

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Практичні завдання  
з навчальної дисципліни  
"СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ"  
для студентів спеціальності  
8.03050601 "Прикладна статистика"  
денної форми навчання**

**Харків. Вид. ХНЕУ, 2012**

Затверджено на засіданні кафедри статистики та економічного прогнозування.

Протокол № 5 від 12.12.2011 р.

**Укладачі:** Мілевська Т. С.

Мілевський С. В.

П69 Практичні завдання з навчальної дисципліни "Статистичні моделі прийняття рішень" для студентів спеціальності 8.03050601 "Прикладна статистика" денної форми навчання / укл. Мілевська Т. С., Мілевський С. В. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2012. – 48 с. (Укр. мов.)

Подано практичні завдання та методичні рекомендації для їх виконання, а також рекомендовану літературу.

Рекомендовано для студентів спеціальності 8.03050601 "Прикладна статистика".

## Вступ

В умовах економічної нестабільності, яка характерна 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 з урахуванням сучасної практики 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 оцінки невизначеності у процесі прийняття рішень.

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

**Основне завдання навчальної дисципліни** полягає в тому, щоб, виходячи з теоретичних положень прийняття рішень й узагальнення практичного досвіду, розкрити зміст проведення роботи у сфері прийняття рішень в сучасних умовах.

**Предметом дисципліни** є відносини та зв'язки елементів статистичних методів прийняття рішень, що виникають у процесі розробки управлінських рішень, наукові концепції, методологія щодо розробки та прийняття раціональних рішень.

**Об'єктом** вивчення навчальної дисципліни є економічна система (підприємство, фірма) та процеси, що відбивають різні аспекти прийняття рішень.

Методологія і методика, що використовується в дисципліні, базуються на роботах вітчизняних і закордонних вчених з питань загальної теорії управління фірмою, теорії прийняття рішень.

Структуру навчальної дисципліни наведено в табл. 1.

### Структура навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна: підготовка магістрів	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікацій-ний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 5; у тому числі: змістовних модулів – 2; самостійна робота (в т. ч. індивідуальна робота)	Шифр та назва галузі знань: 0305 "Економіка та підприємництво"	Нормативна. Рік підготовки: 5 (1). Семестр: 10 (2)
Кількість годин: усього – 180; за змістовними модулями: модуль 1 – 81 година; модуль 2 – 99 годин	Назва спеціальності: 8.03050601 "Прикладна статистика"	Лекції: кількість годин – 30. Практичні (семінарські): кількість годин – 15. Самостійна робота (в т. ч. індивідуальна робота): кількість годин – 135
Кількість тижнів викладання навчальної дисципліни: 15. Кількість годин за тиждень – 3	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	Вид контролю: ПМК

### Кваліфікаційні вимоги до студентів

До вивчення навчальної дисципліни "Статистичні моделі прийняття рішень" студент приступає, прослухавши професійно-орієнтовані та спеціальні дисципліни напряму підготовки "Прикладна статистика".

У процесі навчання студенти отримують необхідні знання під час лекційних занять і виконуючи практичні та семінарські завдання. Також велике значення в процесі вивчення та закріплення знань має самостійна робота студентів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:  
основні поняття й категорії прийняття рішень;  
сучасні статистичні моделі й моделі розробки та прийняття рішень;  
основні принципи й підходи до прийняття рішень в умовах невизначеності.

Вміти:

визначати оптимальні форми подання та реалізації рішень;  
розробляти й обґрунтовувати рішення на основі комплексу статистичних методів і моделей, системи показників економічного обґрунтування рішень;

обґрунтовувати вибір оптимального рішення в умовах невизначеності;  
аналізувати ефективність інвестиційних та фінансових рішень;  
здійснювати ідентифікацію, аналіз та оцінювання невизначеності, використовуючи сучасні економіко-математичні моделі.

Компетенції, які формуються навчальною дисципліною, подані в табл. 2.

Таблиця 2

**Компетенції, які формуються навчальною дисципліною  
"Статистичні моделі прийняття рішень"**

Назва компетенцій	Зміст компетенцій	Вміння студента щодо даної компетенції
1	2	3
1. Обліково-статистична	1.1. Здатність проводити статистичні розрахунки	1.1.1. Проводити розрахунок показників для перевірки можливих наслідків рішень. 1.1.2. Проводити розрахунок показників динамічних змін показників, що досліджуються
2. Аналітична	2.1. Здатність щодо проведення аналізу поставлених проблем	2.1.1. Визначати чинники, що впливають на рішення, яке приймається. 2.1.2. Прогнозувати найімовірніший перебіг процесів на перспективу та аналізувати й оцінювати можливі наслідки зміни явища
3. Організаційно-методологічна	3.1. Здатність упроваджувати сучасні методи прийняття рішень	3.1.1. Володіти методами прогнозування. 3.1.2. Володіти методиками визначення ступеня та наслідків можливих ситуацій. 3.1.3. Володіти методами оцінки стохастичних явищ. 3.1.4. Володіти методами прийняття рішень
4. Контрольна	4.1. Здатність перевіряти ефективність прийнятих рішень	4.1.1. Готувати інформацію, вибирати метод оцінювання, здійснювати розрахунки параметрів та перевіряти на відповідність плановим завданням. 4.1.2. Використовувати відповідні критерії для аналізу рівня достовірності прогнозних оцінок
5. Технологічна	5.1. Розробка технології проведення розрахунків в процесі прийняття рішень	5.1.1. Здатність розробляти алгоритм статистичного забезпечення процесу прийняття рішень. 5.1.2. Здатність надавати рекомендації щодо виконання роботи з усунення впливу негативних факторів

## Модуль 1. Основи теорії прийняття рішень

### Практичне заняття № 1 "Моделі прийняття рішень в умовах невизначеності"

#### Методичні рекомендації до виконання завдань

У моделях теорії прийняття рішень основною формою даних слугує таблиця або матриця платежів (табл. 3). У цій таблиці альтернативи рішень розташовуються в лівому стовпці, а можливі стани природи є заголовками стовпців, розташованих праворуч від стовпця альтернатив.

Таблиця 3

Таблиця (матриця) платежів

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

У табл. 3 наведені значення платежів для всіх можливих комбінацій рішень і станів природи, у ній також можуть бути подані збитки або втрати. У цьому випадку перед нами матриця втрат.

Обрана альтернатива визначається максимально можливим платежем  $a_{ij}$  (якщо платіж — це виграш) або мінімально можливим (якщо  $a_i$  — це втрата). Звичайне рішення приймається залежно від того, який стан природи ми очікуємо. Якщо передбачається, що очікується стан 1, то вибирається рішення, яке відповідає максимальному/мінімальному платежу при цьому стані природи. Однак не завжди стан природи, який повинен настати, відомо заздалегідь.

Теорія прийняття рішень пропонує свій підхід до моделей з неповною визначеністю. Цей підхід називається "прийняття рішень в умовах ризику". Тут термін "ризик" має цілком визначений і чітко окреслений зміст. У класі моделей прийняття рішень в умовах ризику розглядається кілька станів природи, і можливе 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  $S_j$ . У загальному випадку значення ймовірності  $p_j$  оцінюється на підставі яких-небудь статистичних даних за минулі періоди часу, де зафіксовані прояви події  $S_j$  протягом часу спостережень. Якщо статистичні дані відсутні або недоступні, або якщо менеджер з яких-небудь причин не може спроектувати їх на майбутнє, то він однаково повинен оцінити ці ймовірності, нехай навіть суб'єктивно. Оскільки результат прийняття того або іншого рішення залежить від станів природи, очікуваний результат, пов'язаний з рішенням  $A_i$ , обчислюється як сума по всіх можливих станах  $S_j$  добутків платежу  $a_{ij}$  (результат від рішення  $A_i$  при стані 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:

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

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

$$ER_i^* = \max_i \{ER_i\} \text{ (якщо } a_{ij} \text{ – виграв)}, \quad (2)$$

або

$$ER_i^* = \min_i \{ER_i\} \text{ (якщо } a_{ij} \text{ – втрати)}. \quad (3)$$

Даний підхід також називається *критерієм Байєса*.

У ситуації ризику великого значення набуває *ціна повної інформації*, що становить максимальну ціну за інформацію про стан природи, яку готова заплатити ОПР. Ціна повної інформації визначається формулою:

ціна = очікуваний результат при знанні стану природи –  
– очікуваний результат без знання стану природи.

**Приклад.** "Модель газетного кіоску". Продавець газетного кіоску може купити газету Wall Street Journal по 40 центів за кожен екземпляр і продати по 75 центів. Але, звичайно, він повинен закупити газети до того, як буде знати, скільки реально він їх продасть. Якщо він закупить газет більше, ніж зможе продати, то зазнає збитків, рівних вартості

непроданих газет. Якщо він закупить занадто мало газет, він втратить потенційних покупців сьогодні й, можливо, у майбутньому (незадоволений покупець може перестати купувати в цьому газетному кіоску свою улюблену газету). Припустимо, що майбутні втрати (тобто упущену вигоду) можна узагальнено оцінити в 50 центів на одного незадоволеного покупця. Припустимо, що продавець оцінив імовірності попиту на газету в такий спосіб:

$$P\{\text{попит} = 0\} = 0,1;$$

$$P\{\text{попит} = 100\} = 0,3;$$

$$P\{\text{попит} = 200\} = 0,4;$$

$$P\{\text{попит} = 300\} = 0,2.$$

Отже, у цій моделі чотири значення попиту відповідають чотирьом станам природи, а кількість закупаваних продавцем газет є рішенням. У табл. 4 наведені платежі для даної моделі.

