

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор НУХТ

Олександр ШЕВЧЕНКО

« 15 »

2023 р.

ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Лабораторний практикум

для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр»
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»
освітньо-професійних програм «Комп'ютерні науки»
та «Інформаційні системи та штучний інтелект»
денної та заочної форм навчання

Всі цитати, цифровий та фактичний матеріал,
бібліографічні відомості перевірені.
Написання одиниць відповідає стандартам

Підписи авторів:

Микола КОСТИКОВ

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри
інформаційних технологій,
штучного інтелекту і
кібербезпеки
Протокол № 11
Від 07.02.2023 р.

Реєстраційний номер
електронних методичних
рекомендацій у НМУ

50.94-2023

КИЇВ НУХТ 2023

Теорія прийняття рішень [Електрон. ресурс]: лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньо-професійних програм «Комп'ютерні науки» та «Інформаційні системи та штучний інтелект» денної та заочної форм навчання / уклад. : М. П. Костіков. – К. : НУХТ, 2023. – 31 с.

Рецензент: **О. М. М'якило**, канд. техн. наук, доц.



Укладачі: **М. П. Костіков**, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: **С. В. Грибков**, д-р техн. наук, проф.

Подано в авторській редакції

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1. Виявлення задач прийняття рішень	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2. Класичні критерії вибору	8
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3. Похідні критерії вибору.....	12
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4. Дерево рішень.....	15
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5. Прогнозування через адитивну модель.....	18
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6. Метод аналізу ієрархій	25
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	31

ВСТУП

Метою виконання лабораторних робіт є закріплення у здобувачів знань і вмінь із дисципліни «Теорія прийняття рішень», набуття навичок формулювання та розв'язання задач прийняття рішень для подальшого їх використання у своїй професійній діяльності.

Завданням лабораторного практикуму є допомога здобувачам в опануванні методів розв'язання задач, які розглядаються в рамках навчальної дисципліни. В цьому практикумі викладено загальні рекомендації щодо постановки та розв'язання задач прийняття рішень, наведено короткі теоретичні відомості, приклади виконання та індивідуальні завдання для лабораторних робіт, запитання для самоконтролю та рекомендовану літературу.

Лабораторні роботи з дисципліни «Теорія прийняття рішень» розроблено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни.

Методичні вказівки складаються з шести лабораторних робіт, у яких послідовно описано різні типи задач прийняття рішень, розглянутих у рамках навчальної дисципліни.

Виконання кожної лабораторної роботи передбачає ознайомлення здобувачів із методичними вказівками та теоретичну підготовку з відповідних розділів дисципліни «Теорія прийняття рішень».

Для виконання лабораторних робіт при розрахунках, побудові таблиць і графіків можна використовувати програмний засіб Microsoft Excel або аналоги.

Для здачі лабораторної роботи здобувач має оформити звіт, який містить:

- титульний аркуш;
- формулювання завдання;
- індивідуальний варіант;
- опис ходу виконання роботи;
- висновки.

Бали, отримані за виконання лабораторних робіт, підсумовуються та враховуються при виставленні підсумкової оцінки з навчальної дисципліни.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1.

Виявлення задач прийняття рішень

Мета: навчитись проводити функціональну декомпозицію предметної області та виявляти задачі прийняття рішень.

Завдання

1. Обрати довільну предметну область (підприємство певної сфери, компанію, установу, організацію тощо) як індивідуальний варіант для виконання роботи.
2. Виконати декомпозицію обраної установи. Показати схему її організаційної структури: блоки з назвами відділів та/або посад, позначити стрілками підпорядкування між ними.
3. Серед виділених підрозділів (відділів) обрати один. Зробити для нього декомпозицію. Показати схему структури саме цього підрозділу із зазначенням посад усіх його працівників та підпорядкування між ними.
4. Виписати посадові обов'язки кожного працівника саме для обраного підрозділу.
5. Виявити в діяльності кожного з працівників саме цього підрозділу задачі прийняття рішень (ЗПР).

Теоретичні відомості

Зразок виконання роботи:

1. Обрана предметна область: кондитерська фабрика.
2. Декомпозиція кондитерської фабрики. Схема організаційної структури:

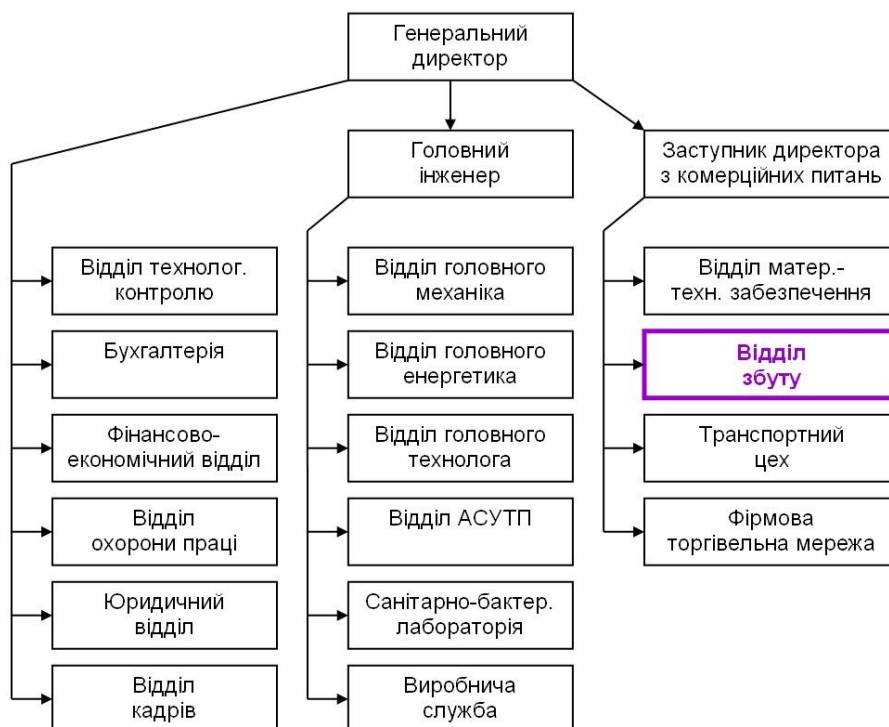


Рис. 1.1. Організаційна структура підприємства

3. Обраний відділ: відділ збуту. Декомпозиція обраного відділу:



Рис. 1.2. Організаційна структура підрозділу

4. Основні завдання (функції) працівників відділу збуту відповідно до їхніх посадових інструкцій.

Керівник відділу збуту:

- організація роботи підрозділів;
- розподіл завдань менеджерам і маркетологам;
- ведення перемовин із покупцями;
- вибір маркетингової політики на коротку та довгострокову перспективу;
- визначення обсягів та умов реалізації продукції;
- підготовка договорів на постачання продукції;
- вибір стандартів із організації, зберігання, збуту і транспортування готової продукції.

Маркетолог:

- дослідження ринку;
- моніторинг цін на продукцію;
- вибір напрямів розроблення рекламних матеріалів;
- створення рекламних кампаній;
- оцінювання ефективності рекламних кампаній;
- вибір найефективнішої рекламної кампанії.

Менеджер:

- пошук нових покупців кондитерських виробів;
- визначення змін типових умов договору;
- визначення можливої знижки;
- визначення термінів та обсягів постачання продукції;
- визначення та вибір оптимальних варіантів коригування цін та обсягів постачання продукції;
- визначення стратегії дій щодо заміни повернутої продукції, її утилізації чи переробки.

Диспетчер:

- визначення оптимальних маршрутів доставки продукції;
- оформлення маршрутів доставки продукції;
- вибір транспортних засобів для перевезення продукції;
- передача замовлень на перевезення цехам.

5. Виявлені задачі прийняття рішень (ЗПР) серед функцій цих співробітників:

ЗПР керівника відділу збуту:

- розподіл завдань менеджерам і маркетологам;
- вибір маркетингової політики на коротку та довгострокову перспективу;
- визначення обсягів та умов реалізації продукції;
- вибір стандартів із організації, зберігання, збуту і транспортування готової продукції.

