

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

**Завдання до самостійної роботи  
з навчальної дисципліни  
"СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ"  
для студентів спеціальності  
8.03050601 "Прикладна статистика"  
денної форми навчання**

**Харків. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015**

Затверджено на засіданні кафедри статистики та економічного прогнозування.

Протокол № 9 від 27.03.2015 р.

**Укладачі:** Раєвнєва О. В.  
Мілевський С. В.  
Мілевська Т. С.

3-13 Завдання до самостійної роботи з навчальної дисципліни "Статистичні моделі прийняття рішень" для студентів спеціальності 8.03050601 "Прикладна статистика" денної форми навчання / уклад. О. В. Раєвнєва, С. В. Мілевський, Т. С. Мілевська. – Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 44 с. (Укр. мов.)

Подано завдання до самостійної роботи та методичні рекомендації для їх виконання. Наведено індивідуальні завдання та приклади їх вирішення.

Рекомендовано для студентів спеціальності 8.03050601 "Прикладна статистика".

## Вступ

В умовах економічної нестабільності, характерної для ринкового середовища, постійно виникає потреба у швидкому прийнятті науково обґрунтованих рішень щодо підвищення результативної діяльності суб'єктів господарювання. У даному контексті вагомим чинником формування базису таких рішень є серйозна фахова підготовка спеціалістів та керівників підприємств, ураховуючи сучасну практику господарювання. Навчальна дисципліна "Статистичні моделі прийняття рішень" є вибірковою навчальною дисципліною для студентів, які навчаються за освітньо-професійною програмою магістра з галузі знань "Економіка та підприємництво" спеціальності "Прикладна статистика".

**Метою навчальної дисципліни** "Статистичні моделі прийняття рішень" є придбання майбутніми фахівцями-економістами знань у сфері сучасної теорії прийняття рішень і на основі набутої систематизованої інформації формування комплексної системи знань і практичних навичок щодо прийняття рішень із різним ступенем невизначеності.

Наукову основу дисципліни складають методи і моделі прийняття рішень, математичний апарат, сучасні концепції, які визначають різні підходи до оцінювання невизначеності у процесі прийняття рішень.

Навчальний процес здійснюють у таких формах, як: лекційні, семінарські та практичні заняття, індивідуальна науково-дослідна робота, самостійна робота студента.

Вивчення навчальної дисципліни "Статистичні моделі прийняття рішень" неможливе без здатності до самоосвіти, пошуку необхідної інформації, безперервного навчання та самовдосконалення. На шляху до самостійного пошуку правильного рішення майбутній аналітик набуває необхідних навичок та вмінь, спрямованих на практичне використання здобутих у ВНЗ знань. Тому надзвичайно важливим є сумлінне виконання завдань для самостійної роботи.

Запропоновані завдання для самостійної роботи спрямовані на засвоєння теоретичних положень та набуття практичних навичок шляхом самостійного вирішення відповідних завдань.

Самостійна робота студентів поліпшує якість компетентностей, які вони набувають у межах лекційних та практичних занять на підставі розвитку у студентів здатностей до самонавчання, самореалізації та тайм-менеджменту.

Формами самостійної роботи студентів у межах навчальної дисципліни є: підготовка до семінарських занять, вирішення завдань до самостійної роботи, підготовка до різноманітних форм контролю, які передбачає дисципліна, вивчення питань для самодіагностики.

Перелік компетентностей, яких набувають студенти під час виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни:

1) здатність використовувати сучасні інформаційні та комп'ютерні технології для статистичного аналізу та обґрунтування прийняття управлінських рішень:

здатність розробляти алгоритм статистичного забезпечення процесу прийняття рішень;

здатність застосовувати сучасні системи підтримки прийняття рішень;

2) здатність використовувати сучасні методи оцінювання та аналізу макросередовища для розроблення тактичних та стратегічних напрямів розвитку організацій:

здатність застосовувати сучасні методи прийняття рішень, відповідно до складності та змісту завдання прийняття рішення;

3) здатність формувати сценарії управлінських рішень та здійснювати їх обґрунтований вибір:

здатність визначати фактори, що впливають на рішення, яке приймають;

здатність формувати достатній перелік альтернатив, відповідно до конкретної ситуації.

## **Модуль 1. Основи теорії прийняття рішень**

***Завдання до практичних занять для самостійного виконання***

***1 – 4 "Прийняття рішень в умовах невизначеності  
із застосуванням методу дерев рішень"***

### **Завдання 1**

Нафтова розвідувальна компанія має вирішити: бурити свердловину на деякій ділянці до того, як мине термін контракту, чи ні. Невідомо, скільки коштуватиме буріння, на які запаси нафти і газу в цьому місці можна розраховувати, скільки буде коштувати експлуатація свердловини і т. ін. У розпорядженні є об'єктивні дані про аналогічні свердловини цього ж району. За допомогою сейсмічної розвідки можна одержати додаткову інформацію,

що, однак, не дасть вичерпних даних про геофізичну структуру ділянки, яку розвідує компанія.

Керівник пошукової бурильної бригади має вирішити: або бурити (дія a1), або не бурити (дія a2). Він не впевнений, чи буде свердловина "сухою" (стан Q1), "бідною" (стан Q2) або "багатою" (стан Q3). Відповідні платежі наведені в табл. 1.

Таблиця 1

### Вихідні дані

Стан	Дія	
	a1	a2
Суха	-\$ 70 000	0
Бідна	\$ 50 000	0
Багата	\$ 200 000	0

Припускаємо, що вартість буріння дорівнює \$ 70 000. Чистий прибуток за умови ("бідна", a1) дорівнює \$ 50 000. Ця сума виходить після відрахування витрат на буріння з доходу \$ 120 000. Аналогічно, \$ 200 000 – теж сума чистого прибутку: вона виходить із доходу \$ 270 000 за винятком \$ 70 000 на буріння.

За плату \$ 10 000 можна провести сейсмічну розвідку (досвід e1), що допоможе визначити геологічну структуру ділянки. Розвідка покаже, що ґрунт:

- а) не має структури – погано (результат НС);
- б) має відкриту структуру – непогано (результат ВС);
- в) має закриту структуру – добре (результат ЗС).

Оцінені експертами спільні ймовірності цих подій такі (табл. 2):

Таблиця 2

### Вихідні дані

Стан	Дані сейсмічної розвідки			Безумовна ймовірність стану
	НС	ВС	ЗС	
Суха	0,300	0,150	0,050	0,500
Бідна	0,090	0,120	0,090	0,300
Багата	0,020	0,080	0,100	0,200
Безумовна ймовірність даних сейсмічної розвідки	0,410	0,350	0,240	1,000

Яка оптимальна стратегія компанії?

## Завдання 2

Компанія *Johnson's Composite Materials* (JCM), що виробляє корпуси з композитних матеріалів для мобільних телефонів, ухвалює рішення про те, чи брати участь у тендері на виробництво корпусів для мобільних телефонів компанії *Sonorola*.

Щоб укласти контракт із *Sonorola*, компанії JCM треба попередньо розробити (або модернізувати наявний) технологічний процес виробництва корпусів і створити 10 моделей корпусів, які необхідно передати *Sonorola* для оцінювання. Вартість цього попереднього етапу становить \$ 50 000, і ці гроші будуть утрачені, якщо не буде укладений контракт із *Sonorola*.

Якщо ж JCM укладе контракт із *Sonorola* (фахівці оцінюють імовірність виграти тендер як 0,4), то з'явиться можливість продати *Sonorola* 10 000 корпусів за ціною \$ 50 за одиницю. JCM може використати для нового замовлення наявні виробничі потужності, до того ж їхнє переналагодження обійдеться в \$ 40 000, а собівартість корпусів становитиме \$ 20.

Однак існує ризик, що, залежно від ситуації з іншими виконуваними JCM замовленнями, можуть знадобитися понаднормові роботи. Вартість понаднормових робіт, залежно від ситуації з виконанням інших замовлень, показана в табл. 3. JCM може закупити нову технологічну лінію вартістю \$ 260 000, у цьому разі відпаде потреба у понаднормових роботах, а собівартість корпусів для мобільних телефонів становитиме \$ 10. За допомогою дерева рішень знайдіть оптимальну стратегію для компанії JCM (дані в табл. 3).

Таблиця 3

### Вартість і ймовірність понаднормових робіт для компанії JCM

Ситуація з іншими замовленнями	Імовірність	Вартість понаднормових робіт
Важка	0,2	\$ 200 000
Звичайна	0,7	\$ 100 000
Легка	0,1	0

## Завдання 3

Концерт "зірок естради" під відкритим небом, відповідно до розкладу туру, має відбутися в місті N 5 квітня. Дохід від виступу прямо залежить від погодних умов. У разі дощу організатори шоу втрачають 15 000 \$, у разі сонячної погоди їхній дохід становитиме 10 000 \$. У разі скасування концерту організатори втрачають 1 000 \$. Аналіз погодних умов за останні

10 років показує, що в першій декаді квітня дощ іде раз на три дні. Яке рішення мають прийняти організатори туру? Яка ціна повної інформації?

Організаторам туру запропоновані послуги місцевих метеорологів зі складання більш точного прогнозу погоди в регіоні на 5 квітня. Однак відомо, що прогноз сонячної погоди збувається на 85 % випадків, прогноз дощової – на 90 %. Яку суму вигідно заплатити організаторам туру за пропонування прогнозу?

#### **Завдання 4**

Боб Девідсон з компанії *Marple*, відповідальний за закупівлю комплектуючих, повинен вирішити, у яких виробників купувати певний компонент, необхідний для виробництва виробу, що випускає їхня компанія. Виробник А поставляє цю деталь партіями на 1 000 одиниць за ціною \$ 10 за одиницю, тоді як у виробника В ціна становить \$ 9,50 за одиницю. Однак 20 % партій, що поставляє виробник В, містять 10 % дефектних деталей, а 80 % – 1 % браку. 99 % партій, що поставляє виробник А, містять лише 1 % браку, а 1 % партій – 3 % дефектних деталей. Для компанії *Marple* кожен дефектний компонент завдає збитку \$100 внаслідок витрат на тестування і перероблення готових виробів, що містять у собі дефектну деталь.

1. Створіть дерево рішень для цієї ситуації.
2. На основі критерію очікуваної вартості визначте, у якого виробника слід купувати компоненти.

#### **Завдання 5**

Джим, відставний геолог, розробив програму, що визначає можливе родовище нафти за геологічними даними і даними сейсмозв'язки. Це програмне забезпечення використовує складний алгоритм, що значно перевершує наявні. Джим може продати права на цю програму компанії *Dundee Software Services* за \$ 100 000 або вийти з нею на ринок програмного забезпечення самостійно.

Провівши невелике дослідження ринку програмних продуктів, Джим оцінив імовірність великого успіху своєї програми як 0,15 (до того ж він може заробити \$ 350 000), імовірність помірною успіху – 0,70 із прибутком \$ 80 000, а імовірність провалу – 0,15 (до того ж він утратить \$ 110 000).

1. Побудуйте дерево рішень для цієї ситуації.
2. Що має зробити Джим і чому?

## Завдання 6

"Біогенетика" – невелика фірма, що займається розробленням медикаментів. Фірма має обмежені ресурси, тому вона може розробити не більш від двох лікарських препаратів у наступному році. Тому їй необхідно вибрати з чотирьох можливих розробок тільки дві, які можуть дати фірмі найбільший прибуток. Зазначимо, що в даній галузі дуже велика ймовірність невдачі у процесі розроблень. Вихідні дані наведені в табл. 4. У фірмі вважають, що ймовірність зазнати невдачі у процесі розроблення будь-якого препарату дорівнює 80 %, а ймовірність домогтися успіху – 20 %.

Таблиця 4

### Платежі фармацевтичної фірми

Препарат	Платежі, дол.	
	Невдача	Успіх
A	-500 000	7 000 000
B	-1 000 000	27 000 000
C	-400 000	10 000 000
D	-700 000	17 000 000

1. Які два препарати слід вибрати для розроблення, щоб максимізувати очікуваний результат?
2. Які два препарати слід вибрати для розроблення, щоб мінімізувати очікувані втрати?

## Завдання 7

Скульптор може продати свій останній шедевр за \$ 10 000 посередникові для подальшого продажу на щотижневій виставці мистецтв, але ця ціна діє тільки протягом одного тижня. Він також може виставити свій добуток на аукціоні в Internet, для чого має спочатку внести суму \$ 500. Якщо торги будуть успішними, то він може виручити за свою скульптуру не менш ніж \$ 15 000, а якщо ні – не більш ніж \$ 3 000. Імовірності активних і пасивних торгів (на основі даних попередніх аукціонів) наведені в табл. 5.

1. Створіть дерево рішень для цієї ситуації.
2. Яке рішення повинен має скульптор?



