МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської підготовки
Кафедра Інформаційних технологій

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка додатку для прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності та ризику»

Виконав студент 2 курсу групи МІС-19
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Масленніков Сергій Олександрович

Керівник к.ф.-м.н., доцент
Ткач Тетяна Борисівна

Рецензент к.т.н., доцент
Перелигін Борис Вікторович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської підготовки
Кафедра Інформаційних технологій
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
_____
" 26 " жовтня 2020 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Масленнікову Сергію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка додатку для прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності та ризику»
керівник роботи к.ф.-м.н., доцент Ткач Тетяна Борисівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від " 16 " жовтня 2020р. №194 «С»
2. Строк подання студентом роботи 7 грудня 2020р.
3. Вихідні дані до роботи теорія прийняття рішень, основні критерії та алгоритми розрахунків прийняття рішень в відповідних умовах.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Природа процесу прийняття рішень.
2 Теорія прийняття рішень.
3 Практична реалізація додатку.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
	Вивчення природи процесу прийняття рішень	26.10	100	відмінно
	Вивчення підходів до прийняття рішень	28.10	100	відмінно
	Вивчення видів рішень	3.11	100	відмінно
	Дослідження теорії прийняття рішень	5.11	100	відмінно
	Дослідження основних моделей та методів	15.11	100	відмінно
	Рубіжна атестація	19.11	100	відмінно
	Прийняття рішення в умовах визначеності	20.11	100	відмінно
	Прийняття рішення в умовах невизначеності	24.11	100	відмінно
	Моделі прийняття рішень в умовах невизначеності	26.11	100	відмінно
	Критерії оптимальності за умов повної невизначеності	28.11	100	відмінно
	Практична реалізація	29.12	100	відмінно
	Тестування додатку	5.12	100	відмінно
	Подання роботи на кафедру	07.12		
	Перевірка на плагіат	08.12		
	Рецензування	16.12		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		**100**	відмінно

Студент _____ Масленніков С.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Ткач Т.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

«Розробка додатку для прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності та ризику»

студента Масленнікова Сергія Олександровича

Актуальність роботи полягає в необхідності прийняття обґрунтованих рішень у самих різних областях, що приводить до вивчення теорії та наукових методів прийняття рішень.

Метою дипломної роботи є поглиблення теоретичних знань і практичних навичок з обґрунтування та технології прийняття управлінських рішень у складних ситуаціях в області економіки, торгівлі, підприємництві, на виробництві тощо за умов невизначеності, багатокритеріальності, ризику.

Задачі дослідження: аналіз природи процесу прийняття рішень, методів та моделей прийняття рішень, аналіз прийняття рішень в умовах невизначеності та риску, створення програмного модулю для реалізації алгоритмів пошуку оптимального значення.

Об'єктом дослідження є ситуація прийняття рішень, тобто так звана проблемна ситуація.

Предметом дослідження виступають загальні закономірності вироблення рішень у проблемних ситуаціях.

Структура магістерської роботи складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань на найменувань. Повний обсяг роботи становить 89 сторінок, містить 22 рисунка, 46 формул, 13 таблиць.

Ключові слова: теорія прийняття рішень, прийняття рішення в умовах невизначеності, прийняття рішень за умов ризику, критерії оптимальності.

SUMMARY

for a master’s degree

«Development of an Application for Management Decisions in the Conditions of Uncertainty and Risk»

students of Maslennikov Sergiy

The relevance of robotics in the need to adopt rimmed solutions from the regions themselves, to lead to the development of the theory and scientific methods of taking decisions.

By the method of diploma robots є the loss of theoretical knowledge and practical tools for the development and technology of management solutions in folding situations in the field of economics, trade, business intelligence, on the basis of intelligence.

Tasks of the advancement: analysis of the nature of the process of taking decisions, methods and models of taking decisions, analysis of taking decisions in minds of unimportance and risk, establishing a software module for the implementation of algorithms for the sake of optimal value.

The object of research – afterwards the situation has taken the decision, that is how the problematic situation is called.

The subject of research development is to introduce the general laws of virob-laziness in problem situations.

The structure of the master's robot is based on the entry, three sections, the conclusions, the change to the power. Qualifying master's thesis: 90 pages, 22 figures, 13 tables, 15 sources.

The key words: the theory of taking the decision, taking the decision in the minds of unimportance, taking the decision for the minds of the mind, the criterion of optimality.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень і термінів 8
Вступ..... 9
1 Природа процесу прийняття рішень 11
1.1 Загальна задача прийняття рішень 11
1.2 Підходи до прийняття рішень 13
1.2.1 Особливості управлінських рішень 14
1.3 Види рішень 16
1.4 Середа прийняття рішень 18
2 Теорія прийняття рішень 20
2.1 Нормативна теорія прийняття рішень 21
2.2 Методи і моделі прийняття рішень 23
2.3 Вимоги до методів прийняття рішень 27
2.4 Ознаки класифікації задач прийняття рішень 28
2.5 Прийняття рішення в умовах визначеності 30
2.6 Прийняття рішення в умовах невизначеності 30
2.6.1 Поняття невизначеності 31
2.6.2 Природа та види невизначеності 33
2.6.3 Невизначеність як першоджерело ризику 34
2.6.4 Постановка задачі вибору критерію прийняття рішення в умовах невизначеності 36
2.7 Моделі прийняття рішень в умовах невизначеності 38
2.8 Критерії оптимальності за умов повної невизначеності 39
2.8.1 Мінімаксний критерій (критерій вальда, песимістичний) 41
2.8.2 Правило максимакс 43
2.8.3 Критерій Севіджа 43
2.8.4 Критерій нейтрального гравця 45
2.8.5 Критерій Гурвіца 45
2.8.6 Критерій Байєса-Лапласа 46

2.8.7 Критерій Лапласа 48
2.8.8 Критерій відносних значень ймовірностей станів природи з урахуванням виграшів (ризиків) 49
2.8.9 Критерій Ходжа-Лемана 50
2.8.10 Критерій Гермейєра 51
2.9 Дескриптивна теорія прийняття рішень 52
2.10 Прийняття рішень за детермінованих умов 59
2.11 Прийняття рішень за умов ризику 62
3 Практична реалізація 66
3.1 Вибір програмного середовища 66
3.2 Аналіз існуючих рішень 67
3.3 Розробка програмного додатка 69
3.4 Тестування додатку 72
Висновки 87
Перелік посилань 88

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Аналітики (консультанти, дослідники) – спеціалісти із теорії прийняття рішень. Вони розробляють модель (математичну, інформаційну) задачі прийняття рішень (ЗПР), процедури прийняття рішень, організовують роботу ОПР і експертів.

Експерт – це спеціаліст у своїй галузі, що володіє інформацією про задачу, але не несе прямої відповідальності за результати її розв'язання. Експерти допомагають ОПР на всіх стадіях постановки й розв'язання ЗПР.

ЗЗПР – загальна задача прийняття рішень.

ЗПР – задача прийняття рішень.

ЛПР – людина що приймає рішення.

МП – математичне програмування.

ОП – принцип оптимальності.

ОПР – особи, які приймали рішення. ОПР називають людину (або колективний орган такий, як науковий заклад, Верховна рада), що має (формує) ціль, яка слугує мотивом постановки задачі та пошуку її розв'язання. ОПР визначає також, які засоби є допустимими (недопустимими) для досягнення мети.

СППР – системи підтримки прийняття рішень.

ТПР – теорія прийняття рішень.

ВСТУП

Ухвалення рішення завжди являє собою вибір деякої альтернативи з безлічі варіантів рішень. Прийняття та реалізація управлінських рішень є невід'ємною частиною людського життя. Реальні ситуації, що складаються в різних сферах сучасної людської діяльності, наприклад, економічній, відрізняються зростаючою складністю задач, неперервною зміною та неповнотою даних, високою динамічністю економічних процесів. За таких умов інтелектуальні можливості людини входять у суперечність із обсягом інформації, яку потрібно осмислити та переробити в ході управління різноманітними процесами в будь-яких сферах людської діяльності. Зрозуміло, що основою управління є рішення. Технічна революція XX століття настільки підняла рівень відповідальності осіб, які приймали рішення, та виконавців, що помилки від невірно прийнятих рішень могли призвести не тільки до економічних втрат окремих підприємців. Обмежені можливості керівників щодо швидкості отримання та переробки інформації приводили до того, що менеджер або виконавець міг у кращому випадку прийняти перше з відомих «стандартних» рішень, яке здавалося йому найбільше привабливим. Необхідність прийняття обґрунтованих рішень може виникати у різних областях людської діяльності. Витрати на здійснення рішень безперервно зростають, а наслідки рішень, що не вдалися, стають усе серйознішими. В нових економічних умовах досвід та інтуїція не завжди забезпечують вибір найкращого рішення. Тому менеджери все частіше стали звертатися до теорії, наукових методів прийняття рішень.