ЗПР маркетолога:

- вибір напрямів розроблення рекламних матеріалів;
- вибір найефективнішої рекламної кампанії.

ЗПР менеджера:

- визначення змін типових умов договору;
- визначення можливої знижки;
- визначення термінів та обсягів постачання продукції;
- визначення та вибір оптимальних варіантів коригування цін та обсягів постачання продукції;
- визначення стратегії дій щодо заміни повернутої продукції, її утилізації чи переробки.

ЗПР диспетчера:

- визначення оптимальних маршрутів доставки продукції;
- вибір транспортних засобів для перевезення продукції;

Висновки

У ході виконання лабораторної роботи проведено декомпозицію кондитерської фабрики та її структурного підрозділу — відділу збуту. Визначено посадові обов'язки співробітників цього відділу. Виявлено задачі прийняття рішень, притаманні співробітникам відділу збуту.

Контрольні запитання

1. Що відображає організаційна структура підприємства?
2. Що таке декомпозиція системи та з якою метою її проводять?
3. Яка мета проведення декомпозиції предметної області?
4. Перелічіть основні структурні підрозділи харчового підприємства та їхнє призначення.
5. Наведіть приклади задач прийняття рішень відділу матеріально-технічного забезпечення.

Література

Див. джерела №№ 1, 2, 4.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2.

Класичні критерії вибору

Мета: навчитись формувати матрицю вихідних альтернатив і використовувати її для вибору оптимального рішення з використанням класичних критеріїв вибору.

Завдання

Приклад постановки задачі:

Фірма «Сеньйор Помідор» закуповує свіжі помідори по ціні 4 грн./кг та продає їх споживачам по 7 грн./кг. Нереалізовані протягом дня помідори фірма продає підприємству з виготовлення томатного соку по ціні 3 грн./кг. Попит на помідори за останній місяць наведено в таблиці 1:

Табл. 2.1. Денний попит на помідори протягом місяця

Денний попит (кг)	500	540	580	600	620	660
Кількість днів	4	5	5	6	7	4

Необхідно:

1. Визначити множину варіантів рішень та сформувати матрицю альтернатив.
2. Розв'язати ЗПР із використанням класичних критеріїв вибору, тобто визначити, скільки помідорів фірмі доцільно закупити наступного дня, щоб отримати максимальний прибуток.
3. Обґрунтувати вибір оптимального рішення.

Теоретичні відомості

Порядок виконання роботи:

1. Проводимо розрахунки відносної частоти попиту (ймовірності), результати розрахунків наведені у табл. 2.2:

Табл. 2.2. Розрахунок відносної частоти попиту

Денний попит (кг)	500	540	580	600	620	660	
Кількість днів	4	5	5	6	7	4	$\Sigma = 31$
Відносна частота попиту	$4/31$ = 0,13	$5/31$ = 0,16	$5/31$ = 0,16	$6/31$ = 0,19	$7/31$ = 0,23	$4/31$ = 0,13	$\Sigma = 1$

На основі вихідних даних формуємо матрицю альтернатив, наведену в табл. 2.3. Елементи матриці рішень (e_{ij}) відображають прибуток, який розраховується таким чином:

$$e_{ij} = [\text{прибуток} - \text{збитки}] \quad (1)$$

Табл. 2.3. Матриця альтернативних рішень

№ п/п	Варіант рішення	Можливий денний попит та його ймовірність					
		500 0,13	540 0,16	580 0,16	600 0,2	620 0,22	660 0,13
1	500	$500 \cdot (7-4) = 1500$	1500	1500	1500	1500	1500
2	540	$500 \cdot 3 - (540 - 500) \cdot (4-3) = 1460$	$540 \cdot 3 = 1620$	1620	1620	1620	1620
3	580	$500 \cdot 3 - (580 - 500) \cdot (4-3) = 1420$	$540 \cdot 3 - (580 - 540) \cdot 1 = 1580$	$580 \cdot 3 = 1740$	1740	1740	1740
4	600	$500 \cdot 3 - (600 - 500) \cdot (4-3) = 1400$	$540 \cdot 3 - (600 - 540) \cdot 1 = 1560$	$580 \cdot 3 - (600 - 580) \cdot 1 = 1720$	$600 \cdot 3 = 1800$	1800	1800
5	620	$500 \cdot 3 - (620 - 500) \cdot (4-3) = 1380$	$540 \cdot 3 - (620 - 540) \cdot 1 = 1540$	$580 \cdot 3 - (620 - 580) \cdot 1 = 1700$	$600 \cdot 3 - (620 - 600) \cdot 1 = 1780$	$620 \cdot 3 = 1860$	1860
6	660	$500 \cdot 3 - (660 - 500) \cdot (4-3) = 1340$	$540 \cdot 3 - (660 - 540) \cdot 1 = 1500$	$580 \cdot 3 - (660 - 580) \cdot 1 = 1660$	$600 \cdot 3 - (660 - 600) \cdot 1 = 1740$	$620 \cdot 3 - (660 - 620) \cdot 1 = 1820$	$660 \cdot 3 = 1980$

2. Проводимо розрахунки за кожним із класичних критеріїв вибору, після чого доповнюємо матрицю рішень $\|e_{ij}\|$ стовпцями з результатами відповідних розрахунків.

У стовпці результатів кожного критерію вибираємо оптимальний (максимальний або мінімальний залежно від критерію), і відповідну клітинку позначаємо іншим кольором. Кінцеві результати розрахунків за 4 класичними критеріями вибору (**MM**, **BL**, **L**, **S**) наведено в табл. 2.4.

2.1. Спершу проводимо розрахунки за **MM**-критерієм. Для цього матриця рішень $\|e_{ij}\|$ доповнюється стовпцем, у який записуємо мінімальні значення кожного рядка матриці, з яких потім вибираємо максимальне.

2.2. Після цього робимо обчислення за **BL**-критерієм (математичні сподівання значень кожного рядка) та вибираємо у стовпці критерію максимальне значення.

Розрахунки для **BL**-критерію:

$$1) 1500 \cdot 0,13 + 1500 \cdot 0,16 + 1500 \cdot 0,16 + 1500 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,22 + 1500 \cdot 0,13 = 1500.$$

$$2) 1460 \cdot 0,13 + 1620 \cdot 0,16 + 1620 \cdot 0,16 + 1620 \cdot 0,21 + 1620 \cdot 0,22 + 1620 \cdot 0,13 = 1585,2.$$

$$3) 1420 \cdot 0,13 + 1580 \cdot 0,16 + 1740 \cdot 0,16 + 1740 \cdot 0,21 + 1740 \cdot 0,22 + 1740 \cdot 0,13 = 1644,8.$$

$$4) 1400 \cdot 0,13 + 1560 \cdot 0,16 + 1720 \cdot 0,16 + 1800 \cdot 0,21 + 1800 \cdot 0,22 + 1800 \cdot 0,13 = 1661,8.$$

$$5) 1380 \cdot 0,13 + 1540 \cdot 0,16 + 1700 \cdot 0,16 + 1780 \cdot 0,21 + 1860 \cdot 0,22 + 1860 \cdot 0,13 = 1662.$$

$$6) 1340 \cdot 0,13 + 1500 \cdot 0,16 + 1660 \cdot 0,16 + 1740 \cdot 0,21 + 1820 \cdot 0,22 + 1980 \cdot 0,13 = 1627,2$$

2.3. Для розрахунків за **L**-критерієм обчислюємо середні арифметичні значення рядків і обираємо з них максимальне.