## Результати рішень скульптора

Торги	Імовірності
Активні	0,75
Пасивні	0,25

## Методичні рекомендації до виконання завдань

У моделях теорії прийняття рішень основною формою даних служить таблиця або матриця платежів (табл. 6). У цій таблиці альтернативи рішень розташовують у лівому стовпці, а можливі стани природи є заголовками стовпців, розташованих праворуч від стовпця альтернатив.

Таблиця 6

## Таблиця (матриця) платежів

Рішення	Стани природи		
	$S_1$	...	$S_m$
$A_1$	$a_{11}$		
...		$a_{ij}$	
$A_n$			$a_{nm}$

У табл. 6 наведені значення платежів для всіх можливих комбінацій рішень і станів природи, у ній також можуть бути подані збитки або втрати. У цьому разі перед нами матриця втрат.

Обрану альтернативу визначають максимально можливим платежем  $a_{ij}$  (якщо платіж – це виграш) або мінімально можливим (якщо  $a_i$  – це втрата). Звичайне рішення приймають залежно від того, який стан природи ми очікуємо. Якщо передбачають, що очікується стан 1, то вибирають рішення, яке відповідає максимальному/мінімальному платежу за цього стану природи. Однак не завжди стан природи, який має настати, відомо заздалегідь.

Теорія прийняття рішень пропонує свій підхід до моделей із неповною визначеністю. Цей підхід називають "прийняття рішень в умовах ризику". Тут термін "ризик" має цілком визначений і чітко окреслений зміст. У класі моделей прийняття рішень в умовах ризику розглядають кілька станів природи, і можна зробити *припущення про ймовірності настання кожного*

можливого стану природи. Нехай, наприклад, є  $m$  ( $m > 1$ ) станів природи, кожне з яких позначимо  $S_j$ . Нехай  $p_j$  – оцінка ймовірності настання події  $S_j$ . Загалом значення ймовірності  $p_j$  оцінюють на підставі яких-небудь статистичних даних за минулі періоди часу, де зафіксовані вияви події  $S_j$  протягом часу спостережень. Якщо статистичні дані відсутні або недоступні, або якщо менеджер у силу яких-небудь причин не може спроеціювати їх на майбутнє, то він однаково має оцінити ці ймовірності, нехай навіть суб'єктивно. Оскільки результат прийняття того або іншого рішення залежить від станів природи, очікуваний результат, пов'язаний із рішенням  $A_i$ , обчислюють як суму всіх можливих станів  $S_j$  добутків платежу  $a_{ij}$  (результат від вирішення  $A_i$  за стану природи  $S_j$ ) і ймовірності  $p_j$  (ймовірність стану  $S_j$ ). Таким чином,  $ER_i$ , очікуваний результат від ухвалення рішення  $A_i$ , обчислюється за формулою:

$$ER_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} \times p_j = r_{i1}p_1 + r_{i2}p_2 + \dots + r_{im}p_m. \quad (1)$$

Для будь-яких типів моделей менеджер має вибирати таке рішення, що *максимізувало* б очікуваний результат або *мінімізувало* б втрати. Інакше кажучи,  $i^*$  буде оптимальним рішенням, якщо

$$ER_{i^*} = \max_i \{ ER_i \} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } a_{ij} - \text{виграш} \end{array} \right. \quad (2)$$

або

$$ER_{i^*} = \min_i \{ ER_i \} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } a_{ij} - \text{втрати} \end{array} \right. \quad (3)$$

Даний підхід також називають *критерієм Байєса*.

У ситуації ризику великого значення набуває *ціна повної інформації*, що становить максимальну ціну за інформацію про стан природи, яку готова заплатити особа, що приймає рішення (ОПР). Ціну повної інформації визначають формулою:

$$\begin{aligned} \text{ціна} &= \text{очікуваний результат за знання стану природи} - \\ &= \text{очікуваний результат без знання стану природи.} \end{aligned}$$

Для візуалізації процесу прийняття рішень створюють дерева рішень. Дерево рішень – це граф, що становить правила в ієрархічній послідовній структурі, де кожному об'єкту відповідає єдиний вузол, що дає рішення. По суті, дерева рішень є лише графічним засобом аналізу рішень в умовах ризику.

Дерево рішень звичайно будують у такий спосіб. Спочатку беруть весь набір даних, що зображають вихідною або кореневою вершиною. Потім визначають способи (правила) розбивки на гілки всієї множини записів або варіантів, що відповідають кореневому вузлу. Гілки утворюють дерево, повернене кроною вниз. На гілках дерева позначають вузли, що відповідають підмножині записів або варіантів. На кожному вузлі знову визначають правила розбивки на гілки і т. ін., доти, поки процес не дійде до кінцевих вузлів, які називають листками. У зв'язку із цим дерева рішень часто застосовують для використання в моделях, у яких приймають *послідовність* рішень, кожна з яких веде до деякого результату (виходу моделі). Таке подання полегшує опис процесу прийняття рішень.

Правило або способи розбивки множин записів або варіантів називають вирішальним правилом:

$$a_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ якщо умову виконують;} \\ 0 \text{ в іншому разі,} \end{cases} \quad (4)$$

де:  $a_{ij} = 1$ , якщо умову  $S_i$  для правила  $r_k$  виконують;

$S = \{S_i, i = \overline{1, I}\}$  – множина умов, що описують параметри обраної предметної області;

$R = \{r_k, k = \overline{1, K}\}$  – множина вирішальних правил, що описують конкретні дії, що виконують за заданих значень параметрів із множини умов.

Це правило фактично є логічною структурою "якщо ..., то ...", що розподілить аналізовану множину на дві групи. У міру спуску по дереву рішень від вершини до листків, створюють усе більше відфільтрованих однорідних множин, що задовольняють певному набору умов, сформульованих у вузлах дерева.

Для генерації різних варіантів рішень і їх оцінювання найбільше поширення одержали дерева рішень, що містять два типи вершин або вузлів – вузли-рішення (як правило, позначають квадратиком) і вузли, що є випадковими подіями (позначають кружком). Фрагмент типового дерева наведений на рис. 1.

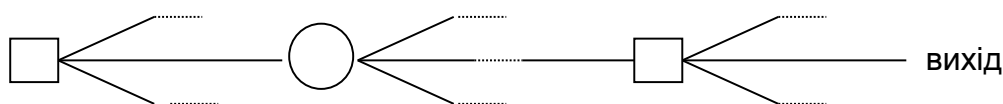


Рис. 1. Фрагмент дерева рішення

Гілки, що виходять із вузла рішення, становлять можливі рішення, які приймає експерт (ОПР), а гілки, що виходять із вузла подій, відповідають різним випадковим результатам і визначаються своїми ймовірностями.

У закінченому дереві рішень шлях становить послідовність рішень і можливих випадкових подій.

Обчислення в дереві рішень виконують за схемою зворотного пере-рахування, починаючи від кінцевих вузлів і закінчуючи початковим вузлом дерева. До того ж для вузлів подій обчислюють очікувані значення від випадкових подій, а для вузлів рішень як значення вибирають максимальне очікуване значення, обчислене для галузей, що виходять із вузла рішень. Таким чином, за деревом рішень визначають оптимальну стратегію – послідовність рішень, які мають виконуватись у разі виникнення тих або інших випадкових подій.

Дерева рішення створюють для ситуацій, які можуть бути цілком повсякденними в господарській діяльності – рішення про придбання чогось або організації певних робіт, прийняття пропозицій з умовами, вибір стратегії розвитку тощо. В економіці рішення, як правило, приймають із метою максимізувати грошову вигоду або ж мінімізувати втрати. Особливий інтерес становлять дерева рішень для ситуацій, у яких має місце ризик, що є невід'ємною частиною господарської діяльності.

Наведемо приклад ставлення завдання прийняття рішень на основі дерев. У фірмі *Sonorola* закінчують етап розроблення і тестування нового ряду моделей мобільних телефонів. Вище керівництво фірми розробляє стратегію виробництва і просування на ринок цих моделей телефонів. Розглядають три основних стратегії (рішення):

1) *агресивна стратегія*. Ця стратегія найбільшою мірою відповідає очікуванням фірми від розробленого ряду моделей. Основні капітальні вкладення будуть здійснені в розроблення нового й ефективного виробничого устаткування. Більші інвестиції мають гарантувати просування на ринок усіх розроблених моделей телефонів. Маркетингова компанія передбачає купівлю рекламного часу на телебаченні всіх основних світових ринків і знижки для дилерів;

2) *базова стратегія*. Виробництво поточних моделей телефонів переносять з міста М до міста Н, що, мабуть, викличе "головний біль" у керівництва фірми. Водночас, наявну виробничу лінію в М модернізують і переналагоджують для виробництва нових моделей телефонів. Значні інвестиції будуть зроблені для просування на ринок тільки найбільш популярних моделей.

Фірма розраховує на здійснення локальних і регіональних рекламних компаній, не виходячи на глобальний рівень рекламної компанії;

3) *обережна стратегія*. За цієї стратегії для виробництва нових моделей телефонів будуть використовувати тільки "надлишки" виробничих потужностей, задіяні в цей час для виробництва поточних моделей телефонів. Модернізація виробничих засобів зведена до мінімуму. Обсяг виробництва нових телефонів обмежений попитом. Рекламні матеріали розсилають вибірково регіональним дилерам.

Керівництво фірми вирішило оцінювати ситуацію на ринку мобільних телефонів (тобто попит на їхню продукцію) за двома градаціями: як сприятливу і несприятливу. У табл. 7 наведені платежі й оцінки ймовірностей стану ринку. Значення платежів вимірюють мільйонами доларів і обчислюють, урахувавши обсяги продажів, цін і прибутку, розрахованих для всіх комбінацій рішень (стратегій) і станів природи (станів ринку). Слід зазначити, що обережна стратегія дає найбільший дохід в умовах несприятливого ринку, а агресивна – в умовах сприятливого. Однак оптимальним рішенням, знайденим відповідно до критерію максимізації очікуваного результату, є базова стратегія, для якої очікуване значення платежів становить \$ 12,85 млн.

Таблиця 7

### Модель прийняття рішень для фірми *Sonorola*

Альтернативні рішення	Стан ситуації на ринку		Очікувана оцінка рішення, млн дол.
	Сприятлива, P(C) = 0,45	Несприятлива, P(H) = 0,55	
Агресивна стратегія	30	-8	9,10
Базова стратегія	20	7	12,85
Обережна стратегія	5	15	10,50

Розглянуту модель можна також показати у вигляді дерева рішень.

Послідовно зобразимо дерево рішень для аналізованої ситуації. Будують дерево зліва направо у хронологічному порядку в міру прийняття рішень і реакції природи. Показують відразу і платежі, і ймовірності. Необхідно також позначити ймовірності поруч на гілках, наприклад P(C) = 0,45. Закінчене дерево рішень для моделі *Sonorola* наведено на рис. 2.

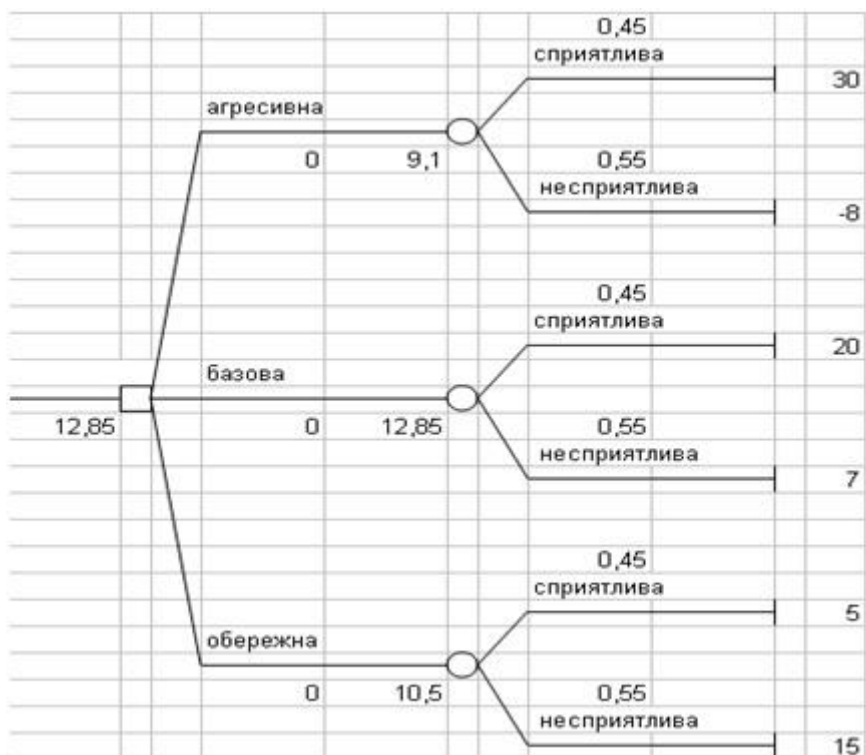


Рис. 2. Дерево рішень для моделі Sonorola

Тепер на основі побудованого дерева рішень необхідно знайти оптимальне рішення.