Таблиця 4

**Таблиця платежів для моделі газетного кіоску, \$**

Рішення	Стан природи (попит)			
	0	100	200	300
0	0	-50	-100	-150
100	-40	35	-15	-65
200	-80	-5	70	20
300	-120	-45	30	105

Платежі в табл. 4, що обчислюють для кожної комбінації рішення і попиту, визначають прибуток або упущену вигоду, якщо кількість закуплених газет не відповідає попиту на них.

Розглядаючи цю модель, важливо зрозуміти, що кількість проданих газет і попит не є тотожними величинами. Кількість проданих газет – це мінімум двох величин: кількості закуплених газет і реального попиту. Наприклад, якщо не закуплено жодного екземпляра газети, то, мабуть, кількість проданих газет дорівнює нулю, незалежно від попиту, і незадоволений попит дорівнює самому попиту. Коли визначені всі значення платежів, обчислимо очікуваний платіж для кожного рішення за формулою (1) і виберемо те рішення, для якого очікуваний платіж буде найбільшим (згідно з (2)).

$$ER_0 = 0 \times 0,1 - 50 \times 0,3 - 100 \times 0,4 - 150 \times 0,2 = -85;$$

$$ER_1 = -40 \times 0,1 + 35 \times 0,3 - 15 \times 0,4 - 65 \times 0,2 = -12,5;$$



$$ER2 = -80 \times 0,1 - 5 \times 0,3 + 70 \times 0,4 + 20 \times 0,2 = 22,5;$$

$$ER3 = -120 \times 0,1 - 45 \times 0,3 + 30 \times 0,4 + 105 \times 0,2 = 7,5.$$

Оскільки максимальне значення має  $ER2$ , оптимальним рішенням буде закупити 200 екземплярів газети.

Розрахуємо ціну повної інформації для моделі газетного кіоску, що складає:  $0 \times 0,1 + 35 \times 0,3 + 70 \times 0,4 + 105 \times 0,2 - 22,5 = 37,0$ . Отже, ціна повної інформації – \$37.

### **Практичне заняття № 2 "Прийняття рішень за допомогою дерев рішень"**

Для візуалізації процесу прийняття рішень створюються 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 будується в такий спосіб. Спочатку береться весь набір даних, що представляється вихідною або кореневою вершиною. Потім визначаються способи (правила) розбивки на гілки всієї множини записів або варіантів, що відповідають кореневому вузлу. Гілки утворюють дерево, повернене кронаю вниз. На гілках дерева позначають вузли, що відповідають підмножині записів або варіантів. На кожному вузлі знову визначаються правила розбивки на гілки і так далі доти, поки процес не дійде до кінцевих вузлів, які називаються листами. У зв'язку із цим, дерева рішень часто застосовуються для використання в моделях, у яких приймається *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:

$$a_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ якщо умова виконується;} \\ 0 \text{ в іншому випадку,} \end{cases} \quad (4)$$

де  $a_{ik} = 1$ , якщо умова  $S_i$  для правила  $r_k$  виконується;

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

$R = \{r_k\} - k = \overline{1, K}$  – множина вирішальних правил, що описують конкретні дії, що виконуються при заданих значеннях параметрів з множини умов.

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

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

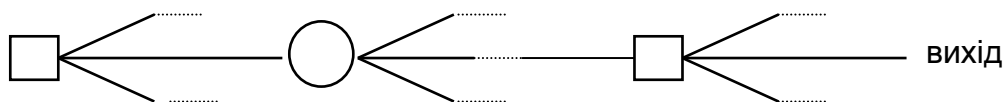


Рис. 1. Фрагмент дерева рішення

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 виконуються за схемою зворотного перерахування, починаючи від кінцевих вузлів і закінчуючи початковим вузлом дерева. При цьому для вузлів подій обчислюються очікувані значення від випадкових подій, а для вузлів рішень як значення вибирається максимальне очікуване значення, обчислене для галузей, що виходять із вузла рішень.

Таким чином, за деревом рішень визначається оптимальна стратегія – послідовність рішень, які повинні виконуватися при виникненні тих або інших випадкових подій.

Дерева рішення створюються 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 і т. д. В економіці рішення, як правило, приймаються з 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.

### ***Практичне заняття № 3 "Аналіз дерев рішень"***

Наведемо приклад постановки завдання обґрунтування господарських рішень на основі дерев. У фірмі Sonorola закінчується етап розробки і тестування нового ряду моделей мобільних телефонів. Вище керівництво фірми розробляє стратегію виробництва і просування на ринок цих моделей телефонів. Розглядаються три основні стратегії (рішення):

1. *Агресивна стратегія.* Ця стратегія найбільшою мірою відповідає очікуванням фірми від розробленого ряду моделей. Основні капітальні вкладення будуть зроблені в розробку нового й ефективного виробничого встаткування. Більші інвестиції повинні гарантувати просування на ринок всіх розроблених моделей телефонів. Маркетингова компанія передбачає покупку рекламного часу на телебаченні всіх основних світових ринків і знижки для дилерів.

2. *Базова стратегія.* Виробництво поточних моделей телефонів переноситься з міста М. у місто Н., що, мабуть, викличе "головний біль" у керівництва фірми. У той же час існуюча виробнича лінія в М. модернізується і переналагоджується для виробництва нових моделей телефонів. Значні інвестиції будуть зроблені для просування на ринок тільки найбільш популярних моделей. Фірма розраховує на проведення локальних і регіональних рекламних кампаній, не виходячи на глобальний рівень рекламної кампанії.

3. *Обережна стратегія.* При цій стратегії для виробництва нових моделей телефонів будуть використовуватися 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 розсилаються вибірково регіональним дилерам.

Керівництво фірми вирішило оцінювати ситуацію на ринку мобільних телефонів (тобто попит на їхню продукцію) за двома градаціями: як сприятливу і як несприятливу. У табл. 5 наведені платежі й оцінки ймовірностей стану ринку. Значення платежів вимірюються в

мільйонах доларів і обчислюються з урахуванням обсягів 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 5

### 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	9,1
Базова стратегія	20	7	12,85
Обережна стратегія	5	15	10,5

Розглянуту модель можна також представити у вигляді дерева рішень, як буде показано далі.

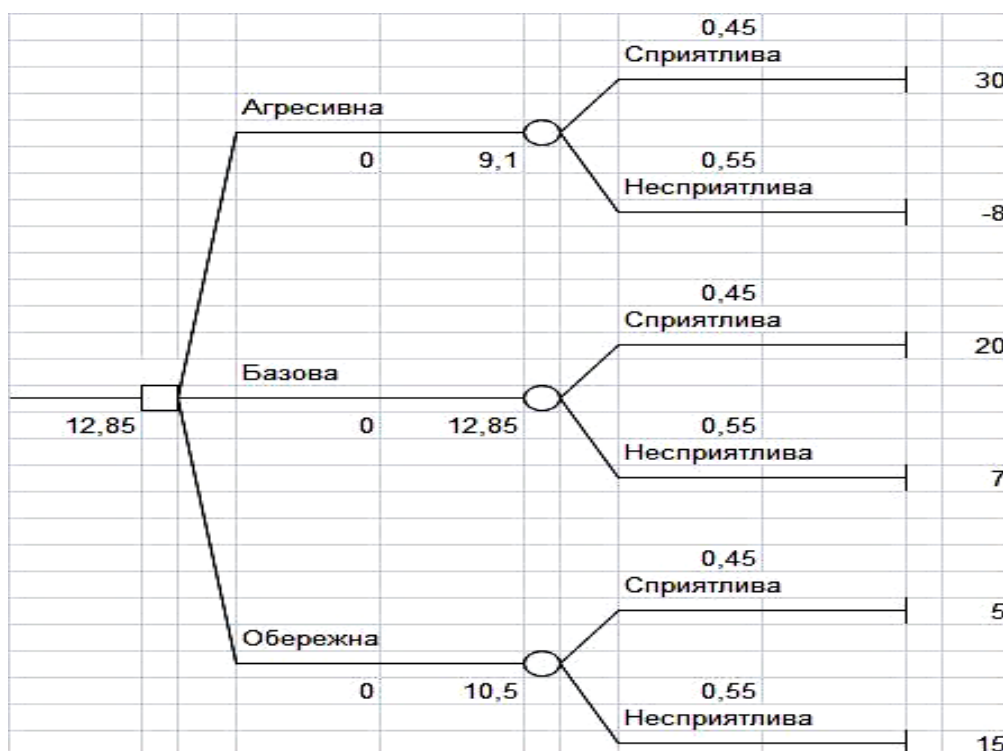


Рис. 2. Дерево рішень для моделі Sonorola

Послідовно зобразимо дерево рішень для аналізованої ситуації. Зображення дерева ведеться зліва направо, у хронологічному порядку в міру прийняття рішень і реакції природи. Зобразимо відразу і платежі, і ймовірності. Необхідно також зобразити позначення ймовірностей поруч на галузях, наприклад  $P(C) = 0,45$ . Закінчене дерево рішень для моделі Sonogola наведене на рис. 2.

Тепер на основі побудованого дерева рішень необхідно знайти оптимальне рішення.

Критерієм оптимізації рішення є максимізація очікуваного значення. Обчислення при аналізі дерева рішень виконуються у зворотному порядку, починаючи не з кореневого вузла, а з кінцевих вузлів подій, для яких обчислюються очікувані значення (такий процес обчислень називається зворотним перерахуванням).

