	1	4	6
C	1/6	1/4	1	4
D	1/7	1/6	1/4	1

Матриця попарних порівнянь є обернено-симетричною, тобто якщо в позиції (клітинки матриці) з номерами  $ij$  розташоване значення  $p_{ij}$ , то в клітинці матриці з номером  $ji$  має розташовуватися зворотна величина, рівна  $1/p_{ij}$ .

Матриця порівняння формується шляхом порівняння об’єкта, що розташований у рядку, відносно об’єкта, що розташований у стовпці. Тобто для прикладу, наведеного в табл. 4.1, об’єкт А значно важливіший за об’єкт В, відповідно значення клітинки таблиці парних порівнянь 1-го рядка і 2-го стовпчика дорівнює 5. При порівнянні елемента з собою маємо рівну значущість, так що на перетині рядка А зі стовпчиком А в позиції (А, А) заносимо 1.

Заносимо відповідні зворотні величини: 1, 1/3, ..., або 1/9 на перетинах стовпчика А і рядка В, тобто в позицію (В, А) для зворотного порівняння В з А.

Обчислення вектора пріоритетів за матрицею попарних порівнянь у математичних термінах – це обчислення головного власного вектора, який після нормалізації стає вектором пріоритетів.

Грубі оцінки значення головного власного вектора можна отримати такими чотирма способами:

*Спосіб 1. «Суми за рядками».* Підсумувати елементи кожного рядка і нормалізувати розподілом кожної суми на суму всіх елементів. Сума отриманих результатів буде дорівнювати одиниці. Перший елемент результуючого вектора буде пріоритетом першого об’єкта, другий – другого об’єкта і т. д. (приклад розрахунку в табл. 4.2).

**Таблиця 4.2 – Приклад розрахунку вектора пріоритетів першим способом**

	A	B	C	D	$\Sigma$	$\Sigma$ 37,18
A	1,00	5,00	6,00	7,00	19,00	<b>0,5111</b>
B	0,20	1,00	4,00	6,00	11,20	<b>0,3013</b>
C	0,17	0,25	1,00	4,00	5,42	<b>0,1457</b>
D	0,14	0,17	0,25	1,00	1,56	<b>0,0419</b>
					37,18	

*Спосіб 2. «Суми за стовпцями».* Підсумувати елементи кожного стовпця і отримати зворотні величини цих сум. Нормалізувати їх так, щоб їх сума дорівнювала одиниці, розділити кожну зворотну величину на суму всіх зворотних величин (приклад розрахунку в табл. 4.3).

**Таблиця 4.3 – Приклад розрахунку вектора пріоритетів другим способом**

	A	B	C	D	
A	1,00	5,00	6,00	7,00	
B	0,20	1,00	4,00	6,00	
C	0,17	0,25	1,00	4,00	
D	0,14	0,17	0,25	1,00	
Σ	1,51	6,42	11,25	18,00	
1/Σ	0,66	0,16	0,09	0,06	<b>0,96</b>
Σ 0,96	<b>0,69</b>	<b>0,16</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	

*Спосіб 3. «Зворотні величини».* Розділити елементи кожного стовпця на суму елементів цього стовпчика (тобто нормалізувати стовпець), потім додати елементи кожного отриманого рядка і розділити цю суму на число елементів рядка. Це називається процесом усереднення за нормалізованими стовпцями (приклад розрахунку в табл. 4.4).

**Таблиця 4.4 – Приклад розрахунку вектора пріоритетів третім способом**

	A	B	C	D	Σ	Σ4
A	0,66	0,78	0,53	0,39	2,36	<b>0,591</b>
B	0,13	0,16	0,36	0,33	0,98	<b>0,244</b>
C	0,11	0,04	0,09	0,22	0,46	<b>0,115</b>
D	0,09	0,03	0,02	0,06	0,20	<b>0,050</b>

*Спосіб 4. «Середньо геометричні значення за рядком».* Необхідно перемножити n елементів кожного рядка і витягти корінь n-го ступеня з отриманого добутку (приклад розрахунку в табл. 4.5).

**Таблиця 4.5 – Приклад розрахунку вектора пріоритетів четвертим способом**

	A	B	C	D	П	4 П	П /6,20
A	1,00	5,00	6,00	7,00	210,00	3,81	<b>0,61</b>
B	0,20	1,00	4,00	6,00	4,80	1,48	<b>0,24</b>
C	0,17	0,25	1,00	4,00	0,17	0,64	<b>0,10</b>
D	0,14	0,17	0,25	1,00	0,01	0,28	<b>0,04</b>
						<b>6,20</b>	

Порівнюючи отримані результати, зазначимо, що точність розрахунків підвищується від 1-го до 4-го способу, проте одночасно ускладнюється обчислення.

Під час використання таблиць попарного порівняння розглядаються індекси узгодженості. Для їх розрахунку помножимо матрицю порівнянь справа на розраховану оцінку вектора рішення, отримаємо новий вектор (табл. 4.6). Розділивши першу компоненту цього вектора на першу компоненту оцінки вектора рішення, другу компоненту нового вектора на другу компоненту оцінки вектора рішення і т. д., визначимо ще один вектор. Розрахуємо середнє арифметичне отриманого вектора. Отримане значення  $\lambda_{\max}$  називають максимальним або головним власним значенням і використовують для оцінки узгодженості, що відображає пропорційність переваг.

Чим ближче  $\max \lambda$  до  $n$  (числа об'єктів у матриці), тим більш узгоджений результат

**Таблиця 4.6 – Приклад розрахунків для індексу узгодженості**

	A	B	C	D	П	4 П	$w_i = \frac{4}{6,20}$ П	новий вектор $v_i$	$v_i/w_i$	
A	1,00	5,00	6,00	7,00	2,10	3,81	0,61	<b>2,74</b>	4,462	
B	0,20	1,00	4,00	6,00	4,80	1,48	0,24	<b>1,04</b>	4,367	
C	0,17	0,25	1,00	4,00	0,17	0,64	0,10	<b>0,44</b>	4,311	
D	0,14	0,17	0,25	1,00	0,01	0,28	0,04	<b>0,20</b>	4,421	
									17,561	
$\lambda_{\max}$										<b>4,390</b>

Індексом узгодженості (ІУ) назвемо величину:

$$IY = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1).$$

Випадковим індексом (ВІ) назвемо індекс узгодженості, розрахований за даними оцінок, які згенеровано у випадковий спосіб за шкалою від 1 до 15 (табл. 4.7).

**Таблиця 4.7 – Значення випадкового індексу узгодженості**

п, поря- док маг- риці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ВІ	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Відношення узгодженості (ВУ) – це відношення індексу узгодженості (ІУ) до випадкового індексу (ВІ) для матриці того ж порядку:

$$ВУ = ІУ / ВІ.$$

У табл. 4.6 наведено приклад розрахунку  $\lambda_{\max}$ . Проведемо розрахунок наближеного значення індексу узгодженості і його аналіз відносно узгодженості.

$$ІУ = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (4,39 - 4) / (4 - 1) = 0,130088;$$

$$ВІ = 0,9;$$

$$ВУ = ІУ / ВІ = 0,130088 / 0,9 = 0,144542.$$

Значення  $ВУ \leq 0,1$  вважається прийнятним.

## 1.2. Варіанти індивідуальних завдань

ЗАВДАННЯ. Дано (у вигляді таблиць попарного порівняння) критерії оцінки будинку і варіанти, доступні для покупки (альтернативи). Використовуючи метод аналізу ієрархій, упорядкувати альтернативи від найкращої до найгіршої.

*Примітка до завдання.* Під час розв'язання необхідно застосувати два способи грубої оцінки значення головного власного вектора:

- одне розв'язання з застосуванням *Способу 4 «Середньо геометричні значення за рядком»*;
- друге розв'язання із застосуванням або *Способу 1 «Суми за рядками»*, або *Способу 2 «Суми за стовпцями»* або *Способу 3 «Зворотні величини»*.

Варіант 1

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	5	3	9	6	5	1/3	1/4
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7
C3	Околиця	1/3	3	1	6	3	5	9	1/5
C4	Коли побудований будинок	1/9	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8
C5	Двір	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6
C6	Сучасне обладнання	1/5	1/3	1/5	4	2	1	1/5	1/6
C7	Загальний стан	3	5	1/9	7	5	5	1	1/2
C8	Фінансові умови	4	7	5	8	6	6	2	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	A	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	A	Б	В
A	1	1/8	1/3	A	1	5	1/5
Б	8	1	4	Б	1/5	1	1/8
В	3	1/4	1	В	5	8	1

Околиця	A	Б	В	Коли побудований будинок	A	Б	В
A	1	8	6	A	1	1	9
Б	1/8	1	1/4	Б	1	1	9
В	1/6	4	1	В	1/9	1/9	1

Двір	A	Б	В	Сучасне обладнання	A	Б	В
A	1	5	4	A	1	8	6
Б	1/5	1	1/3	Б	1/8	1	1/5
В	1/4	3	1	В	1/6	5	1

Загальний стан	A	Б	В	Фінансові умови	A	Б	В
A	1	1/2	1/2	A	1	1/7	1/5
Б	2	1	1	Б	7	1	3
В	2	1	1	В	5	1/3	1



Варіант 2

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	
C1	Розмір будинку	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7
C3	Околиця	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5
C4	Коли побудований будинок	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8
C5	Двір	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6
C6	Сучасне обладнання	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6
C7	Загальний стан	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2
C8	Фінансові умови	4	7	5	8	6	6	2	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	A	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	A	Б	В
A	1	6	8	A	1	5	1/5
Б	1/6	1	4	Б	1/5	1	1/8
В	1/8	1/4	1	В	5	8	1

Околиця	A	Б	В	Коли побудований будинок	A	Б	В
A	1	8	6	A	1	1	1
Б	1/8	1	1/4	Б	1	1	1
В	1/6	4	1	В	1	1	1

Двір	A	Б	В	Сучасне обладнання	A	Б	В
A	1	5	4	A	1	8	6
Б	1/5	1	1/3	Б	1/8	1	1/5
В	1/4	3	1	В	1/6	5	1

Загальний стан	A	Б	В	Фінансові умови	A	Б	В
A	1	1/2	1/2	A	1	1/7	1/5
Б	2	1	1	Б	7	1	3
В	2	1	1	В	5	1/3	1