Критерієм оптимізації рішення є максимізування очікуваного значення. Обчислення у процесі аналізу дерева рішень виконують у зворотному порядку, починаючи не з кореневого вузла, а з кінцевих вузлів подій, для яких обчислюють очікувані значення (такий процес обчислень називають зворотним перерахуванням).

Для прикладу розглянемо вузол подій, що перебуває нагорі. Очікуване значення для цього вузла обчислюють так:

$$\text{очікуване значення} = 30(0,45 + (-8)(0,55) = 9,10.$$

Це значення є грошовою оцінкою даного вузла. На рис. 2 її записують поруч із даним вузлом. Аналогічно виконують обчислення для інших вузлів. Відзначимо, що обчислені очікувані значення для вузлів подій збігаються з очікуваними результатами для відповідних рішень, які показаних у табл. 5. Тепер менеджер має просто обрати рішення, якому відповідає найбільш очікуване рішення. У цьому разі це буде рішення 2 (базова стратегія), що відповідає максимуму прибутку.

Обчислення на більш складних деревах виконують таким же чином. Для кожного вузла подій обчислюють суму очікуваних значень усіх гілок, що виходять із цього вузла, а для кожного вузла рішень визначають "найкращу" гілку (яка має найбільше очікуване значення) серед усіх гілок, що виходять із цього вузла.

Отже, наведено простий приклад аналізу моделі прийняття рішень за допомогою дерева рішень. Далі будуть показані більш складні дерева рішень і способи їхнього використання. Тут ще раз підкреслимо, що дерева рішень пропонують тільки інший показ (графічний) вихідної моделі прийняття рішень. Обчислення, необхідні для визначення оптимального рішення, використовують як у табличних моделях, так і у разі показу моделей у вигляді дерев рішень. Однак, якщо розглядають більш складні моделі, показ рішень за допомогою таблиці платежів ускладнено. У таких ситуаціях перевагу віддають візуалізації за допомогою дерев рішень.

Як видно з попереднього прикладу, ймовірності настання сприятливої або несприятливої ситуації на ринку, які нам відомі і називають апріорними ймовірностями, дають нам мало інформації про майбутній стан ринку, тому що вони майже однакові. Проілюструємо більш складний приклад побудови дерев рішень, що передбачає облік нової інформації, що дозволить розбалансувати ймовірності.

Керівництво компанії вже було готове рекомендувати базову маркетингову і виробничу стратегію, коли рада директорів наполягла, щоб перед ухваленням остаточного рішення були проведені додаткові маркетингові дослідження, для того щоб розбалансувати ймовірності. Унаслідок цього рішення ради директорів групі маркетингових досліджень у штаб-квартирі М. було доручено зробити відповідний аналіз із наданням через місяць звіту про результати. Таким чином, через місяць буде отримана нова інформація, яку необхідно врахувати перед остаточним вибором стратегії виробництва нових продуктів харчування.

Нехай звіт із результатами маркетингових досліджень оцінюють або як оптимістичний (О), або як песимістичний (П). Якщо вважати результати досліджень абсолютно точними, то оптимістичний звіт означає гарантовану сприятливу ситуацію на ринку і, навпаки, песимістичний звіт гарантує несприятливі умови на ринку. Інакше кажучи, якщо результати досліджень абсолютно точні, то звіт однозначно визначає істинний стан природи (ситуацію на ринку). Однак маркетингологи не можуть пророкувати ситуацію із 100-відсотковою впевненістю, вони теж можуть помилятися,

тобто надійність їхніх пророкувань теж величина ймовірнісна. Але навіть якщо не можна гарантувати абсолютну точність результатів звіту, такі дослідження дуже корисні, оскільки дозволяють уточнити ступінь надійності наших даних про ситуації на ринку.

Нова інформація може вплинути на оцінку значення  $P(C)$ , ймовірності сприятливої ситуації на ринку. Якщо звіт групи маркетингових досліджень буде оптимістичним, то цю (апріорну) ймовірність варто збільшити, а якщо песимістичним – зменшити. У результаті знайдемо апостеріорну ймовірність, тобто знайдену постфактум. Однак виникає запитання: як урахувати нову інформацію і змінити значення ймовірності, а також як буде виглядати нове дерево ймовірностей?

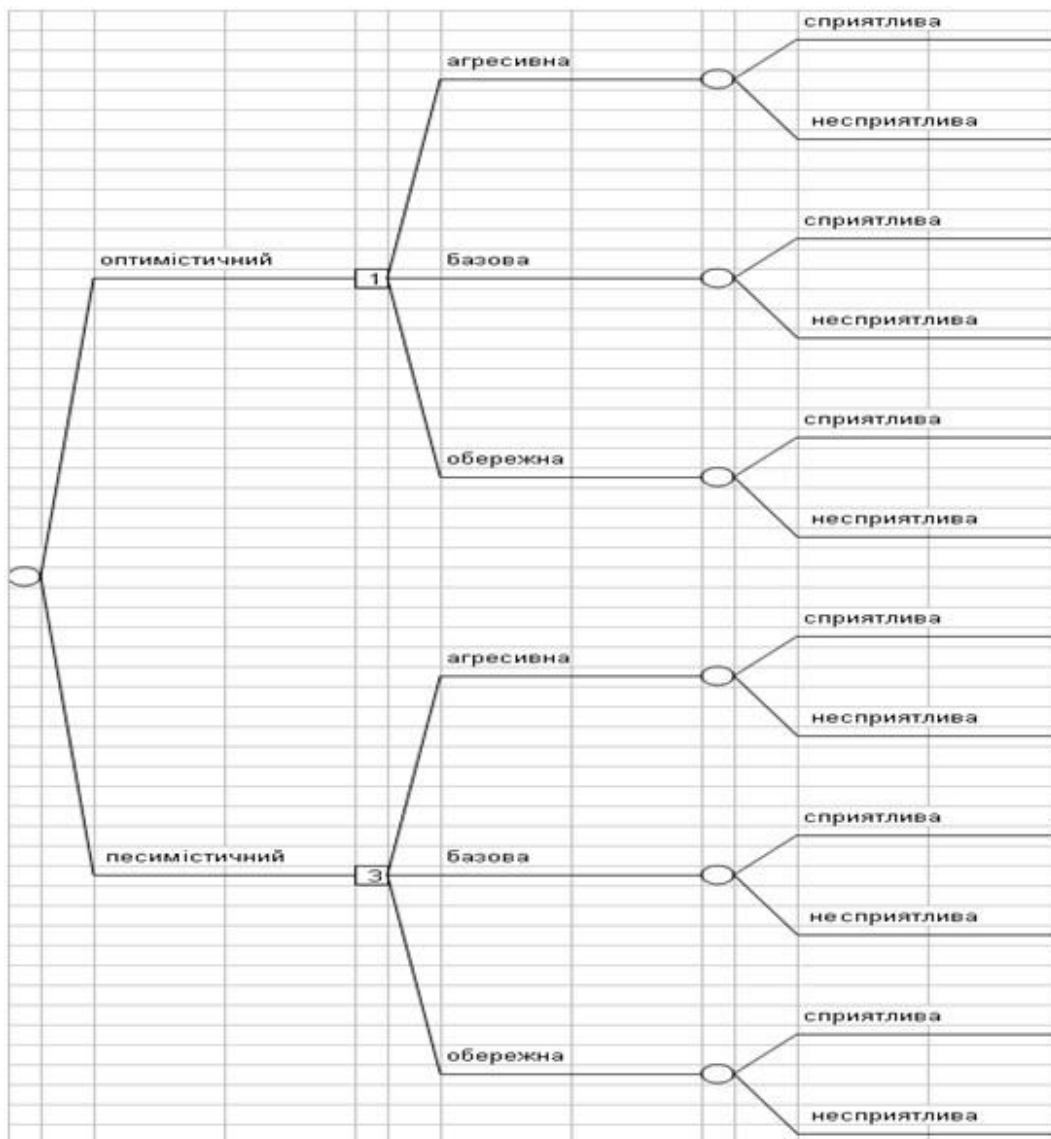
Отже, нехай  $P(C)$ ,  $P(H)$  – ймовірності настання сприятливої або несприятливої ситуації на ринку (апріорні, тобто дані нам споконвічно без участі маркетологів);  $P(O)$ ,  $P(P)$  – ймовірність оптимістичного або песимістичного прогнозу маркетологів, які досліджують проблему.

$P(O|C)$  – умовна ймовірність, що звіт групи маркетингових досліджень буде оптимістичним, як що ситуація на ринку дійсно сприятлива. Якщо дослідження виконані абсолютно точно, то ця ймовірність дорівнює 1, тобто в цьому разі звіт відображає ситуацію на ринку. Допустимо, у минулому, коли ситуація на ринку була сприятливою, оптимістичний звіт надавався в 60 % випадків. Тоді можна вважати, що  $P(O|C) = 0,6$ . Оскільки в нас тільки два типи звіту: оптимістичний і песимістичний, то значення ймовірності  $P(P|C) = 1 - 0,6 = 0,4$ , тобто приблизно в 40 % випадків звіт буде песимістичним, хоча ситуація на ринку буде сприятливою.

Якщо ситуація на ринку несприятлива, маркетингові дослідження мають це відчувати і відбити, але, швидше за все, не з абсолютною точністю: нехай  $P(P|H) = 0,7$ . У цьому разі  $P(O|H) = 0,3$ . Ці умовні ймовірності характеризують надійність маркетингових досліджень.

Позначимо події на дереві, до того ж необхідно врахувати, що якщо вузлам подій передував випадковий момент, то ймовірність буде вже умовна, тобто ймовірність того, що ситуація буде сприятлива, зважаючи на те, що маркетологи визнали ситуацію оптимістичною. Таким чином, на рис. 3 показана схема нового дерева рішень, ураховуючи прогноз маркетологів і подальші рішення компанії.





**Рис. 3. Дерево рішень для компанії Sonorola, урахуваючи нову інформацію**

Тепер необхідно з'ясувати ймовірності, відсутні на дереві. Існує формальний спосіб перерахування ймовірності  $P(C)$ , заснований на концепції *умовних імовірностей*. Цей спосіб вимагає певного рівня математичної підготовки менеджерів. Отже, нагадаємо, що:

*сумою* декількох подій називають подію, що полягає у виникненні хоча б однієї із цих подій;

*добутком* декількох подій називають подію, що полягає в одночасному виникненні всіх цих подій;

*імовірність суми* двох несумісних подій дорівнює сумі ймовірностей цих подій:  $P(A + B) = P(A) + P(B)$ .

Якщо якісь події утворюють повну групу подій, то сума їхніх ймовірностей дорівнює 1.

Подію  $A$  називають *незалежною* від події  $B$ , якщо ймовірність події  $A$  не залежить від того, відбулася подія  $B$  чи ні.

Ймовірність *добутку* двох подій дорівнює добутку ймовірності однієї з них на умовну ймовірність іншого, за умови, що перше мало місце:

$$P(AB) = P(A)P(B|A) = P(B)P(A|B).$$

Ймовірність *добутку* двох незалежних подій дорівнює добутку їхніх ймовірностей.

*Формула повної ймовірності:*

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i)P(A|H_i),$$

де  $H_i$  – повна група подій.

У процесі роботи з деревами рішень велику роль відіграє теорема Байєса, оскільки вона задає формальний метод, що дозволяє у процесі прийняття рішень урахувати нову інформацію:

$$P(A)P(H_i|A) = P(H_i)P(A|H_i)$$

або

$$P(H_i|A) = \frac{P(H_i)P(A|H_i)}{P(A)}.$$

Процес обчислення ймовірностей організуємо у вигляді спеціальних взаємозалежних таблиць, які зручно використати для подальших розрахунків. Порядок розрахунку ймовірностей і результати розрахунків наведені в табл. 8 – 11.