Люди, приймаючі рішення повинні слідкувати за часом, інакше це приведе до негативних наслідків. Проте, своєчасність рішення може вступити в протиріччя з обґрунтованістю рішення [1][1)].

Очевидно, що чим більшу кількість інформації ми хочемо мати у своєму розпорядженні, тим більший час піде на збір, обробку та аналіз інформа-

---

[1)] [1] Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. К.: Вища школа. 1983. 512 с.

ції. Такий процес може бути скільки завгодно тривалим. Довго на уточнювати якісь деталі процесу, встановлювати і аналізувати різні зв'язки між його елементами і т. д., тобто процес може бути нескінченним. Тому про процес, що досліджуємо неможливо отримати всю інформацію. Тоді як прийняти рішення? Коли кількість інформації, настільки мало, що рішення доводиться приймати в умовах ризику.

Бувають ситуації, коли і такі рішення доводиться приймати, бувають ситуації, коли краще піти на ризик і прийняти випадкове необґрунтоване рішення, ніж нічого не робити.

А в випадку, коли інформації для прийняття рішення достатньо, тоді необхідно дивитися на ситуацію. А ситуації бувають різні. Більш рішучий керівник прийме рішення в один момент, другий буде чекати слушного моменту, третій буде уточнювати інформацію ще до якогось моменту. Нерішучий керівник буде чекати та вимагати уточнень до тих пір, поки рішення приймати вже буде пізно, а значить, і непотрібне.

Метою дипломної роботи є поглиблення теоретичних знань і практичних навичок з обґрунтування та технології прийняття управлінських рішень у складних ситуаціях в області економіки, торгівлі, підприємництві, на виробництві тощо за умов невизначеності, багатокритеріальності, ризику.

Об'єктом дослідження є ситуація прийняття рішень, тобто так звана проблемна ситуація.

Предметом дослідження ТПР виступають загальні закономірності вироблення рішень у проблемних ситуаціях.

1 ПРИРОДА ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

1.1 Загальна задача прийняття рішень

Взагалі схему прийняття рішень можна описати в загальному вигляді (рис.1.1). Загалом кожен блок 1-5 наведеної схеми («загальної задачі прийняття рішень») необхідно більш детально формалізувати.

Загальною задачею оптимізації називається задача із заданою множиною альтернатив Ω і принципом оптимальності ОП, зміст якої полягає у виділенні множини «кращих» альтернатив ОП (Ω). У випадку, коли принцип оптимальності задається скалярною функцією вибору на Ω, – як у випадку лінійного програмування, – маємо звичайну оптимізаційну задачу. Задача багатокритеріальної оптимізації – це коли принцип оптимальності задається множиною критеріальних функцій. Задачею вибору називається задача з відомою множиною альтернатив Ω і явно заданим принципом оптимальності.

Рисунок 1.1– Схема загальної задачі прийняття рішень

У процесі розв'язання загальної задачі прийняття рішень, як правило,

беруть участь три групи осіб: перші – особи, що приймають рішення, друга група – експерти, третя – консультанти.

Ключова роль у процесі прийняття рішень – особа, яка приймає рішення, яке далеко не завжди є власником проблеми. ОПР – це може бути індивід або ціла група людей, які реально здійснюють вибір і несуть відповідальність за прийняті рішення відповідно до своїх повноважень

У процесі прийняття рішень важливу роль відіграють експерти – люди, які професійно краще, ніж ОПР, знають окремі аспекти проблеми і виступають в ролі джерела інформації, необхідної для прийняття рішення. До експертів як правило звертаються, щоб з'ясувати причини проблеми, що виникла, він допомагає розробити варіанти її вирішення, оцінити кожну альтернативу і зробити прогноз розвитку подій.

У підготовці складних рішень, що зазвичай мають стратегічний характер, бере участь аналітик. Аналітик, на відміну від експерта, зазвичай намагається особисто не давати ніяких оцінок. Його мета – допомогти ОПР усвідомити свої переваги, зважити всі критерії та прийти до розумного компромісу. Тобто завданням роботи аналітика є вивчення і виявлення системи переваг ОПР. Досвідчений керівник, як правило, чітко уявляє свої цілі, відразу усвідомлює суть проблеми і виробляє основні варіанти її вирішення. Однак результати багатьох досліджень показують, що ОПР без додаткової аналітичної підтримки часто використовують спрощені або суперечливі правила і критерії вибору. Причини такої поведінки полягають не тільки в індивідуальних особливостях ОПР, а й в тому, що існують об'єктивні обмеження людської системи переробки інформації. Саме тому виникають багато помилок і протиріччя людини в процесі прийняття рішень. Щоб їх уникнути, можна звернутися до послуг аналітика, який повинен допомогти ОПР послідовно і логічно висловити свої переваги і прийняти остаточне рішення.

Серед інструментів аналітика – методи прийняття рішень, які в хорошому сенсі «механізуються» мислення ОПР і визначають порядок отримання і обробки всієї необхідної інформації. Правильно побудовані методи прийн-

яття рішень дозволяють виявити переваги ОПР, порівняти між собою всі альтернативи і служать своєрідним підсилювачем людських можливостей.

1.2 Підходи до прийняття рішень

Звісно, можна не вчитися менеджменту і взагалі не вчитися і ухвалювати рішення, але важко ухвалити хороше рішення, адже прийняття рішень – психологічний процес. Тому засоби, що використовуються керівником для прийняття рішень можуть варіюватися від стохастичних до дуже логічних. Та все ж найголовніше, що допомагає менеджеру в прийнятті рішень – знання і досвід, що був отриманий в минулому.

Взагалі, можна сказати, що процес прийняття рішень має або інтуїтивний, або заснований на думках, або раціональний характер.

Рішення, засновані на думках – це вибір, зумовлений знаннями або накопиченим минулим досвідом. Людина може використовувати свій досвід, тобто знання про те, що вже було раніше в схожих ситуаціях для того, щоб спрогнозувати результат альтернативних варіантів вибору в теперішній ситуації. Спираючись на свій минулий досвід та глузд, він вибирає саме ту альтернативу, що принесла успіх в минулих ситуаціях.

Перевага рішення на основі думки – швидкість і дешевизна його прийняття, тому що воно приймається в думках керівника.

Зрозуміло, що тільки думки буде недостатньо для прийняття рішень, особливо коли ситуація складна чи неординарна. Також думку не можна співвіднести з новою ситуацією, коли відсутній досвід у керівника у такому випадку, і він не може зробити логічний вибір. У складній ситуації, коли дуже багато чинників, думка може виявитися поганою, оскільки, врахувати, зіставити і охопити всю ситуації просто нереально.

Оскільки думка завжди спирається на досвід, то це приводить до прийняття рішення саме на основі цього опиту. Через таке зміщення керівник

може упустити нову, може навіть кращу альтернативу, яка повинна була б стати більш ефективною, ніж знайомі варіанти вибору.

Інтуїтивне рішення, як зрозуміло з назви – це вибір із представлених альтернатив, зроблений тільки на основі свого відчуття того, що він вірний. Це саме те, що ми називаємо «осяянням» або «шостим почуттям». У складній організаційній ситуації можливі тисячі різних варіантів вибору. Якщо керівник покладається виключно на свою інтуїцію, не використовує більш ніякі методи для прийняття рішень, то з точки зору статистики шанси на хороше рішення без якого-небудь додатку логіки звісно невисокі.

Завжди існує небезпека невдачі через прийняття поганого рішення. Однак в багатьох випадках керівник може підвищити імовірність правильного вибору, підходячи до рішення раціонально.