Варіант 3

**Завдання «Купівля будинку»: матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/5	1	1/3	7	3	3	1/5	1/7
C3	Околиця	1/3	3	1	6	3	6	6	1/5
C4	Коли побудований будинок	1/7	1/7	1/6	1	1/3	3	1/7	1/8
C5	Двір	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6
C6	Сучасне обладнання	1/6	1/3	1/6	1/3	2	1	1/5	1/6
C7	Загальний стан	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2
C8	Фінансові умови	4	7	5	8	6	6	2	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	A	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	A	Б	В
A	1	6	8	A	1	5	1/5
Б	1/6	1	4	Б	1/5	1	1/8
В	1/8	1/4	1	В	5	8	1

Околиця	A	Б	В	Коли побудований будинок	A	Б	В
A	1	7	6	A	1	3	7
Б	1/7	1	1/4	Б	1/3	1	3
В	1/6	4	1	В	1/7	1/3	1

Двір	A	Б	В	Сучасне обладнання	A	Б	В
A	1	5	4	A	1	8	6
Б	1/5	1	1/3	Б	1/8	1	1/5
В	1/4	3	1	В	1/6	5	1

Загальний стан	A	Б	В	Фінансові умови	A	Б	В
A	1	1/2	1/5	A	1	1/7	1/5
Б	2	1	4	Б	7	1	3
В	5	1/4	1	В	5	1/3	1

Варіант 4

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/5	1	1/3	7	3	3	1/5	1/7
C3	Околиця	1/3	3	1	6	3	6	6	1/5
C4	Коли побудований будинок	1/7	1/7	1/6	1	1/3	3	1/7	1/8
C5	Двір	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6
C6	Сучасне обладнання	1/6	1/3	1/6	1/3	2	1	1/5	1/6
C7	Загальний стан	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2
C8	Фінансові умови	4	7	5	8	6	6	2	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	A	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	A	Б	В
A	1	6	8	A	1	5	1/5
Б	1/6	1	4	Б	1/5	1	1/8
В	1/8	1/4	1	В	5	8	1

Околиця	A	Б	В	Коли побудований будинок	A	Б	В
A	1	7	6	A	1	3	7
Б	1/7	1	1/4	Б	1/3	1	3
В	1/6	4	1	В	1/7	1/3	1

Двір	A	Б	В	Сучасне обладнання	A	Б	В
A	1	5	4	A	1	8	6
Б	1/5	1	1/3	Б	1/8	1	1/5
В	1/4	3	1	В	1/6	5	1

Загальний стан	A	Б	В	Фінансові умови	A	Б	В
A	1	1/2	1/5	A	1	1/7	1/5
Б	2	1	4	Б	7	1	3
В	5	1/4	1	В	5	1/3	1

Варіант 5

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	5	3	1/5	6	6	1/3	1/4
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/5	1	1/3	1/3	7	5	1/5	1/7
C3	Околиця	1/3	3	1	6	3	5	6	1/5
C4	Коли побудований будинок	5	3	1/6	1	1/3	3	1/9	1/8
C5	Двір	1/6	1/7	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6
C6	Сучасне обладнання	1/6	1/5	1/5	1/3	2	1	1/5	1/6
C7	Загальний стан	3	5	1/6	9	5	5	1	1/2
C8	Фінансові умови	4	7	5	8	6	6	2	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	А	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	А	Б	В
А	1	6	9	А	1	7	5
Б	1/6	1	4	Б	1/7	1	1/8
В	1/9	1/4	1	В	1/5	8	1

Околиця	А	Б	В	Коли побудований будинок	А	Б	В
А	1	4	7	А	1	7	2
Б	1/4	1	1/4	Б	1/7	1	3
В	1/7	4	1	В	1/2	1/3	1

Двір	А	Б	В	Сучасне обладнання	А	Б	В
А	1	6	4	А	1	9	6
Б	1/6	1	1/3	Б	1/9	1	1/5
В	1/4	3	1	В	1/6	5	1

Загальний стан	А	Б	В	Фінансові умови	А	Б	В
А	1	1/2	5	А	1	1/7	1/5
Б	2	1	4	Б	7	1	3
В	1/5	1/4	1	В	5	1/3	1

Варіант 6

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	1/6	1	1/5	1/6	1/5	1/9	1/4
C2	Зручність автобусних маршрутів	6	1	1/3	1/7	1/8	1/4	1/5	1/4
C3	Околиця	1	3	1	1/5	3	1/6	1/7	1/5
C4	Коли побудований будинок	5	7	5	1	1/8	1/7	1/9	1/8
C5	Двір	6	8	1/3	8	1	1/2	1/5	3
C6	Сучасне обладнання	5	4	6	7	2	1	4	1/6
C7	Загальний стан	9	5	7	9	5	1/4	1	1/2
C8	Фінансові умови	4	4	5	8	1/3	6	2	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	A	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	A	Б	В
A	1	3	2	A	1	1/5	5
Б	1/3	1	4	Б	5	1	7
В	1/2	1/4	1	В	1/5	1/7	1

Околиця	A	Б	В	Коли побудований будинок	A	Б	В
A	1	2	1/5	A	1	7	2
Б	1/2	1	1/4	Б	1/7	1	3
В	5	4	1	В	1/2	1/3	1

Двір	A	Б	В	Сучасне обладнання	A	Б	В
A	1	1/3	1/3	A	1	3	1/3
Б	3	1	7	Б	1/3	1	1/4
В	3	1/7	1	В	3	4	1

Загальний стан	A	Б	В	Фінансові умови	A	Б	В
A	1	3	8	A	1	2	1/5
Б	1/3	1	1/2	Б	1/2	1	1/4
В	1/8	2	1	В	5	4	1

Варіант 7

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	7	3	6	3	6	7	1/3
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/7	1	1/3	5	4	7	1/5	1/6
C3	Околиця	1/3	3	1	3	3	1/2	6	1/3
C4	Коли побудований будинок	1/6	1/5	1/3	1	1/3	6	1/3	1/4
C5	Двір	1/3	1/4	1/3	3	1	2	1/5	1/5
C6	Сучасне обладнання	1/6	1/7	2	1/6	1/2	1	6	1/7
C7	Загальний стан	1/7	5	1/6	3	5	1/6	1	1/4
C8	Фінансові умови	3	6	3	4	5	7	4	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	A	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	A	Б	В
A	1	8	5	A	1	4	3
Б	1/8	1	1/3	Б	1/4	1	1/3
В	1/5	3	1	В	1/3	3	1

Околиця	A	Б	В	Коли побудований будинок	A	Б	В
A	1	1/7	1/5	A	1	1/4	5
Б	7	1	6	Б	4	1	2
В	5	1/6	1	В	1/5	1/2	1

Двір	A	Б	В	Сучасне обладнання	A	Б	В
A	1	5	6	A	1	7	1/3
Б	1/5	1	1/7	Б	1/7	1	1/5
В	1/6	7	1	В	3	5	1

Загальний стан	A	Б	В	Фінансові умови	A	Б	В
A	1	1/3	1/6	A	1	6	1/2
Б	3	1	1/7	Б	1/6	1	1/5
В	6	7	1	В	2	5	1

Варіант 8

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	4	3	6	4	5	1/3	3
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/4	1	1/5	1/7	1/6	1/5	1/5	1/3
C3	Околиця	1/3	5	1	5	3	4	3	5
C4	Коли побудований будинок	1/6	7	1/5	1	6	5	1/3	1/8
C5	Двір	1/4	6	1/3	1/6	1	1/4	1/5	1/6
C6	Сучасне обладнання	1/5	5	1/4	1/5	4	1	3	8
C7	Загальний стан	3	5	1/3	3	5	1/3	1	3
C8	Фінансові умови	1/3	3	1/5	8	6	1/8	1/3	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	A	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	A	Б	В
A	1	1/9	1/3	A	1	1/3	3
Б	9	1	7	Б	3	1	1/2
В	3	1/7	1	В	1/3	2	1

Околиця	A	Б	В	Коли побудований будинок	A	Б	В
A	1	1/6	1/4	A	1	1/2	5
Б	6	1	3	Б	2	1	5
В	4	1/3	1	В	1/5	1/5	1

Двір	A	Б	В	Сучасне обладнання	A	Б	В
A	1	2	6	A	1	3	4
Б	1/2	1	4	Б	1/3	1	1/8
В	1/6	1/4	1	В	1/4	8	1

Загальний стан	A	Б	В	Фінансові умови	A	Б	В
A	1	6	1/6	A	1	1/8	1/5
Б	1/6	1	1/3	Б	8	1	3
В	6	3	1	В	5	1/3	1

Варіант 9

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	7	3	4	1/7	6	7	2
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/7	1	1/8	1/6	1/9	3	3	2
C3	Околиця	1/3	8	1	8	1/6	5	6	5
C4	Коли побудований будинок	1/4	6	1/8	1	1/5	5	4	1/3
C5	Двір	7	9	6	5	1	7	5	3
C6	Сучасне обладнання	1/6	1/3	1/5	1/5	1/7	1	1/6	6
C7	Загальний стан	1/7	1/3	1/6	1/4	1/5	6	1	3
C8	Фінансові умови	1/2	1/2	1/5	3	1/3	1/6	1/3	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	А	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	А	Б	В
А	1	3	8	А	1	7	5
Б	1/3	1	1/6	Б	1/7	1	1/4
В	1/8	6	1	В	1/5	4	1

Околиця	А	Б	В	Коли побудований будинок	А	Б	В
А	1	3	1/5	А	1	1/2	1/4
Б	1/3	1	1/6	Б	2	1	1/3
В	5	6	1	В	4	3	1

Двір	А	Б	В	Сучасне обладнання	А	Б	В
А	1	5	1/4	А	1	1/6	1/5
Б	1/5	1	1/2	Б	6	1	1/8
В	4	2	1	В	5	8	1

Загальний стан	А	Б	В	Фінансові умови	А	Б	В
А	1	3	1/3	А	1	1/7	3
Б	1/3	1	2	Б	7	1	8
В	3	1/2	1	В	1/3	1/8	1