Таблиця 8

### Надійність звіту

	Сприятливий	Несприятливий
Оптимістичний	0,6	0,3
Песимістичний	0,4	<b>0,7</b>

← умовна ймовірність  $P(\Pi|H)$

**Априорні ймовірності**

Сприятливий	Несприятливий
0,45	0,55

Таблиця 10

**Спільні та безумовні ймовірності**

	Сприятливий	Несприятливий	Сума
Оптимістичний	$0,6 \times 0,45 = 0,27$	$0,3 \times 0,55 = 0,165$	0,435
Песимістичний	$0,4 \times 0,45 = 0,18$	$0,7 \times 0,55 = 0,385$	<b>0,565</b>
Сума	0,45	0,55	↑ повна ймовірність P(П)

Таблиця 11

**Апостеріорні ймовірності**

	Сприятливий	Несприятливий
Оптимістичний	$0,27 / 0,435 = 0,621$	$0,165 / 0,435 = 0,379$
Песимістичний	$0,18 / 0,565 = 0,319$	$0,385 / 0,565 = \mathbf{0,681}$

← умовна ймовірність P(H|П)

Далі нанесемо на створене дерево всю необхідну інформацію. Щоб знайти оптимальне рішення за допомогою цього дерева, треба вказати для нього значення ймовірностей  $P(C|O)$ ,  $P(H|O)$ ,  $P(C|П)$ ,  $P(H|П)$ ,  $P(O)$  і  $P(П)$ . Перші чотири значення можна знайти в табл. 11 "Апостеріорні ймовірності". Наприклад, значення ймовірності  $P(H|O)$  перебуває на перетині стовпця "Несприятливий" і рядка "Оптимістичний" і дорівнює 0,379. Нагадаємо про угоду, що значення умовної ймовірності  $P(A|B)$  перебуває на перетині рядка, що відповідає події A, і стовпця, що відповідає події B.

Ймовірності оптимістичного або песимістичного прогнозу  $P(O)$  і  $P(П)$  становлять повні ймовірності і розраховують за відповідною формулою як сума по стовпцях у табл. 8. Вони, відповідно, дорівнюють  $P(O) = 0,435$ ,  $P(П) = 0,565$ .

Для гілки, що відповідає оптимістичному результату маркетингових досліджень, на основі теореми Байєса априорні ймовірності  $P(C)$  і  $P(H)$  замінюють умовними (апостеріорними) ймовірностями  $P(C|O)$  і  $P(H|O)$ .

Аналогічно для гілки, що відповідає песимістичному результату маркетингових досліджень, імовірності  $P(C)$  і  $P(H)$  замінюють умовними ймовірностями  $P(C|P)$  і  $P(H|P)$ . Потім виконуємо перерахування очікуваних значень на дереві рішень (у зворотному порядку, починаючи з кінцевих вузлів). Результати наведені на рис. 4.

Розглянемо більш складну ситуацію. Дотепер передбачалося, що рада директорів компанії *Sonorola* перед вибором остаточної стратегії вирішила провести маркетингові дослідження ринку мобільних телефонів. Потім було розглянуто, як можна використати інформацію, отриману в результаті маркетингових досліджень, і як до того ж зміниться модель прийняття рішень для цієї компанії. Тепер зробимо крок назад: очевидно, що рішення провести маркетингове дослідження нічим не відрізняється від інших прийнятих рішень, наприклад, рішень, яку вибрати стратегію виробництва. Керівництво компанії може підрахувати, що вартість маркетингових досліджень більше можливого прибутку від них. Допустимо, що для проведення цих досліджень необхідно \$ 500 000. Також очевидно, що рішення проводити чи ні маркетингові дослідження не ізольоване від інших прийнятих рішень – якщо маркетингові дослідження проведено, то на основі їх результатів будуть прийняті одні стратегії виробництва, а якщо ні, то інші. Інакше кажучи, від початкового рішення залежать подальші рішення і випадкові події, що впливають із цього рішення. Таку ситуацію називають *моделлю послідовних рішень*.

Це дуже поширений тип управлінських моделей, і звичайно для їхнього аналізу використовують дерева рішень. У ситуаціях, якщо існує кілька взаємозалежних рішень і подій, графічний показ моделей особливо корисний.

На рис. 5 показано нове дерево рішень, до якого доданий новий вузол рішень, що відповідає ухваленню рішення про те, проводити чи ні маркетингові дослідження. Із цього вузла виходять дві гілки. Верхня гілка відповідає рішенням провести маркетингові дослідження і збігається з деревом рішень, показаним на рис. 4. Нижня гілка відповідає рішенням не проводити дослідження і збігається з деревом рішень, показаним на рис. 2. Зверніть увагу на платежі у верхній гілці – вони зменшилися на вартість маркетингових досліджень.

*Оптимальна стратегія* – це план дій, заснований на аналізі всього дерева рішень, де перераховують необхідні рішення, які можуть змінюватись, залежно від того, яка випадкова подія може здійснитися. Для прикладу розглянемо дерево рішень, показане на рис. 5. У першому вузлі рішення цього дерева ми бачимо, що компанії *Sonorola* слід ухвалити рішення щодо

проведення маркетингових досліджень, оскільки цьому рішення відповідає найбільший очікуваний результат (12,96 > 12,85). Якщо результат маркетингових досліджень буде оптимістичним, то найкращим вибором буде агресивна виробнича стратегія (цієї стратегії відповідає найбільший очікуваний результат, що дорівнює 15,098). Якщо ж результат досліджень буде песимістичним, то найкращим рішенням буде обережна стратегія з очікуваним результатом 11,31.

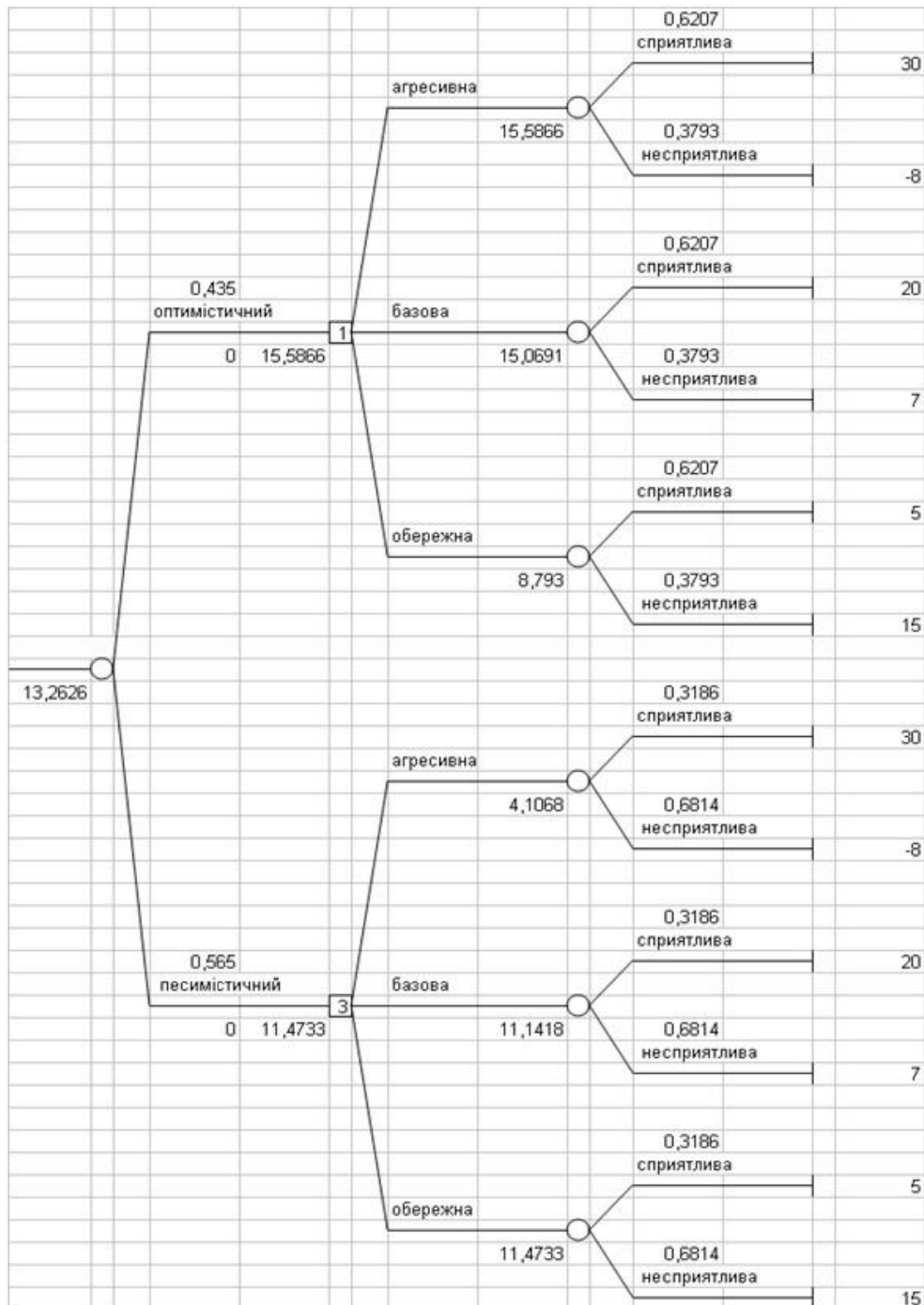


Рис. 4. Розрахунки за деревом рішень для компанії Sonorola, урахувуючи нову інформацію

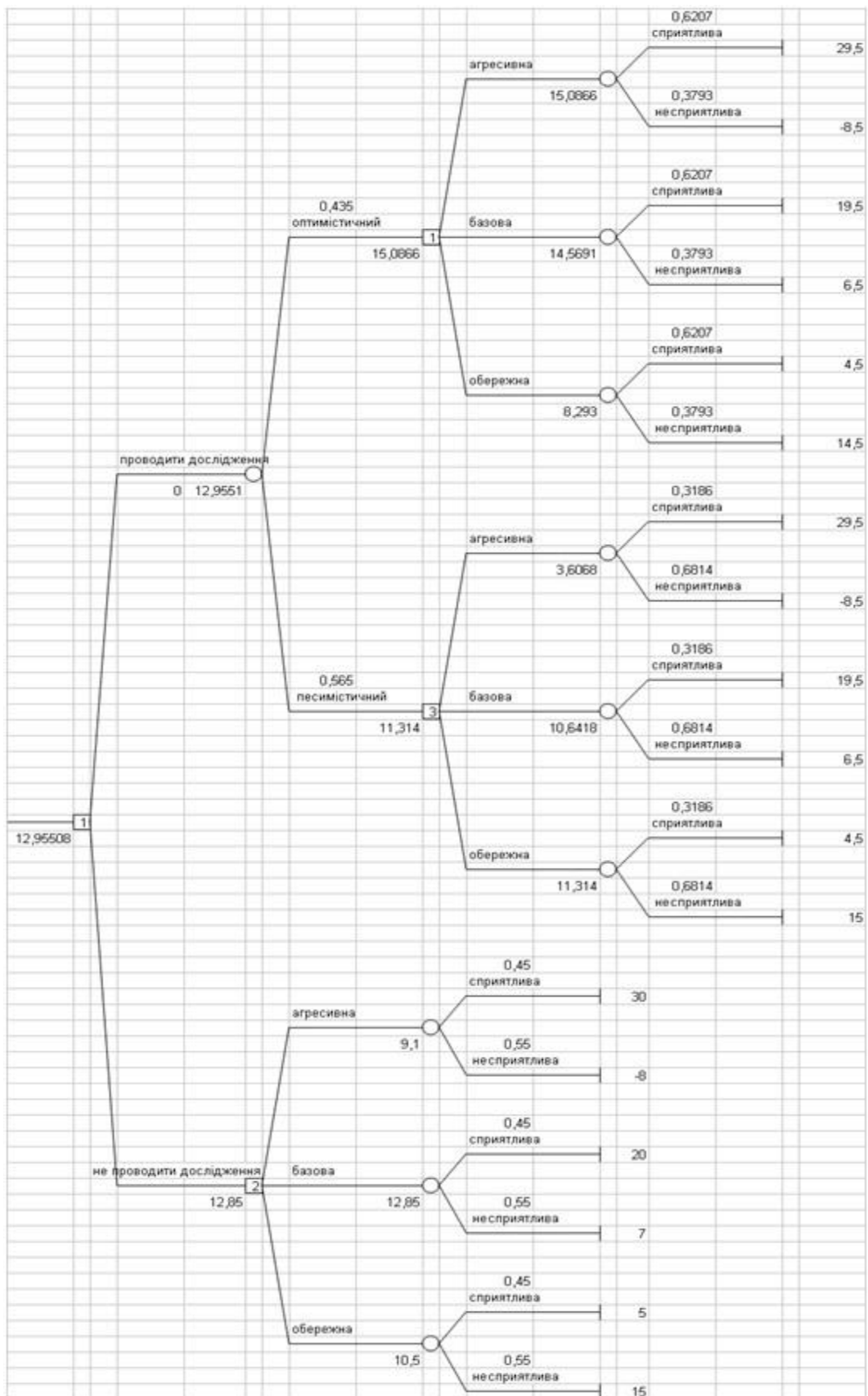


Рис. 5. Дерево рішень для загальної ситуації  
 послідовних рішень

**Завдання до практичних занять 5 – 6 для самостійного виконання  
"Прийняття рішень та визначення оптимальних стратегій за  
допомогою методу аналізу ієрархій"**

**Завдання 1**

Відділ кадрів фірми в результаті попереднього відбору звужив пошук майбутнього співробітника до трьох кандидатур: Стів (S), Джейн (J), Майкл (M). кінцевий відбір заснований на трьох критеріях: співбесіда (с), досвід роботи (д) і рекомендації (р). Відділ кадрів використовує матрицю A для порівняння трьох критеріїв:

$$A = \begin{array}{c|ccc} & \text{с} & \text{д} & \text{р} \\ \hline \text{с} & 1 & 2 & 1/4 \\ \text{д} & 1/2 & 1 & 1/5 \\ \text{р} & 4 & 5 & 1 \end{array}$$

Після проведення співбесіди із трьома претендентами, збирання даних про досвід роботи і рекомендації, побудовані матриці  $A_c$ ,  $A_d$ ,  $A_p$ , що відбивають оцінки кожного кандидата за даними критеріями:

$$A_c = \begin{array}{c|ccc} & \text{S} & \text{J} & \text{M} \\ \hline \text{S} & 1 & 3 & 4 \\ \text{J} & 1/3 & 1 & 1/5 \\ \text{M} & 1/4 & 5 & 1 \end{array}, \quad A_d = \begin{array}{c|ccc} & \text{S} & \text{J} & \text{M} \\ \hline \text{S} & 1 & 1/3 & 2 \\ \text{J} & 3 & 1 & 3 \\ \text{M} & 1/2 & 1/3 & 1 \end{array}, \quad A_p = \begin{array}{c|ccc} & \text{S} & \text{J} & \text{M} \\ \hline \text{S} & 1 & 1/2 & 1 \\ \text{J} & 2 & 1 & 1/2 \\ \text{M} & 1 & 2 & 1 \end{array}$$

Якого із трьох кандидатів слід прийняти на роботу?