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

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

Це значення є грошовою оцінкою даного вузла. На рисунку вона записується поруч із даним вузлом. Аналогічно виконуються обчислення для інших вузлів. Зазначимо, що обчислені очікувані значення для вузлів подій збігаються з очікуваними результатами для відповідних рішень, які показані в табл. 5. Тепер менеджер повинен просто обрати рішення, якому відповідає найбільш очікуване рішення. У цьому випадку це буде рішення 2 (базова стратегія), що відповідає максимуму прибутку.

Обчислення на більш складних деревах виробляються таким же чином. Для кожного вузла подій обчислюється сума очікуваних значень всіх гілок, що виходять із цього вузла, а для кожного вузла рішень визначається "найкраща" гілка (яка має найбільше очікуване значення) серед всіх 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 інше подання (графічне) вихідної моделі прийняття рішень. Обчислення, необхідні для визначення оптимального рішення, використовуються як у табличних моделях, так і у

випадку подання моделей у вигляді дерев рішень. Однак, коли розглядаються більш складні моделі, подання рішень за допомогою таблиці платежів ускладнено. У таких ситуаціях перевага віддається візуалізації за допомогою дерев рішень.

#### ***Практичне заняття № 4 "Оцінка вірогідності результатів прийняття рішень за допомогою дерева рішень"***

Як видно з попереднього прикладу, імовірності настання сприятливої або несприятливої ситуації на ринку, які дані нам свідомо і називаються апіорними ймовірностями, дають нам мало інформації про майбутній стан ринку, тому що вони майже рівні. Проілюструємо більш складний приклад побудови дерев рішень, що припускає облік нової інформації, що дозволить розбалансувати ймовірності.

Керівництво компанії вже було готове рекомендувати базову маркетингову і виробничу стратегію, коли рада директорів настояла, щоб перед ухваленням остаточного рішення були проведені додаткові маркетингові дослідження, для того щоб розбалансувати ймовірності. Внаслідок цього рішення ради директорів групі маркетингових досліджень у штаб-квартирі в М. було доручено провести 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 з результатами маркетингових досліджень оцінюється 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 маркетологи не можуть пророчити ситуацію зі 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 подань про ситуації на ринку.

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

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

$P(O|C)$  – умовна ймовірність, що звіт групи маркетингових досліджень буде оптимістичним, за умови, що ситуація на ринку дійсно сприятлива. Якщо дослідження виконані абсолютно точно, то ця ймовірність дорівнює 1, тобто в цьому випадку звіт відображає ситуацію на ринку. Припустимо, у минулому, коли ситуація на ринку була сприятливою, оптимістичний звіт представлявся 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 повинні це відчувати і відбити, але, швидше за все, не з абсолютною точністю: нехай  $P(P|H) = 0,7$ . У цьому випадку  $P(O|H) = 0,3$ . Ці умовні ймовірності характеризують надійність маркетингових досліджень.

Позначимо події на дереві, при цьому необхідно врахувати, що якщо вузлам подій передував випадковий момент, то ймовірність буде вже умовна, тобто ймовірність того, що ситуація буде сприятлива з обліком того, що маркетологи визнали ситуацію оптимістичною. Таким чином, на рис. 3 представлена схема нового дерева рішень із урахуванням прогнозу маркетологів і подальших рішень компанії.

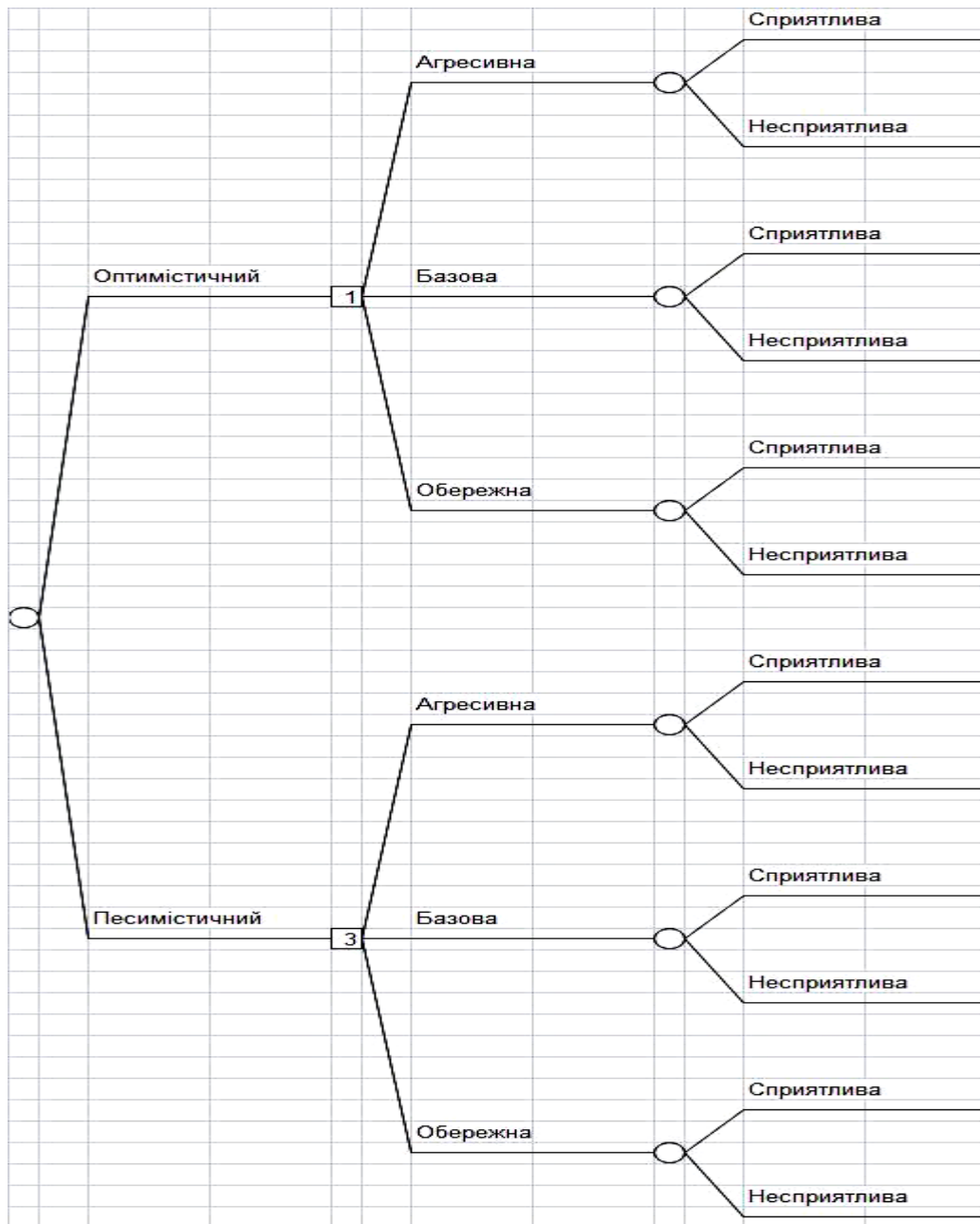


Рис. 3. Дерево рішень для компанії Sonorola з урахуванням нової інформації

Тепер необхідно з'ясувати відсутні на дереві ймовірності. 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 називається подія, що полягає в появі хоча б однієї із цих подій.

*Добутком* декількох подій називається подія, що полягає в спільній появі всіх цих подій.



Імовірність суми двох неспільних 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.

Подія А називається *незалежною* від події В, якщо ймовірність події А не залежить від того, відбулася подія В чи ні.

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

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

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

*Формула повної ймовірності:*

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i)P(A|H_i), \text{ де } H_i \text{ – повна група подій.}$$

При роботі з деревами рішень велику роль відіграє теорема Байєса, оскільки вона задає формальний метод, що дозволяє в процесі прийняття рішень урахувати нову інформацію:

$$P(A)P(H_i|A) = P(H_i)P(A|H_i) \text{ або}$$

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

Процес обчислення ймовірностей організуємо у вигляді спеціальних взаємозалежних таблиць, які зручно використати для наступних розрахунків. Порядок розрахунку ймовірностей і результати розрахунків наведені в табл. 6 – 9.

Таблиця 6

### Надійність звіту

	сприятливий	несприятливий
Оптимістичний	0,6	0,3
Песимістичний	0,4	0,7

← умовна ймовірність  $P(\Pi|H)$

Таблиця 7

**Апріорні ймовірності**

сприятливий	несприятливий
0,45	0,55

Таблиця 8

**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	$0,4 \times 0,45 = 0,18$	$0,7 \times 0,55 = 0,385$	0,565
Сума	0,45	0,55	↑ повна ймовірність P(П)

Таблиця 9

**Апостеріорні ймовірності**

	сприятливий	несприятливий
Оптимістичний	$0,27/0,435=0,621$	$0,165/0,435=0,379$
Песимістичний	$0,18/0,565=0,319$	$0,385/0,565=0,681$

← 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. 9 "Апостеріорні ймовірності". Наприклад, значення ймовірності  $P(H|O)$  перебуває на перетинанні 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 розраховуються за відповідною формулою як сума по стовпцях у табл. 8. Вони, відповідно, рівні  $P(O) = 0,435$ ,  $P(П) = 0,565$ .