Щодо раціональних рішень, то головна відмінність між рішеннями раціональними і заснованими на думках в тому, що раціональні не залежать від минулого досвіду. Вони приймаються за допомогою об'єктивного аналітичного процесу [2][1)].

1.2.1 Особливості управлінських рішень

Сьогодні, однією з найважливіших якостей менеджера є здатність приймати обґрунтовані, чіткі і логічні рішення, причому приймати їх потрібно швидко.

Поняття «рішення» означає процес і результат вибору, тобто відповідне приписання до дії (план роботи, варіант проекту та ін.). Також можна сказати, що рішення – це прояв волі людини і, як наслідок, відповідальність. Всі експертні системи можуть лише рекомендувати кращу альтернативу, однак рішення приймає людина. Саме людина усвідомлює мету та засоби, оцінює альтернативи та відповідає за вибір найкращого варіанта альтернатив.

[1)] [2] Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Теорія прийняття рішень. Навчальний посібник. – К.: ВПЦ «Київський університет». 2006. 304 с.

Необхідною умовою здійснення рішення як свідомої вольової дії людини є наявність цілі та множини альтернатив. І, звичайно, ще однією необхідною умовою здійснення рішення є наявність самої особи, що приймає рішення. Крім ОПР, у процесі прийняття рішення беруть участь і інші особи: власник проблеми, експерти, аналітики, активні групи (рис. 1.2).

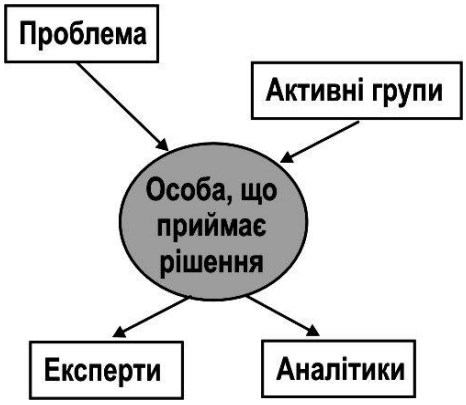


Рисунок 1.2 – Особи, які беруть участь у прийнятті рішень

Якщо людина займає посаду керівника та здійснює управління якими-небудь організаційними процесами на підприємстві або в організації, її рішення стосуються долі багатьох людей. Ці рішення прийнято виділяти в окремий клас і називають їх управлінськими, тому що їх значущість дуже висока (рис. 1.3).

Прийняття управлінських рішень слід розглядати не як окремий етап циклу управління, а як спільний процес, який пронизує:

- всі сфери діяльності організації (виробництво, збут, фінанси, кадри, матеріально-технічне забезпечення тощо);
- всі функції управління (контроль, аналіз, прогнозування, планування тощо).

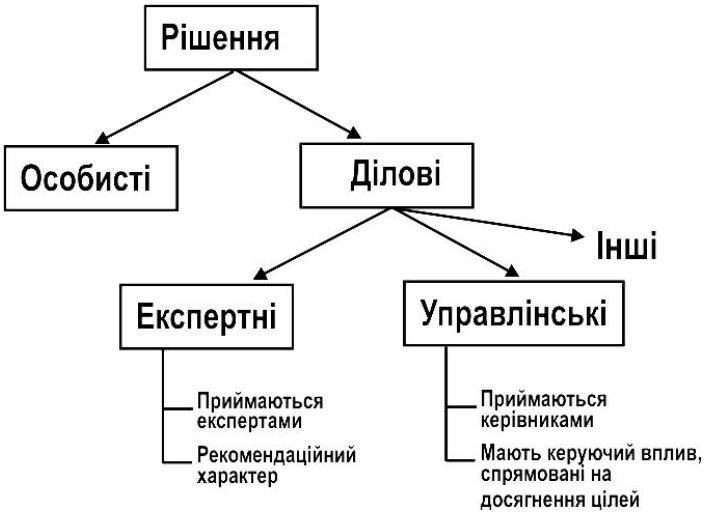


Рисунок 1.3 – Специфіка управлінських рішень

Рішення як процес характеризується тим, що здійснюється в кілька етапів.

Перед ухваленням рішення необхідно пройти наступні етапи:

– проаналізувати проблему, по якій необхідно прийняти рішення;

– вибрати відповідні критерії, по яких і буде прийматися рішення;

– розробити та сформулювати альтернативи;

– вибрати оптимальні альтернативи з сформованої множини;

– прийняття рішення;

– організувати роботи з реалізації рішення.

1.3 Види рішень

Рішення можна класифікувати за різними параметрами. Рішення можна поділити на побутові і управлінські. Залежно від рівня керівної інстанції виділяють управлінські рішення як вищого, так і середнього й нижчого рівнів. Залежно від наявності вихідної інформації рішення класифікують як рішення, що приймаються в умовах визначеності та невизначеності. Залежно від кількості розглянутих альтернатив рішення поділяють на такі групи:

– бінарне рішення – це вибір, який здійснюється за наявності тільки

двох альтернатив («так» або «ні»);

- стандартне рішення – це вибір, який здійснюється коли кількість альтернатив невелика;
- багатоальтернативне рішення – це вибір, який здійснюється при великій, але скінченій кількості альтернатив;
- безперервне рішення – це вибір, який здійснюється при нескінченній кількості альтернатив.

Залежно від способу обґрунтування вибору рішення поділяються на такі види:

- раціональні рішення – це вибір, який обґрунтовується за допомогою спеціального об’єктивного процесу;
- інтуїтивні рішення – це вибір, який не обґрунтовується, а приймається тільки на основі відчуття ОПР, що цей вибір правильний. Особа, яка приймає рішення, свідомо не зважує «за» чи «проти»;
- рішення, засновані на судженнях, – це вибір, що обумовлений накопиченим досвідом. Людина використовує знання про те, що в подібних ситуаціях вже траплялося раніше, щоб спрогнозувати результат альтернативних варіантів вибору в існуючій ситуації. Спираючись на здоровий глузд, вона вибирає альтернативу, яка принесла успіх у минулому.

Залежно від того, наскільки чітко визначена процедура вибору, рішення поділяються на добре структуровані (їх також називають запрограмованими) і слабоструктуровані (інша назва – незапрограмовані).

Структуровані – це рутинні, часто повторювані ситуації, вимагають запрограмованих рішень відповідно до встановлених управлінськими вказівками, що мають чіткий алгоритм.

Неструктуровані – незапрограмовані рідко зустрічаючі ня, прийняті на одноразової основі [3][1)].

1.4 Середа прийняття рішень

Коли приймається управлінське рішення, то завжди необхідно враховувати ризик. Саме ризик – це рівень визначеності, з якою можна прогнозувати можливий результат рішення. За стандартними правилами оцінюються альтернативи, приймається рішення і необхідно вміти прогнозувати можливі результати в різних обставинах або станах природи. Виходить, що рішення, по суті, приймаються в різних обставинах саме по відношенню до ризику. При прийнятті управлінських рішень поняття «ризик» трактується не в сенсі небезпеки, а як показник рівня визначеності, з якою можна прогнозувати результат. В ході оцінки альтернатив і прийняття рішень менеджер повинен враховувати, що результати будуть залежати від дії безлічі чинників, що відносяться як до внутрішньої, так і до зовнішнього середовища організації. Залежно від різноманітності інтенсивності дії цих факторів, а також ймовірності, з якою вони будуть з'являтися, можна говорити про умови визначеності, ризику і невизначеності при прийнятті рішень.

Рішення приймається в умовах визначеності, коли менеджер в точності знає результат кожного з альтернативних варіантів вибору. Порівняно деякі управлінські рішення приймаються в умовах визначеності. Однак часто елементи більш великих рішень можна розглядати як певні.

Рішення приймаються в умовах невизначеності, коли немає можливості оцінити ймовірність результатів, що відбудуться в результаті прийняття рішення. Така ситуація можлива, коли потребують обліку чинники настільки нові і складні, що ймовірність певного наслідки неможливо передбачити з

[1)] [3] Системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни/[уклад.: С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук]. Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”. 2010. 265 с.

достатньою мірою достовірності.

До рішень, що приймаються в умовах ризику, відносяться такі, в яких імовірність кожного результату відома, але самі результати яких не є визначеними. Невизначеність пов'язана з можливістю виникнення різних несприятливих ситуацій в ході реалізації рішення і наслідків для досягнення встановлених цілей.