**Завдання 2**

Перед споживачем постає вибір, який автомобіль придбати за жорстко обмеженого бюджету. Розглядається кілька автомашин. Основні критерії вибору такі: економічність, надійність, дизайн. Необхідно самостійно побудувати ієрархію, визначити критерії більш низького порядку (наприклад: економічність – витрати палива, обслуговування; дизайн – дизайн кузова, дизайн салону; надійність – надійність двигуна, надійність ходової, надійність кузова, у свою чергу, надійність ходової частини можна далі розкрити як надійність гальмівної системи, надійність підвіски тощо. Самостійно побудуйте матриці парних порівнянь і виконайте ієрархічний синтез.

### Завдання 3

Необхідно ранжувати постачальників основних напівфабрикатів на сироварний завод. Ієрархія проблеми має такий вигляд (рис. 6).

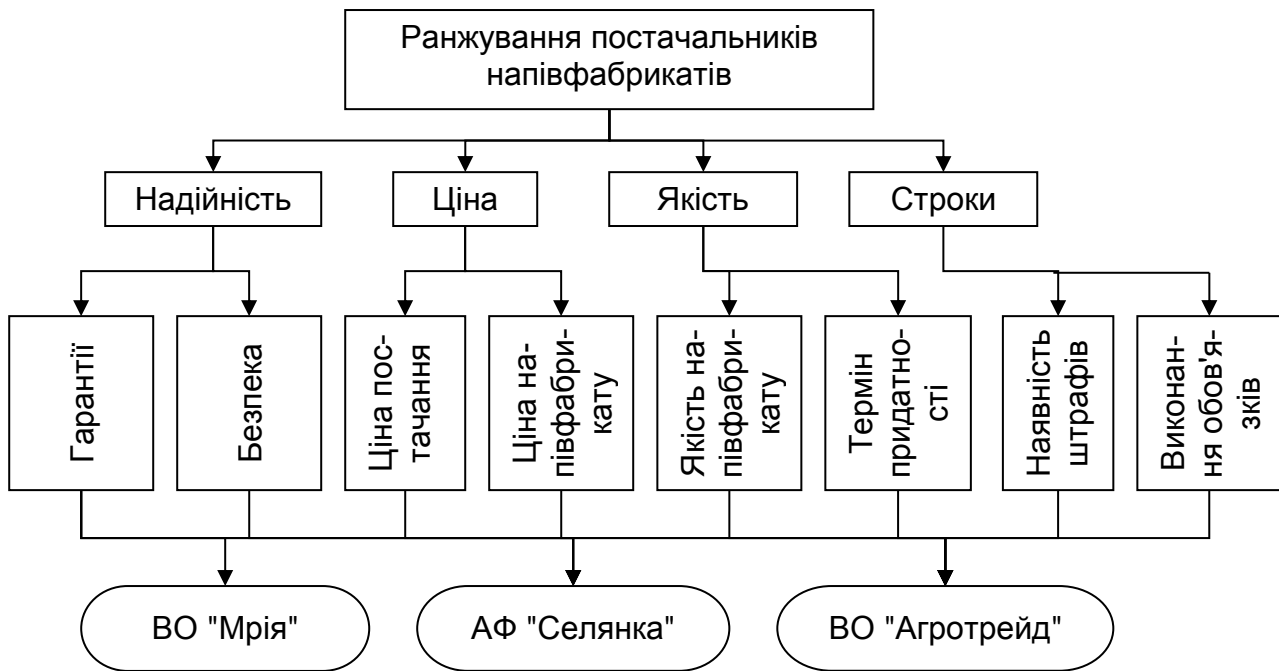


Рис. 6. Ієрархія прийняття рішень

Складіть матриці парних порівнянь, на підставі процедури аналізу ієрархій проранжуйте постачальників.

#### Методичні рекомендації до виконання завдань

На початку 1970 року американський математик Томас Саати розробив процедуру підтримки прийняття рішень, яку назвав *Analityc hierarchy process* (метод аналізу ієрархій – МАІ) [9]. Цей метод належить до класу критеріальних і займає особливе місце, завдяки тому, що він набув винятково великого поширення і його активно застосовують донині, особливо у США. На основі цього методу розроблено системи підтримки прийняття рішень, наприклад *Expert choice*. Список застосувань методу досить різноманітний: дослідження транспортної системи Судану, пивоварна промисловість Мексики, здійснення аналізу; розподіл природних ресурсів; планування промисловості Пітсбурга й інших міст, банківської справи, сталеливарної промисловості, у сфері міського господарства і координації суспільних



послуг, нарешті, дослідження екологічної ситуації на рівні окремих регіонів, вибір природоохоронних проектів, екологічна експертиза.

Метод полягає в декомпозиції проблеми на більш прості складові частини і подальшого опрацювання послідовності експертних суджень щодо парних порівнянь. У МАІ основна мета дослідження і всі фактори, що тією або іншою мірою впливають на досягнення мети, розподіляються за рівнями, залежно від ступеня і характеру впливу, таким чином утворюється ієрархічна структура. На першому рівні ієрархії завжди перебуває одна вершина – мета проведеного дослідження. Другий рівень ієрархії становлять критерії або фактори, що безпосередньо впливають на досягнення мети. До того ж кожен критерій показаний у споруджуваній ієрархії вершиною, з'єднаною з вершиною 1-го рівня. Третій рівень становлять фактори, від яких залежать вершини 2-го рівня тощо. Цей процес побудови ієрархії триває до тих пір, доки в ієрархію не віщують усі основні фактори або хоча б для одного з факторів останнього рівня неможливо безпосередньо одержати необхідну інформацію. Таким чином, об'єкти розподіляють на об'єкти-нащадки і об'єкти-батьки.

Приклад ієрархії наведений на рис. 7.

Ідея методу полягає в такому: для кожної батьківської вершини дають оцінку вагових коефіцієнтів, що визначають ступінь її залежності від вершин, які впливають на неї, більш низького рівня (ступінь значущості нащадків у критерію батька). До того ж використовують метод попарних порівнянь. Потім шляхом ієрархічного синтезу всі оцінки згортають за допомогою перемножування відповідних матриць, і розраховують сумарну оцінку, що дозволяє встановити ваги альтернатив щодо мети  $E_1^1$ .

Реалізація методу аналізу ієрархій може бути показана за допомогою таких етапів:

1) перший етап полягає у структуризації завдання у вигляді ієрархії з декількома рівнями: мета, критерії (фактори), альтернативи;

2) на другому етапі експерт виконує попарні порівняння елементів кожного рівня. Результати порівнянь переводять на числа, відповідно до шкали значущості;

3) обчислюють коефіцієнти важливості для елементів кожного рівня. До того ж перевіряють погодженість суджень ОПР;

4) підраховують кількісний індикатор якості кожної з альтернатив і визначають найкращу альтернативу шляхом згортання матриць.

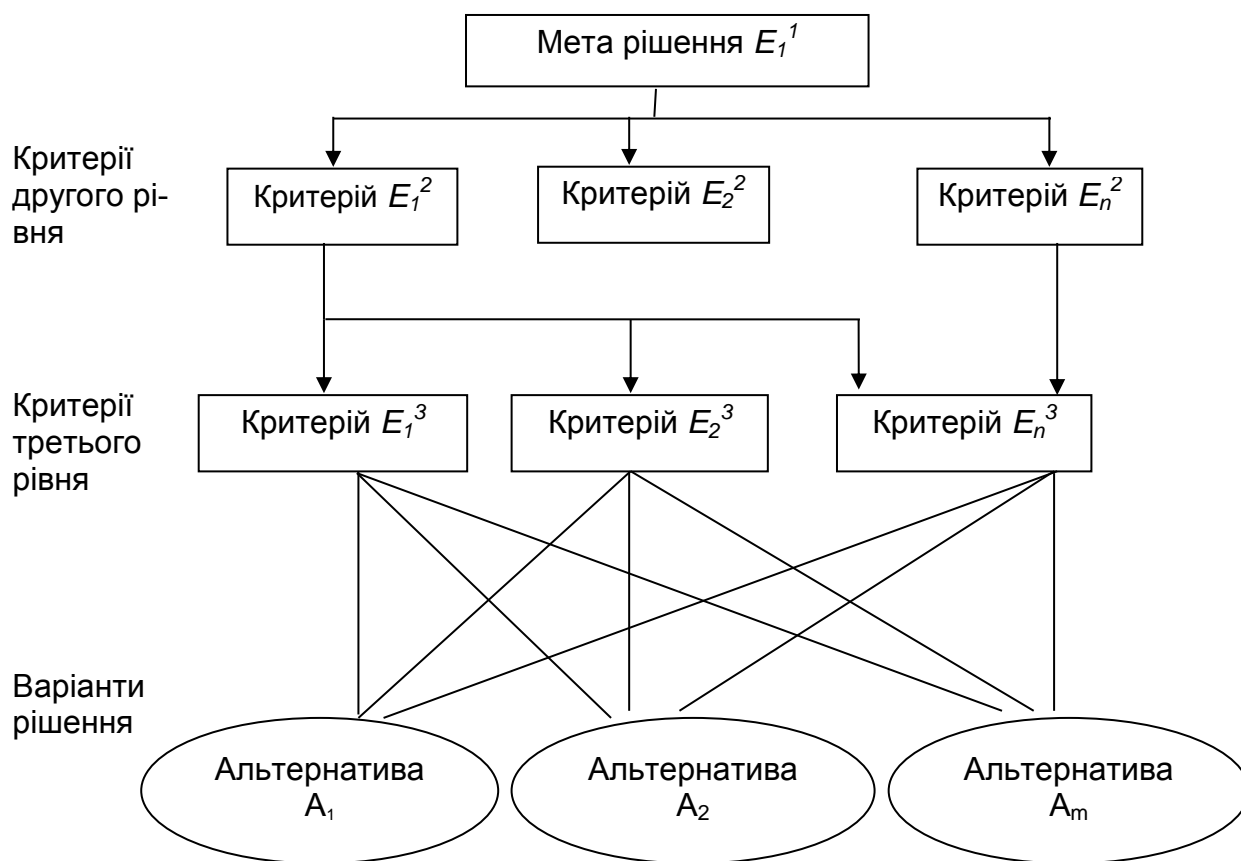


Рис. 7. Ієрархія прийняття рішень

*Метод парних порівнянь об'єктів.* Для порівняння  $n$ -критеріїв (факторів або альтернатив) створюють матрицю розміру  $n \times n$  – *матрицю парних порівнянь*, що відбиває судження особи, яка приймає рішення (експерта) щодо важливості критеріїв (переваги альтернатив). Парне порівняння виконують таким чином, що критерій у рядку  $E_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) оцінюють щодо всіх критеріїв, наведених у стовпцях. Число  $a_{ij}$  показує, наскільки критерій  $E_i$  важливіший від критерію  $E_j$ , при цьому для елементів, симетричних щодо головної діагоналі, виконується правило:  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ ,  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}}$ .

Оцінки критеріїв виставляють експерти і становлять натуральні числа від 1 до 9, відповідно до шкали (табл. 12).