Розрахунки за **L**-критерієм:

$$\text{Для варіанта 1: } (1500 + 1500 + 1500 + 1500 + 1500 + 1500) / 6 = 1500$$

$$\text{Для варіанта 2: } (1460 + 1620 + 1620 + 1620 + 1620 + 1620) / 6 = 1593,3$$

$$\text{Для варіанта 3: } (1420 + 1580 + 1740 + 1740 + 1740 + 1740) / 6 = 1660$$

$$\text{Для варіанта 4: } (1400 + 1560 + 1720 + 1800 + 1800 + 1800) / 6 = 1680$$

$$\text{Для варіанта 5: } (1380 + 1540 + 1700 + 1780 + 1860 + 1860) / 6 = 1686,7$$

$$\text{Для варіанта 6: } (1340 + 1500 + 1660 + 1740 + 1820 + 1980) / 6 = 1673,3$$

Табл. 2.4. Матриця рішень та розрахунки за класичними критеріями вибору

№ п/п	Варіант рішення	Можливий денний попит та ймовірність						MM	BL	L	S
		500 0,12	540 0,16	580 0,16	600 0,21	620 0,22	660 0,13				
1	500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	480
2	540	1460	1620	1620	1620	1620	1620	1460	1585,2	1593,3	360
3	580	1420	1580	1740	1740	1740	1740	1420	1644,8	1660	240
4	600	1400	1560	1720	1800	1800	1800	1400	1661,8	1680	180
5	620	1380	1540	1700	1780	1860	1860	1380	1662	1686,7	120
6	660	1340	1500	1660	1740	1820	1980	1340	1627,2	1673,3	160

2.4. Для розрахунків за **S**-критерієм формуємо додаткову матрицю $\|a_{ij}\|$, елементами якої є різниці між максимальним елементом стовпця і поточним елементом. Після обчислень доповнюємо цю матрицю стовпцем із максимальних елементів рядків (табл. 2.5). Далі доповнюємо матрицю рішень $\|e_{ij}\|$ (табл. 2.4) отриманим стовпцем та обираємо в ньому мінімальне значення.

Табл. 2.5. Додаткова матриця для розрахунку за S-критерієм

№ п/п	$\max e_{i1} - e_{i1}$	$\max e_{i2} - e_{i2}$	$\max e_{i3} - e_{i3}$	$\max e_{i4} - e_{i4}$	$\max e_{i5} - e_{i5}$	$\max e_{i6} - e_{i6}$	$\max a_{ij}$
1	0	120	240	300	360	480	480
2	40	0	120	180	240	360	360
3	80	40	0	60	120	240	240
4	100	60	20	0	60	180	180
5	120	80	40	20	0	120	120
6	160	120	80	60	40	0	160

Висновки

За результатами розрахунків за класичними критеріями робимо висновок про те, що найкращим рішенням буде варіант № 5, на який вказують результати розрахунків **BL**-, **L**- та **S**-критеріїв. Тобто, щоб отримати максимальний прибуток, фірма повинна наступного дня закупити 620 кг помідорів. Але при цьому допускається певний ризик втрати прибутків.

Якщо ж ми взагалі не хочемо ризикувати, тоді приймаємо варіант рішення № 1 (500 кг помідорів), на який вказує результат розрахунків за песимістичним **MM**-критерієм.

Контрольні запитання

1. Для чого призначена матриця альтернатив та як вона формується?
2. Які класичні критерії вибору оптимального рішення вам відомі?
3. Який алгоритм вибору оптимального рішення покладено в основу мінімаксного критерію та які умови його застосування?
4. Який алгоритм вибору оптимального рішення покладено в основу критерію Басса-Лапласа та які умови його застосування?
5. Який алгоритм вибору оптимального рішення покладено в основу критерію Лапласа та які умови його застосування?
6. Який алгоритм вибору оптимального рішення покладено в основу критерію Севіджа та які умови його застосування?

Література

Див. джерела №№ 1, 2.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3.

Похідні критерії вибору

Мета: навчитись застосовувати похідні критерії вибору при розв'язанні практичних ЗПР та обґрунтовувати оптимальне рішення.

Завдання

- Використовуючи завдання з лабораторної роботи № 2, розв'язати ЗПР, використовуючи похідні критерії вибору.

Теоретичні відомості

Порядок виконання роботи:

1. Проводимо розрахунки за **НВ**-критерієм із застосуванням обраних двох вагових множників ($c=0,7$ та $c=0,8$). Для цього почергово матрицю рішень $\|e_{ij}\|$ доповнюємо стовпцем, у який записуємо виважені значення мінімального та максимального елементів рядків. Обираємо максимальний елемент цього стовпця, клітинку позначаємо іншим кольором (табл. 3.1):

Табл. 3.1. Матриця рішень і розрахунки за похідними критеріями вибору

№ п/п	Варіант рішення	Можливий денний попит та ймовірність						HW		HL		G
		500 0,12	540 0,16	580 0,16	600 0,21	620 0,22	660 0,13	c=0,7	c=0,8	α=0,9	α=0,4	
1	500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	180
2	540	1460	1620	1620	1620	1620	1620	1508	1492	1573	1510	175
3	580	1420	1580	1740	1740	1740	1740	1516	1484	1622	1510	170
4	600	1400	1560	1720	1800	1800	1800	1520	1480	1636	1505	168
5	620	1380	1540	1700	1780	1860	1860	1524	1476	1634	1493	166
6	660	1340	1500	1660	1740	1820	1980	1532	1468	1598	1455	161

При розрахунку підбираємо ваговий множник для того, щоби дослідити, як він впливає на обраний варіант рішення.

Розрахунки для **НВ**-критерію при $c=0,7$:

Для варіанта 1: $0,7 \cdot 1500 + (1 - 0,7) \cdot 1500 = 1500$

Для варіанта 2: $0,7 \cdot 1460 + (1 - 0,7) \cdot 1620 = 1508$

Для варіанта 3: $0,7 \cdot 1420 + (1 - 0,7) \cdot 1740 = 1516$

Для варіанта 4: $0,7 \cdot 1400 + (1 - 0,7) \cdot 1800 = 1520$

Для варіанта 5: $0,7 \cdot 1380 + (1 - 0,7) \cdot 1860 = 1524$

Для варіанта 6: $0,7 \cdot 1340 + (1 - 0,7) \cdot 1980 = 1532$

За аналогією проводимо розрахунки за **НВ**-критерієм для вагового множника $c=0,8$. Результат заносимо в наступний стовпець.

2. Проводимо розрахунки за **НЛ**-критерієм із застосуванням обраних двох множників ($\alpha = 0,9$ та $\alpha = 0,4$), що відображають ступінь довіри до розподілу ймовірностей. Доповнюємо матрицю рішень $\|e_{ij}\|$ стовпчиком результатів виважених значень математичного сподівання та мінімальних елементів рядків. Обираємо максимальний елемент цього стовпця, клітинку позначаємо іншим кольором (табл. 3.1).

Розрахунки за **НЛ**-критерієм для ступеня довіри $\alpha = 0,9$ до розподілу ймовірностей:

$$1) 0,9*1500 + (1-0,9)*1500 = 1500$$

$$2) 0,9*1585 + (1-0,9)*1460 = 1573$$

$$3) 0,9*1645 + (1-0,9)*1420 = 1622$$

$$4) 0,9*1662 + (1-0,9)*1400 = 1636$$

$$5) 0,9*1662 + (1-0,9)*1380 = 1634$$

$$6) 0,9*1627 + (1-0,9)*1340 = 1598$$

За аналогією проводимо розрахунки при $\alpha = 0,4$ (табл. 3.1).

3. Проводимо розрахунки за **G**-критерієм. Для цього формуємо додаткову матрицю, помноживши елементи стовпців вихідної матриці на ймовірності появи результатів (табл. 3.2). Після цього доповнюємо матрицю рішень $\|e_{ij}\|$ стовпчиком мінімальних елементів із рядків додаткової матриці. Обираємо максимальний елемент цього стовпця, відповідну клітинку позначаємо іншим кольором (табл. 3.1).