Для гілки, що відповідає оптимістичному результату маркетингових досліджень, на основі теореми Байєса апіорні ймовірності  $P(C)$  і  $P(H)$  замінюються умовними (апостеріорними) ймовірностями  $P(C|O)$  і  $P(H|O)$ . Аналогічно для галузі, що відповідає песимістичному результату маркетингових досліджень, ймовірності  $P(C)$  і  $P(H)$  замінюються умовними ймовірностями  $P(C|P)$  і  $P(H|P)$ . Потім робимо перерахування очікуваних значень на дереві рішень (у зворотному порядку, починаючи з кінцевих вузлів). Результати наведені на рис. 4.

Розглянемо більш складну ситуацію. Дотепер припускалося, 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 при цьому зміниться модель прийняття рішень для цієї компанії. Тепер зробимо крок назад – очевидно, що рішення провести маркетингове рішення нічим не відрізняється від інших прийнятих рішень, наприклад, від 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 ізольовано від інших прийнятих рішень – якщо маркетингові дослідження проведені, то на основі їхніх результатів будуть прийняті одні стратегії виробництва, а якщо ні, то інші. Інакше кажучи, від початкового рішення залежать наступні рішення і випадкові події, що впливають із цього рішення. Така ситуація називається *моделлю послідовних рішень*.

Це дуже розповсюджений тип управлінських моделей, і звичайно для їхнього аналізу використовуються дерева рішень. У ситуаціях, коли існує кілька взаємозалежних рішень і подій, графічне подання моделей особливо корисно.

На рис. 5 показане 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 перераховуються необхідні рішення, які можуть мінятися залежно від того, яке випадкова подія може здійснитися. Для прикладу розглянемо дерево рішень, показане на рис. 5. У першому вузлі рішення цього дерева ми бачимо, що компанії Sonogola варто ухвалити рішення щодо проведення маркетингових досліджень, оскільки цьому рішенню відповідає найбільший очікуваний результат ( $12,96 > 12,85$ ). Якщо результат маркетингових рішень буде оптимістичним, то найкращим вибором буде агресивна виробнича стратегія (цієї стратегії відповідає найбільший очікуваний результат, рівний  $15,098$ ). Якщо ж результат досліджень буде песимістичним, то найкращим рішенням буде обережна стратегія з очікуваним результатом  $11,31$ .

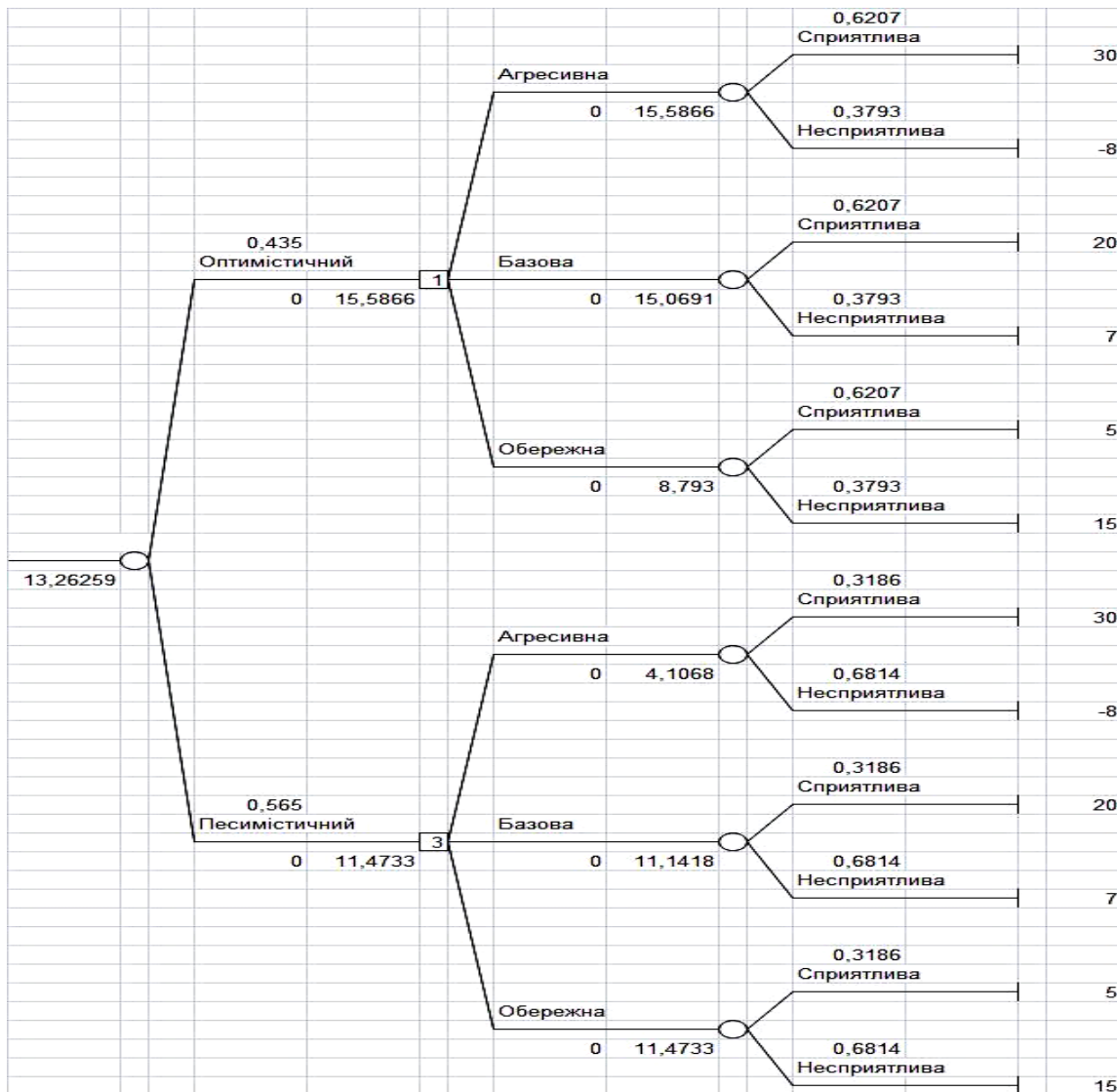


Рис. 4. Розрахунки за деревом рішень для компанії Sonogola з урахуванням нової інформації

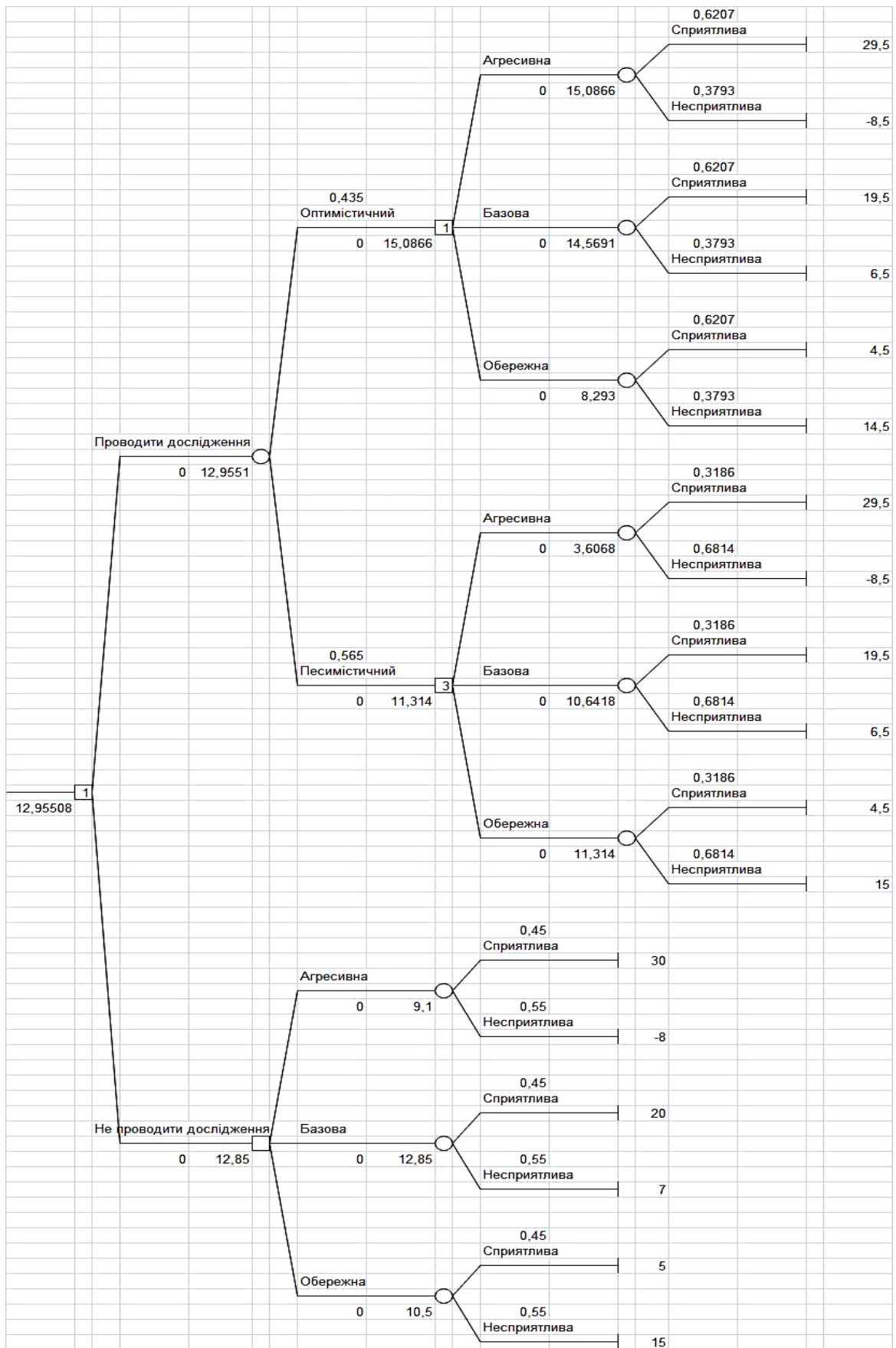


Рис. 5. Дерево рішень для загальної ситуації послідовних рішень

***Практичні заняття № 5, 6 "Прийняття рішень за допомогою методу аналізу ієрархій", "Визначення оптимальної стратегії фірми за допомогою ієрархічного синтезу"***