Варіант 10

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	8	1/7	7	5	6	1/2	1/7
C2	Зручність автобусних маршрутів	1/8	1	1/8	1/6	1/3	1/5	1/3	1/4
C3	Околиця	7	8	1	3	7	6	6	1/3
C4	Коли побудований будинок	1/7	6	1/3	1	8	5	3	1/6
C5	Двір	1/5	3	1/7	1/8	1	1/4	1/3	1/8
C6	Сучасне обладнання	1/6	5	1/6	1/5	4	1	1/7	1/4
C7	Загальний стан	2	3	1/6	1/3	3	7	1	1/5
C8	Фінансові умови	7	4	3	6	8	4	5	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	А	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	А	Б	В
А	1	2	6	А	1	8	1/2
Б	1/2	1	1/7	Б	1/8	1	1/9
В	1/6	7	1	В	2	9	1

Околиця	А	Б	В	Коли побудований будинок	А	Б	В
А	1	1/6	1/4	А	1	3	2
Б	6	1	1/6	Б	1/3	1	1/9
В	4	6	1	В	1/2	9	1

Двір	А	Б	В	Сучасне обладнання	А	Б	В
А	1	4	1/5	А	1	5	3
Б	1/4	1	1/7	Б	1/5	1	1/4
В	5	7	1	В	1/3	4	1

Загальний стан	А	Б	В	Фінансові умови	А	Б	В
А	1	3	1/3	А	1	2	4
Б	1/3	1	2	Б	1/2	1	5
В	3	1/2	1	В	1/4	1/5	1

Варіант 11

**Матриця парних порівнянь за критеріями**

Критерії		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Розмір будинку	Зручність автобусних маршрутів	Околиця	Коли побудований будинок	Двір	Сучасне обладнання	Загальний стан	Фінансові умови
C1	Розмір будинку	1	1/6	1/7	1/3	1/7	1/5	1/2	1/4
C2	Зручність автобусних маршрутів	6	1	1/5	1/3	5	1/5	1/2	2
C3	Околиця	7	5	1	3	6	5	6	8
C4	Коли побудований будинок	3	3	1/3	1	8	5	3	6
C5	Двір	7	1/5	1/6	1/8	1	1/4	1/3	3
C6	Сучасне обладнання	5	5	1/5	1/5	4	1	1/6	1/8
C7	Загальний стан	2	2	1/6	1/3	3	6	1	3
C8	Фінансові умови	4	1/2	1/8	1/6	1/3	8	1/3	1

**Матриця парних порівнянь оцінки альтернатив А, Б, В за кожним критерієм**

Розмір будинку	А	Б	В	Зручність автобусних маршрутів	А	Б	В
А	1	1/7	1/2	А	1	1/6	1/2
Б	7	1	5	Б	6	1	4
В	2	1/5	1	В	2	1/4	1

Околиця	А	Б	В	Коли побудований будинок	А	Б	В
А	1	1/3	2	А	1	1/4	1/5
Б	3	1	3	Б	4	1	1/7
В	1/2	1/3	1	В	5	7	1

Двір	А	Б	В	Сучасне обладнання	А	Б	В
А	1	6	1/2	А	1	5	7
Б	1/6	1	1/4	Б	1/5	1	1/5
В	2	4	1	В	1/7	5	1

Загальний стан	А	Б	В	Фінансові умови	А	Б	В
А	1	6	1/6	А	1	1/6	4
Б	1/6	1	1/7	Б	6	1	7
В	6	7	1	В	1/4	1/7	1

## Практичне заняття № 8.

### Модель основного балансового рівняння.

**Мета:** навчитись визначити матрицю коефіцієнтів повних матеріальних затрат, перевіряти на продуктивність матрицю витрат, обчислювати планові обсяги валової продукції, визначати значення міжгалузевих потоків, умовно чисту продукцію галузей і подавати результати у формі міжгалузевого балансу, обчислювати коефіцієнти прямої та повної трудомісткості й складати міжгалузевий баланс затрат праці.

### Завдання.

Для тригалузевої економічної системи на плановий період задані матриця коефіцієнтів прямих матеріальних затрат  $A$ , вектор кінцевої продукції  $Y$  та матриця затрат живої праці (трудових ресурсів)  $L$  (дані умовні).

#### Необхідно:

- 1) визначити матрицю коефіцієнтів повних матеріальних затрат двома способами;
- 2) перевірити на продуктивність матрицю  $A$  трьома способами;
- 3) обчислити планові обсяги валової продукції двома способами;
- 4) визначити значення міжгалузевих потоків, умовно чисту продукцію галузей і подати результати у формі міжгалузевого балансу;
- 5) обчислити коефіцієнти прямої та повної трудомісткості й скласти міжгалузевий баланс затрат праці.

### Варіанти завдань.

№ варіанту	Матриця коефіцієнтів прямих матеріальних затрат, $A$	Вектор кінцевої продукції, $Y$	Матриця затрат трудових ресурсів, $L$
1	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,4 & 0 \\ 0,2 & 0,3 & 0,1 \\ 0,3 & 0,2 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 310 \\ 230 \\ 300 \end{pmatrix}$	$(850 \quad 750 \quad 650)$
2	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,1 & 0,2 \\ 0,1 & 0,3 & 0,1 \\ 0,3 & 0,2 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 110 \\ 90 \\ 150 \end{pmatrix}$	$(950 \quad 750 \quad 550)$

3	$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 & 0,2 \\ 0,2 & 0,6 & 0,1 \\ 0,3 & 0,2 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 66 \\ 45 \\ 84 \end{pmatrix}$	$(900 \quad 800 \quad 680)$
4	$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 & 0,1 \\ 0,1 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0,2 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 100 \\ 120 \\ 150 \end{pmatrix}$	$(910 \quad 750 \quad 640)$
5	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,3 & 0,1 \\ 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,1 & 0,2 & 0,3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 56 \\ 98 \\ 74 \end{pmatrix}$	$(850 \quad 720 \quad 630)$
6	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,2 \\ 0 & 0,5 & 0,1 \\ 0,4 & 0,2 & 0,4 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 200 \\ 230 \\ 245 \end{pmatrix}$	$(920 \quad 740 \quad 650)$
7	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,5 & 0,2 \\ 0,2 & 0,7 & 0,2 \\ 0,3 & 0 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 310 \\ 230 \\ 300 \end{pmatrix}$	$(890 \quad 750 \quad 630)$
8	$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 & 0,4 \\ 0,1 & 0,2 & 0,3 \\ 0,2 & 0,4 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 310 \\ 230 \\ 300 \end{pmatrix}$	$(930 \quad 770 \quad 650)$
9	$\begin{pmatrix} 0,6 & 0,5 & 0,3 \\ 0,1 & 0,2 & 0,3 \\ 0 & 0,2 & 0,4 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 420 \\ 320 \\ 300 \end{pmatrix}$	$(910 \quad 720 \quad 620)$
10	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & 0,3 & 0,2 \\ 0,1 & 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 120 \\ 200 \\ 140 \end{pmatrix}$	$(940 \quad 760 \quad 630)$
11	$\begin{pmatrix} 0,4 & 0 & 0,1 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ 0,1 & 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 410 \\ 230 \\ 300 \end{pmatrix}$	$(970 \quad 780 \quad 650)$
12	$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 & 0,2 \\ 0,1 & 0,2 & 0 \\ 0,1 & 0,2 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 210 \\ 130 \\ 190 \end{pmatrix}$	$(880 \quad 710 \quad 620)$

13	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,1 & 0 \\ 0,1 & 0,3 & 0,1 \\ 0,1 & 0,2 & 0,5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 120 \\ 200 \\ 140 \end{pmatrix}$	$(700 \quad 650 \quad 550)$
14	$\begin{pmatrix} 0,5 & 0,1 & 0 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ 0,3 & 0,1 & 0,1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 410 \\ 320 \\ 300 \end{pmatrix}$	$(900 \quad 780 \quad 650)$
15	$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 & 0,1 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ 0 & 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 310 \\ 330 \\ 290 \end{pmatrix}$	$(920 \quad 770 \quad 650)$
16	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0 \\ 0,2 & 0,6 & 0,1 \\ 0,3 & 0,2 & 0,1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 210 \\ 130 \\ 200 \end{pmatrix}$	$(850 \quad 710 \quad 610)$
17	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,6 & 0,2 \\ 0,5 & 0,1 & 0,4 \\ 0 & 0,3 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 110 \\ 190 \\ 150 \end{pmatrix}$	$(900 \quad 720 \quad 653)$
18	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,5 & 0,7 \\ 0,2 & 0,4 & 0,1 \\ 0,3 & 0 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 115 \\ 145 \\ 180 \end{pmatrix}$	$(870 \quad 640 \quad 540)$
19	$\begin{pmatrix} 0,2 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,6 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 310 \\ 230 \\ 300 \end{pmatrix}$	$(960 \quad 750 \quad 650)$
20	$\begin{pmatrix} 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 0,2 & 0,1 & 0,3 \\ 0 & 0,2 & 0,5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 110 \\ 170 \\ 150 \end{pmatrix}$	$(880 \quad 710 \quad 630)$
21	$\begin{pmatrix} 0,2 & 0,5 & 0,4 \\ 0,2 & 0,3 & 0 \\ 0,2 & 0 & 0,5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 160 \\ 155 \\ 180 \end{pmatrix}$	$(700 \quad 550 \quad 450)$
22	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,1 \\ 0,5 & 0,6 & 0,2 \\ 0,3 & 0 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 310 \\ 230 \\ 320 \end{pmatrix}$	$(960 \quad 750 \quad 650)$

23	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,2 \\ 0,1 & 0,3 & 0,5 \\ 0,3 & 0,2 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 110 \\ 190 \\ 150 \end{pmatrix}$	$(900 \ 730 \ 640)$
24	$\begin{pmatrix} 0 & 0,2 & 0,9 \\ 0,2 & 0,3 & 0,1 \\ 0,3 & 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 450 \\ 450 \\ 380 \end{pmatrix}$	$(950 \ 750 \ 670)$
25	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,4 & 0,7 \\ 0,3 & 0,2 & 0,5 \\ 0,6 & 0,1 & 0,9 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 300 \\ 250 \\ 450 \end{pmatrix}$	$(880 \ 740 \ 650)$
26	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,1 \\ 0,2 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0,1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 200 \\ 150 \\ 250 \end{pmatrix}$	$(910 \ 750 \ 660)$
27	$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,4 & 0,1 \\ 0,5 & 0,2 & 0,4 \\ 0,2 & 0,1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 200 \\ 300 \\ 260 \end{pmatrix}$	$(920 \ 740 \ 650)$
28	$\begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,6 \\ 0,1 & 0,4 & 0,2 \\ 0,1 & 0,3 & 0,4 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 270 \\ 90 \\ 100 \end{pmatrix}$	$(870 \ 720 \ 620)$
29	$\begin{pmatrix} 0,2 & 0,1 & 0,2 \\ 0 & 0,1 & 0,2 \\ 0,1 & 0 & 0,1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 150 \\ 180 \\ 100 \end{pmatrix}$	$(910 \ 710 \ 620)$
30	$\begin{pmatrix} 0 & 0,4 & 0,7 \\ 0,4 & 0,1 & 0,2 \\ 0,3 & 0,1 & 0,8 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 180 \\ 150 \\ 160 \end{pmatrix}$	$(800 \ 650 \ 550)$