Табл. 3.2. Додаткова матриця для розрахунку за G-критерієм

№ п/п	$e_{i1} * p_1$	$e_{i2} * p_2$	$e_{i3} * p_3$	$e_{i4} * p_4$	$e_{i5} * p_5$	$e_{i6} * p_6$	$\min$ $e_{ij} p_j$
1	$1500*0,12$ = 180	$1500*0,16$ = 240	$1500*0,16$ = 240	$1500*0,21$ = 315	$1500*0,22$ = 330	$1500*0,13$ = 195	180
2	$1460*0,12$ = 175	$1620*0,16$ = 259	$1620*0,16$ = 259	$1620*0,21$ = 340	$1620*0,22$ = 356	$1620*0,13$ = 211	175
3	$1420*0,12$ = 170	$1580*0,16$ = 253	$1740*0,16$ = 278	$1740*0,21$ = 365	$1740*0,22$ = 383	$1740*0,13$ = 226	170
4	$1400*0,12$ = 168	$1560*0,16$ = 250	$1720*0,16$ = 275	$1800*0,21$ = 378	$1800*0,22$ = 396	$1800*0,13$ = 234	168
5	$1380*0,12$ = 166	$1540*0,16$ = 246	$1700*0,16$ = 272	$1780*0,21$ = 374	$1860*0,22$ = 409	$1860*0,13$ = 242	166
6	$1340*0,12$ = 161	$1500*0,16$ = 240	$1660*0,16$ = 266	$1740*0,21$ = 365	$1820*0,22$ = 400	$1980*0,13$ = 257	161

Висновки

При використанні критерію Гурвиця для нашого випадку при значенні вагового множника 0,7 та менше доцільно вибрати варіант рішення №6, тобто для отримання максимального прибутку слід закупити 660 кг помідорів. При збільшенні ступеню песимізму (при $c=0,8$) слід прийняти рішення № 1, тобто

закупити 500 кг помідорів. При цьому прибуток зменшується, зате ОПР уникає можливого ризику.

При застосуванні критерію Ходжа—Лемана при високій довірі до розподілу ймовірностей ($\alpha = 0,9$) слід обрати варіант рішення № 4 — закупити 600 кг помідорів. При низькій довірі ($\alpha = 0,4$) ми обираємо варіант рішення № 2 чи № 3, тобто слід закупити 540 чи 580 кг помідорів.

За результатами розрахунків за критерієм Гермеєра найкращим варіантом рішення буде варіант № 1, тобто щоб убезпечити себе від збитків, слід закупити 500 кг помідорів.

Контрольні запитання

1. Які Ви знаєте похідні критерії вибору?
2. Критерій Гурвиця та його оціночна функція.
3. Які умови застосування критерію Гурвиця?
4. Що означає ваговий множник, що використовує критерій Гурвиця?
5. Критерій Ходжа—Лемана та його оціночна функція.
6. Які умови застосування критерію Ходжа—Лемана?
7. Критерій Гермеєра та його оціночна функція.
8. Як формується додаткова матриця за критерієм Гермеєра?

Література

Див. джерело № 1.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4.

Дерево рішень

Мета: навчитися розв'язувати задачі багатоступеневого прийняття рішення з використанням схеми «дерево рішень» та оцінювати обране рішення на чутливість.

Завдання

Приклад постановки задачі:

Виробничою компанією було розроблено новий товар. Наявність у виробничому процесі високотемпературних реакцій збільшує його вартість до 25 млн. грн. Для організації виробничого процесу потрібен 1 рік, але існує лише 55% імовірність, що буде забезпечуватись належна технологічна безпека процесу.

У зв'язку з цим перед компанією постало питання про розроблення комп'ютерно-контролюючої системи (ККС), яка забезпечує безпеку високотемпературних реакцій. Дослідження та розроблення ККС триватимуть 1 рік і коштуватимуть 1 млн. грн. Імовірність розроблення ефективної ККС становить 75%.

Розроблення ККС можна або почати відразу, або почекати 1 рік до з'ясування технологічної безпеки процесу. Якщо розроблення почати відразу, а виробничий процес виявиться безпечним, то ККС буде непотрібною і, як наслідок, матимемо збитки в 1 млн. грн. Якщо ж відкласти розробку ККС, а виробничий процес не відповідатиме стандартам, то виготовлення нового товару переноситься на 1 рік до завершення досліджень.

У випадку, якщо реалізація нового товару почнеться протягом року, то прибуток складатиме 10 млн. грн. Якщо ж відкласти виробництво на 1 рік, то очікується прибуток 8,5 млн. грн. через можливість появи конкурентів.

Необхідно:

1. Скласти дерево, яке охоплює усі можливі варіанти подій.
2. Надати керівнику пораду, яке рішення слід прийняти.
3. Дослідити рішення на чутливість, тобто встановити, чи прийняте рішення має деякий запас надійності при зміні ймовірностей.
4. Розрахувати, яким чином повинна змінитись імовірність розробки виробничого процесу, щоби змінити прийняте рішення?

Теоретичні відомості

Порядок виконання роботи:

1. Спершу будуюмо дерево рішень, на якому позначаємо всі можливі рішення, варіанти розвитку подій та їхні ймовірності, а також вартість (витрати) кожного рішення й очікувані прибутки (рис. 4.1):

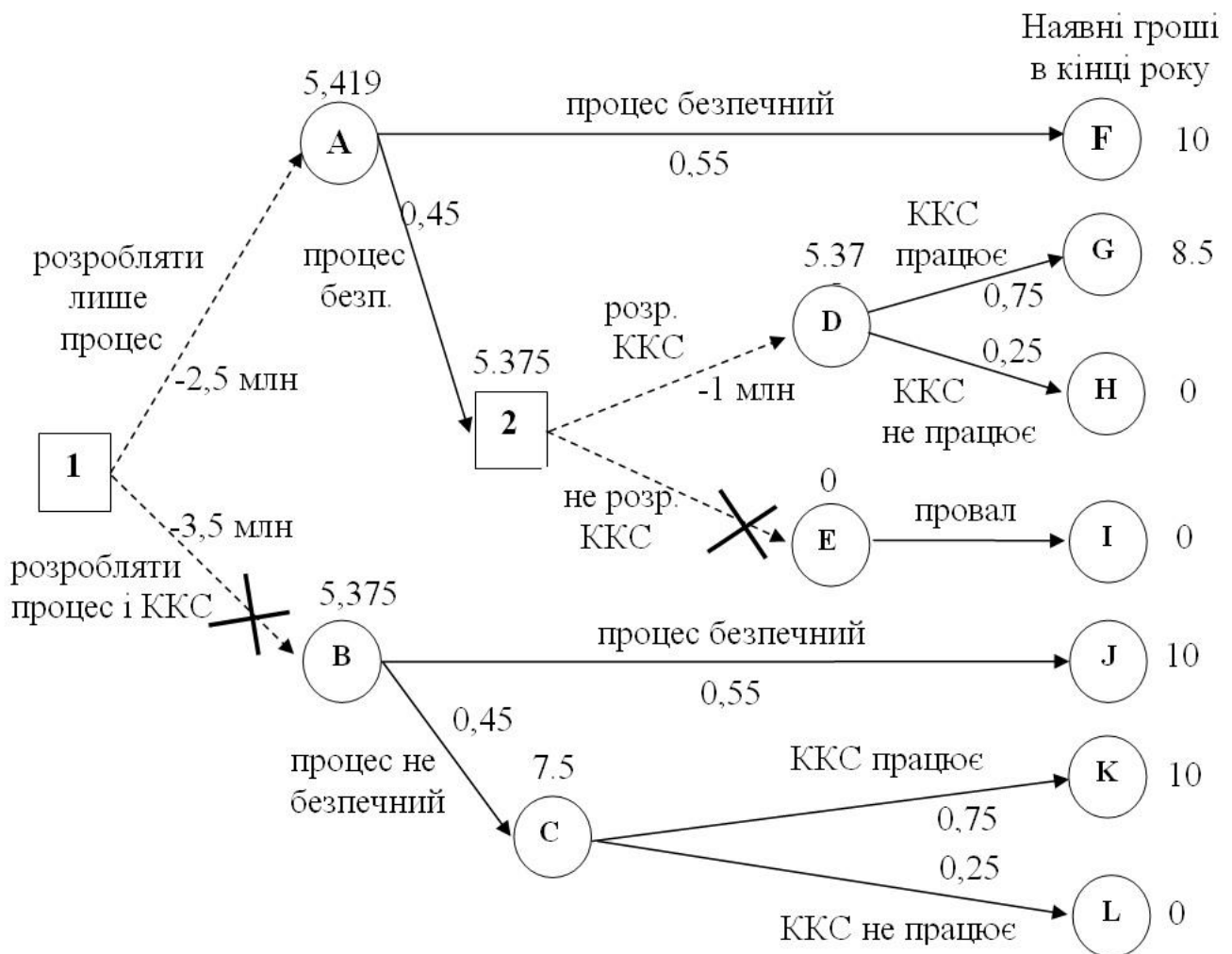


Рис. 4.1. Дерево рішень

2. Справа наліво проставляємо числові значення (наслідки) кожного із вузлів. При цьому віднімаємо те, що вкладали, і те, що витратили. Із кожної пари рішень обираємо те, в якого числова оцінка більша, і ця числова оцінка переноситься ліворуч на наступний вузол.