Прийняття управлінських рішень можна сказати є мистецтвом знаходження ефективного компромісу. Виходячи зі свого опиту, можна сказати, що виграш в одному майже завжди йде в збитку з іншим. Це необхідно враховувати, ухвалюючи рішення. Проблема процесу прийняття рішень складається в зіставленні мінусів з плюсами з метою отримання найбільшого загального виграшу.

Якщо рішення стосується цілої організації, то можна сказати, що всі рішення деяким образом там взаємопов'язані. Одиничне важливе рішення може спричинить сотні рішень менш значних. Великі рішення мають наслідки для всієї організації загалом, а не тільки для сегмента, що безпосередньо порушується тим або іншим рішенням.

2 ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Управлінські рішення – це певний етап процесу управління, що перетворює його в активну трудову діяльність, цілеспрямовані і узгоджені спільні дії людей. І зрозуміло, що ці рішення мають серйозні наслідки. Крім того, процес прийняття таких рішень відрізняється високою складністю, що постійно зростає.

Останнім часом найбільш значущими є такі проблеми у процесі розробки управлінських рішень:

- зросла взаємозалежність рішень, що приймаються в різних сферах;
- з'явилися дуже складні об'єкти, які вимагають прийняття відповідальних рішень;
- збільшилася кількість факторів, які необхідно враховувати при оцінюванні наслідків альтернатив;
- збільшилася кількість критеріїв оцінки альтернатив.

Якщо раніше використовувались такі критерії, як прибуток і витрати, то на сьогоднішній день з'явилися нові:

- критерій впливу на навколишнє середовище;
- критерій здоров'я нації та попередження надзвичайних ситуацій;
- критерій конкуренції на світовому ринку;
- критерій соціальної відповідальності.

Відповіддю на труднощі та відповідальність у прийнятті ділових рішень стало виникнення в середині XX століття нової наукової дисципліни – теорії прийняття рішень.

Теорія прийняття рішень розв'язує два класи задач. У зв'язку із цим у ній виділяють дві взаємозалежні складові: дескриптивну та нормативну.

Дескриптивна складова описує реальну поведінку та мислення людей у процесі прийняття рішень. Нормативна складова, навпаки, пропонує правильність прийняття рішення.

Нормативна складова є математичною, тому що вона базується на чіт-

ких математичних моделях і розрахунках. Дескриптивна складова є психологічною і ґрунтується на дослідженні психології людини [4][1)].

2.1 Нормативна теорія прийняття рішень

Нормативна теорія прийняття рішень описує ситуації прийняття рішень, в яких ми можемо вибирати між альтернативами (варіантами), що мають різні, більш чи менш вірогідні наслідки. Відповідно до цієї теорії, суб'єкт, що здійснює вибір раціональний, якщо він вибирає ту з альтернатив, яка має найбільшу суму арифметичних творів значень, що характеризують ймовірність і цінність наслідків його вибору.

У стандартному випадку мета приймається в якості заданої не в тому сенсі, що вона не може бути змінена, а в тому, що в теорії рішень не обговорюється питання про її важливості.

На специфічну ситуацію (групу, до якої ми належимо, наявні в нашому розпорядженні ресурси і т.д.).

Схематично ми можемо позначити важливі моменти цієї проблеми наступним чином:

– формулювання мети;
– оцінювання альтернатив;
– аналіз їх наслідків;
– оцінка;
– вибір.

Формулювання мети є нормативною завданням. Оцінювання важливості мети лежить поза науковою області. Але з метою пов'язано багато фактичних проблем, які відкриті для наукового дослідження.

Формулювання мети часто розуміється як частина способу, яким особа, яка приймає рішення, описує ситуацію. У стандартному випадку ми прийма-

---

[1)] [4] Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука. 1971. 384 с.

ємо, що і ситуація і мета ясно і правильно розуміються ЛПР і тим, хто його описує. (Звичайно, в реальному житті це має місце не завжди).

Є кілька альтернатив, з яких можна вибирати. Частиною ролі агента є необхідність їх усвідомлення. Однак подальше поглиблення знання вимагає, в принципі, наукової підтримки. Саме наука допомагає нам як агентам бачити більш ясно, якими альтернативами ми маємо в своєму розпорядженні і які кошти (технологія) можливі. Саме вона допомагає створенню нових інструментальних підходів.

Таким же чином за допомогою науки може бути поглиблено знання про різні наслідки кожної альтернативи. В ході різного виду наукових досліджень ми можемо отримувати досить хороші відповіді на питання про можливі наслідки наявних альтернатив і про ймовірність цих наслідків.

У теорії рішень міра ймовірності для різних наслідків отримує кількісне числове вираження. Відповідно до цього, значення, якими слідства мають для залучених в ситуацію сторін, виражають в позитивних і негативних числах.

Чим більшу вагу ми надаємо слідству, порівнюючи різні альтернативи по відповідним наслідків, тим більше (за абсолютною величиною) позитивне або негативне число ми йому приписуємо. Одночасно ми приписуємо більшу вагу більш імовірним наслідків у порівнянні з менш ймовірними. Для обліку цих двох обставин щодо одного слідства нормативна теорія рішень використовує арифметичне твір числового значення, що виражає ймовірність цього слідства, на числове значення, що виражає його цінність. Потім кожна альтернатива оцінюється сумою таких творів для всіх її наслідків. Згідно нормативної теорії рішень, раціональним є вибір альтернативи з найбільшою сумою (або найменшою, якщо сума негативна).

Нормативна теорія рішень не вважається здатною пояснити фактичне поведінка людей, але допомагає з'ясувати, яким повинен бути розумний вибір.

Задачею прийняття рішень називають пару <A, K>, де A – множина до-

пустимих альтернатив, К – критерій оптимальності, який задає няття кращих альтернатив (тобто К – це модель мети).

Рішенням задачі <А, К> є підмножина, яку можна визначити, використовуючи принципу оптимальності. Якщо принцип оптимальності являє собою множину суперечливих критеріїв, тоді це багатокритеріальна задача прийняття рішень. Важливим результатом досліджень, проведених у рамках нормативної ТПР, є розробка математичних моделей, які дозволяють знайти рішення задачі <А, К> [5][1)].

2.2 Методи і моделі прийняття рішень

Процес прийняття рішень дуже важливий, тому уміння ухвалювати рішення просто необхідне особливо в сфері управління. Теорія прийняття рішень стала наукою під час Другої світової війни, коли група вчених отримала завдання на розв'язання складної військової проблеми – необхідно було оптимально розмістити різні підрозділи цивільної оборони і вогневі позиції своєї армії. У 50-х роках ця теорія була модернізована, і стала застосовуватися для розв'язання проблем цивільної промисловості.

Теорія прийняття рішень має свої особливості:

- використовує спостереження, формулює гіпотези, підтверджує достовірність сформульованої гіпотези;
- в неї є системна орієнтація;
- розроблено і використовується дуже багато різних моделей.

Процес моделювання часто застосовується і при розв'язанні складних проблем в управлінні, оскільки моделювання ситуації допомагає побачити шляхи вирішення проблеми та уникнути поганих наслідків в реальному житті. Основою моделювання є необхідність відносного спрощення реальної життєвої ситуації або події, разом з тим це спрощення не повинне порушува-

---

[1)] [5] Авербах, Л. И. Экономико-математические методы принятия решений: краткий курс лекций/Л. И. Авербах, Я. Д. Гельруд. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2001. 192 с.

ти основних закономірностей функціонування системи, що вивчається.

Згадаємо, що модель – це аналог об'єкта-оригіналу, що відображає та замінює його істотні властивості в процесі дослідження.

Математична модель об'єкта – це опис досліджуємого об'єкта формальним способом – знаковими математичними засобами у вигляді, наприклад системи виразів, рівнянь, нерівностей і логічних відносин.

Так, прикладами економіко-математичних моделей є моделі математичної економії (виробничі функції та міжгалузеві баланси), також моделі математичного програмування(лінійне), теорії ігор, статистичні, імовірнісні та імітаційні моделі.

Методи і моделі, які використовуються при прийнятті слабоструктурованих рішень, наведені на рис.2.1 і рис.2.2.