Заповнення квадратних матриць парних порівнянь виконують за таким правилом. Якщо елемент  $E_1$  домінує над елементом  $E_2$ , то клітинку матриці, що відповідає рядку  $E_1$  й стовпцю  $E_2$ , заповнюють цілим числом, а клітинку, що відповідає рядку  $E_2$  і стовпцю  $E_1$ , – оберненим до нього числом. І навпаки. Якщо числа однакові за значенням, в обидві клітинки ставлять одиницю. Очевидно також, що всі діагональні елементи матриці дорівнюють 1.

## Шкала оцінок парних порівнянь

Оцінка, $a_{ij}$	Зміст
1	Критерії $E_i, E_j$ однаково важливі
3	Критерій $E_i$ трохи важливіший від критерію $E_j$
5	Критерій $E_i$ важливіший від критерію $E_j$
7	Критерій $E_i$ значно важливіший від критерію $E_j$
9	Критерій $E_i$ абсолютно важливіший від критерію $E_j$
2, 4, 6, 8	Проміжні судження

Для одержання кожної матриці експерт або ЛПР виносить  $n(n-1)/2$  суджень ( $n$  – порядок матриці парних порівнянь).

У процесі виконання попарних порівнянь слід відповідати на такі запитання: який із двох порівнюваних елементів важливіший або має більший вплив, який більш імовірний і який переважніший. У разі порівняння критеріїв звичайно запитують, який із критеріїв більш важливий; у разі порівнянні альтернатив стосовно критерію – яка з альтернатив більш краща або більш ймовірна).

*Оцінювання коефіцієнтів важливості критеріїв і альтернатив.* Далі необхідно знайти внесок кожного елемента в батька на підставі наявних даних попарного порівняння. Процедура знаходження коефіцієнтів важливості полягає в такому:

знаходять ранг об'єкта (сумарна величина) за одним із правил;  
виробляють нормування сумарної величини для того, щоб дістати питому вагу кожного критерію (фактора або альтернативи).

Способи ранжування елементів на основі результатів їх попарного порівняння:

1. Знаходження головного власного вектора.

Обчислення головного власного вектора  $W$  позитивної квадратної матриці парних порівнянь  $A$  виконують на підставі рівності:

$$AW = \lambda_{\max} W .$$

Додатковим обмеженням є те, що сума значень дорівнює одиниці. Знайдені оцінки будуть найбільш точними.

## 2. Знаходження середнього арифметичного.

Нехай  $W$  – вектор-стовпець дійсних оцінок критеріїв (альтернатив). Тоді наближені оцінки можна розрахувати в такий спосіб:

$$w_i = \frac{\frac{1}{n} (a_{i1} + \dots + a_{in})}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{n} (a_{k1} + \dots + a_{kn})},$$

тобто в кожному рядку обчислюють середнє арифметичне елементів, а потім результат нормують так, щоб сума вагових коефіцієнтів дорівнювала 1. Знайдені оцінки будуть найменш точними.

## 3. Знаходження середнього геометричного.

Нехай  $W$  – вектор-стовпець дійсних оцінок критеріїв (альтернатив). Тоді наближені оцінки можна розрахувати за правилом 3:

$$w_i = \frac{\sqrt[n]{a_{i1} \times \dots \times a_{in}}}{\sum_{k=1}^n \sqrt[n]{a_{k1} \times \dots \times a_{kn}}},$$

тобто в кожному рядку обчислюють середнє геометричне, потім результат нормують так, щоб сума вагових коефіцієнтів дорівнювала 1.

*Погодженість матриці парних порівнянь.* Погодженість означає, що рішення буде погоджено з визначеннями парних порівнянь критеріїв або альтернатив. Із математичної точки зору, погодженість матриці  $A$  означає, що  $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$ ,  $i, j, k = \overline{1, n}$ . Властивість погодженості вимагає лінійної залежності стовпців матриці. Не всі матриці є погодженими, оскільки їх будують на основі людських суджень. Однак якщо непогодженість не виходить за певні рамки, нею можна знехтувати.

Умову погодженості матриці  $A$  формулюють у такий спосіб:

$$Aw = nw.$$

З умови погодженості одержуємо, що у процесі розподілу поелементно вектора  $Aw$  на елементи вектора  $w$  має виходити те саме число, що наближено дорівнюють кількості розглянутих критеріїв  $n$  (це максимальне власне число). Середнє знайдених чисел використовують для обчислення індексу погодженості:

$$\lambda_i = \frac{Aw_i}{w_i},$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{n}$$

$$J = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

Матриця вважається погодженою, якщо відношення розрахункового значення до еталонного  $J$  не перевищує 10 %.

Еталонні значення наведені в табл. 13.

Таблиця 13

### Еталонні значення індексу погодженості

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
J	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

*Ієрархічний синтез.* Далі необхідно знайти сумарні оцінки альтернатив щодо мети, що перебуває на першому рівні ієрархії. Оцінку альтернативи розраховують як суму відносних оцінок, обчислених на кожному рівні, зважену на відносну вагу критерію більш високого рівня.

Алгоритм ієрархічного синтезу:

1. Визначаємо вектори пріоритетів альтернатив щодо елементів  $E_j^i$  передостаннього  $S$ -го рівня ієрархії ( $E_j^S$ ), тобто  $W_S^A = (W_{E_1^S}^A, W_{E_2^S}^A, \dots, W_{E_p^S}^A)$ .

2. Аналогічним чином обробляють матриці парних порівнянь відносно елементів  $E_j^i$  (критеріїв, факторів). Дані матриці дозволяють визначити переваги елементів певного ієрархічного рівня щодо елементів нижчого рівня, із якими вони безпосередньо пов'язані. Таким чином, маємо внесок кожного елемента до кожного батька ієрархічної системи  $W_{E_j^i}^E$ .

3. Виконують ієрархічний синтез. Починаючи знизу вгору, послідовно визначають вектори пріоритетів альтернатив щодо елементів  $E_j^i$ ,

що перебувають на всіх ієрархічних рівнях, крім передостаннього  $E_j^S$ . Обчислення виконують шляхом перемножування відповідних матриць:

$$W_{E_j}^A = [W_{E_1}^{A_{i-1}}, W_{E_2}^{A_{i-1}}, \dots, W_{E_n}^{A_{i-1}}] \cdot W_{E_j}^{E_{i-1}},$$

де  $[W_{E_1}^{A_{i-1}}, W_{E_2}^{A_{i-1}}, \dots, W_{E_n}^{A_{i-1}}]$  – матриця, складена зі стовпців векторів переваги альтернатив щодо нащадків елемента  $E_j^i$ ;

$W_{E_j}^{E_{i-1}}$  – матриця переваги нащадків щодо елемента-батька  $E_j^i$ .

Ітеративна процедура синтезу полягає в послідовному знаходженні відповідних векторів і підсумку знаходження пріоритетів альтернатив щодо мети (верхнього рівня ієрархії)  $W_{E_1}^A$ . Це і буде оцінкою пріоритету вибору певного рішення з альтернатив.

Таким чином, починаючи знизу вгору послідовно визначають вектори пріоритетів альтернатив щодо елементів ієрархії, що перебувають на всіх вищих ієрархічних рівнях. Обчислення виконують шляхом перемножування матриці, складеної з оцінок критеріїв (альтернатив) щодо елементів вищого рівня, на вектор-стовпець значущості цих елементів.

*Облік думок декількох експертів.* Якщо виробляють колективну експертну оцінку, залучають декілька експертів, то в розпорядженні аналітика є матриці оцінок попарного порівняння від декількох експертів. У такому разі необхідно встановити значення кожного елемента сумарної матриці шляхом знаходження середнього геометричного з відповідних елементів різних матриць (тобто отриманих від різних експертів).

**Приклад 1. Оптимальний спосіб забезпечення кредиту.** Банк ухвалює рішення щодо найбільш вигідного способу забезпечення кредиту. Розглядають 3 альтернативи: дорогоцінні метали (Д), цінні папери (Ц), нерухомість (Н). Кінцевий вибір здійснюють за трьома критеріями: юридичним (складність оформлення документів) (Ю), економічним (можливість збільшення вартості) (Е), фізичним (можливість схоронності під час зберігання) (Ф).

Результати попарного порівняння альтернатив за переліченими факторами, а також попарного порівняння критеріїв за ступенем їхньої важливості наведені нижче. Який спосіб забезпечення кредиту необхідно вибрати?

$$A = \begin{array}{c|ccc} & Д & Ц & Н \\ \hline Д & 1 & 0,25 & 2 \\ Ц & 4 & 1 & 5 \\ Н & 0,5 & 0,2 & 1 \end{array}$$

$$A_{ю} = \begin{array}{c|ccc} & Д & Ц & Н \\ \hline Д & 1 & 3 & 5 \\ Ц & 0,33 & 1 & 2 \\ Н & 0,2 & 0,5 & 1 \end{array}$$

$$A_{э} = \begin{array}{c|ccc} & Д & Ц & Н \\ \hline Д & 1 & 0,25 & 0,25 \\ Ц & 4 & 1 & 3 \\ Н & 4 & 0,33 & 1 \end{array}$$

$$A = \begin{array}{c|ccc} & Д & Ц & Н \\ \hline Д & 1 & 2 & 6 \\ Ц & 0,5 & 1 & 4 \\ Н & 0,17 & 0,25 & 1 \end{array}$$

Для вирішення завдання, насамперед, необхідно визначити питомі ваги всіх порівнюваних нащадків щодо їхніх батьків. Для цього скористаємося методом середньої геометричної і подальшим нормуванням знайдених результатів, які наведено в табл. 14.

Таблиця 14

### Розрахунок ваг критеріїв і альтернатив

Критерії	Ю	Е	Ф	Середн. геометр.	Розрахунок	Ваги W	Розрахунок
1	2	3	4	5	6	7	8
Ю	1,00	0,25	2,00	0,794	$=\sqrt[3]{1 \times 0,25 \times 2}$	0,200	$=0,794/3,972$
Е	4,00	1,00	5,00	2,714		0,683	
Ф	0,50	0,20	1,00	0,464		0,117	
			Сума	3,972		1,000	
Юридичний фактор	Д	Ц	Н	Середн. геометр.		Ваги W	
Д	1,00	3,00	5,00	2,466		0,664	
Ц	0,33	1,00	2,00	0,871		0,219	
Н	0,20	0,50	1,00	0,464		0,117	
			Сума	3,801		1,000	
Економічний фактор	Д	Ц	Н	Середн. геометр.		Ваги W	
Д	1,00	0,25	0,25	0,397		0,147	
Ц	4,00	1,00	3,00	2,289		0,576	
Н	4,00	0,33	1,00	1,097		0,276	
			Сума	3,783		1,000	
Фізичний фактор	Д	Ц	Н	Середн. геометр.		Ваги W	

1	2	3	4	5	6	7	8
Д	1,00	2,00	6,00	2,289		0,576	
Ц	0,50	1,00	4,00	1,260		0,336	
Н	0,17	0,25	1,00	0,349		0,088	
			Сума	3,898		1,000	

За допомогою перемножування матриць парних порівнянь  $A$  і матриць ваг  $W$  дістанемо матриці  $AW$  для кожного батька.

$$AW_{\text{ціль}} = \begin{bmatrix} 1 & 0,25 & 2 \\ 4 & 1 & 5 \\ 0,5 & 0,2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,683 \\ 0,117 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,604 \\ 2,067 \\ 0,353 \end{bmatrix}, \quad \begin{matrix} 1,947 & 0,329 \\ AW_{\text{Ю}} = 0,687, & AW_{\text{Э}} = 1,895, \\ 0,366 & 0,909 \end{matrix}$$

$$AW_{\text{Ф}} = \begin{matrix} 1,771 \\ 0,975 \\ 0,27 \end{matrix}$$

Ділимо поелементно матриці  $AW$  на  $W$ , щоб дістати  $\lambda_i$ , потім знаходимо середнє  $\lambda_{\max}$  і розраховуємо відношення погодженості. Результати наведено в табл. 15.

Ґрунтуючись на знайдених значеннях, можна зробити висновок про погодженість матриці оцінок критеріїв, альтернатив за юридичним і фізичним критеріями. Однак індекс погодженості за матрицею економічного критерію показує, що до даних слід ставитися з обережністю і бажано уточнити оцінки.

Із векторів-стовпців видно, як розподілилися  $W$  між альтернативами відносно того або іншого критерію. Також можна зробити висновок, що для банку найважливішим критерієм є економічний.