Прибуток в точці **D** = $8,5 * 0,75 = 6,375$

Чистий прибуток в вузлі **D** = $6,375 - 1 = 5,375$

У вузлі **E** очікуваний прибуток дорівнює 0. Тоді, якщо у вузлі 2 ми вирішимо розробляти ККС, тоді отримаємо прибуток 5,375.

Прибуток у точці **A** = $(10 * 0,55 + 5,375 * 0,45) - 2,5 = 5,419$

Прибуток у точці **C** = $10 * 0,75 = 7,5$

Прибуток у точці **B** = $(10 * 0,55 + 7,5 * 0,45) - 3,5 = 5,375$

3. Перевіряємо прийняте рішення на чутливість. Для цього позначаємо ймовірність безпечного виробничого процесу через P . За умовою $P=0,55$. Очікуваний прибуток у вузлі **A** дорівнює:

$$10 * P + 5,375 * (1 - P) - 2,5 = 4,625 * P + 2,875$$

Очікуваний прибуток у вузлі **B** дорівнює:

$$10 * P + (10 * 0,75 + 0 * 0,25) * (1 - P) - 3,5 = 2,5 * P + 4,0$$

При зрівнянні цих результатів маємо:

$$4,625 * P + 2,875 = 2,5 * P + 4,0$$

$$P = 0,529$$

$$4) 0,55 - 0,529 = 0,021.$$

Висновки

Рекомендуємо відразу розробити лише процес і якщо ж він не буде безпечним, то розробити ККС. Очікуваний прибуток при цьому складатиме 5,419 млн. грн.

При імовірності, меншій ніж 0,529, рішення зміниться, тобто рішення почати розробку процесу та ККС принесе більший прибуток.

Розрахунки показали, що оптимальне рішення зміниться вже при зміні ймовірності більш ніж на 0,021. Отже, наше рішення є чутливим.

Контрольні запитання

1. Які задачі розв'язуються з використанням схеми «дерева рішень»?
2. Який алгоритм застосування схеми «дерева рішень»?
3. За яким алгоритмом проводять розрахунки по «дереву рішень»?
4. Із яких компонентів складається «дерево рішень»?
5. Як зображуються точки прийняття рішень?
6. Які види гілок використовуються в «дереві рішень»?
7. Що таке чутливість рішення?
8. Як визначається чутливість рішення?

Література

Див. джерела №№ 1, 2, 3.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5.

Прогнозування через адитивну модель

Мета: навчитись аналізувати часові ряди та використовувати їх для розроблення прогнозних моделей.

Завдання

Приклад постановки задачі:

У табл. 5.1 наведено обсяги реалізації продукції підприємства за останні 12 кварталів протягом 4 неповних років:

Табл. 5.1. Обсяги реалізації продукції підприємства

	Квартальні обсяги реалізації продукції за 4 роки											
рік	1			2				3				4
квартал	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
обсяг	143	129	190	176	149	134	197	180	223	139	201	186

Необхідно:

1. Проаналізувати вихідні дані та згладити їх методом ковзного середнього.
2. Побудувати прогнозну модель з адитивною компонентою з урахуванням показників сезонності.
3. Визначити адекватність моделі тренда.
4. Зробити прогноз на найближчі 2 квартали

Теоретичні відомості

Порядок виконання роботи:

1. Наносимо на графік фактичні значення обсягів реалізації продукції за 12 кварталів (рис. 5.1):

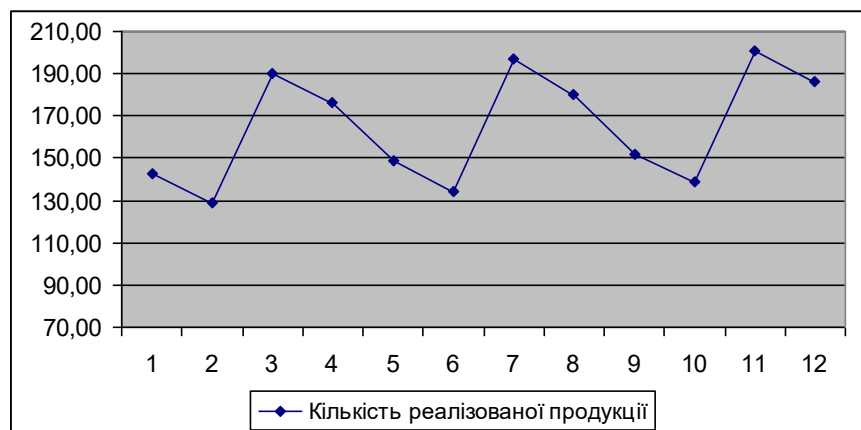


Рис. 5.1. Обсяги реалізації продукції підприємства

2. Проводимо згладжування вихідних даних методом ковзного середнього. Формуємо табл. 5.2 за результатами розрахунків суми кожної партії за 4 квартали, ковзні середні за 4 квартали та центровані ковзні середні значення (стовпці 4–6).

Розрахунки для періоду з 2 кв. 1 року до 1 кв. 2 року:

«Разом за 4 квартали» = 143 + 129 + 190 + 176 = 638

«Ковзне середнє значення за 4 квартали» = 638 / 4 = 159,5

Розрахунок центрованого ковзного середнього значення:

(159,5 + 161,0) / 2 = 160,25.

Табл. 5.2. Згладжування часового ряду та оцінка сезонної компоненти

№ п/п (X _i)	Дата (період)		Кількість реаліз. продукції (A)	Разом за 4 кв.	Ковзне середнє за 4 кв.	Центроване ковзне сер. знач. (T)	Оцінка сезонної компоненти (A-T=S+E)
	Рік	Кв.					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	143,00				
2		3	129,00	638,00	159,50		
3		4	190,00	644,00	161,00	160,25	29,75
4		1	176,00	649,00	162,25	161,63	14,38
5	2	2	149,00	656,00	164,00	163,13	-14,13
6		3	134,00	660,00	165,00	164,50	-30,50
7		4	197,00	663,00	165,75	165,38	31,63
8		1	180,00	668,00	167,00	166,38	13,63
9	3	2	152,00	672,00	168,00	167,50	-15,50
10		3	139,00	678,00	169,50	168,75	-29,75
11		4	201,00				
12	4	1	186,00				

3. Наносимо центровані ковзні середні значення на графік (рис. 5.2):