На початку 1970 року американський математик Томас Саати розробив процедуру підтримки прийняття рішень, що назвав "Analytic hierarchy process" (метод аналізу ієрархій – МАІ) [8]. Цей метод відноситься до класу критеріальних і займає особливе місце, завдяки тому, що він одержав винятково широке поширення і активно застосовується донині, особливо в США. На основі цього методу розроблені системи підтримки прийняття рішень, наприклад "Expert choice". Список застосувань методу досить різноманітний: дослідження транспортної системи Судану, пивоварна промисловість Мексики, проведення 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 подальшій обробці послідовності експертних суджень по парних порівняннях. У МАІ основна мета дослідження і всі фактори, що тією або іншою мірою впливають на досягнення мети, розподіляються по рівнях залежно від ступеня і характеру впливу, таким чином утвориться 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. При цьому кожен критерій представляється в споруджуваній ієрархії вершиною, з'єднаною з вершиною 1-го рівня. Третій рівень становлять фактори, від яких залежать вершини 2-го рівня і т. д. Цей процес побудови ієрархії триває до тих, поки в ієрархію не включені всі основні фактори або хоча б для одного з факторів останнього рівня неможливо безпосередньо одержати необхідну інформацію. Таким чином, об'єкти діляться на об'єкти-нащадки і об'єкти-батьки.

Приклад ієрархії представлений на рис. 6.

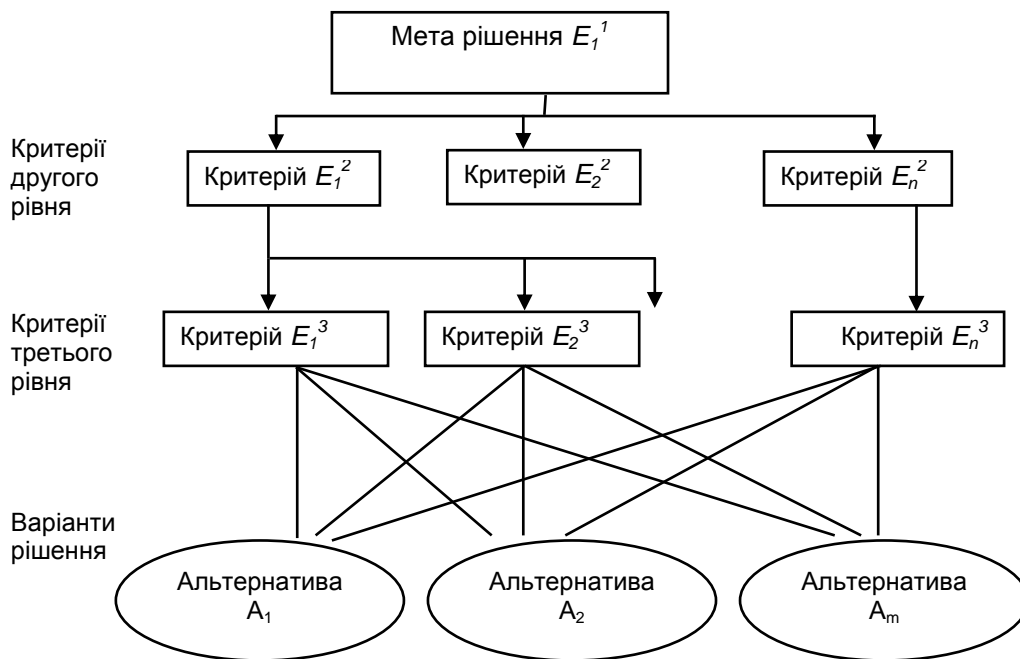


Рис. 6. Ієрархія прийняття рішень

Ідея методу полягає у такому. Для кожної батьківської вершини проводиться оцінка вагових коефіцієнтів, що визначають ступінь її залежності від вершин, що впливають на неї, більш низького рівня (ступінь значимості нащадків у критерію батька). При цьому використовується метод попарних порівнянь. Потім шляхом ієрархічного синтезу всі оцінки згортаються за допомогою перемножування відповідних матриць, і розраховується результуюча оцінка, що дозволяє встановити ваги альтернатив стосовно мети  $E_1^1$ .

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

1. Перший етап полягає в 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 переводяться в числа у відповідність зі шкалою значимості.

3. Обчислюються коефіцієнти важливості для елементів кожного рівня. При цьому перевіряється погодженість суджень ОПР.

4. Підраховується кількісний індикатор якості кожної з альтернатив і визначається найкраща альтернатива шляхом згортки матриць.

*Метод парних порівнянь об'єктів.* Для порівняння  $n$  критеріїв (факторів або альтернатив) створюється матриця розміру  $n \times n$  - *матриця парних порівнянь*, що відбивається судження особи, що приймає рішення (експерта), щодо важливості критеріїв (переваги альтернатив). Парне

порівняння виконується таким чином, що критерій у рядку  $E_i$  ( $i=1,2, \dots, n$ ) оцінюється щодо всіх критеріїв, представлених у стовпцях. Число  $a_{ij}$  показує, наскільки критерій  $E_i$  важливіше критерію  $E_j$ , при цьому для елементів, симетричних щодо головної діагоналі, виконується:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}.$$

Оцінки критеріїв виставляються експертами і становлять натуральні числа від 1 до 9 відповідно до шкали (табл. 10).

Таблиця 10

### Шкала оцінок парних порівнянь

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

Заповнення квадратних матриць парних порівнянь здійснюється за таким правилом. Якщо елемент  $E_1$  домінує над елементом  $E_2$ , то клітинка матриці, що відповідає рядку  $E_1$  й стовпцю  $E_2$ , заповнюється цілим числом, а клітинка, що відповідає рядку  $E_2$  і стовпцю  $E_1$ , заповнюється зворотним до нього числом. І навпаки. Якщо числа рівні за значенням, в обидві клітинки ставитися одиниця. Очевидно також, що всі діагональні елементи матриці рівні 1.

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

При проведенні попарних порівнянь варто відповідати на наступні запитання: який із двох порівнюваних елементів важливіше або має більший вплив, який більш ймовірний і який переважніше. При порівнянні критеріїв звичайно запитують, який із критеріїв більш важливий; при порівнянні альтернатив стосовно критерію, – яка з альтернатив більш краща або більш ймовірна).



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

перебуває ранг об'єкта (результуюча величина) за одним із правил; виробляється нормування результуючої величини для того, щоб одержати 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  $A$  виробляється на підставі рівності:

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

Додатковим обмеженням виступає рівність суми значень одиниці. Отримані оцінки будуть найбільш точними.

2. Знаходження середнього арифметичного. Нехай  $W$  – вектор-стовпець щирих оцінок критеріїв (альтернатив). Тоді наближені оцінки можна розрахувати в такий спосіб:

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

тобто у кожному рядку обчислюється середнє арифметичне елементів, а потім результат нормується так, щоб сума вагових коефіцієнтів дорівнювала 1. Отримані оцінки будуть найменш точними.

3. Знаходження середнього геометричного.

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

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

тобто у кожному рядку обчислюється середнє геометричне елементів, а потім результат нормується так, щоб сума вагових коефіцієнтів дорівнювала 1.

*Погодженість матриці парних порівнянь.* Погодженість означає, що рішення буде погоджено з визначеннями парних порівнянь критеріїв або альтернатив. З 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 вони будуються на основі людських суджень. Однак якщо непогодженість не виходить за певні рамки, нею можна зневажити.

Умова погодженості матриці  $A$  формулюється в такий спосіб:

$$Aw = nw.$$

З умови погодженості одержуємо, що при розподілі поелементно вектора  $Aw$  на елементи вектора  $w$  повинне виходити те саме число, наближене рівне кількості розглянутих критеріїв  $n$  (це максимальне власне число). Середнє отриманих чисел використовується 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 представлені в табл. 11.

Таблица 11

### 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 стосовно мети, що перебуває на першому рівні ієрархії. Оцінка альтернативи розраховується як сума відносних оцінок, обчислених на кожному рівні, зважена 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 обробляються матриці парних порівнянь властиво елементів  $E_j^i$  (критеріїв, факторів). Дані матриці дозволяють визначити переваги елементів певного ієрархічного рівня щодо елементів нижчого рівня, з якими вони безпосередньо зв'язані. Таким чином, маємо внесок кожного елемента в кожного батька ієрархічної системи  $W_{E_j^i}^E$ .