Таблиця 15

### Розрахунок індексу погодженості матриць парних порівнянь

Критерії	$W$	$AW$	$\lambda$	Розрахунок	Пр.
1	2	3	4	5	6
Ю	0,200	0,604	3,025	= 0,604 / 0,2	
Е	0,683	2,067	3,025		
Ф	0,117	0,353	3,025		
Сума	1,000				



Закінчення табл. 14

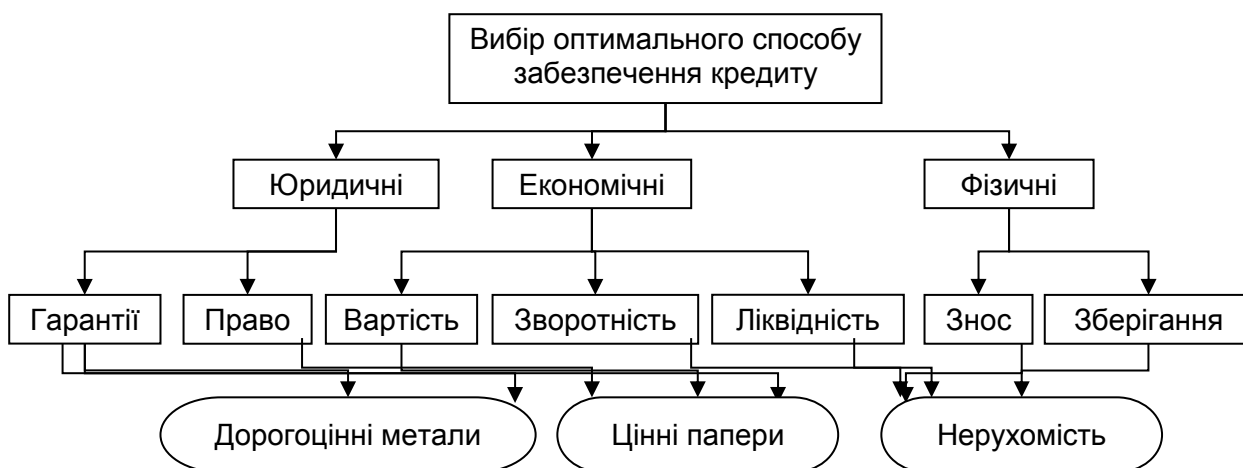
1	2	3	4	5	6
		$\lambda_{\max}$	3,025		
		Індекс погодженості $J$	0,012	$= (3,025 - 3) / (3 - 1)$	$n=3$
		Еталонне значення $J$	0,580	(з таблиці для $n=3$ )	
		Відношення погодженості	2,120 %	$= (0,012 / 0,5) \times 100 \%$	
Юридичний фактор	$W$	$AW$	$\lambda$		
Д	0,649	1,947	3,000		
Ц	0,229	0,687	3,001		
Н	0,122	0,366	3,001		
Сума	1,000				
		$\lambda_{\max}$	3,001		
		Індекс погодженості $J$	0,000		
		Еталонне значення $J$	0,580		
		Відношення погодженості	0,048 %		
Економічний фактор	$W$	$AW$	$\lambda$		
Д	0,105	0,329	3,133		
Ц	0,605	1,895	3,131		
Н	0,290	0,909	3,136		
Сума	1,000				
		$\lambda_{\max}$	3,133	$= (3,133 + 3,131 + 3,136) / 3$	
		Індекс погодженості $J$	0,067		
		Еталонне значення $J$	0,580		
		Відношення погодженості	11,491 %		
Фізичний фактор	$W$	$AW$	$\lambda$		
Д	0,587	1,771	3,015		
Ц	0,323	0,975	3,016		
Н	0,090	0,270	3,018		
Сума	1,000				
		$\lambda_{\max}$	3,017		
		Індекс погодженості $J$	0,008		
		Еталонне значення $J$	0,580		
		Відношення погодженості	1,424 %		

Остаточні оцінки альтернатив обчислюємо шляхом перемножування двох матриць: першої, складеної з упорядкованих оцінок альтернатив, і другої, що становлять собою вагові коефіцієнти цих оцінок.

$$W_{\text{мета}}^A \times W_{\text{Ю}} W_{\text{Е}} W_{\text{Ф}} \times W_{\text{критерії}} = \begin{bmatrix} 0,664 & 0,147 & 0,576 \\ 0,219 & 0,576 & 0,336 \\ 0,117 & 0,276 & 0,088 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,683 \\ 0,117 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,27 \\ 0,5 \\ 0,23 \end{bmatrix}.$$

З результатів видно, що цінні папери з точки оптимальності забезпечення кредиту мають вагому перевагу, порівняно з іншими, оцінка цієї альтернативи щодо забезпечення кредиту найвища (0,5), тому можна рекомендувати банку забезпечити кредит цінними паперами.

**Приклад 2. Оптимальний спосіб забезпечення кредиту.** Ускладнимо завдання про оптимальний спосіб забезпечення кредиту введенням критеріїв більш низького рівня, тобто розкриємо юридичні фактори через гарантії (Г) і законодавче право (П), економічні фактори через збільшення вартості (В), зворотність (Зв) і ліквідність (Л), фізичні – через зношування (Зн) і зберігання (Б). Позначення всіх інших елементів ієрархії не змінилися, нову ієрархію зобразимо на рис. 8.



**Рис. 8. Ієрархія прийняття рішення про вибір способу забезпечення кредиту**

Припустимо, що за результатами парних порівнянь і оброблення всіх матриць завдання, є такі вагові коефіцієнти для кожного з батьків системи, наведені в табл. 16.

## Вагові коефіцієнти факторів, критеріїв, альтернатив

Оцінки критеріїв		Оцінки факторів					
Мета $W_{\zeta}$		Юридичні $W_{\text{Ю}}$		Економічні $W_{\text{Е}}$		Фізичні $W_{\text{Ф}}$	
юридичні	0,26	гарантії	0,83	вартість	0,1	зношування	0,83
економічні	0,65	право	0,17	повернення	0,29	зберігання	0,17
фізичні	0,09			ліквідність	0,61		

Оцінки альтернатив	Гарантії $W_{\Gamma}$	Законодавче право $W_{\Pi}$	Вартість $W_{\text{В}}$	Зворотність $W_{\text{Зв}}$	Ліквідність $W_{\text{Л}}$	Зношування $W_{\text{Зн}}$	Зберігання $W_{\text{Б}}$
дорогоцінні метали	0,29	0,12	0,59	0,32	0,68	0,09	0,65
цінні папери	0,1	0,2	0,09	0,09	0,2	0,32	0,26
нерухомість	0,61	0,68	0,32	0,59	0,12	0,59	0,09

Проілюструємо, як у такій ситуації виконати ієрархічний синтез із метою визначення вектора пріоритетів альтернатив щодо факторів і мети. Спочатку визначимо вектор пріоритетів альтернатив щодо юридичних факторів у цілому:

$$W_{\text{Ю}}^{\text{А}} = \mathbf{W}_{\Gamma} W_{\Pi} \times \mathbf{W}_{\text{Ю}} = \begin{bmatrix} 0,29 & 0,12 \\ 0,1 & 0,2 \\ 0,61 & 0,68 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,83 \\ 0,17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,12 \\ 0,62 \end{bmatrix}.$$

Потім визначимо вектори пріоритетів альтернатив щодо економічних і фізичних факторів:

$$W_{\text{Е}}^{\text{А}} = \mathbf{W}_{\text{В}} W_{\text{Зв}} W_{\text{Л}} \times \mathbf{W}_{\text{Е}} = \begin{bmatrix} 0,57 \\ 0,16 \\ 0,29 \end{bmatrix}, \quad W_{\text{Ф}}^{\text{А}} = \mathbf{W}_{\text{Зн}} W_{\text{Б}} \times \mathbf{W}_{\text{Ф}} = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,31 \\ 0,5 \end{bmatrix}.$$

Тепер піднімаємося на один рівень вище і визначаємо вектори пріоритетів альтернатив щодо кінцевої мети – вибору оптимального способу забезпечення кредиту:

$$W_{\zeta}^{\text{А}} = \mathbf{W}_{\text{Ю}}^{\text{А}} W_{\text{Е}}^{\text{А}} W_{\text{Ф}}^{\text{А}} \times \mathbf{W}_{\zeta} = \begin{bmatrix} 0,26 & 0,57 & 0,19 \\ 0,12 & 0,16 & 0,31 \\ 0,62 & 0,28 & 0,5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,68 \\ 0,09 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,12 \\ 0,62 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,46 \\ 0,16 \\ 0,38 \end{bmatrix}.$$

Із вектора-стовпця, що вийшов, який відповідає за пріоритети дорогоцінних металів, цінних паперів і нерухомості (точно в такому порядку)

слід зробити висновок, що за більш ретельного розгляду проблеми рекомендують зупинити свій вибір на нерухомості.

У процесі розрахунків найбільш важливим є облік відповідних факторів у правильному порядку. У цьому разі рекомендують використати наочний показ ієрархії, як на рис. 6. Такий показ дозволяє впорядкувати фактори одного рівня зліва направо і використати їх у розрахунках у такому порядку. Якщо стовпці або рядки в матрицях, що перемножують, будуть переставлені місцями – це може призвести до значних помилок у розрахунках.

## **Модуль 2. Моделювання процесу прийняття рішень**

### ***Завдання до практичних занять 7 – 9 для самостійного виконання "Прийняття рішень із застосуванням систем підтримки прийняття рішень"***

**Варіант 1. Завдання.** Визначте найбільш прийнятний варіант проведення літнього відпочинку. Серед основних критеріїв рішення врахувати час, витрачений на дорогу, вартість відпочинку (на одну людину), обсяг багажу, необхідного для проведення відпустки, комфортність, включаючи якість обслуговування і харчування, доступність розваг.

**Варіант 2. Завдання.** Відділ маркетингу компанії N має намір визначити споживчі переваги під час купівлі музичного центру для прогнозування обсягу закупівель різних марок та оптимізації власних запасів. У ході проведеного маркетингового дослідження серед потенційних споживачів були виділені такі найбільш важливі критерії: потужність, якість звучання, ціна, комплектація, ураховуючи наявність або відсутність додаткових пристроїв (мікрофон, навушники, можливість програвання MP3-дисків), дизайн.

**Варіант 3. Завдання.** Агентство з здавання квартир в оренду розробляє експертну систему, що дозволяє досить швидко підібрати прийнятний варіант для наймача. Попередній досвід роботи агентства показує, що найбільш суттєвими критеріями в разі наймання квартири є: вартість наймання (на місяць), відстань до центру міста, площа (для порівняння за кількістю кімнат квартир), включаючи корисну площу, службову, наявність і площу балкона (лоджії), а також можливості використання міського транспорту, побутові умови, стан квартири.

**Варіант 4. Завдання.** Визначте найбільш бажане місце купівлі пиріжків, визначте недоліки в роботі пунктів швидкого харчування в околицях

університету. Найбільш важливими критеріями, визначеними в ході опитування студентів, виявилися: смакові якості, вартість, свіжість, асортимент, санітарні умови в місці купівлі, ступінь зручності, вплив на здоров'я, витрати часу, що містять у собі час на переміщення до пункту продажу, час очікування в черзі (запропонуйте свої критерії).

**Варіант 5. Завдання.** Роздрібний продавець цікавиться перевагами споживачів під час купівлі розчинної кави з метою оптимізації своєї політики оптових закупівель. Зі спілкування з покупцями та іншими продавцями він робить висновок, що найбільш суттєвими критеріями під час вибору покупцем сорту кави є: ціна, якість упаковки, підбадьорливі якості, вплив на здоров'я, смакові якості, склад продукту, що містить наявність консервантів, уміст кофеїну, термін зберігання, якість вихідної сировини. Критерії перелічені в довільному порядку, за необхідності можете розширити список критеріїв.

**Варіант 6. Завдання.** Побудуйте таблицю рішення для завдання вибору передбачуваного місця навчання дитини 6 років. Ураховуючи всі параметри, суттєві для психологічного і фізичного комфорту дитини, а також якість навчання, пропонують такий набір критеріїв: плата за навчання, кількість дітей у класі, кількість досліджуваних мов, чи є (скільки і які) секції у школі, репутація школи, якість харчування у їдальні, зручність місця розташування, що містить кількість видів транспорту, необхідного для того, щоб дістатися до школи, кількість переходів доріг із сильним (слабким) рухом, якість і стан шкільного парку / саду.

**Варіант 7. Завдання.** На ринку мобільних телефонів показують свою продукцію різні фірми. Покупцеві пропонують вибрати найбільш бажані для себе моделі телефонів. Вибір здійснюють за такими критеріями: корпус, вага, акумулятор, начинка (екран, звук, диктофон) та вартість. Причому покупець має сам установити для себе значущість кожного з цих критеріїв. Побудувати таблицю рішення, що допомагає покупцеві обрати прийнятний варіант.