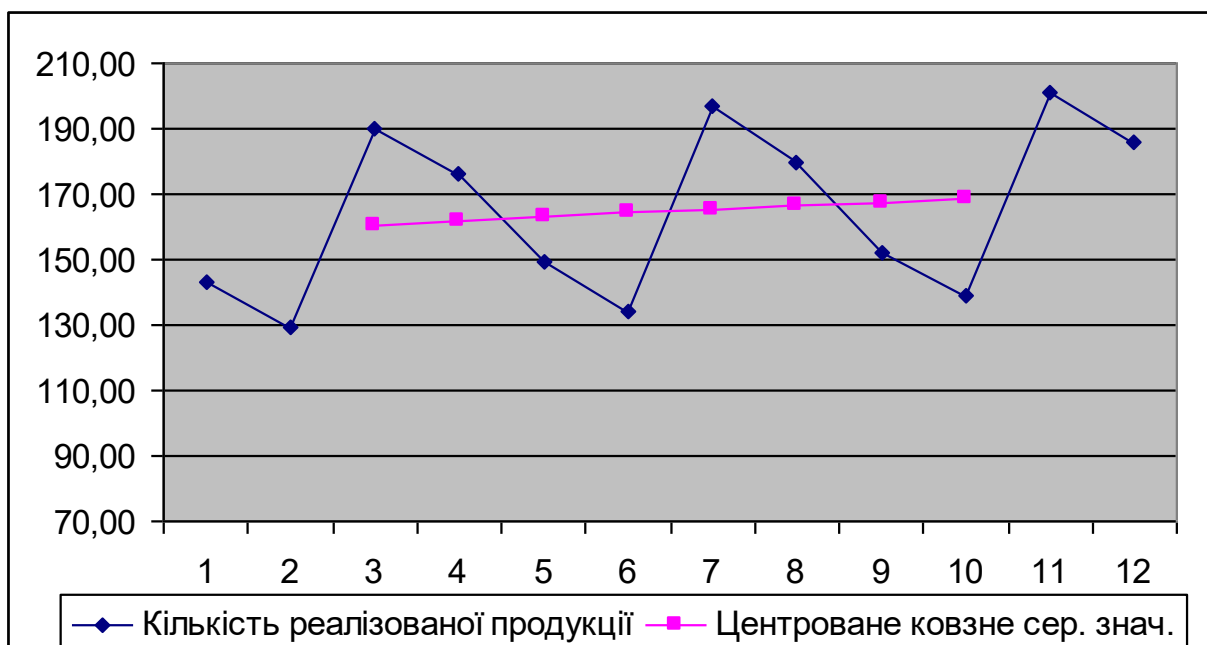


Рис. 5.2. Обсяги реалізації продукції та центровані ковзні середні значення

Таблицю 5.2 доповнюємо новим стовпцем за розрахунками оцінок сезонних компонент. Наприклад, для 4 кварталу 1 року вона становитиме:

$$190 - 160,25 = 29,75$$

Для розрахунку скоригованих сезонних компонентів використовуємо допоміжну таблицю 5.3, в яку заносимо дані зі стовпця 8 таблиці 5.2 та проводимо відповідні розрахунки.

Таблиця 5.3. Розрахунок сезонних компонентів

Рік	Номер кварталу				
	1	2	3	4	
1	—	—	—	29,75	
2	14,38	-14,13	-30,50	31,63	
3	13,63	-15,50	-29,75	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	
Сума	28,00	-29,63	-60,25	61,38	
Оцінка сезонної компоненти	14,00	-14,81	-30,13	30,69	$\Sigma = -0,25$
Скоригована сезонна компонента	14,00	-14,00	-30,00	30,00	$\Sigma = 0,00$

Отримані скориговані сезонні компоненти за 4 квартали заносимо в табл. 5.4 (стовпець 9), що є продовженням табл. 5.2. Розраховуємо десезоналізовані дані, віднімаючи відповідні значення сезонної компоненти від фактичних даних за кожен квартал, тобто $A-S=T+E$, та заносимо їх до табл. 5.4 (стовпець 10) і наносимо на графік (рис. 5.3):

Таблиця 5.4. Десезоналізовані дані, тренд та похибки

№ п/п (X_i)	Період		К-ть реалізов. продукції (A)	...	Скориг. сезонна компон. (S)	Десезонал. дані ($A-S=T+E$)	Тренд. розрах. (T)	Розрах. помилки ($E=A-T-S$)
	Рік	Кв.						
1	2	3	3	4-8	9	10	11	12
1	1	2	143,00		-14,00	157,00	157,59	-0,59
2		3	129,00		-30,00	159,00	158,88	0,12
3		4	190,00		30,00	160,00	160,16	-0,16
4	2	1	176,00		14,00	162,00	161,45	0,55
5		2	149,00		-14,00	163,00	162,74	0,26
6		3	134,00		-30,00	164,00	164,02	-0,02
7		4	197,00		30,00	167,00	165,31	1,69
8	3	1	180,00		14,00	166,00	166,60	-0,60
9		2	152,00		-14,00	166,00	167,88	-1,88
10		3	139,00		-30,00	169,00	169,17	-0,17
11		4	201,00		30,00	171,00	170,46	0,54
12	4	1	186,00		14,00	172,00	171,74	0,26

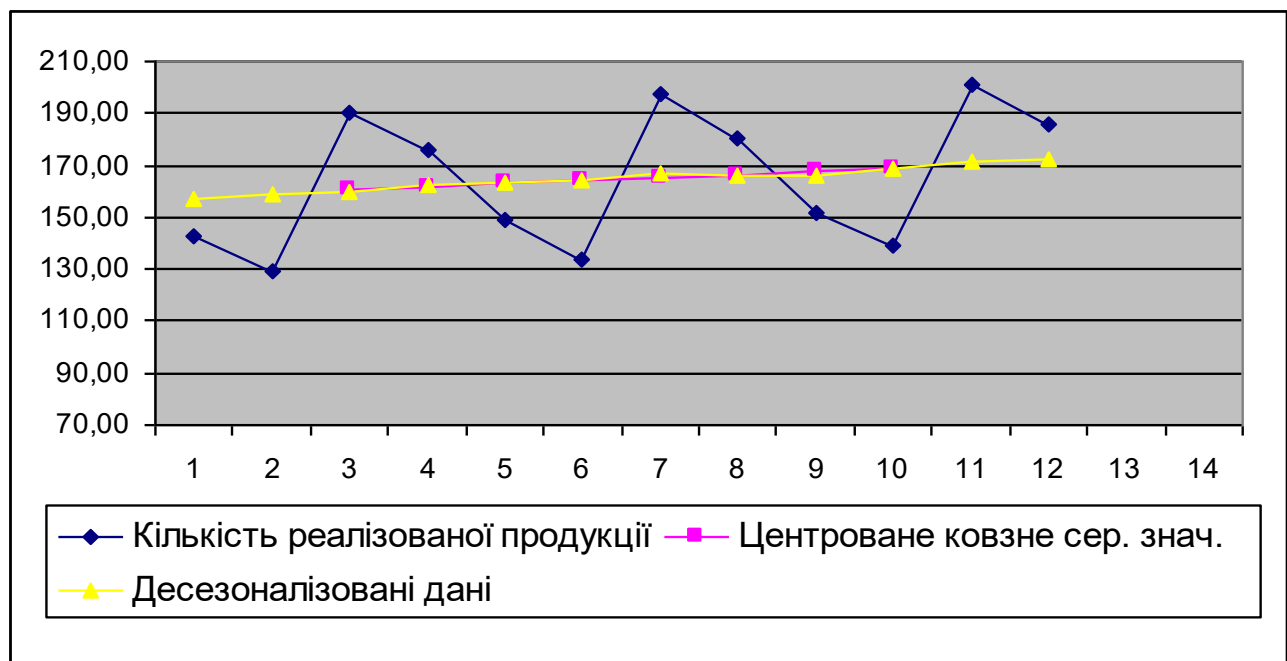


Рис. 5.3. Обсяги реалізації продукції, центровані ковзні середні значення, десезоналізовані дані

Аналіз десеоналізованих даних дає підстави зробити висновок про існування лінійного тренда, який найкраще апроксимує їх та описується рівнянням:

$$T = a + b * x, \quad (1)$$

де a і b характеризують відповідно точку перетину з віссю ординат і нахил лінії тренда.

Для визначення параметрів прямої використовуємо метод найменших квадратів, згідно з яким:

$$b = \frac{n \cdot \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}, \quad (2)$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - \frac{b \cdot \sum x}{n}, \quad (3)$$

де x — порядковий номер кварталу,
 $y = (A - S)$.