3. Здійснюється ієрархічний синтез. Починаючи знизу вгору, послідовно визначаються вектори пріоритетів альтернатив щодо елементів  $E_j^i$ , що перебувають на всіх ієрархічних рівнях, крім передостаннього  $E_j^S$ . Обчислення здійснюється шляхом перемножування відповідних матриць:

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

де  $[W_{E_1^{i-1}}^A, W_{E_2^{i-1}}^A, \dots, W_{E_n^{i-1}}^A]$  – матриця, що складається зі стовпців векторів переваги альтернатив щодо нащадків елемента  $E_j^i$ ,  $W_{E_j^i}^E$  – матриця переваги нащадків щодо елемента-батька  $E_j^i$ .

Ітеративна процедура синтезу полягає в послідовному знаходженні відповідних векторів і у підсумку знаходження пріоритетів альтернатив щодо мети (верхнього рівня ієрархії)  $W_{E_1^1}^A$ . Це і буде оцінкою пріоритету вибору певного рішення з альтернатив.

Таким чином, починаючи знизу вгору послідовно визначаються вектори пріоритетів альтернатив щодо елементів ієрархії, що

перебувають на всіх вищих ієрархічних рівнях. Обчислення здійснюється шляхом перемножування матриці, складеної з оцінок критеріїв (альтернатив) щодо елементів вищого рівня, на вектор-стовпець значимості цих елементів.

*Облік думок декількох експертів.* Якщо виробляється колективна експертна оцінка, залучається декілька експертів, то в розпорядженні аналітика є матриці оцінок попарного порівняння від декількох експертів. У такому випадку необхідно встановити значення кожного елемента результуючої матриці шляхом знаходження середнього геометричного з відповідних елементів різних матриць (тобто отриманих від різних експертів).

**Приклад 1 (завдання про оптимальний спосіб забезпечення кредиту).** Банк ухвалює рішення щодо найбільш вигідного способу забезпечення кредиту. Розглядається 3 альтернативи: дорогоцінні метали (Д), цінні папери (Ц), нерухомість (Н). Кінцевий вибір здійснюється за трьома критеріями: юридичним (складність оформлення документів) (Ю), економічним (можливість збільшення вартості) (Е), фізичним (можливість схоронності при зберіганні) (Ф).

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

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

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

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

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

Для вирішення завдання, насамперед, необхідно визначити питомі ваги всіх порівнюваних нащадків стосовно їхніх батьків. Для цього скористаємося методом середньої геометричної і таким нормуванням отриманих результатів. Результати наведемо в табл. 12.

## Розрахунок ваг критеріїв і альтернатив

Критерії	Ю	Е	Ф	Порівн. геометр.		Ваги W	
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	Порівн. 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	Порівн. 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	Порівн. геометр.		Ваги W	
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 А і матриць ваг W одержимо матриці AW для кожного батька.

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

$$\begin{matrix} 0,329 & 1,771 \\ AW_{\text{Э}} = 1,895, & AW_{\text{Ф}} = 0,975. \\ 0,909 & 0,27 \end{matrix}$$

Ділимо поелементно матриці AW на W, щоб одержати  $\lambda_i$ , потім знаходимо середнє  $\lambda_{\text{max}}$  і розраховуємо відношення погодженості. Результати подамо в табл. 13.

Ґрунтуючись на отриманих 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 варто ставитися з обережністю і бажано уточнити оцінки.

З 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 13

### Розрахунок індексу узгодженості матриць парних порівнянь

Критерії	$W$	$AW$	$\lambda$		
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				
		$\lambda_{\max}$	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) × 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 %		

1	2	3	4	5	6
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 перемноження двох матриць: першої, складеної з упорядкованих оцінок альтернатив, і другої, що становлять вагові коефіцієнти цих оцінок.

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

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

**Приклад 2 (завдання про 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. 7.

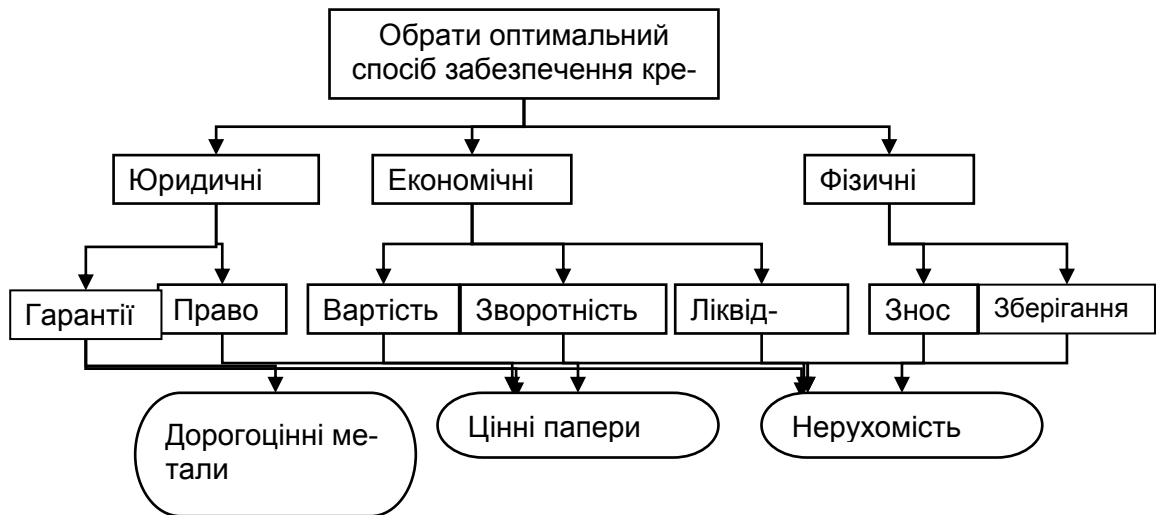


Рис. 7. Ієрархія прийняття рішення до задачі про вибір способу забезпечення кредиту

Припустимо, що за результатами парних порівнянь і обробки всіх матриць завдання є таку вагові коефіцієнти для кожного з батьків системи, наведені в табл. 14.

Таблиця 14

### Вагові коефіцієнти факторів, критеріїв, альтернатив

Оцінки критеріїв	Оцінки факторів						
	Мета $W_{\text{ц}}$	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	Законодавче право						
	Гарантії $W_{\text{г}}$	право $W_{\text{п}}$	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 робити ієрархічний синтез із метою визначення вектора пріоритетів альтернатив щодо факторів і цілі.



Спочатку визначимо вектор пріоритетів альтернатив щодо юридичних факторів у цілому:

$$W_{Ю}^A = [W_{Г} \ W_{П}] \times [W_{Ю}] = \begin{bmatrix} 0,29 & 0,12 \\ 0,1 & 0,2 \\ 0,61 & 0,68 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,83 \\ 0,17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,12 \\ 0,62 \end{bmatrix}.$$

Потім визначимо вектори пріоритетів альтернатив щодо економічних і фізичних факторів:

$$W_E^A = [W_B \ W_{ЗВ} \ W_{Л}] \times [W_E] = \begin{bmatrix} 0,57 \\ 0,16 \\ 0,29 \end{bmatrix}, \quad W_{\Phi}^A = [W_{ЗН} \ W_B] \times [W_{\Phi}] = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,31 \\ 0,5 \end{bmatrix}.$$

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

$$W_{Ц}^A = [W_{Ю}^A \ W_E^A \ W_{\Phi}^A] \times [W_{Ц}] = \begin{bmatrix} 0,26 & 0,57 & 0,19 \\ 0,12 & 0,16 & 0,31 \\ 0,62 & 0,28 & 0,5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,68 \\ 0,09 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,12 \\ 0,62 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,46 \\ 0,16 \\ 0,38 \end{bmatrix}.$$

З вектора-стовпця, що вийшов, який відповідає за пріоритети дорогоцінних металів, цінних паперів і нерухомості (строго в такому порядку) варто зробити висновок, що при більш ретельному розгляді проблеми рекомендується зупинити свій вибір на нерухомості.

При розрахунках найбільш важливим є облік відповідних факторів у правильному порядку. У цьому випадку рекомендується використати наочне подання ієрархії, як на рис. 6. Таке подання дозволяє впорядкувати фактори одного рівня зліва направо і використати їх у розрахунках у такому порядку. Якщо стовпці або рядки в матрицях, що перемножуються, будуть переставлені місцями, це може призвести до значних помилок розрахунків.

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

### ***Практичне заняття № 7 "Налаштування таблиці рішення для ОПР"***

При розробці рішень часто потрібно налаштувати сценарій рішення на переваги конкретного ОПР. Для цього передбачено кілька варіантів:

установка ваг, що відбивають переваги ОНР, установка граничних значень для критеріїв, установка значень відсікання.

Граничні значення дозволяють визначити ступінь переваги між альтернативами, ґрунтуючись на розходженнях між їх оцінками за критеріями. Граничні значення можуть ставитися тільки до кількісних критеріїв. Можна визначити три граничних значення: поріг байдужості, поріг переваги, і поріг вето.

**Поріг байдужості** встановлюється для деякого критерію таким чином, що якщо різниця між альтернативами не буде перевершувати цей поріг, то вони будуть вважатись еквівалентними. Інакше кажучи, якщо абсолютна різниця оцінок за критерієм для альтернатив А і В менше, 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 значимої переваги.

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

Установлюючи поріг переваги, також автоматично встановлюється область значної переваги. Якщо різниця між оцінками двох альтернатив попадає в цю область, то гіршої із двох альтернатив приписується штраф.