**Варіант 8. Завдання.** Підприємець вирішує завдання про відкриття торговельної точки із продажу косметичних та мийних засобів на одному з ринків міста. Його попередній досвід роботи свідчить про те, що найбільш суттєві критерії під час прийняття подібного рішення містять величину ринкового збору, зручність для покупців, зокрема, час на дорогу із центру міста, близькість міських комунікацій, наявність стоянки для автомобілів, середній рівень цін на ринку; а також безпеку роботи, рівень комфорту для персоналу. За потреби розширте список критеріїв.

**Варіант 9. Завдання.** Визначте найбільш прийнятний варіант проведення суботнього вечора. Для оцінювання варіантів рішення пропонують такий список критеріїв: вартість, включаючи кишенькові гроші, вартість квитка, дороги, а також час на дорогу, можливість потанцювати, моральне задоволення, вплив на здоров'я. За потреби можна доповнити чи змінити список критеріїв.

**Варіант 10. Завдання.** Роздрібний продавець вирішує завдання про вибір газованих напоїв для кіоску, розташованого біля університету. Попередній аналіз показав, що покупці здійснюють вибір за такими критеріями: реклама, зовнішній вигляд (дизайн), ціна, якість, включаючи смак, уміст цукру, наявність натуральних речовин, а також термін зберігання.

За умовами наведених завдань розробіть таблицю прийняття рішень за допомогою СППР *DecisionGrid*, виконайте налаштування сценарію для конкретного користувача, установивши:

граничні значення для кількісних критеріїв;

значення відсікання для одного або декількох критеріїв.

Проведіть послідовні експерименти, змінюючи граничні значення й установлюючи значення відсікання для різних критеріїв.

На підставі базової моделі зробіть:

1) аналіз знайдених оцінок альтернатив у разі використання невизначених оцінок за деякими, найбільш мінливими критеріями;

2) аналіз стійкості знайдених оцінок для альтернатив за наявності невизначеності в оцінках альтернатив за деякими критеріями;

3) аналіз чутливості рішення за мінливості всіх оцінок для альтернатив, визначивши поріг чутливості.

На підставі базової моделі розробіть не менш ніж три сценарії та розрахуйте загальну групову оцінку альтернатив.

### *Методичні рекомендації до виконання завдань*

У процесі розроблення рішень часто потрібно налаштувати сценарій рішення на переваги конкретної ОПР. Для цього передбачено кілька варіантів: установлення ваг, що відбивають переваги ОПР, граничних значень для критеріїв і значень відсікання.

Граничні значення дозволяють визначити ступінь переваги серед альтернатив, ґрунтуючись на розбіжностях їх оцінок за критеріями. Граничні значення можуть мати тільки кількісні критерії. Можна визначити три граничних значення: поріг байдужості, поріг переваги і поріг вето.

**Поріг байдужості** встановлюють для деякого критерію таким чином, що якщо різниця між альтернативами не буде перевершувати цього порога, то вони будуть уважатись еквівалентними. Інакше кажучи, якщо абсолютна різниця оцінок за критерієм для альтернатив А і В менша, ніж поріг байдужості, то А не перевершує В, а В не перевершує А за даним критерієм.

**Поріг переваги** встановлює дві області: область стандартної переваги і область значущої переваги.

Область стандартної переваги починається зі значення порога байдужості і закінчується значенням порога значущої переваги. У середині цієї області перевага однієї альтернативи над іншою зростає пропорційно до різниці значень за даним критерієм.

Установлюючи поріг переваги, також автоматично встановлюють область значної переваги. Якщо різниця між оцінками двох альтернатив потрапляє в цю область, то гіршій із двох альтернатив приписують штраф.

**Поріг вето.** Нарешті, можна визначити діапазон розбіжностей, що дає конкретному критерію право вето, дозволяє дискредитувати одну альтернативу перед іншою. Цей останній поріг є корисним у ситуації, в якій одна альтернатива може бути оцінена як найкраща в загальному ранжуванні завдяки єдиному, дуже значущому критерію. У цьому разі поріг вето може бути використаний щоб гарантувати високий ранг для альтернатив, які виділяють принаймні по одному критерію. Поріг вето завжди перевершує або дорівнює порогу переваги. Поріг вето визначає найбільший рівень переваги серед двох альтернатив. Різниця у значеннях критерію, що перевершує поріг вето, не впливає на рівень переваги.

**Відсікання альтернатив.** Установлення величини відсікання дозволяє визначити мінімальні вимоги, яким має задовольняти альтернатива за даним критерієм для того, щоб розглядатися в разі порівняння. Будь-яку альтернативу, що не задовольняє цих вимог, дезактивують і, отже, виключають з розгляду. Відсікання схоже на звуження шкали критерію або визначення діапазону неприйнятних значень у межах цієї шкали. За замовчуванням, значення відсікання для кожного критерію встановлюють на рівні найгіршої можливої величини, щоб ніякі альтернативи спочатку не були відсічені.

У ряді випадків рішення пов'язане з невизначеністю значень критеріїв у силу можливих змін у зовнішнім середовищі рішення або нестабільності самих альтернатив. Наприклад, у завданні про купівлю автомобіля вартість експлуатації може варіюватися в деяких межах, залежно

від умов використання автомобіля, змін ціни бензину й інших видаткових матеріалів. Якщо ви не впевнені в оцінці деякої альтернативи за кількісним або якісним критерієм, ви можете ввести діапазон значень.

Уведення невизначеної оцінки відрізняється від невизначеності, пов'язаної із критерієм. Невизначеність, пов'язана із критерієм, належить до всіх оцінок за даним критерієм, тобто, до всіх альтернатив, що істотно відрізняється від невизначеної оцінки, що впливає тільки на одну альтернативу. Ви можете також не давати ніякої оцінки, якщо не знаєте її величину для даної альтернативи.

**Невизначеність, пов'язана із критерієм.** Також можна враховувати невизначеності для кожного кількісного критерію. Цей показник невизначеності показує можливу зміну, що застосовна до всіх оцінок за даним критерієм. Наприклад, припустимо, що у вас є критерій зі шкалою від 0 до 100 і оцінка альтернативи за цим критерієм дорівнює 50. Якщо ви вводите показник невизначеності 10, то цю оцінку слід розглядати як діапазон від 40 до 60 (+10 або -10) під час порівняння. Якщо ваша оцінка вже є діапазоном значень, наприклад 45 – 55, то невизначеність обробляють у такий же спосіб. Цю оцінку враховують як діапазон від 35 до 65 (-10 або + 10) під час порівняння. Діапазон невизначеності не може перевищувати шкалу критерію. Наприклад, якщо в разі використання шкали від 0 до 100 ви вводите показник невизначеності 30 для критерію за шкалою від 0 до 100, і у вас є оцінка 75, то необхідно розглядати оцінку як діапазон від 45 до 100 (замість 105). Застосування показника невизначеності для одного або кілька критеріїв може призвести до появи неоднозначності в оцінках і ранжуванні альтернатив.

**Аналіз чутливості.** Виконання аналізу чутливості за оцінками у таблиці дозволяє вам визначити, які оцінки є критичними, і перевірити стійкість загального ранжування. Для цього до кожної оцінки індивідуально застосовують визначену користувачем зміну, і перераховують загальне ранжування. Якщо ранжування змінюється через дану зміну, то цю оцінку слід розглядати як чутливу. Варіацію чутливості задають відсотком від шкали значень критеріїв. Наприклад, ви визначили для таблиці порівняння чутливість 20 %. Якщо шкала значень першого критерію має величину 50 (наприклад, від 0 до 50), то необхідно застосувати зміни плюс або мінус 10 (20 % від 50) для кожної оцінки за цим критерієм. Якщо шкала значень наступного критерію має величину 100 (наприклад, від 0 до 100), то необхідно застосувати варіацію плюс або мінус 20 (20 % від 100) для кожної оцінки за цим критерієм тощо.



**Розробка сценаріїв.** До процесу прийняття рішень часто залучено групу осіб, а не одну ОПР. Використання групових рішень, з одного боку, дозволяє згладити суб'єктивність у рішенні, але, з іншого – створює додаткові проблеми, пов'язані з тим, що переваги різних ОПР із групи, як правило, розрізняються між собою. Особливо істотним це виявляється для випадку багатокритеріальних рішень.

Виробити єдине рішення можна за рахунок узагальнення думки декількох ОПР у межах одного завдання. Реалізують цю можливість за допомогою створення декількох сценаріїв, кожний із яких відповідає перевагам окремого ОПР. Структура таблиці рішення (множина альтернатив і критеріїв) загальна для всіх сценаріїв. Будь-які зміни альтернатив і критеріїв відбиваються у всіх сценаріях. Інші параметри (оцінки альтернатив, ваги) можуть задаватися для кожного сценарію окремо.

Загальна таблиця має містити середні оцінки кожної альтернативи за всіма сценаріями, середній ранг кожної альтернативи та найкращий і найгірший ранги для кожної з альтернатив.

## Рекомендована література

Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономических систем : учеб. пособ. / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

Большаков А. С. Моделирование в менеджменте : учеб. пособ. / А. С. Большаков. – М. : Информ.-изд. дом "Филинь": Рилант, 2000. – 464 с.

Вітлінський В. В. Ризик у менеджменті / В. В. Вітлінський, С. І. Наконечний. – К. : ТОВ "Борисфен-М", 1996. – 336 с.

Вітлінський В. В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / В. В. Вітлінський, П. І. Верченко. – К. : КНЕУ, 2000. – 292 с.

Горский В. Г. Метод согласования кластеризованных ранжировок / В. Г. Горский, А. А. Гриценко, А. И. Орлов // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 3. – С.159–167.

Клебанова Т. С. Теория экономического риска : учеб. пособ. – 2-е изд., перераб. и доп. / Т. С. Клебанова, Е. В. Раевнева. – Х. : ИД "ИНЖЭК", 2007. – 208 с.

Колмогоров А. Н. Избранные труды: Математика и механика / А. Н. Колмогоров. – М. : Наука, 1985. – С. 136–138.

Колпаков В. М. Теория и практика принятия управленческих решений : учеб. пособ. / В. М. Колпаков. – К. : МАУП, 2000. – 256 с.

Куракина Ю. Г. Оценка фактора риска в инвестиционных расчетах / Ю. Г. Куракина // Бух. учет и фин. менеджмент. – 2000. – № 10. – С. 22–23.

Науман Э. Принять решение, но как? / Э. Науман – М. : Мир, 1987. – 198 с.

Орлов А. И. Устойчивость в социально-экономических моделях / А. И. Орлов. – М. : Наука, 1979. – 296 с.

Рогальский Ф. Б. Математические методы анализа экономических систем. Кн. 1. Теоретические основы / Ф. Б. Рогальский, Я. Е. Курилович, А. А. Цокуренок. – К. : Наук. думка, 2001. – 230 с.

Суппес П. Основы теории измерений / П. Суппес, Дж. Зинес // Психологические измерения [сборник]. – М. : Мир, 1967. – С. 9–110.

Управление промышленной и экологической безопасностью : учеб. пособ. / В. Н. Федосеев, А. И. Орлов, В. Г. Ларионов и др. – М. : Изд. УРАО, 2002. – 220 с.

Христиановский А. Т. Фінансовий аналіз суб'єктів господарювання : монографія / А. Т. Христиановский, Л. А. Лахтіонова. – К. : КНЕУ, 2001. – 387 с.

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Модуль 1. Основи теорії прийняття рішень</b> .....	4
Завдання до практичних занять для самостійного виконання	
1 – 4 "Прийняття рішень в умовах невизначеності із застосуванням	
методу дерев рішень" .....	4
Методичні рекомендації до виконання завдань .....	9
Завдання до практичних занять 5 – 6 для самостійного	
виконання "Прийняття рішень та визначення оптимальних стратегій	
за допомогою методу аналізу ієрархій" .....	23
Методичні рекомендації до виконання завдань .....	24
<b>Модуль 2. Моделювання процесу прийняття рішень</b> .....	36
Завдання до практичних занять 7 – 9 для самостійного	
виконання "Прийняття рішень із застосуванням систем підтримки	
прийняття рішень" .....	36
Методичні рекомендації до виконання завдань .....	38
<b>Рекомендована література</b> .....	41

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Завдання до самостійної роботи  
з навчальної дисципліни  
"СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ"  
для студентів спеціальності  
8.03050601 "Прикладна статистика"  
денної форми навчання**

Укладачі: **Раєвська** Олена Валентинівна  
**Мілевський** Станіслав Валерійович  
**Мілевська** Тетяна Сергіївна

Відповідальний за випуск *Раєвська О. В.*

Редактор *Доценко О. Г.*  
Коректор *Міхно В. В.*

План 2015 р. Поз. № 100.

Підп. до друку 05.12.2015 р. Формат 60 x 90 1/16. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Ум. друк. арк. 2,75. Обл.-вид. арк. 3,44. Тираж 40 пр. Зам. № 238.

---

Видавець і виготівник – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, просп. Леніна, 9-А

---

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.*