Рисунок 2.1 – Методи і моделі, які використовуються при прийнятті слабоструктурованих рішень

Нормативна модель прийняття рішень – це засіб подання правильного

процесу прийняття рішення та його результату. Нормативні моделі показують, як слід приймати рішення.

В нормативній теорії прийняття рішень є де не вистачає інформації для здійснення точного вибору на множині альтернатив. Такі ситуації називають ситуаціями невизначеності.

Типи моделей:

- фізична модель;
- аналогова модель (графік, схема);
- математична (використання символів для опису дії або об'єктів) модель.

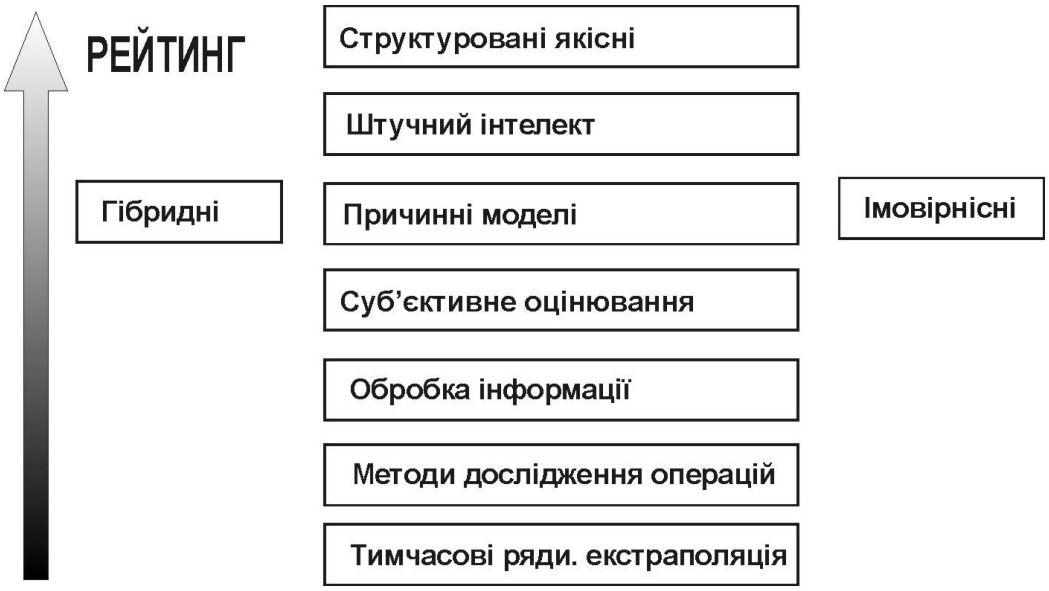


Рисунок 2.2 – Рейтинг методів і моделей для розв'язання задач, що погано структуруються

Щоб побудувати модель, необхідно пройти наступні етапи:

- постановка суті задачі;
- безпосередньо побудова моделі;
- перевірка моделі на збіг опису процесу, об'єкту або явища;
- застосування моделі;

– оновлення моделі в процесі дослідження або реалізації.

Розглянемо основні методи моделювання.

Завдяки теорії ігор моделюється вплив прийнятого рішення на конкурентів.

Теорія черг – допомагає визначити оптимальну кількість каналів обслуговування відповідно до потреб в них.

Моделювання управління запасами – визначає розміщення замовлень, готової продукції на складах.

Лінійне програмування – забезпечує оптимальний спосіб об'єднання ресурсів при наявності конкретних потреб.

Імітаційне моделювання – забезпечує практичне використання моделі замість реальної системи.

Економічний аналіз – ґрунтується на виявленні економічних умов, при яких діяльність підприємства стає вигідною. Основною умовою є ситуація, при якій загальний дохід дорівнює підсумковим витрат.

Балансові методи – ґрунтуються на побудові балансів витрат, прибутків, бюджетів і т.д.

Платіжна матриця – це метод прийняття рішення в залежності від ступеня корисності альтернативи при певних умовах, що передбачає певні грошові витрати.

Дерево рішень – це схематичне уявлення проблеми прийняття рішень. Воно дає керівникові можливість враховувати і різні напрямки дій, і співвідносити з ними фінансові результати, корегуючи їх відповідно до приписаної їм імовірності, подальше порівняння альтернатив.

Прогнозування – реалізується через моделювання майбутніх управлінських ситуацій.

Наприклад, аналіз часових рядів заснований на допущенні, що на закономірностях минулого можна прогнозувати майбутнє. Цей метод виявляє те-

нденції минулого і проектує їх в майбутнє [6][1)].

Експертні методи розробки управлінських рішень – це методи, засновані на аналізі та усередненні різними способами думок, суджень фахівців-експертів з даних питань. Часто супроводжуються створенням спеціальних робочих груп фахівців, експертної комісії. В якості експертів можуть виступати керівники, які відповідальні за прийняття важливих рішень і є досить компетентними фахівцями.

Методи експертних оцінок: Дельфі, круглий стіл, мозковий штурм, метод сценаріїв, метод середньозважених оцінок, ділова гра, японський метод «ринги».

Дельфі – один з методів експертного прогнозування, заснований на послідовній оцінці фахівцями будь-яких запропонованих альтернатив. Може бути застосований в процесі групового прийняття управлінського рішення за допомогою вибору найкращої альтернативи [7][2)].

2.3 Вимоги до методів прийняття рішень

До методів прийняття управлінських рішень висуваються такі вимоги:

- практична застосовність – метод можна застосовувати на практиці і отримувати достатньо оптимальні альтернативи і рішення;
- економічність – витрати на прийняття рішення повинні бути менше одержуваного результату, а ефект від виконаного рішення - оптимальним для даної ситуації;
- забезпечення достатньої точності розв'язання проблеми;
- достовірність – число помилок не повинно перевищувати прийнятний рівень.

Проблема вибору керівником рішення - одна з найважливіших у сучас-

---

[1)] [6] Чумаченко М. Г. Моделі і методи прийняття рішень в аналізі та аудиті: конспекти лекцій. – К.: КНЕУ. 1999 р.

[2)] [7] Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб./В.Ф. Ситник. – К.: КНЕУ. 2004. 614 с.

ній науці управління. Вона передбачає необхідність всебічної оцінки керівником конкретної обстановки і самостійність в ухваленні ним одного з кількох варіантів можливих рішень. Оскільки керівник має змогу вибирати рішення, він несе відповідальність за їх виконання. Прийняті рішення надходять у виконавчі органи і підлягають контролю за їх реалізацією. Тому управління повинно бути цілеспрямованим, повинна бути відома мета управління.

В системі управління обов'язково повинен дотримуватися принцип вибору прийнятого рішення з певного набору рішень. Чим більше вибір, тим ефективніше управління. При виборі управлінського рішення до нього пред'являються вимоги обґрунтованості, оптимальності вибору, правомочності рішення, стислості, ясності, конкретності в часі, адресність і оперативність виконання [8][1)].

2.4 Ознаки класифікації задач прийняття рішень

Критерій прийняття рішень – це функція, що визначає правило, по якому вибирається прийнятний або оптимальний варіант рішення, він виражає переваги особи, що ухвалює рішення [9][2)].

Існують різні ознаки класифікації задач прийняття рішень. По степеню або умовам, в яких ухвалюються рішення, розрізняють наступні види задач.

1. Прийняття рішень в умовах повної невизначеності, тобто коли взагалі немає початкових даних і експерти завдяки своїй інтуїції і досвіду формулюють рішення.
2. Прийняття рішень в умовах невизначеності, тобто відомі окремі характеристики альтернатив в різних ситуаціях, проте відомості щодо ймовірності ситуації відсутні. При цьому зміна ситуацій може носити

[1)] [8] Шаповал О.А. Місце оцінювання в системі управління персоналом підприємства . Глобальні та національні проблеми економіки. 2016. № 10. с. 550–553.

[2)] [9] Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. –М.: Наука 1976. 328 с.

нейтральний характер (гра з природою) або протидіючий конфліктний характер.

3. Прийняття рішень в умовах часткової невизначеності або ризику, це коли відома ймовірність можливих ситуацій для різних варіантів.
4. Прийняття рішень в умовах визначеності, коли вся необхідна інформація для прийняття рішення точно відома.