**Приклад виконання завдання.**

Для тригалузевої економічної системи на плановий період задані матриця коефіцієнтів прямих матеріальних затрат  $A$ , вектор кінцевої продукції  $Y$  та матриця затрат живої праці (трудових ресурсів)  $L$  (дані умовні):

$$A = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,25 \\ 0,1 & 0,4 & 0,1 \\ 0,2 & 0,15 & 0,3 \end{pmatrix}; Y = \begin{pmatrix} 150 \\ 200 \\ 300 \end{pmatrix}; L = (900 \quad 750 \quad 650).$$

**Необхідно:**

- 1) визначити матрицю коефіцієнтів повних матеріальних затрат двома способами;
- 2) перевірити на продуктивність матрицю  $A$  трьома способами;
- 3) обчислити планові обсяги валової продукції двома способами;
- 4) визначити значення міжгалузевих потоків, умовно чисту продукцію галузей і подати результати у формі міжгалузевого балансу;
- 5) обчислити коефіцієнти прямої та повної трудомісткості й скласти міжгалузевий баланс затрат праці.

**Розв'язання**

**1. Визначення матриці коефіцієнтів повних матеріальних витрат.**

**Перший спосіб**

Визначимо матрицю коефіцієнтів повних матеріальних затрат згідно з наближеним способом, урахувавши опосереднені матеріальні витрати до 2-го порядку включно.

Запишемо матрицю коефіцієнтів опосередкованих витрат 1-го порядку:

$$A^{(1)} = A^2 = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,25 \\ 0,1 & 0,4 & 0,1 \\ 0,2 & 0,15 & 0,3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,25 \\ 0,1 & 0,4 & 0,1 \\ 0,2 & 0,15 & 0,3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,16 & 0,177 & 0,17 \\ 0,09 & 0,195 & 0,095 \\ 0,135 & 0,145 & 0,155 \end{pmatrix}$$

матрицю коефіцієнтів опосередкованих витрат 2-го порядку:

$$A^{(2)} = AA^{(1)} = A^3 = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,25 \\ 0,1 & 0,4 & 0,1 \\ 0,2 & 0,15 & 0,3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,16 & 0,177 & 0,17 \\ 0,09 & 0,195 & 0,095 \\ 0,135 & 0,145 & 0,155 \end{pmatrix} = \\ = \begin{pmatrix} 0,09975 & 0,1285 & 0,10875 \\ 0,0655 & 0,1103 & 0,0705 \\ 0,086 & 0,1083 & 0,09475 \end{pmatrix}.$$

Тоді, матриця коефіцієнтів повних матеріальних витрат наближено дорівнюватиме:

$$B \approx E + A + A^2 + A^3 = \begin{pmatrix} 1,31596 & 0,22281 & 0,26849 \\ 0,10590 & 1,4215 & 0,1067 \\ 0,21161 & 0,1657 & 1,31469 \end{pmatrix}.$$

Зауважимо, що чим більша кількість матриць-коефіцієнтів опосередкованих витрат  $A^{(k)}$  підсумовується, тим точніше значення матриці  $B$ .

### Другий спосіб

Визначимо матрицю коефіцієнтів повних матеріальних витрат за допомогою формул обернення невироджених матриць згідно формули  $B = (E - A)^{-1}$ .

а) знаходимо матрицю  $(E - A)$ :

$$(E - A) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,25 \\ 0,1 & 0,4 & 0,1 \\ 0,2 & 0,15 & 0,3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,7 & -0,2 & -0,25 \\ -0,1 & 0,6 & -0,1 \\ -0,2 & -0,15 & -0,7 \end{pmatrix}$$

б) обчислимо визначник цієї матриці:

$$|E - A| = \begin{vmatrix} 0,7 & -0,2 & -0,25 \\ -0,1 & 0,6 & -0,1 \\ -0,2 & -0,15 & -0,7 \end{vmatrix} = 0,232;$$

в) транспонуємо матрицю  $(E - A)$ :

$$(E - A)^T = \begin{pmatrix} 0,7 & -0,1 & -0,2 \\ -0,2 & 0,6 & -0,15 \\ -0,25 & -0,1 & -0,7 \end{pmatrix};$$

г) знаходимо алгебраїчні доповнення для елементів матриці  $(E - A)^T$ , які обчислюють як добуток  $(-1)^{i+j}$  на мінор, який отримано після викреслення з матриці  $(E - A)^T$   $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпчика.

Отже, приєднана до матриці  $(E - A)$  матриця має вигляд:

$$\overline{(E - A)} = \begin{pmatrix} 0,405 & 0,178 & 0,170 \\ 0,090 & 0,440 & 0,095 \\ 0,135 & 0,145 & 0,400 \end{pmatrix}.$$

д) за формулою

$$B = (E - A)^{-1} = \frac{\overline{(E - A)}}{|E - A|}$$

знаходимо матрицю коефіцієнтів повних матеріальних витрат:



$$B = \begin{pmatrix} 1,748 & 0,766 & 0,734 \\ 0,388 & 1,899 & 0,410 \\ 0,583 & 0,626 & 1,728 \end{pmatrix}.$$

Перевіримо наші результати функцією  $МОБР(E - A)$ .

Як відомо, елементи матриці  $B$ , що обчислені згідно з другим способом, є дещо більшими, ніж відповідні елементи матриці, обчисленої згідно з першим (наближеним) способом.

## 2. Перевіримо на продуктивність матрицю $A$ .

### *Перший спосіб*

Оскільки матриця  $(E - A)$  – невід’ємно обернена, то матриця  $A$  – продуктивна.

### *Другий спосіб*

Обчислимо головні мінори матриці  $(E - A)$ :

$$\Delta_1 = |0,7| = 0,7 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 0,7 & -0,2 \\ -0,1 & 0,6 \end{vmatrix} = 0,4 > 0;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 0,7 & -0,2 & -0,25 \\ -0,1 & 0,6 & -0,1 \\ -0,2 & -0,15 & -0,7 \end{vmatrix} = 0,232 > 0.$$

Оскільки усі вони додатні, то за теоремою Хокінса-Саймона матриця  $A$  – продуктивна.

### *Третій спосіб*

Знайдемо власні значення матриці  $A$  з характеристичного рівняння:

$$|\lambda E - A| = 0;$$

$$\begin{pmatrix} \lambda - 0,3 & -0,2 & -0,25 \\ -0,1 & \lambda - 0,4 & -0,1 \\ -0,2 & -0,15 & \lambda - 0,3 \end{pmatrix} = 0;$$

Отримаємо  $\lambda_1 = 0,06973$ ;  $\lambda_2 = 0,26496$ ;  $\lambda_3 = 0,65762$ .

Оскільки найбільше за модулем власне число (число Перрона-Фробеніуса) характеристичного рівняння строго менше від одиниці ( $|\lambda_3| = |0,65762| < 1$ ), то матриця  $A$  – продуктивна.

### 3. Обчислимо планові обсяги валової продукції.

#### *Перший спосіб*

Для розрахунку обсягів валової продукції за заданою кінцевою продукцією скористаємось формулою:

$$X = BY = (E - A)^{-1}Y = \begin{pmatrix} 1,748 & 0,766 & 0,734 \\ 0,388 & 1,899 & 0,410 \\ 0,583 & 0,626 & 1,728 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 150 \\ 200 \\ 300 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 635,383 \\ 560,949 \\ 730,313 \end{pmatrix}.$$

#### *Другий спосіб*

Для розрахунку обсягів валової продукції за заданою кінцевою продукцією побудуємо *модель Леонтьєва*, тобто складемо систему рівнянь вигляду  $X = AX + Y$ :

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,3X_1 + 0,2X_2 + 0,25X_3 + 150, \\ X_2 &= 0,1X_1 + 0,4X_2 + 0,1X_3 + 200, \\ X_3 &= 0,2X_1 + 0,15X_2 + 0,3X_3 + 300. \end{aligned}$$

Перетворимо систему до вигляду:

$$\begin{aligned} 0,7X_1 - 0,2X_2 - 0,25X_3 &= 150, \\ -0,1X_1 + 0,6X_2 - 0,1X_3 &= 200, \\ -0,2X_1 - 0,15X_2 + 0,7X_3 &= 300. \end{aligned}$$

Розв'язавши дану систему, отримаємо:

$$X_1 = 635,383; X_2 = 560,949; X_3 = 730,313.$$

Як бачимо обсяги валової продукції, обчислені обома методами повністю збігаються.

### 4. Визначимо значення міжгалузевих потоків, умовно чисту продукцію галузей і подамо результати у формі міжгалузевого балансу:

а) для обчислення елементів першого квадранта міжгалузевого балансу – значення міжгалузевих потоків – скористаємося формулою:

$$x_{ij} = a_{ij}X_j, \quad i, j = 1, \dots, n,$$

тобто елементи першого стовпчика матриці  $A$  перемножимо на величину  $X_1 = 635,383$ , елементи другого стовпчика матриці  $A$  – на  $X_2 = 560,949$ , елементи третього стовпчика матриці  $A$  – на  $X_3 = 730,313$ .

б) складові третього квадранта (умовно чиста продукція) знаходимо з урахуванням формули  $X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j + Y_i, i = 1, \dots, n$ , як різницю між обсягом валової продукції галузі та суми її виробничих витрат за своєю продукцією і продукцією інших галузей (вони подані у відповідному стовпчику першого квадранта таблиці).

Наприклад, для першої галузі:

$$635,383 - (190,6149 + 63,5383 + 127,0766) = 254,1532 \text{ і т.д.}$$

в) четвертий квадрант складається лише з одного показника й використовується, зокрема, для контролю правильності обчислень.

Сума елементів другого квадранта повинна збігатися (у вартісному матеріальному балансі) із сумою елементів третього квадранта.