Після проведення відповідних розрахунків, отримуємо $b = 1.29$ та $a = 156.30$. Отже, рівняння моделі тренда матиме вигляд:

$$T = 156,30 + 1,29 * x \quad (4)$$

На основі отриманої моделі розраховуємо значення тренда та заносимо їх до таблиці 5.4 (стовпець 11) і відображаємо на графіку (рис. 5.4):

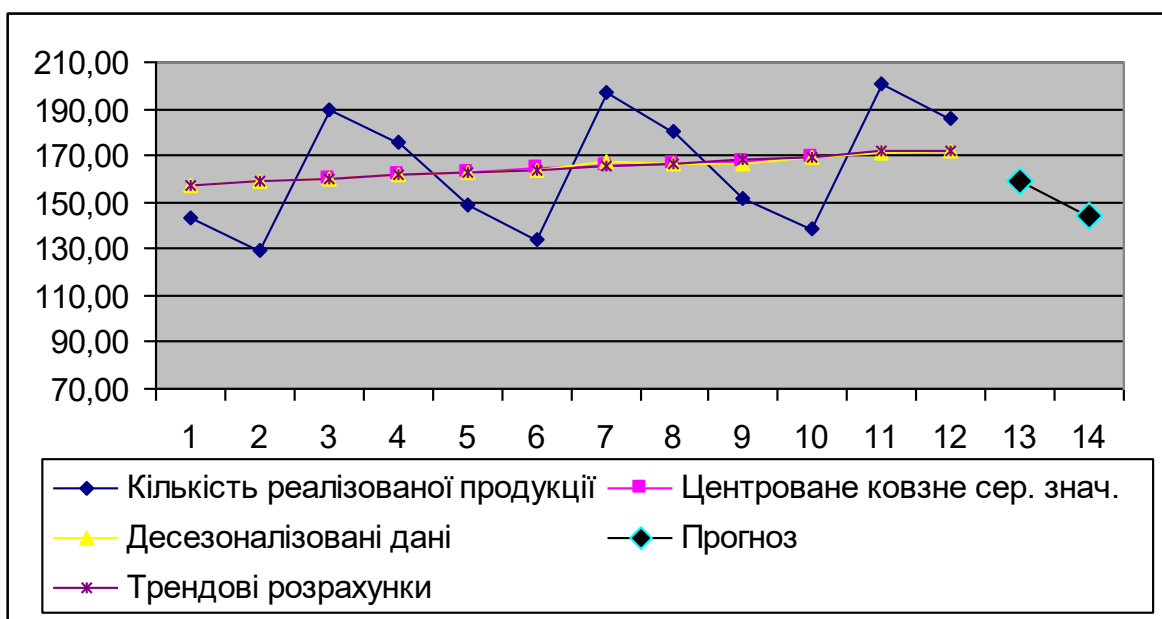


Рис. 5.3. Фактичні, розраховані та прогнозовані значення

Визначаємо похибку розрахунків за формулою $E=A-T-S$ та заносимо до табл. 5.4 (стовпець 12).

На основі отриманих результатів визначаємо адекватність моделі тренда, для цього обчислюємо середнє абсолютне відхилення (МAD) та середню квадратичну помилку (MSE) для всіх значень:

$$\text{MAD} = \frac{\sum |E_i|}{n} = 0.571 \quad (5)$$

$$\text{MSE} = \frac{\sqrt{\sum E_i^2}}{n} = 0,689 \quad (6)$$

Використовуючи отриману адитивну модель, розраховуємо прогноз (P_k) таким чином:

$$P_k = T + S \quad (7)$$

де T — трендове значення за вказаний період прогнозування;

S — сезонна компонента;

k — номер періоду прогнозування.

Розраховуємо прогноз на 2-й і 3-й квартали 4 р. (13 та 14 період відповідно):

$$P_{13} = 156,30 + 1,29 * 13 - 14 = 159,07$$

$$P_{14} = 156,30 + 1,29 * 14 - 30 = 144,36$$

Висновки

Розраховані похибки дуже малі. Отже, тенденція виявлена за фактичними даними досить стійка і дозволяє одержати надійні короткострокові прогнози.

Отримані прогнозні значення базуються на припущенні про те, що ближчим часом тенденція, виявлена при проведенні ретроспективного аналізу, не зміниться.

Контрольні запитання

1. Яка роль прогнозування при прийнятті рішень?
2. Що таке ретроспективний аналіз даних?
3. Що таке часовий ряд?
4. Для чого використовують методи згладжування часових рядів?
5. Які методи згладжування Вам відомі?
6. За яким алгоритмом згладжують вихідні криві методом ковзного середнього?
7. Наведіть загальний вигляд прогнозної моделі з адитивними компонентами.
8. Назвіть основні етапи алгоритму аналізу прогнозної моделі.
9. Що таке сезонна компонента?

10. Що таке тренд?

11. Як можна визначити аналітичний вигляд тренда?

12. Як можна визначити адекватність прогнозової моделі?

Література

Див. джерела №№ 1, 3.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6.

Метод аналізу ієрархій

Мета: навчитися здійснювати вибір альтернативних рішень на основі експертних оцінок за умов багатокритерійності з використанням методу аналізу ієрархій.

Завдання

1. Дано альтернативи для вибору одного оптимального варіанту та основні критерії, за якими оцінюються ці альтернативи.
2. Побудувати таблицю наявних альтернатив і значень критеріїв.
3. Побудувати ієрархію «цілі — критерії — альтернативи».
4. Побудувати матрицю попарних порівнянь критеріїв
5. Побудувати матриці попарних порівнянь альтернатив.
6. Розрахувати власні та нормовані вектори пріоритетів.
7. Ухвалити рішення щодо вибору одного варіанту із запропонованих альтернатив.
8. Обчислити індекс узгодженості та відносну узгодженість суджень і зробити відповідні висновки щодо прийнятого рішення.

Теоретичні відомості

Нехай необхідно прийняти рішення щодо оптимального вибору однієї з електронних книг: Prestigio, Kindle або Nook, а при прийнятті рішення до уваги беруться наступні критерії: ціна, маса та розмір.

Сформуємо таблицю обраних альтернатив та значень критеріїв.

Таблиця 6.1. Обрані альтернативи та значення критеріїв

Критерії Альтернативи	Ціна (грн.)	Маса (г)	Розмір (мм)
Prestigio	885	226	180 * 123 * 11
Kindle	900	213	169 * 117 * 9
Nook	936	210	165 * 127 * 12

Побудуємо трирівневу ієрархію вибору електронної книги:

- 1) мета — обрати планшет;
- 2) критерії — ціна, маса, розмір;
- 3) альтернативи (варіанти рішень) — Prestigio, Kindle та Nook.



Рис. 6.1. Ієрархія «цілі — критерії — альтернативи»

Визначимо пріоритети для всіх елементів ієрархії та побудуємо матрицю попарних порівнянь критеріїв між собою:

Таблиця 6.2. Матриця попарних порівнянь критеріїв

Критерії	Ціна	Маса	Розмір
Ціна	1	3	5
Маса	1/3	1	3
Розмір	1/5	1/3	1

Зверніть увагу на правила побудови такої матриці:

- 1) матриця зазвичай наповнюється непарними числами (1, 3, 5, 7...) та дробами, оберненими до них (1/3, 1/5, 1/7...);
- 2) числа в рядку напроти кожного критерію позначають, наскільки він є важливішим від інших: 1 — рівноцінний, >1 — важливіший, <1 — менш важливий (у нашому прикладі ціна важливіша за масу і ще важливіша за розмір);
- 3) при зворотному порівнянні тих самих двох варіантів значення повинні бути оберненими (в нашому випадку ціна/маса = 3, тому маса/ціна = 1/3);
- 4) якщо варіантів 3 і більше, має бути дотримана транзитивність (наприклад, якщо ціна важливіша за масу (3), а маса важливіша за розмір (3), із цього випливає, що ціна ще більш важлива за розмір, що підтверджується в таблиці: ціна/розмір = 5).