**Поріг вето.** Нарешті можливо визначити діапазон розходжень, що дає конкретному критерію право вето, що дозволяє дискредитувати одну альтернативу перед іншою. Цей останній поріг виявляється корисним у ситуації, у якій одна альтернатива може бути оцінена як найкраща в загальній ранжировці завдяки єдиному, дуже значимому критерію. У цьому випадку поріг вето може бути використаний, щоб гарантувати високий ранг для альтернатив, які виділяються принаймні по одному критерію. Поріг вето завжди перевершує або дорівнює порогу переваги. Поріг вето визначає найбільший рівень переваги між двома альтернативами. Різниця в значеннях критерію, що перевершує поріг вето, не впливає на рівень переваги.

**Відсікання альтернатив.** Встановлення величини відсікання дозволяє визначити мінімальні вимоги, яким повинна задовольняти альтернатива за даним критерієм для того, щоб розглядатися при

порівнянні. Будь-яка альтернатива, що не задовольняє цим вимогам, дезактивується, і отже, виключається з розгляду. Відсікання схоже на звуження шкали критерію або визначення діапазону неприйнятних значень у межах цієї шкали. За замовчуванням, значення відсікання для кожного критерію встановлюється на рівні найгіршої можливої величини, щоб ніякі альтернативи спочатку не були відсічені.

### **Завдання для самостійного виконання**

В умовах попередніх завдань провести налаштування сценарію для конкретного користувача, установивши:

- граничні значення для кількісних критеріїв;
- значення відсікання для одного або декількох критеріїв.

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

### ***Практичне заняття № 8 "Оцінка альтернатив при наявності невизначеності"***

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 покупку 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, відноситься 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 задавати ніякої оцінки, якщо ви не знаєте її величину для даної альтернативи.

Невизначеність, пов'язана із критерієм.

Також можна враховувати невизначеності для кожного кількісного критерію. Цей показник невизначеності представляє 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) при

проведенні порівняння. Якщо ваша оцінка вже є діапазоном значень, наприклад 45 – 55, то невизначеність обробляється в такий же спосіб. Цю оцінку враховують як діапазон від 35 до 65 (-10 або + 10) при виконанні порівняння. Діапазон невизначеності не може перевищувати шкалу критерію. Наприклад, якщо при використанні шкали від 0 до 100 ви вводите показник невизначеності 30 для критерію по шкалі 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 й, перевірити стійкість загального ранжування. Для цього до кожної оцінки індивідуально застосовується визначена користувачем зміна, і перераховується загальне ранжування. Якщо ранжування міняється через дану зміну, то цю оцінку слід розглядати як чутливу. Варіація чутливості задається 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, і так далі.

### **Завдання для самостійного виконання**

На підставі базової моделі провести:

- 1) аналіз отриманих оцінок альтернатив при використанні невизначених оцінок по деяким, найбільш мінливим критеріям;
- 2) аналіз стійкості отриманих оцінок для альтернатив при наявності невизначеності в оцінках альтернатив за деякими критеріями;
- 3) аналіз чутливості рішення при мінливості всіх оцінок для альтернатив, визначити поріг чутливості.

### ***Практичне заняття № 9 "Групові рішення багатокритеріальних завдань"***

У процесі прийняття рішень часто задіяна група осіб, а не одна ОПР. Використання групових рішень, з одного боку дозволяє згладити

суб'єктивність у рішенні, але з іншого боку – породжує 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 рамках одного завдання. Реалізується ця можливість за допомогою створення декількох сценаріїв, кожний з яких відповідає перевагам окремого ОПР. Структура таблиці рішення (безліч 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.

### **Завдання для самостійного виконання**

На підставі базової моделі розробити не менше трьох сценаріїв та розрахувати загальну групову оцінку альтернатив.

### ***Практичні завдання***

#### **Завдання 1. Розвідувальне буровлення свердловин**

Нафтова розвідувальна компанія повинна вирішити, бурити свердловину на деякій ділянці до того, як мине строк контракту, чи ні. Невідомо, у що обійдеться буровлення, на які запаси нафти і газу в цьому місці можна розраховувати, скільки буде коштувати експлуатація шпари і т. д. У розпорядженні є об'єктивні дані про аналогічні шпари 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 повинен вирішити: або бурити (дія  $a_1$ ), або не бурити (дія  $a_2$ ). Він не впевнений, чи буде свердловина "сухою" (стан  $Q_1$ ), "бідною" (стан  $Q_2$ ) або "багатою" (стан  $Q_3$ ). Відповідні платежі наведені в табл. 15.

**Вихідні дані**

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

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

За плату в \$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).

Експертно оцінені спільні ймовірності цих подій такі (табл. 16).

Таблиця 16

**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 щодо того, 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 існуючий) технологічний процес виробництва корпусів і створити 10 моделей корпусів, які необхідно передати Sonorola для оцінки. Вартість цього попереднього етапу становить \$50 000, і ці гроші будуть втрачені, 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 штуку. JCM може використати для нового замовлення існуючі виробничі потужності, при цьому їхнє переналагодження обійдеться в \$ 40 000, а собівартість корпусів складе \$20.

Однак існує ризик, що залежно від ситуації з іншими виконуваними JCM замовленнями може знадобитися вводити понаднормові роботи. Вартість понаднормових робіт залежно від ситуації з виконанням інших замовлень показана в табл. 10.15. JCM може закупити нову технологічну лінію вартістю \$260 000, у цьому випадку відпаде необхідність у понаднормових роботах, а собівартість корпусів для мобільних телефонів складе \$10. За допомогою дерева рішень знайдіть оптимальну стратегію для компанії JCM (дані в табл. 17).

Таблиця 17

### 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 повинен відбутися в місті N 5 квітня. Дохід від виступу прямо

залежить від погодних умов. У випадку дощу організатори шоу втрачають 15 000 ум. од., у випадку сонячної погоди їхній дохід складе 10 000 ум. од. У випадку скасування концерту організатори втрачають 1 000 ум. од. Аналіз погодних умов за останні 10 років показує, що в першій декаді квітня дощ іде раз у три дні. Яке рішення повинні 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 в 85 % випадків, прогноз дощової – в 90 %. Яку суму вигідно заплатити організаторам туру за пропонування прогнозу?

#### **Завдання 4**

Боб Девідсон з компанії Maple, 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 в 1 000 штук за ціною \$10 за штуку, тоді як у виробника В ціна становить \$9,50 за штуку. Однак у 20 % партіях, що поставляють виробником В, міститься 10 % дефектних деталей, а в 80 % – 1 % браку. У 99 % партій, що поставляють виробником А, міститься тільки 1 % браку, і в 1 % партій – 3 % дефектних деталей. Для компанії Maple кожен дефектний компонент приносить збиток в \$100 внаслідок витрат на тестування і переробку готових виробів, що містять дефектну деталь.

1. Створіть дерево рішень для цієї ситуації.
2. На основі критерію очікуваної вартості визначте, у якого виробника варто 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 існуючі. 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 (при цьому він



може заробити \$350 000), імовірність помірною успіху – 0,70 із прибутком \$80 000, і імовірність провалу – 0,15, при цьому він втратить \$110 000.

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

### Завдання 6

"Біогенетика" – невелика фірма, що займається розробкою медикаментів. Фірма має обмежені ресурси, тому вона може розробити не більше двох лікарських препаратів у наступному році. Тому їй необхідно вибрати із чотирьох можливих розробок тільки дві, які можуть принести фірмі найбільший прибуток. Зазначимо, що в даній галузі дуже велика ймовірність невдачі при розробках. Вихідні дані наведені в табл. 18.

У фірмі вважають, що ймовірність зазнати невдачі при розробці будь-якого препарату дорівнює 80 %, а ймовірність домогтися успіху – 20 %.

Таблиця 18

### 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 варто вибрати для розробки, щоб максимізувати очікуваний результат?
2. Які два препарати варто вибрати для розробки, щоб мінімізувати очікувані втрати?

### Завдання 7

Скульптор може продати свій останній шедевр за \$10 000 посередникові для наступного продажу на щотижневій виставці мистецтв, але ця ціна діє тільки один тиждень. Він також може виставити

свій добуток на аукціоні в мережі Інтернет, для чого повинен спочатку внести суму \$500. Якщо торги будуть удалими, то він може виручити за свою скульптуру не менш \$15 000, а якщо ні – не більше \$3 000. Імовірності активних і пасивних торгів (на основі даних попередніх аукціонів) наведені в табл. 19.

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

Таблиця 19

### Результати рішень скульптора

Торги	Імовірності
Активні	0,75
Пасивні	0,25

### Завдання 8

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, збору 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 варто прийняти на роботу?

### Завдання 9

Перед споживачем постає вибір, який автомобіль придбати при строго обмеженому бюджеті. Розглядається кілька автомашин. Основні критерії вибору: 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 і т. д. Самостійно побудувати матриці парних порівнянь і провести ієрархічний синтез.

### Завдання 10

Необхідно ранжувати постачальників основних напівфабрикатів на сирний завод. Ієрархія проблеми має такий вигляд (рис. 8).