г) результати обчислень подано у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

### Міжгалузевий баланс виробництва й розподілу продукції

Галузі-виробники	Галузі-споживачі			Кінцева продукція	Валова продукція
	1	2	3		
1	190,615	112,190	182,578	150,0	635,383
2	63,538	224,380	73,031	200,0	560,949
3	127,077	84,142	219,094	300,0	730,313
Умовно чиста продукція	254,153	140,237	255,610	650	
Валова продукція	635,383	560,949	730,313		1926,645

5. Обчислимо коефіцієнти прямої та повної трудомісткості й складемо міжгалузевий баланс затрат праці, якщо матриця затрат живої праці  $L = (900 \ 750 \ 650)$ :

а) скориставшись формулою  $t_j = \frac{L_j}{X_j}, j = 1, \dots, n$  та попередніми

результатами, знайдемо коефіцієнти прямої трудомісткості:

$$t_1 = \frac{900}{635,383} = 1,416; \quad t_2 = \frac{750}{560,949} = 1,337; \quad t_3 = \frac{650}{730,313} = 0,890;$$

б) за формулою  $T = tB$  знайдемо коефіцієнти повної трудомісткості:

$$T = (1,416; 1,337; 0,890) \begin{pmatrix} 1,748 & 0,766 & 0,734 \\ 0,388 & 1,899 & 0,410 \\ 0,583 & 0,626 & 1,728 \end{pmatrix} = (3,513; 4,180; 3,123)$$

в) перемноживши відповідно перший, другий і третій рядки першого та другого квадрантів міжгалузевого матеріального балансу (табл.1), на відповідні коефіцієнти прямої трудомісткості (перший рядок помножимо на  $t_1$ , другий – на  $t_2$ , третій на –  $t_3$ ), отримаємо схему міжгалузевого балансу праці (в трудових вимірювачах) (табл. 2):

Таблиця 2

**Міжгалузевий баланс затрат праці**

Галузі-виробники	Галузі-споживачі			Затрати праці на кінцеву продукцію	Затрати праці в галузях (трудові ресурси)
	1	2	3		
1	270	158,913	258,616	212,470	900
2	84,952	300,0	97,644	267,404	750
3	113,102	74,889	195	267,009	650

Практичну роботу необхідно виконати в табличному редакторі Microsoft Office Excel. Зберегти виконану практичну роботу у середовищі МУДЛ МНАУ у відповідній вкладці з назвою КН\_3\_1\_Прізвище\_ПР\_8.xlsx

## Практична робота № 9. Модель беззбитковості.

**Мета роботи:** на основі теоретичних знань надати здобувачам практичні навички щодо класифікації умовно-постійних та умовно-змінних витрат з метою оцінки та визначення точки беззбитковості підприємства.

**Завдання роботи:** на основі запропонованих вихідних даних (зведеної таблиці сукупних місячних витрат підприємства) здійснити класифікацію витрат на умовно-постійні (УПВ) та умовно-змінні (УЗВ), розрахувати точку беззбитковості підприємства, а також необхідні обсяги виробництва і продажу продукції для досягнення планових показників прибутковості та обсяги максимально можливого прибутку при 100% завантаженості виробничих потужностей підприємства. На основі отриманих даних розрахувати запас фінансової стійкості (запас фінансової міцності). Відобразити графічно точку беззбитковості, точку планового операційного прибутку та запас фінансової стійкості підприємства.

### Зміст практичної роботи:

1. Проведення класифікації витрат на умовно-постійні й умовно-змінні та визначення їх значення.
2. Розрахунок величини валового операційного прибутку.
3. Розрахунок точки беззбитковості підприємства.
4. Розрахунок обсягів виробництва та збуту для досягнення планових показників прибутковості підприємства.
5. Розрахунок обсягів прибутковості підприємства при досягненні ним максимального (100%) обсягу виробництва та обсягів збуту;
6. Розрахунок запасу фінансової міцності підприємства при виконанні планових показників прибутковості;
7. Побудова графіка точки беззбитковості підприємства при виконанні планових показників прибутковості.

Під *порогом рентабельності (точкою беззбитковості) підприємства* слід розуміти такий мінімальний (місячний) обсяг виробництва і збуту продукції, при якому отриманий чистий операційний дохід повністю покриває всі умовно-постійні й умовні-змінні виробничо-збутові витрати підприємства.

Розрахунок точки беззбитковості ( $Q_{min}$ , шт.<sup>1</sup>) здійснюють за формулою:

$$Q_{min} = \frac{УПВ}{Ціна - УЗВ}, \text{ (шт.)} \quad (1)$$

---

Примітка 1. Домноживши отриману мінімальну кількість продукції на її ціну (без ПДВ), точку беззбитковості можна виразити й у вартісному вимірі (грн). В такому випадку точка беззбитковості буде характеризувати мінімальний обсяг виручки підприємства за місяць, при якому повністю покриваються сукупні витрати підприємства

де *Ціна* – ціна реалізації продукції без ПДВ.

При даному аналізі особливо важливим є ретельний поділ (класифікація) всіх адміністративних та виробничо-збутових витрат на умовно-постійні (*УПВ*) та умовно-змінні витрати (*УЗВ*). Даний поділ здійснюється за ознакою залежності від зв'язку з обсягом виробництва.

**Постійні витрати** - це такі витрати, абсолютна величина яких у даний період при зміні обсягу виробництва в певних межах не змінюється. При істотних змінах обсягів виробництва, наслідком яких є зміни виробничої та організаційної структури підприємства, величина постійних витрат змінюється стрибкоподібно, після чого вона знову залишається постійною. Це витрати на утримання й експлуатацію будівель, споруд, управління цехом, орендна плата, заробітна плата управлінського штату та неосновних працівників, не задіяних безпосередньо у виробничому процесі (охоронці, вахтери, прибиральниці тощо). До постійних витрат відносять також витрати, які неістотно змінюються внаслідок зміни обсягів виробництва, тому їх називають умовно-постійними. Величина цих витрат є умовно-постійною ще й тому, що підприємство змушено їх нести не залежно чи працює підприємство чи змушене простоювати.

**Змінні витрати** - це такі витрати, величина яких у даний період безпосередньо залежить від обсягу виробництва. У свою чергу, змінні витрати поділяють на пропорційні, прогресивні і регресивні.

**Пропорційні змінні витрати** змінюються прямо пропорційно до обсягу виробництва (коефіцієнт пропорційності дорівнює одиниці). Це витрати на сировину, основні матеріали, комплектуючі вироби, відрядну заробітну плату.

**Прогресивні змінні витрати** зростають у відносно більшій пропорції, ніж обсяг виробництва (коефіцієнт пропорційності більший за одиницю). До них можна віднести витрати на відрядно-прогресивну оплату праці.

**Регресивні змінні витрати** змінюються у відносно меншій пропорції, ніж виробництво (коефіцієнт пропорційності менший за одиницю). До цих витрат належать витрати на експлуатацію машин та устаткування, його ремонт тощо.

Поділ витрат на постійні та змінні дає змогу визначити кількісну залежність різних витрат від змін в умовах виробництва та реалізації при здійсненні планування, виборі варіантів рішень.

Графічно, точку беззбитковості в короткостроковому періоді (за місяць) можна зобразити таким чином див. (рис. 1.):

З наведеного на рис. 1. графіку видно, що для досягнення "точки беззбитковості" (*ТБ*) своєї операційної діяльності підприємство повинно забезпечити такий обсяг реалізації продукції ( $Q_{min}$ ), при якому сума чистого операційного прибутку порівнюється із сумою витрат – як постійних, так і змінних. Визначення обсягу реалізації продукції, що забезпечує беззбиткову операційну діяльність у тривалому періоді має такі відмінності:

а) із ростом обсягу реалізації продукції періодично зростають постійні операційні витрати. Це пов'язано зі збільшенням парку використовуваних машин і устаткування, що призводить до росту амортизаційних відрахувань; збільшенням

чисельності працівників апарату управління, що призводить до росту витрат на його утримання тощо;

б) із насиченням ринку в результаті росту обсягу реалізації продукції підприємство змушене знижувати рівень цін, що призводить до певного зменшення темпів росту чистого операційного прибутку;

в) за рахунок більш економічного використання сировини й матеріалів, росту продуктивності праці операційного персоналу, укрупнення партій сировини і продукції, що закуповується, поступово знижується рівень змінних операційних витрат на одиницю продукції (так званий ефект економії на масштабах).

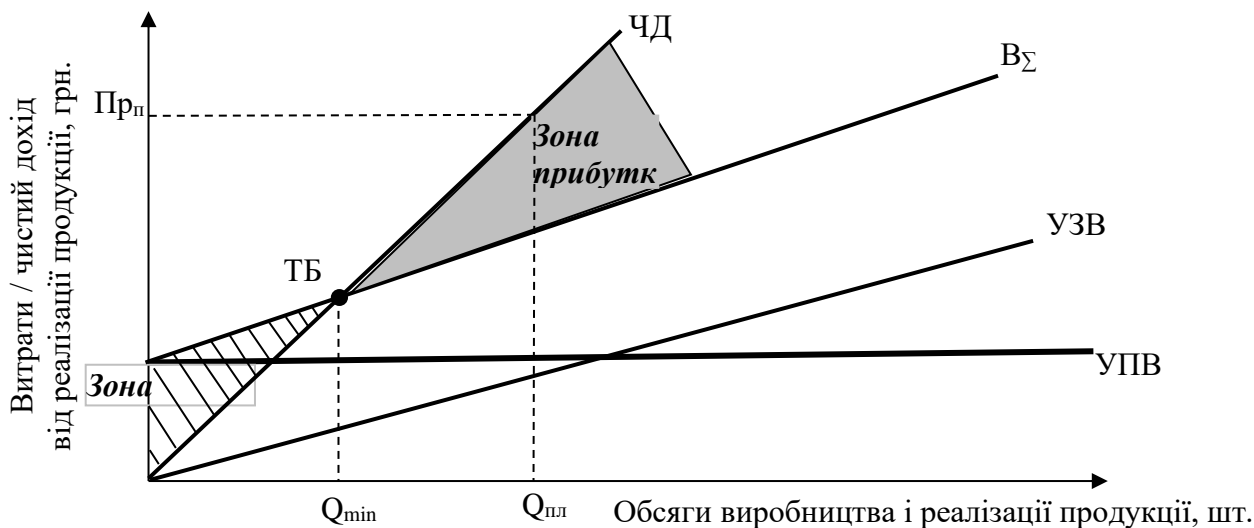


Рис. 1. Графік формування точки безбитковості операційної діяльності підприємства

Умовні позначення: **ТБ** – точка безбитковості підприємства; **УПВ** – лінія умовно-постійні витрат; **УЗВ** – лінія умовно-змінних витрат; **В<sub>Σ</sub>** – лінія сумарних (умовно-постійні та умовно-змінні) витрат; **ЧД** – лінія чистого операційного доходу від реалізації продукції; **Q<sub>min</sub>** – обсяг продукції, що відповідає **ТБ**; **Q<sub>пл</sub>** – плановий обсяг продукції; **Пр<sub>пл</sub>** – плановий обсяг прибутку.