Аналогічно побудуємо матриці попарних порівнянь альтернатив між собою за кожним із наявних критеріїв:

Таблиця 6.3. Матриця попарних порівнянь альтернатив за критерієм «Ціна»

Ціна	Prestigio	Kindle	Nook
Prestigio	1	2	3
Kindle	1/2	1	3
Nook	1/3	1/3	1

Таблиця 6.4. Матриця попарних порівнянь альтернатив за критерієм «Маса»

Маса	Prestigio	Kindle	Nook
Prestigio	1	1/3	1/3
Kindle	3	1	1
Nook	3	1	1

Таблиця 6.5. Матриця попарних порівнянь альтернатив за критерієм «Розмір»

Розмір	Prestigio	Kindle	Nook
Prestigio	1	1/5	1/9
Kindle	5	1	1/3
Nook	9	3	1

Побудуємо вектори пріоритетів кожної матриці.

Спершу побудуємо власний вектор для матриці попарних порівнянь критеріїв із використанням значення середнього геометричного.

$$1) \sqrt[3]{1 \cdot 3 \cdot 5} = 2,466212074 \approx 2,466$$

$$2) \sqrt[3]{1/3 \cdot 1 \cdot 3} = 1$$

$$3) \sqrt[3]{1/5 \cdot 1/3 \cdot 1} = 0,405480133 \approx 0,405$$

Сума елементів власного вектора: $2,466 + 1 + 0,405 = 3,871$.

Щоби розрахувати значення нормованого вектора, необхідно кожен його елемент по чергові поділити на суму всіх компонентів власного вектора:

$$1) 2,466 / 3,871 = 0,637$$

$$2) 1,000 / 3,871 = 0,258$$

$$3) 0,405 / 3,871 = 0,105$$

Таблиця 6.6. Власний вектор та нормування

	Ціна	Маса	Розмір	Компоненти власного вектору	Нормований вектор пріоритетів
Ціна	1	3	5	2,466	0,637
Маса	1/3	1	3	1	0,258
Розмір	1/5	1/3	1	0,405	0,105
Сума	1,53	4,33	9	3,871	1

Для визначення числового значення глобальних пріоритетів треба суму оцінок експертів по кожному стовпчику помножити на відповідне значення з нормованого вектора:

$$1) 1,53 * 0,637 = 0,975$$

$$2) 4,33 * 0,258 = 1,118$$

$$3) 9 * 0,105 = 0,943$$

Таблиця 6.7. Власний, нормований та вектор глобальних пріоритетів

	Ціна	Маса	Розмір	Компоненти власного вектору	Нормований вектор пріоритетів	Вектор глобальних пріоритетів
Ціна	1	3	5	2,466	0,637	0,975
Маса	1/3	1	3	1	0,258	1,118
Розмір	1/5	1/3	1	0,405	0,105	0,943
Сума	1,53	4,33	9	3,871	1	3,036

Аналогічно обчислюємо компоненти власних векторів, нормовані вектори, вектори локальних пріоритетів і власні значення матриць ($\lambda_{\max}$) для критеріїв «Ціна», «Маса» та «Розмір».

Таблиця 6.8. Розрахунки за критерієм «Ціна»

Ціна	Prestigio	Kindle	Nook	Компоненти власного вектору	Нормований вектор пріоритетів	Вектор локальних пріоритетів, $\lambda_{\max}$
Prestigio	1	2	3	1,817	0,390	0,716
Kindle	1/2	1	3	1,651	0,355	1,183
Nook	1/3	1/3	1	1,186	0,255	1,783
Сума	1,83	3,33	7	4,654	1	3,682

$$\lambda_{\max} = 3,682$$

Таблиця 6.9. Розрахунки за критерієм «Маса»

Маса	Prestigio	Kindle	Nook	Компоненти власного вектору	Нормований вектор пріоритетів	Вектор локальних пріоритетів, $\lambda_{\max}$
Prestigio	1	1/3	1/3	0,481	0,143	1
Kindle	3	1	1	1,442	0,429	0,999
Nook	3	1	1	1,442	0,429	0,999
Сума	7	2,333	2,333	3,365	1	2,998

$$\lambda_{\max} = 2,998$$

Таблиця 6.10. Розрахунки за критерієм «Дисплей»

Розмір	Prestigio	Kindle	Nook	Компоненти власного вектору	Нормований вектор пріоритетів	Вектор локальних пріоритетів λ_{max}
Prestigio	1	1/5	1/9	0,281	0,063	0,944
Kindle	5	1	1/3	1,186	0,265	1,115
Nook	9	3	1	3	0,672	0,970
Сума	15	4,2	1,444	4,467	1	3,029

$$\lambda_{max} = 3,029$$

Виконуємо синтез (лінійну згортку) пріоритетів на ієрархії, в результаті якої обчислюються пріоритети альтернативних рішень відносно головної мети. Глобальні пріоритети альтернатив відносно мети обчислюються шляхом множення локального пріоритету кожної альтернативи на пріоритет кожного критерію й підсумовування за кожним із них (Табл. 6.11).

Найкращою вважається альтернатива, яка має максимальне значення пріоритету.

$$1) 0,390 * 0,637 + 0,143 * 0,258 + 0,063 * 0,105 = \mathbf{0,29}$$

$$2) 0,355 * 0,637 + 0,429 * 0,258 + 0,265 * 0,105 = \mathbf{0,36}$$

$$3) 0,255 * 0,637 + 0,429 * 0,258 + 0,672 * 0,105 = \mathbf{0,34}$$

Таблиця 6.11. Розрахунки глобальних пріоритетів альтернатив

Пріоритети критеріїв Альтернативи	Ціна	Маса	Розмір	Глобальні пріоритети (остаточний рейтинг) альтернатив
	0,637	0,258	0,105	
Prestigio	0,390	0,143	0,063	0,29
Kindle	0,355	0,429	0,265	0,36
Nook	0,255	0,429	0,672	0,34

Для оцінювання узгодженості суджень для усіх матриць нашої задачі обчислюємо індекс узгодженості (ІУ) та відносну узгодженість (ВУ). Для глобальних пріоритетів отримуємо:

$$IU = (3,036 - 3) / 2 = 0,017763$$

$$BU = 0,017763 / 0,58 = 0,031$$

Значення ВУ, менше або рівне 0,1, вважатимемо прийнятним.

Аналіз одержаних результатів. Висновки і рекомендації.

Ухвалення рішення. При допустимих показниках узгодженості вибираємо варіант рішення з найбільшим значенням глобального пріоритету.

Для всіх матриць нашої задачі показники λ_{max} близькі до 3, а значення ВУ значно менше 0,1, тобто їхні значення знаходяться в допустимих межах.

Отже, за отриманими результатами можна зробити висновок, що перевагу отримала альтернатива № 2, а саме електронна книга Kindle, переважаючий критерій при цьому — ціна.

Контрольні запитання

1. Для яких задач доцільне використання методу аналізу ієрархій?
2. Наскільки об'єктивними є оцінки, отримані за допомогою методу аналізу ієрархій?
3. Які матриці слід побудувати для розв'язання задачі методом аналізу ієрархій?
4. Для чого необхідно нормувати вектори пріоритетів?
5. Навіщо розраховується оцінка узгодженості суджень?

Література

Див. джерела №№ 1, 2.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. **Бутко М. П., Бутко І. М., Мащенко В. П.** [та ін.] Теорія прийняття рішень: підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2015. – 360 с.
2. **Катренко А. В., Пасічник В. В.** Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. – Львів.: Новий світ – 2000, 2020. – 447 с.

Допоміжна

3. **Kharkianen O., Myakshylo O., Hrybkov S., Kostikov M.** Development of Information Technology for Supporting the Process of Adjustment of the Food Enterprise Assortment // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — Kharkiv: PC «TECHNOLOGY CENTER», 2018. — Vol. 1. — No. 3 (91). — Pp. 77–87.

Інформаційні ресурси

4. **Stanford Encyclopedia of Philosophy.** Decision Theory [online]. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/decision-theory>.