У більшості реальних задач міститься невизначеність в тому або іншому вигляді. Також можна сказати, що рішення задач з урахуванням різного виду невизначеностей є більш загальним випадком, а прийняття рішень без урахування невизначеностей – приватним. Однак, через концептуальні і методичні труднощі на даний момент не існує єдиного методологічного підходу до рішення таких задач. На сьогоднішній день, накопичено достатньо велике число методів формалізації постановки і прийняття рішень з урахуванням невизначеностей.

При використанні цих методів слід мати на увазі, що всі вони носять рекомендаційний характер, і вибір остаточного рішення завжди залишається за людиною.

Невизначені чинники, закон розподілу яких невідомий, є найхарактернішими при дослідженні якості адаптивних систем. Саме на цей випадок слід орієнтуватися при виборі гнучких конструкторських рішень.

Методичний облік таких чинників базується на формуванні спеціальних критеріїв, на основі яких ухвалюються рішення. Критерії Вальда, Севіджа, Гурвіца і Лапласа вже давно і міцно увійшли до теорії прийняття рішень.

Всяке рішення в умовах неповної інформації приймається з урахуванням кількісних характеристик ситуацій, в якій ухвалюються рішення.

Дуже часто приймають наступні критерії: критерій Гурвіца, критерії прийняття рішень Севіджа, критерій Гермейєра, критерій Ходжа-Лімона, відповідності з рішень: мінімаксний критерій, критерій Байєса – Лапласа, критерій з якою-небудь цінною інформацією, вибір якої повинен здійснюватися,

критерій добутків, складовий критерій Байєса-Лапласа мінімаксний.

Наведені критерії можна обчислювати по черзі, потім аналізувати та виділити остаточне рішення. Це дозволяє, по-перше, краще проникнути у всі внутрішні зв'язки проблеми прийняття рішення і, по-друге, ослабити вплив суб'єктивного чинника.

Залежно від умов проведення операції (умов зовнішнього середовища) і ступеню поінформованості відповідальної особи, прийнята така класифікація задач прийняття рішень:

- в умовах визначеності;
- в умовах невизначеності, а саме в умовах гри з розумним противником і в умовах гри з природою.

2.5 Прийняття рішення в умовах визначеності

Коли є визначеність, тобто достатньо інформації про можливі стани та суті явищ, можна точно сказати, яке рішення буде прийнято. Особа, яка приймає рішення в цьому випадку просто вибирає ту стратегію або напрям своїх дій, які принесуть максимальну віддачу. У загальному випадку можна сказати, що вироблення рішень в умовах визначеності спрямована саме на пошук максимальної віддачі або у вигляді максимізації вигоди (доходу, прибутку йди корисності), або мінімізації витрат [10][1)].

2.6 Прийняття рішення в умовах невизначеності

Реальні задачі дослідження операцій, окрім заданих і заздалегідь відомих умов α_1, α_2, ... та елементів рішення x_1, x_2, ..., містять ще і невідомі фактори Y1, Y2, ... Показник ефективності операції W залежить під усіх трьох груп факторів:

[1)] [10] Макаров И.М., Виноградская Т.М. Теория выбора и принятия решений. Учебное пособие. – М.: Наука. 1982. 328 с.

$$W = W(\alpha_1, \alpha_2, ..., x_1, x_2, ..., Y_1, Y_2, ...) \quad (2.1)$$

Оскільки показник W залежить від невідомих факторів Y_1, Y_2, ...,то навіть при заданих $\alpha_1, \alpha_2, ...$ та $x_1, x_2, ...$ він не може бути вирахуваний і залишається невизначений. Задача пошуку оптимального рішення теж втрачає визначеність, так як не можна максимізувати невідому величину Y. Наявність невідомих факторів Y переводить задачу в нову площину: це вже задача про вибір рішення в умовах невизначеності. Сформулюємо її: при заданих умовах α_1, α_2, ... з урахуванням невідомих факторів Y_1, Y_2,... знайти таке рішення $x_1, x_2, ...$, яке, по можливості, забезпечувало би максимальне значення показника ефективності операції W .

Якщо умови проведення операції невідомі, нам не вдасться оптимізувати рішення так успішно, як за умови наявності інформації. Тому будь-яке рішення, прийняте в умовах невизначеності, гірше за рішення, прийняте в заздалегідь відомих умовах.

2.6.1 Поняття невизначеності

Невизначеність – це неповнота та неточність інформації про умови реалізації прийнятого рішення.

Виділяють 3 класи невизначеності:

- невизначеність елементів проблеми – недостатній набір знань про проблему, щодо якої приймається рішення;
- цільова невизначеність – особа, що приймає рішення, неточно розуміє свої цілі;
- невизначеність середовища – невідомі наслідки реалізації альтернатив, що пов’язане з неможливістю точного врахування розвитку навколишнього середовища.

Залежно від наявності факторів невизначеності середовища, ситуації прийняття рішень можна розділити на 3 групи:

- ситуації визначеності, коли є повна інформація про ситуацію;
- ситуації ризику, коли відомі імовірності настання можливих станів зовнішнього середовища;
- ситуації невизначеності, коли імовірності настання тих або інших станів середовища визначити неможливо.

Більш докладну класифікацію ситуацій прийняття рішень, залежно від повноти та суперечливості наявної інформації, подано в табл. 2.1.

Основним джерелом невизначеності є зовнішнє середовище об'єкта управління.

Таблиця 2.1 – Класифікація ситуацій прийняття рішень залежно від наявності елементів невизначеності та ризику

Клас ситуації	Категорії ситуацій	Характерні особливості
Ситуації закритих рішень (структуровані проблеми)	Детерміновані ситуації	Правильно визначені цілі. Доступність інформації. Детерміновані фактори
	Ситуації ризику	Добре визначені цілі. Доступність інформації. Змінні та післядії є стохастичними
Ситуації відкритих рішень	Ситуації невизначеності (слабоструктуровані проблеми)	Добре визначені цілі. Невизначеність вхідної інформації
	Ситуації неясних цілей (неструктуровані проблеми)	Неясні цілі. Невизначеність вхідної інформації
Кризові ситуації	Посилені відкриті рішення (неструктуровані проблеми)	Неясні цілі. Невизначеність вхідної інформації. Сильні часові обмеження

Невизначеність середовища призводить до невідомих наслідків реалізації розглянутих альтернатив, що значно ускладнює вибір прийнятних дій,

спрямованих на вирішення проблеми [11][1)].

2.6.2 Природа та види невизначеності

Виникаючі в управлінській діяльності несподівані ситуації нерідко вимагають термінових і часто неординарних дій, пов'язаних з ризиком, що з'явилися проблеми і пов'язаний з їх рішенням ризик може мати явний і неявний характер.

Все залежить від інформації, що надходить. У першому випадку вона більш певна, у другому – слабо сигналізує про небезпеку, що насувається. Дуже важливо не ігнорувати сигнали, а посилити спостереження за ходом подій.

Раннє виявлення небезпеки можливо при постійній увазі до перспективного планування, що вимагає поглибленого аналізу різноманітних факторів. Завчасне виявлення ознак потенційних несприятливих ситуацій дасть виграш у часі для оцінки ступеня загроз, вироблення конкретних дій і визначення необхідних витрат ресурсів.

За критерієм визначеності інформації розрізняють рішення, прийняті в умовах:

– визначеності;

– ймовірнісної визначеності (ризику);

– в умовах невизначеності (ненадійності).

Сутність невизначеності проявляється в тому, що при необмеженій кількості можливих майбутніх станів оцінка ймовірності настання кожного з них неможлива через відсутність способів оцінки. Критерій вибору рішень в цих обставинах визначається схильностями і суб'єктивними оцінками ОПР. Завдання вирішується зменшенням невизначеності шляхом зведення її до

[1)] [11] Ситник, В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник/В. Ф. Ситник. – К.: КНЕУ. 2003.

умов ризику. Значну роль при цьому відіграє постановка таких питань:

– наскільки велика існуюча невизначеність;
– що слід зробити, щоб се зменшити;
– які витрати на її зменшення;
– як зміниться ступінь невизначеності при реалізації обраної альтернативи?