Крім того, даний методичний підхід аналізу «точки безбитковості» дозволяє розв’язувати й дві обернені задачі:

1) визначення необхідних обсягів виробництва і збуту продукції для досягнення планового рівня (місячного) прибутку (**Пр<sub>пл</sub>**):

$$Q_{пл.} = \frac{УПВ + Пр_{пл.}}{Ціна - УЗВ}, (шт.) \quad (2)$$

2) визначення очікуваного рівня (місячного) прибутку (**Пр<sub>пл</sub>**, грн.) при планових (місячних) масштабах виробництва і збуту продукції (**Q<sub>пл</sub>**):

$$Пр_{пл} = Q_{пл} (Ціна - УЗВ) - УПВ, (шт.) \quad (3)$$

Доповнюють експрес-аналіз точки безбитковості також і показники *межі фінансової стійкості* (запас міцності) та *коефіцієнт фінансової стійкості*. Вони характеризують допустиму величину зниження виконання планових виробничо-

збутових показників (доходності) по відношенню до крайньої межі рентабельності ( в точці беззбитковості).

На рис. 2. графічно (затемненою частиною) зображено *запас фінансової стійкості* (запас міцності) підприємства.

*Запас фінансової стійкості (запас міцності)* визначає можливі границі маневру підприємства як в ціновій політиці, так і в зниженні натурального обсягу виробництва і реалізації продукції в процесі здійснення операційної діяльності в несприятливих ринкових умовах.

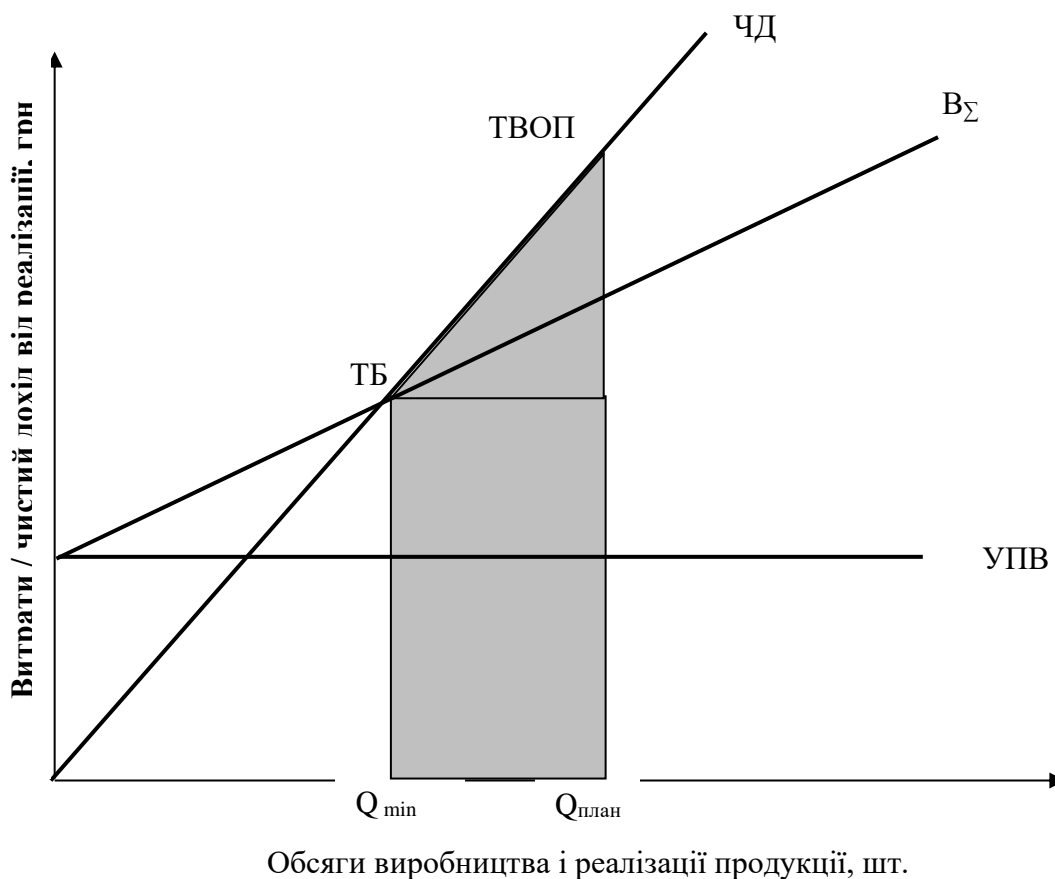


Рис. 2. Графічна інтерпретація „запасу міцності” підприємства  
 Умовні позначення:  $Q_{min}$ ,- обсяг виробництва продукції у точці беззбитковості (ТБ), шт.;  $Q_{план}$  – плановий виробництва продукції, шт.; *ТВОП* – точка валового операційного прибутку, *УПВ* – умовно-постійні витрати;  $V_{\Sigma}$  - сумарні витрати підприємства, грн.

Кількісно *запас фінансової стійкості* (запас міцності) визначається як різниця між обсягами виробництва і реалізації при планових показниках і в критичній точці нульового порогу рентабельності:

$$ЗФС = Q_{план} - Q_{min}, (шт.), \quad (4)$$

У вартісному вимірі "запас стійкості" визначається за такою формулою:

$$ЗФС = Ціна (Q_{план} - Q_{min}), (грн), \quad (5)$$



Якщо показник *запас фінансової міцності* характеризує запас міцності підприємства в абсолютних величинах, то відносним показником є *коефіцієнт фінансової стійкості*, який характеризує цю допустиму межу зниження обсягів виробництва і збуту продукції до крайньої критичної межі у процентах:

$$K\Phi M = \frac{3\Phi C}{Q_{\min}} \times 100\% , \quad (6)$$

де  $3\Phi M$  – запас фінансової стійкості та  $Q_{\min}$  – однаково вимірні показники (в шт. або грн.).

### Послідовність виконання практичної роботи

Вихідні дані для виконання даної практичної роботи представлені в табл. 1.  
Таблиця 1.

Витрати малого підприємства на місяць

№	Назва статті витрат	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Загальна сума витрат, грн.
1	Оренда офісного приміщення,	10×N	40	12000
2	Оплата праці основних працівників	12+ N	25	1050
3	Комунальні послуги офісу (опалення, електроенергія, вода)	2	200	400
4	Витрати на воду на виробничі потреби	10×N	2,5	750
5	Витрати на телефон/факс	3	1000	3000
6	Витрати на електроенергію на виробничі потреби	N/2	1	15
7	Витрати на послуги мобільного зв'язку	4	300	1200
8	Витрати на газ виробничого призначення	0,5	1,5	0,75
9	Витрати на послуги інтернет-зв'язку	1	200	200
10	Витрати на паливо-мастильні матеріали	N	6,5	195
11	Оренда складського приміщення	10×N	30	9000
12	Оплата праці управлінського штату підприємства	6	5000	30000
13	Витрати на обслуговування та ремонт обладнання	N/2	50	750
14	Витрати на утримання складу	2	200	400
15	Витрати на придбання витратних матеріалів виробництва	N/3	30	300
16	Витрати на охорону підприємства	4	1000	4000
17	Витрати на комплектуючі і вузли	N	100	3000
18	Оренда виробничого приміщення,	15×N	30	13500
19	Витрати на збиральне виробництво	N/3	10	100
20	Витрати на настройку і регулювання продукції	N/3	20	200
21	Витрати на маркетинг	N	10000	300000
22	Витрати на перевірку (ВТК) і упаковку продукції	N/4	15	112,5
23	Витрати на касове обслуговування банківського рахунку	3	60	180
24	Витрати за використання системи "клієнт-банк"	1	50	50
25	Витрати на придбання канцтоварів	5	50	250
26	Витрати на придбання витратних матеріалів офісу	3	40	120
27	Витрати на відрядження	N	600	18000

Для проведення розрахунків та формування звіту про виконання практичної роботи необхідно створити власний файл **Прізвище студента\_назва групи** **\_ПР\_9.xlsx**.

Згідно представлених в табл 1. даних необхідно внести замість N, номер свого варіанту (згідно спискового номеру студента в журналі) і провести перерахунок даних місячних витрат. Подальше виконання практичної роботи здійснювати (Excel-таблиці) в такій послідовності:

1) проведення класифікації витрат на умовно-постійні й умовно-змінні та визначення їх значення;

2) розрахунок величини чистого доходу, валового та чистого прибутку. Ціна реалізації продукції (без ПДВ) розраховується за формулою:  $C_{реал.} = UЗВ/шт. + N \times 25$ ;

3) кількісний розрахунок точки беззбитковості  $Q_{min}$  підприємства;

4) побудова графіка точки беззбитковості та межі рентабельності підприємства. Дискретність відображення шкали обсягу виробництва 200 шт/міс, діапазон шкали ( $Q$ ) 1-15 одиниць (до 3000 шт/міс).

5) розрахунок обсягів виробництва та збуту ( $Q_{пл.}$ ) для досягнення планових показників прибутковості підприємства ( $Pr_{пл.} = N \times 20\ 000$ );

6) розрахунок можливих обсягів прибутковості підприємства ( $Pr_{max}$ ) при досягненні ним максимальної (100%) виробничої потужності та обсягів збуту ( $Q_{max} = Q_{min} + 1\ 500\ шт$ );

7) Розрахунок запасу фінансової стійкості (запасу міцності) та коефіцієнта фінансової міцності при виконанні планових показників прибутковості.

8) Прикріпити файл **Прізвище студента\_назва групи \_ПР\_9.xlsx** у середовище МУДЛІ МНАУ на оцінювання.