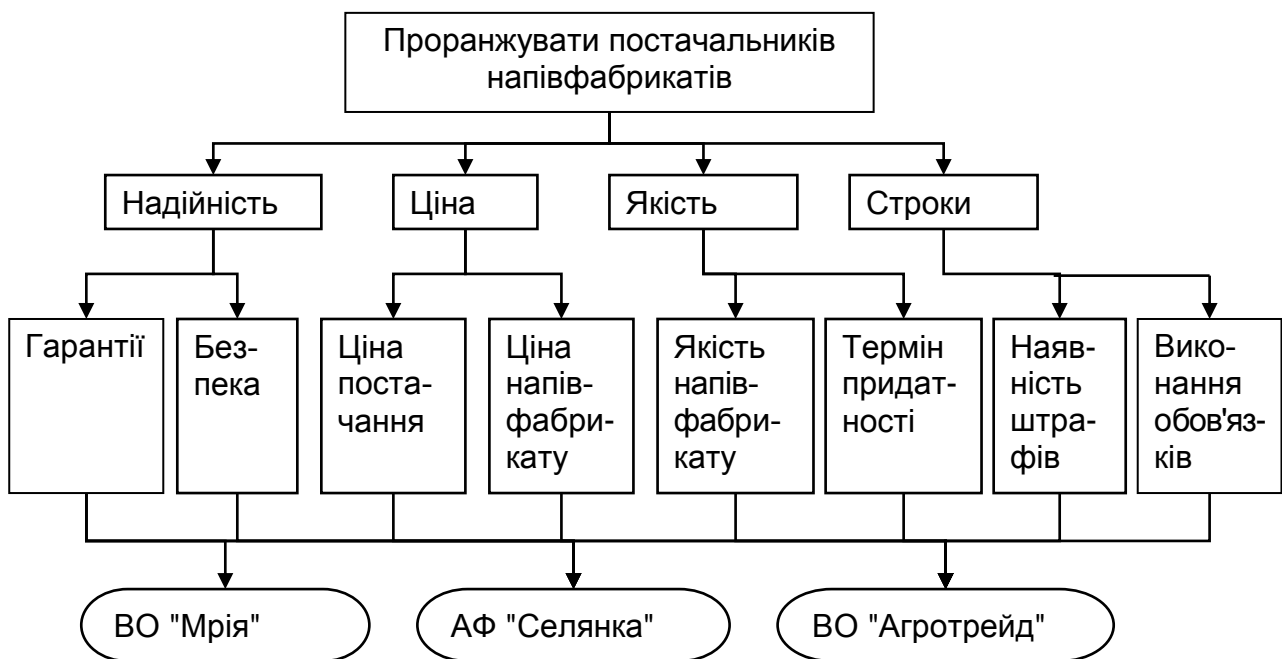


Рис. 8. Ієрархія прийняття рішень

Скласти матриці парних порівнянь, на підставі процедури аналізу ієрархій проранжувати постачальників.

## Рекомендована література

### Основна

1. Альгин А. П. Риск и его роль в общественной жизни / А. П. Альгин. – М. : Мысль, 1989. – 188 с.
2. Балабанов И. Т. Риск-менеджмент / И. Т. Балабанов. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 156 с.
3. Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономических систем : учебн. пособ. / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
4. Клебанова Т. С. Теория экономического риска : учебн. пособ. – 2-е изд., перераб. и доп. / Т. С. Клебанова, Е. В. Раевнева. – Х. : ИД "ИНЖЭК", 2007. – 208 с.
5. Клейнер Г. Б. Предприятия в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность / Г. Б. Клейнер, В. Л. Тамбовцев, Р. М. Качалов ; под общ. ред. С. А. Панова. – М. : ОАО Изд. "Экономикс", 1997. – 288 с.
6. Клименко С. М. Обґрунтування господарських рішень і оцінювання ризиків : навч. посібн. / С. М. Клименко, О. С. Дуброва. — К. : КНЕУ, 2005. – 252 с.
7. Колмогоров А. Н. Избранные труды: математика и механика / А. Н. Колмогоров. – М. : Наука, 1985. – С. 136–138.
8. Контроллинг в бизнесе. Методологические и практические основы построения контроллинга в организациях / А. М. Карминский, Н. И. Оленев, А. Г. Примаков. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 256 с.
9. Колпаков В. М. Теория и практика принятия управленческих решений : учебн. пособ. / В. М. Колпаков. – К. : МАУП, 2000. – 256 с.
10. Куракина Ю. Г. Оценка фактора риска в инвестиционных расчетах / Ю. Г. Куракина // Бух. учет и фин. менеджмент. – 2000. – № 10. – С. 22–23.
11. Лапуста М. Г. Риски в предпринимательской деятельности / М. Г. Лапуста, Л. Г. Шаршукова. – М. : ИНФРА-М, 1998. – 224 с.
12. Лобанов А. Риск-менеджмент / А. Лобанов, А. Чугунов // РИСК. – 1999. – № 4. – С. 43–52.

13. Машина Н. І. Економічний ризик і методи його вимірювання / Машина Н. І. : навч. посібн. – К. : Центр навчальної літератури, 2003. – 188 с.
14. Науман Э. Принять решение, но как? / Э. Науман – М. : Мир, 1987. – 198 с.
15. Орлов А. И. Устойчивость в социально-экономических моделях / А. И. Орлов. – М. : Наука, 1979. – 296 с.
16. Управление промышленной и экологической безопасностью : учебн. пособ. / В. Н. Федосеев, А. И. Орлов, В. Г. Ларионов и др. – М. : Изд. УРАО, 2002. – 220 с.
17. Филин С. Преодоление рискозависимости / С. Филин, М. Брук // РИСК. – 2002. – № 2. – С. 24–32.
18. Хан Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга / Д. Хан: пер. с нем. – М. : Финансы и статистика, 1997. – 800 с.
19. Ястремський О. І. Моделювання економічного ризику / О. І. Ястремський. – К. : Либідь, 1992. – 80 с.

#### **Додаткова**

20. Вітлінський В. В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком : навч.-метод. посібн. для самот. вивч. дисц. / В. В. Вітлінський, П. І. Верченко. – К. : КНЕУ, 2000. – 292 с.
21. Вітлінський В. В. Ризик у менеджменті / В. В. Вітлінський, С. І. Наконечний. – К. : ТОВ "Борисфен-М", 1996. – 336 с.
22. Горский В. Г. Метод согласования кластеризованных ранжировок / В. Г. Горский, А. А. Гриценко, А. И. Орлов // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 3. – С.159 – 167.
23. Гранатуров В. М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения / В. М. Гранатуров. – М.: Изд. "Дело и Сервис", 1999. – 112 с.
24. Дуброва О. С. Особливості феномену ризику на сучасному етапі господарювання / О. С. Дуброва // Проблеми формування ринкової економіки : Міжвід. Наук. зб. Вип. 10 / відп. ред. О. О. Бєляєв. – К. : КНЕУ, 2002. – 326 с.
25. Большаков А. С. Моделирование в менеджменте : учебн. пособ. / А. С. Большаков. – М. : Информ.-изд. дом "Филинь", Рилант, 2000. – 464 с.

26. Вітлінський В. В. Економічний ризик і методи його вимірювання / В. В. Вітлінський, С. І. Наконечний, О. Д. Шарапов. – К. : ІЗМН, 1996. – 400 с.
27. Вітлінський В. В. Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику / В. В. Вітлінський. – К.: Деміур, 1996. – 212 с.
28. Рогальский Ф. Б. Математические методы анализа экономических систем. Кн. 1. Теоретические основы / Ф. Б. Рогальский, Я. Е. Курилович, А. А. Цокурено. – К. : Наук. думка, 2001. – 230 с.
29. Суппес П. Основы теории измерений / П. Суппес, Дж. Зинес. – Психологические измерения [сборник]. – М. : Мир, 1967. – С. 9–110.
30. Управління підприємницьким ризиком / за заг. ред. док. екон. наук Д. А. Штефаніча. – Тернопіль : Економічна думка, 1999. – 224 с.
31. Устенко О. Л. Предпринимательские риски: основы теории, методология оценки и управление / О. Л. Устенко. – К. : "Всеуито", 1996. – 146 с.
32. Христиановский А. Т. Фінансовий аналіз суб'єктів господарювання : монографія / А. Т. Христиановский, Л. А. Лахтіонова. – К. : КНЕУ, 2001. – 387 с.
33. Шапкин А. С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций : монография / А. С. Шапкин. – М. : Изд.-торг. корпорация "Дашков и К<sup>о</sup>", 2003. – 544 с.

### **Ресурси мережі Інтернет**

34. Кошечкин С. А. Концепция риска инвестиционного проекта [Электронный ресурс] / С. А. Кошечкин. – Режим доступа : [devbusiness.ru](http://devbusiness.ru).

## Зміст

Вступ	3
Кваліфікаційні вимоги до студентів	4
Модуль 1. Основи теорії прийняття рішень	6
Практичне заняття № 1 "Моделі прийняття рішень в умовах невизначеності"	6
Практичне заняття № 2 "Прийняття рішень за допомогою дерев рішень"	9
Практичне заняття № 3 "Аналіз дерев рішень"	11
Практичне заняття № 4 "Оцінка вірогідності результатів прийняття рішень за допомогою дерева рішень"	14
Практичні заняття № 5, 6 "Прийняття рішень за допомогою методу аналізу ієрархій", "Визначення оптимальної стратегії фірми за допомогою ієрархічного синтезу"	22
Модуль 2. Моделювання процесу прийняття рішень	33
Практичне заняття № 7 "Настроювання таблиці рішення для ОПР"	33
Практичне заняття № 8 "Оцінка альтернатив при наявності невизначеності"	35
Практичне заняття № 9 "Групові рішення багатокритеріальних завдань"	36
Практичні завдання	37
Рекомендована література	44





**Практичні завдання  
з навчальної дисципліни  
"СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ  
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ"  
для студентів спеціальності  
8.03050601 "Прикладна статистика"  
денної форми навчання**