Вирішальне слово залишається за керівником, хоча не виключається обговорення проблем з колегами, експертами, представниками громадських органів. Важлива при цьому роль евристичних здібностей ОПР. Часто такі рішення доводиться приймати у швидко мінливій обстановці.

Залежно від причин виникнення розрізняють кілька видів невизначеності:

– кількісна невизначеність, обумовлена значним числом об'єктів або елементів ситуації;
– інформаційна невизначеність, викликана браком інформації або се неточністю;
– вартісна невизначеність, пов'язана з дорогою (або недоступною) платою за визначеність;
– професійна невизначеність як наслідок недостатнього професіоналізму ОПР;
– обмежувальна невизначеність, викликана обмеженнями в ситуації прийняття рішення (обмеження за часом, за вартістю та ін.);
– невизначеність зовнішнього середовища, пов'язана з її поведінкою або реакцією конкурентів на прийняття рішень.

2.6.3 Невизначеність як першоджерело ризику

Теорія прийняття рішень виділяє три можливих ситуації вибору рішення:

- вибір при визначеності – є можливість заздалегідь визначити результат рішення;
- вибір в умовах ризику – є імовірність настання можливих наслідків, але результат заздалегідь точно невідомий;
- вибір в умовах невизначеності – повністю відсутня інформація про імовірність наслідків рішення і результат має випадковий характер.

З практичної точки зору межа між другою та третьою можливими ситуаціями не достатньо чітко визначена, якщо ймовірністю вважати те, що ми звикли називати ймовірністю, тобто ступінь впевненості людини буде один чи інший результат.

Однак такі поняття як «ризик» і «невизначеність» необхідно чітко розрізняти. Ризик – коли ймовірність у настання невідомих подій надто висока і її можна оцінити кількісно, а невизначеність – коли заздалегідь неможливо оцінити ймовірність настання таких подій. Зрозуміло, що у реальній ситуації управлінські рішення практично завжди пов’язані з ризиком, що зумовлений наявністю ряду непередбачених факторів невизначеності.

Наприклад, за відсутністю невизначеності будь-які розходження між виручкою і витратами будуть усунені в процесі конкуренції, а прибуток дорівнюватиме нулю. Реальний світ постійно змінюється і тому завжди невизначений.

Ризики – не є надбанням чи недоліком, тому що це обов’язковий атрибут функціонування суб’єктів ринкової економіки. Більше того, відсутність ризику зашкоджує економіці, підриває її динамічність та ефективність. Це пов’язано з різними причинами, а не тільки з тісним зв’язком між прибутковістю та ризикованістю.

Звісно, невизначеність і ризик у господарській діяльності відіграють важливу роль, саме вони показують протиріччя між планованим і дійсним, тобто джерело розвитку підприємницької діяльності.

Ризиків у господарській діяльності практично не можливо уникнути. А щоб одержати економічний прибуток доводиться свідомо йти на прийняття

ризикового рішення.

Прийняття рішень за умов невизначеності можна характеризувати тим, що неможливо однозначно передбачити наслідки саме цих рішень, навіть якщо вони спрогнозвані. Таким чином, варіанти, що розглянуті, в економічній діяльності є варіантами з різним рівнем сподіваного прибутку і характеризуються різною імовірністю (об'єктивною чи суб'єктивною), що прибуток буде досягнуто власне на відповідному сподіваному рівні. А саме це призводить до того, що прибуток стає випадковою величиною, яку можна максимізувати лише за умов прийняття ряду гіпотез та коли у менеджера наявна певна схильність до ризику як міри [12][1)].

2.6.4 Постановка задачі вибору критерію прийняття рішення в умовах невизначеності

Багато рішень доводиться приймати в умовах, коли необхідно вибирати з кількох можливих варіантів (альтернатив), результати, до яких приведе вибір, важко подальше спрогнозувати. Саме через невизначеність неможливо прийняти рішення щодо певної проблемної ситуації [13][2)].

Якщо на теоретичному рівні ця ситуація достатньо добре розроблена, то на практиці застосування формалізованих алгоритмів аналізу дуже обмежене. І основні труднощі полягають вже в тому, що неможливо оцінити імовірність появи наслідків прийнятих рішень. Тому використовують критерії, щоб вибрати оптимальну стратегію в ситуації невизначеності. Кожен з критеріїв передбачає для оптимального рішення використовувати тільки одну конкретну так звану «чисту» стратегію. Але в деяких випадках краще не дотримуватися однієї стратегії, а застосовувати декілька («мішану» стратегію). За наявності кількох альтернативних станів зовнішнього середовища і внут-

---

[1)] [12] Вітлінський В. В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: навч. посібник/Вітлінський В. В., Верчено П. І. К.: КНЕУ, 2000. 292 с.

[2)] [13] Губанов В.А., Захаров В.В., Коваленко А.Н. Введение в системный анализ: Учебное пособие. Л.: ЛГУ. 1988. 232 с.

рішніх умов підприємства, їм відповідають належні значення вих функцій. Якщо жодна з альтернатив не домінуватиме, то постає задача вибору рішення із застосуванням правил і критеріїв теорії прийняття рішень.

Щоб прийняти рішення в умовах невизначеності та ризику за допомогою статичної ігрової моделі, вхідна інформація подається у вигляді відповідної матриці, рядки якої – це можливі альтернативні рішення, а стовпчики – стани системи (середовища).

Кожній альтернативі рішень і кожному стану системи (середовища) відповідає результат (наслідок рішення), який визначає витрати або виграш за вибір даної альтернативи рішення та реалізації даного стану системи.

У дискретному випадку дані задаються у формі матриці, представленої в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Матриця прибутків

	S_1	...	S_m
A_1	a_{11}	...	a_{1m}
...	...	...	...
A_n	a_{n1}	...	a_{nm}

де A_i – альтернатива і-го рішення (i = n); S_j – можливий j-стан навколишнього середовища (j = 1, m); a_{ij} – результат (наслідок рішення).

У загальному вигляді a_{ij} – неперервна функція аргументів A_i та S_i, що означає вартість капіталу, прийняту альтернативою j за стану навколишнього середовища і.

Така матриця придатна для ситуації, коли:

- для станів навколишнього середовища, що моделюються існує кінцева кількість розглянутих альтернатив дій;
- доречна функція результатів, яка зараховує кожній альтернативі однозначний ефект у формі, наприклад, вартості капіталу, доходів, прибутків тощо;

– самою важливою цільовою величиною буде отриманий прибуток або вартість капіталу (зазнаний збиток).

2.7 Моделі прийняття рішень в умовах невизначеності

Вихідна інформація для прийняття рішень у ситуаціях невизначеності та ризику подається у вигляді базової моделі прийняття рішень, яку називають також таблицею виплат (табл. 2.3).

У таблиці виплат використані такі позначення:

$A = \{A_i\}$ – множина альтернатив;

$S = \{S_j\}$ – множина можливих станів зовнішнього середовища;

P_j – імовірність настання j-го стану середовища;

Y_{ij} – наслідки і-ї альтернативи у випадку настання j-го стану середовища;

K_i – очікуваний ефект від вибору і-ї альтернативи, розрахований з урахуванням наслідків даної альтернативи в кожному з імовірних станів зовнішнього середовища.

Таблиця 2.3 – Базова модель прийняття рішень в умовах ризику

Альтернатива	Стан зовнішнього середовища			Очікуваний ефект
	Стан S_1 Імовірність P_1	Стан S_j Імовірність P_j	Стан S_m Імовірність P_m	
A_1	Y_{11}	Y_{1j}	Y_{1m}	K_1
…	…	…	…	…
A_n	Y_{n1}	Y_{nj}	Y_{nm}	K_n

Як видно з табл. 2.3, у задачі з елементами невизначеності або ризику в загальному випадку немає однозначно найкращої альтернативи: при різних варіантах розвитку зовнішнього середовища найкращий результат забезпечу-

ється різними альтернативами. У подібних випадках не існує і однозначного підходу до вибору оптимального рішення.

Для прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику є стандартний набір моделей, які базуються на критеріях Байєса, Вальда та «оптимізму» [14][1)].