## Практичне заняття № 10. Прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності.

**Мета:** одержання практичних навичок використання методів прийняття рішень в умовах невизначеності і ризику. Використовуючи критерії Вальда, Севіджа, Гурвіца та Баєса-Лапласа прийняти рішення про варіант організації обробки вагонів на вантажних фронтах для зменшення витрат, що несе підприємство від простою вагонів під розвантаженням, утримання бригад вантажників на під'їзних коліях в залежності від їх добової кількості.

### Стисла теоретична довідка

Прийняття рішень в умовах невизначеності характеризується тим, що дії однієї з конфліктуючих сторін залежать не від свідомо діючого об'єкта, а набувають властивостей невизначеності (об'єктивної дійсності). Такого супротивника у грі прийнято називати *природою* ( $\Pi$ ). Дії природи відрізняються від дій свідомого гравця тим, що природа, на відміну від гравця, який кожним ходом намагається завдати супротивнику найбільшої шкоди, діє невизначено, зокрема, можливо, на користь супротивнику.

Для прийняття рішень у таких іграх застосовують різноманітні критерії, в залежності від наявності інформації про стан природи. Нижче наведені деякі класичні критерії прийняття рішень у грі з природою.

#### 1. Максимінний критерій Вальда.

Згідно з цим критерієм вибирається така стратегія гравця  $A$ , яка гарантує при будь-яких умовах виграш не менший ніж максимум відповідної платіжної матриці гри

$$W = \max_i \min_j c_{ij}. \quad (10.1)$$

Якщо керуватись цим критерієм, то необхідно завжди орієнтуватись на найгірший результат у грі і обирати таку стратегію, при якій виграш у найгірших умовах буде максимальним.

#### 2. Мінімаксний критерій ризику Севіджа.

У цьому випадку при виборі оптимальної стратегії слід орієнтуватися не на виграш, а на *ризик*. Ризиком гравця  $A$  при виборі деякої стратегії  $A_i$  в умовах природи  $\Pi_j$  називається різниця між максимальним виграшем, що можна одержати, якщо знати наміри природи, і виграшем, який отримає гравець  $A$  в тих же умовах, застосовуючи стратегію  $A_i$ . Якщо б гравець  $A$  знав заздалегідь майбутній стан природи  $\Pi$ , то він обрав би стратегію, якій відповідає максимальний елемент у даному стовпчику, тобто  $\beta_j = \max_i c_{ij}$ . Тоді величина ризику за визначенням дорівнює  $r_{ij} = \beta_j - c_{ij}$ .

Матриця ризиків будується таким чином:

1) визначається для кожного стану природи (стовпчика) найбільший елемент  $\max_j c_{ij}$ ;

2) елемент матриці ризиків одержують відніманням відповідного елемента платіжної матриці з максимального елемента даного стовпчика.

Критерій Севіджа рекомендує в умовах невизначеності обирати стратегію, що забезпечує мінімальне значення максимального ризику

$$S = \min_i \max_j r_{ij} . \quad (10.2)$$

### 3. Критерій песимізму-оптимізму Гурвіца.

Згідно з цим критерієм для кожної активної стратегії гравця визначають лінійну комбінацію мінімального та максимального виграшу і обирають ту стратегію, для котрої ця величина буде найбільшою.

Критерій Гурвіца записується у вигляді

$$H = \max_i [\alpha \max_j c_{ij} + (1 - \alpha) \min_j c_{ij}] . \quad (10.3)$$

де  $\alpha$  — коефіцієнт, що характеризує ступінь оптимізму ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

Коефіцієнт  $\alpha$  вибирається з суб'єктивних міркувань в залежності від ступеня відповідальності: чим більше наслідки помилкових рішень, тим більше бажання застрахуватись від ризику, отже, тим ближче до нуля вибирається  $\alpha$ .

При  $\alpha = 0$  критерій Гурвіца перетворюється у максимінний критерій Вальда.

При  $\alpha = 1$  критерій Гурвіца є критерієм «крайнього» оптимізму, який рекомендує обирати ту стратегію, що забезпечує у найкращих умовах максимальний виграш.

### 4. Критерій Байеса–Лапласа.

Вибираючи цей критерій, відходять від умов повної невизначеності, вважаючи, що можливим станам природи можна надати певну імовірність їх появи. Визначивши математичне очікування виграшу для повного розв'язання, вибирають те, котре забезпечує найбільше значення виграшу

$$L = \max_i \sum_{j=1}^n c_{ij} p_j , \quad (10.4)$$

де  $p_j$  — ймовірність появи  $j$ -го стану природи.

Принцип Байеса–Лапласа можна застосовувати, якщо досліджувані стани природи та рішення, які приймаються, багаторазово повторюються. Тоді, наприклад, статистичними методами, базуючись на частотах появи окремих станів природи у минулому, можна оцінити імовірність їх появи у майбутньому. При одиничних рішеннях, які не повторюються, принцип Байеса–Лапласа застосовувати не можна, оскільки ці рішення порушують стаціонарність розподілу ймовірностей станів природи.

## Зміст практичного заняття та вихідні дані до його виконання

Щодоби на промислове підприємство надходять під розвантаження залізничні вагони. Можливу заздалегідь невідому кількість вагонів, що надходять щодоби, за умовами виконання вантажних операцій, можна поділити на три категорії:

$P_1$  — надходить максимально можлива кількість вагонів;

$P_2$  — надходить середньодобова кількість вагонів;

$P_3$  — надходить мінімальна кількість вагонів.

Підприємство може використати наступні варіанти організації обробки вагонів на вантажних фронтах:

$A_1$  — обробка вагонів в одну зміну;

$A_2$  — обробка вагонів в дві зміни;

$A_3$  — обробка вагонів в три зміни;

$A_4$  — утримання чергової резервної бригади вантажників.

Витрати, що несе підприємство від простою вагонів під розвантаженням утримання бригад вантажників на під'їзних коліях в залежності від їх добової кількості, задані платіжною матрицею  $4 \times 3$ . Використовуючи критерії Вальда, Севіджа, Гурвіца та Баєса-Лапласа прийняти рішення про варіант організації обробки вагонів на вантажних фронтах підприємства.

Вихідні дані до виконання завдання по варіантах наведені у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 — Вихідні дані до виконання практичного заняття 10

Вар.		$P_1$	$P_2$	$P_3$	Вар.		$P_1$	$P_2$	$P_3$
1	$A_1$	8	14	70	4	$A_1$	16	21	81
	$A_2$	20	30	40		$A_2$	30	36	65
	$A_3$	44	45	21		$A_3$	48	36	50
	$A_4$	60	20	14		$A_4$	54	18	20
2	$A_1$	20	28	64	5	$A_1$	19	32	75
	$A_2$	45	49	51		$A_2$	40	49	61
	$A_3$	70	55	29		$A_3$	50	36	39
	$A_4$	84	36	17		$A_4$	80	24	23
3	$A_1$	10	15	68	6	$A_1$	15	34	75
	$A_2$	24	30	52		$A_2$	35	48	64
	$A_3$	48	27	40		$A_3$	60	52	30
	$A_4$	56	12	30		$A_4$	72	40	20
Вар.		$P_1$	$P_2$	$P_3$	Вар.		$P_1$	$P_2$	$P_3$
7	$A_1$	24	15	80	15	$A_1$	10	20	60
	$A_2$	39	45	58		$A_2$	32	40	46
	$A_3$	56	35	40		$A_3$	44	30	31
	$A_4$	64	25	25		$A_4$	59	10	16
8	$A_1$	9	18	72	16	$A_1$	22	34	78
	$A_2$	20	20	54		$A_2$	49	56	56
	$A_3$	45	38	40		$A_3$	60	48	40
	$A_4$	64	30	26		$A_4$	84	20	30
9	$A_1$	23	28	85	17	$A_1$	30	42	83
	$A_2$	51	40	70		$A_2$	52	65	70
	$A_3$	70	60	49		$A_3$	71	60	54
	$A_4$	90	40	27		$A_4$	96	36	28

Вар.		$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	Вар.		$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$
10	$A_1$	40	54	88	18	$A_1$	36	50	96
	$A_2$	72	68	63		$A_2$	49	73	62
	$A_3$	86	52	50		$A_3$	71	64	40
	$A_4$	98	30	35		$A_4$	92	50	24
11	$A_1$	38	48	80	19	$A_1$	26	30	65
	$A_2$	72	81	71		$A_2$	46	50	38
	$A_3$	90	70	57		$A_3$	60	54	26
	$A_4$	98	52	30		$A_4$	70	28	20
12	$A_1$	20	30	72	20	$A_1$	35	48	84
	$A_2$	42	60	62		$A_2$	60	60	68
	$A_3$	58	64	50		$A_3$	79	72	49
	$A_4$	80	41	31		$A_4$	92	50	30
13	$A_1$	21	32	72	21	$A_1$	8	16	62
	$A_2$	50	46	42		$A_2$	27	30	40
	$A_3$	70	54	30		$A_3$	40	30	28
	$A_4$	81	30	20		$A_4$	59	20	12
14	$A_1$	16	25	75	22	$A_1$	18	26	86
	$A_2$	45	59	63		$A_2$	44	42	68
	$A_3$	68	30	35		$A_3$	65	34	38
	$A_4$	84	20	15		$A_4$	80	25	24
Вар.		$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	Вар.		$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$
23	$A_1$	18	28	90	27	$A_1$	20	35	64
	$A_2$	42	50	60		$A_2$	38	59	50
	$A_3$	60	42	49		$A_3$	59	40	36
	$A_4$	72	24	27		$A_4$	71	28	18
24	$A_1$	35	48	90	28	$A_1$	35	24	75
	$A_2$	68	64	70		$A_2$	41	51	69
	$A_3$	82	52	46		$A_3$	69	50	40
	$A_4$	95	21	28		$A_4$	70	80	15
25	$A_1$	35	48	90	29	$A_1$	82	46	25
	$A_2$	68	64	70		$A_2$	51	35	30
	$A_3$	82	52	46		$A_3$	30	58	40
	$A_4$	95	21	28		$A_4$	15	60	70
26	$A_1$	35	48	90	30	$A_1$	61	95	45
	$A_2$	68	64	70		$A_2$	55	50	52
	$A_3$	82	52	46		$A_3$	36	40	75
	$A_4$	95	21	28		$A_4$	29	36	81

### Приклад виконання завдання

Розглянемо приклад виконання завдання для умов гри, заданих платіжною матрицею (таблиця 10.2).

Таблиця 10.2 — Платіжна матриця гри з природою

	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$
$A_1$	15	25	40
$A_2$	24	30	32
$A_3$	36	28	20
$A_4$	45	14	5

**Розв'язок.**

1. *Критерій Вальда.* У кожному рядку платіжної матриці знаходимо найменший елемент і оберемо ту стратегію підприємства, для якої це значення буде максимальним (таблиця 10.3).

Таблиця 10.3 — Вибір рішення за критерієм Вальда

	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	$\min_j c_{ij}$
$A_1$	15	25	40	15
$A_2$	24	30	32	<u>24*</u>
$A_3$	36	28	20	20
$A_4$	45	14	5	5

Таким чином, критерій Вальда рекомендує обирати стратегію  $A_2$  (організувати обробку вагонів у дві зміни).

2. *Критерій Севіджа.*

Побудуємо матрицю ризиків, для чого у кожному стовпчику платіжної матриці відшукуємо найбільший елемент та віднімаємо від нього всі інші елементи даного стовпчика (таблиця 10.4).

У побудованій матриці ризиків у кожному рядку відшукуємо найбільший елемент та обираємо ту стратегію підприємства, для якої це значення буде мінімальним (таблиця 10.4).

Таблиця 10.4 — Матриця ризиків

	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	$\max_j r_{ij}$
$A_1$	30	5	0	30
$A_2$	21	0	8	21
$A_3$	9	2	20	<u>20*</u>
$A_4$	0	16	35	35

Таким чином, критерій Севіджа рекомендує обирати стратегію  $A_3$  (організувати обробку вагонів у три зміни).

3. *Критерій Гурвіца.*

Приймаємо ступінь оптимізму  $\alpha = 0,6$ . У кожному рядку платіжної матриці відшукуємо максимальний та мінімальний елементи і розраховуємо за формулою

(20.3) значення критерію  $H_i$  (таблиця 10.5). Обираємо ту стратегію підприємства, для якої це значення буде максимальним.

Таблиця 10.5 — Вибір рішення за критерієм Гурвіца

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$\min_j c_{ij}$	$\max_j c_{ij}$	$H_i$
$A_1$	15	25	40	15	40	<u>30</u> *
$A_2$	24	30	32	24	32	28,8
$A_3$	36	28	20	20	36	29,6
$A_4$	45	14	5	5	45	29

Таким чином, критерій Гурвіца рекомендує обирати стратегію  $A_1$  (організувати обробку вагонів в одну зміну).

#### 4. Критерій Баєса-Лапласа.

За умови, коли немає інформації про імовірності станів природи та її поведінку в минулому, при використанні критерію Баєса-Лапласа можна прийняти положення про рівну імовірність появи кожного з можливих станів природи. Оскільки кількість можливих станів природи у нашому випадку дорівнює 3, імовірність появи кожного з них становить  $p_1 = p_2 = p_3 = 1/3$ .

Для кожного рядка вихідної платіжної матриці за формулою (10.4) розраховуємо значення критерію  $L$ . Результати розрахунку наведені у таблиці 10.6.

Таблиця 10.6 — Вибір рішення за критерієм Баєса-Лапласа

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$L = \max_i \sum_{j=1}^n c_{ij}p_j$
$A_1$	15	25	40	26,67
$A_2$	24	30	32	<u>28,67</u> *
$A_3$	36	28	20	28,00
$A_4$	45	14	5	21,33

Таким чином, критерій Баєса-Лапласа рекомендує обирати стратегію  $A_2$  (організувати обробку вагонів у дві зміни).

Результати розрахунків щодо прийняття рішень за критеріями зводимо до таблиці 10.7.

Таблиця 10.7 — Результати прийняття рішень за критеріями

Стратегії $A_i$	Критерії				Кількість прийнятих рішень
	Вальда	Севіджа	Гурвіца	Баєса- Лапласа	
$A_1$			+		1
$A_2$	+			+	2
$A_3$		+			1
$A_4$					0



Найбільшу кількість рішень прийнято за стратегією  $A_2$  (дві), тому цю стратегію (організувати обробку вагонів у дві зміни) слід вважати оптимальною.

Практичну роботу необхідно виконати в табличному редакторі Microsoft Office Excel. Зберегти виконану практичну роботу у середовищі МУДЛ МНАУ у відповідній вкладці з назвою файлу **КН\_3\_1\_Прізвище\_ПР\_10.xlsx**

## САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота здобувачів вищої освіти – один з основних засобів оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від аудиторних навчальних занять. Головною метою самостійної роботи є закріплення, розширення та поглиблення набутих у процесі аудиторної роботи знань, вмінь та навичок, а також самостійне вивчення та засвоєння нового матеріалу в обсязі 38 годин.

Питання, що виникають у здобувачів вищої освіти стосовно виконання запланованих завдань, вирішуються на консультаціях, які проводяться згідно з графіками, затвердженими кафедрою. Самостійна робота над навчальною дисципліною «Системи прийняття рішень»:

- ✓ опрацювання лекційного матеріалу;
- ✓ підготовка до практичних занять;
- ✓ підготовка до виконання модульних (контрольних) завдань;
- ✓ виконання завдання дослідницького характеру;
- ✓ критичний огляд наукових публікацій за обраною проблематикою;
- ✓ розробка пропозицій щодо вирішення виявлених проблем;
- ✓ розробка прогнозів з обраної проблематики;
- ✓ презентація результатів дослідження на задану тематику, в т.ч. виступ

на конференції та участь у конкурсах наукових робіт.

Виконання індивідуальних лабораторних завдань, закріплення матеріалу шляхом розв'язування задач, формування висновків та пропозицій.

Форма контролю: захист індивідуальних завдань.

## Теми та завдання обов'язкового самостійного опрацювання

Змістовий модуль	№ п/п	Тема	Кількість годин
Загальні аспекти прийняття рішень	1	Методи прогнозування в задачах прийняття рішень: кількісні та якісні	5
	2	Метод сценаріїв.	5
Моделі та методи прийняття рішень за умови багатокритеріальності	3	Метод імітаційного моделювання.	4
	4	Прийняття рішень в умовах невизначеності. критерій Лапласа, в умовах ризику – критерій Севіджа, при впевненості в успіху операції – критерій Гурвіца, і коли гравець орієнтується на найменш сприятливий стан природи, тобто на найгірший випадок – критерій Вальда.	6
	5	Метод аналізу ризику. Метод дерева рішень	4
Прийняття фінансових та інвестиційних рішень		Моделі та прийоми цільового регулювання грошових потоків, у тому числі модель Баумоля, модель Міллера-Орра, модель Стоуна, модель Ю.В. Козиря, модель Л.Т. Снітко, модель Є.Ю. Крижевської ін.	6
		<b>Всього годин</b>	<b>30</b>

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Основна

1. Використання інформаційних технологій в теорії прийняття рішень: навч. посіб. / О. Є. Лугінін, О. М. Дудченко, А. В. Рибчук [та ін.]. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 240 с.
2. Демиденко М. А. Системи підтримки прийняття рішень : навчальний посібник. Дніпропетровськ : Нац. гірн. ун-т., 2016. 104 с.
3. Захарченко В. І., Меркулов М. М., Балахонова О. В. Моделі і методи прийняття рішень в аналізі та аудиті : навч. посіб. Львів : Маннолія 2006, 2018. 352 с.
4. Катренко А. В., Пасічник В. В. Прийняття рішень: теорія та практика Львів : Новий Світ - 2000, 2018. 447 с.
5. Кузьмін О. Є., Жовтанецька О. О., Заяць Н. О. Системний аналіз і прийняття інноваційних рішень : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2019. 227 с.
6. Литвиненко Н. П., Терещенко Т. О. Методи та моделі прийняття рішень у міжнародному бізнесі : підруч. Київ : ЦУЛ, 2020. 336 с.
7. Прийняття управлінських рішень [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Ю. Є. Петруня, Б. В. Літовченко, Т. О. Пасічник [та ін.]. Дніпро : Університет митної справи та фінансів, 2020. 276 с.
8. Теорія прийняття рішень : підруч. / за ред. М. П. Бутка. Київ : ЦУЛ, 2018. 360 с.
9. Бідюк П. І., Тимощук О. Л., Коваленко А. Є., Коршевніук Л. О. Системи і методи підтримки прийняття рішень : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 610 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/6958f683-fbac-4506-9c85-5115c8f8b4c6/content>

### Додаткова

1. Теорія прийняття рішень: підручник / А. В. Катренко, В. В. Пасічник, В. П. Пасько. Київ: ВНУ, 2009. 447 с.
2. Прийняття управлінських рішень : навч. посіб. / Ю. Є. Петруня, В. Б. Говоруха, Б. В. Літовченко та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 216 с.
3. Приймак В. М. Прийняття управлінських рішень: навч. посібник. Київ : Атіка, 2008. 240 с.
4. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2004. 614 с.

5. Ситник В. Ф., Гордієнко І. В. Системи підтримки прийняття рішень : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. Київ : КНЕУ, 2004. 427 с.
6. Ус С. А., Коряшкіна Л. С. Моделі й методи прийняття рішень : навч. посіб. Дніпро : НГУ, 2014. 300 с.
7. Гевко І. Б. Методи прийняття управлінських рішень : підручник / І. Б. Гевко. Київ : Кондор, 2009. 187 с.
8. Введение в теорию и методы принятия решений : учеб. пособие / В. Д. Дмитриенко, В. А. Кравец, С. Ю. Леонов. Харків: ХПИ, 2008. 141 с.
9. Демиденко М. А. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. Дніпро, 2016. 104 с. URL: <http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/sppr2.pdf>
10. Лепя Р. М., Тимохін В. М. Прийняття управлінських рішень на підприємстві: теорія та практика : моногр. Донецьк : Юго-Восток ; ЛТД, 2004. 262 с.

#### Інформаційні ресурси

1. Навчальне середовище МНАУ. URL: <http://moodle.mnau.edu.ua/>
2. Інституційний репозитарій Миколаївського НАУ. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua>
3. Доступ до матеріалів навчання URL: <https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=4432>

Навчальне видання

## **СИСТЕМИ ПРИНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Методичні рекомендації

Укладачі:

**Шебаніна** Олена В'ячеславівна  
**Тищенко** Світлана Іванівна  
**Пархоменко** Олександр Юрійович та ін.

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 5,25.

Тираж 50 прим. Зам. № \_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.