2.8 Критерії оптимальності за умов повної невизначеності

У своїй діяльності суб'єкти підприємництва стають перед певними проявами елементів ризику та невизначеності у процесі прийняття своїх управлінських рішень. У господарській діяльності найбільш частим на практиці є випадок, коли є кінцева кількість варіантів вибору рішень $B_1,...,B_m$ (причому кожному варіанту відповідає деякий результат r_i, $i=1,..,m$) та необхідно знайти варіант з найбільшим значенням результату, тобто метою вибору є максимальне значення r_i. В якості r_i може бути узятий прибуток, валовий дохід або деяка характеристика стійкості промислового виробництва, а також інші показники. Протилежну ситуацію з оцінкою витрат або втрат можна дослідити шляхом мінімізації оцінки або введення від'ємних величин корисності.

Таким чином, вибір оптимального варіанта проводиться за допомогою такого критерію:

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i r_i \right\}. \qquad (2.2)$$

Вибір оптимального варіанта не є однозначним, оскільки максимальне значення r_i може досягатися одразу в багатьох варіантах вибору.

У розглянутому випадку кожному варіанту рішення відповідає єдине

[1)] [14] Управление в условиях неопределённости/пер. с англ. М. : Альпина Бизнес Букс. 2006. 213 с.

(зовнішнє) становище, тобто однозначно визначається єдиний результат. Цей випадок є достатньо простим та частим. У більш складних випадках кожному допустимому варіанту прийняття рішення B_i внаслідок різноманітних зовнішніх умов Y_j, $j = \overline{1,n}$ відповідають різноманітні результати r_{ij} рішень. Таким чином, сім'я рішень описується матрицею

$$R = \left| r_{ij} \right|_{\substack{i=1,\dots,m \\ j=1,\dots,n}}. \qquad (2.3)$$

Щоб перейти до однозначного та найбільш вигідного варіанта рішення, вводяться оціночні (цільові) функції. При цьому матриця рішень $\left| r_{ij} \right|$ зводиться до одного стовпчика. Подібні задачі діляться на два класи. Перший клас – це задачі прийняття рішень за умов невизначеності, коли немає ніякої інформації про ймовірність виникнення кожного з можливих станів природи. По-друге, це задачі прийняття рішень за умов ризику, коли можна дати певну (об'єктивну або суб'єктивну) оцінку імовірному розподілу станів природи, тобто коли імовірності виникнення кожного з можливих станів навколишнього середовища можна вважати відомими.

Розглянемо критерії, що належать до першої групи.

Критерії прийняття рішень в іграх з «природою». Розглянемо ігри, в яких один з гравців байдужий до виграшу і не прагне скористатися промахами другого учасника. Так буває, коли в якості одного з гравців виступає «природа». Під терміном «природа» будемо розуміти комплекс зовнішніх обставин, при яких доводиться приймати рішення. Така гра виникає, коли заздалегідь невідомий купівельний попит на вироблену продукцію чи обсяг перевезень, який повинна виконати залізниця і т.д. Гру такого типу називають грою з «природою».

Нехай гравець А може використовувати лише стратегії $A_1, A_2, \dots, A_m$. Природа $П$ також володіє безліччю стратегій $П_1, П_2, \dots, П_n$. Під стратегією

природи будемо розуміти сукупність зовнішніх умов (або стану природи), в яких гравцеві А доводиться вибирати свою стратегію. З колишнього досвіду гравцеві А зазвичай відомі можливі стани природи, а іноді і ймовірності, з якими природа реалізує їх. Якщо гравець A має можливість оцінити наслідки застосування кожної своєї чистої стратегії A_i залежно від будь–якого стану $П_j$ природи, тобто якщо йому відомий чисельний результат a_{ij} для кожної допустимої комбінації $(A_i;П_j)$, то гру можна задати платіжної матрицею $(a_{ij})_{mn}$.

Іноді вигідно від платіжної матриці перейти до матриці ризиків, яка більш чітко виявляє перевагу однієї стратегії в порівнянні з іншою при даному стані природи. Ризиком називають величину

$$r_{ij} = \beta_j - \alpha_{ij} \geq 0; \qquad (2.4)$$

де $\beta_j = \max\limits_i \alpha_{ij}$ – максимально можливий виграш гравця А при стані $П_j$ (максимальний елемент j–го стовпця платіжної матриці).

Розглянемо критерії, на основі яких гравець А приймає рішення, аналізуючи матрицю виграшів або матрицю ризиків.

2.8.1 Мінімаксний критерій (критерій Вальда, песимістичний)

Відповідно до цього критерію з альтернатив a_j вибирають ту, яка при самому несприятливому стані зовнішнього середовища, має найбільше значення показника. Тому в кожному рядку матриці фіксують альтернативи з мінімальним значенням показника і із зазначених мінімальних вибирають максимальне. Пріоритет отримує альтернатива а* з максимальним значенням з усіх мінімальних альтернатив.

В цьому випадку приймається рішення з мінімальною готовийністю до ризику, припускаючи максимум негативного розвитку стану зовнішнього се-

редовища і з огляду на найменш сприятливий розвиток для кожної альтернативи.

За критерієм Ваальда ОПР вибирають ту стратегію, яка гарантує максимальне значення самого гіршого виграшу (принцип максиміна).

Він може бути використован в тих ситуаціях, коли обирається стратегія управління, виходячи з вимоги отримання максимально можливого прибутку (виграшу) в найгірших умовах. Звісно, можна застосовувати цей критерій у випадках, коли: помилки у виборі стратегії поведінки можуть призвести до катастрофічних наслідків; коли рішення можна застосовувати тільки один раз і в майбутньому його вже не вдасться змінити.

$$Z_{mm} = \max_i r_{i0};\ r_{i0} = \min_i r_{ij}, \tag{2.5}$$

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i \min_j r_{ij} \right\}. \tag{2.6}$$

Правило вибору рішень у відповідності до критерію Вальда можна сформулювати так: матриця рішень доповнюється ще одним стовпчиком з найменших результатів r_i кожного рядка. Необхідно вибирати ті варіанти, у рядках яких є найбільші значення r_i цього стовпчика.

Застосування критерію Вальда буває виправданим, коли ситуація, в якій приймається рішення, має такі характеристики:

- про можливість прояву зовнішніх станів Y_j нічого не відомо;
- доводиться рахуватися з проявом різних зовнішніх станів Y_j;
- рішення реалізується тільки один раз;
- необхідно виключити будь-який ризик.

Критерій Вальда виражає позицію крайньої обережності. Ця властивість дозволяє вважати даний критерій одним з фундаментальних. Однак теза про відсутність ризику може привести до варіантів, які не забезпечують виживання суб’єкта господарювання в умовах ринку.

2.8.2 Правило максимакс

За цим критерієм визначається варіант рішення, який максимізує максимальні виграші – наприклад, доходи – для кожного варіанта ситуації. Це критерій крайнього («рожевого») оптимізму, за яким найкращим є рішення, що дає максимальний виграш.

Використовуючи це правило, визначають максимальні значення для кожного рядка та вибирають найбільше з них. Критерій азартного гравця:

$$Z_{ai} = \max_i r_{i0};\ r_{i0} = \max_i r_{ij}\,, \tag{2.7}$$

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i \max_j r_{ij} \right\} \tag{2.8}$$

Даний критерій іноді називають критерієм оптимізму. Вибір рішення відбувається так: матриця рішення додається ще одним стовпчиком з найбільших результатів r_{i0} кожного рядка. Необхідно вибрати ті варіанти, у рядках яких є найбільше значення r_{i0} цього стовпчика.

2.8.3 Критерій Севіджа

Величину a_{ij} можна трактувати як втрати, що виникають при зовнішньому стані Y_j при заміні оптимального варіанта рішення на варіант B_i. Тоді a_{ij} позначає максимальні втрати при виборі варіанта B_i (при усіх можливих станах Y_j). За рахунок вибору відповідного варіанта B_i ці максимальні втрати мінімізуються.

$$a_{ij} = \max_i r_{ij} - r_{ij};\ r_{i0} = \max_j a_{ij} = \max_j (\max_i r_{ij} - r_{ij})\,, \tag{2.9}$$

$$Z_S = \min_i r_{i0} = \min_i \left[\max_j (\max_i r_{ij} - r_{ij}) \right],$$

(2.10)

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \min_i r_{i0} \right\}. \quad (2.11)$$

Оцінка альтернатив проводиться не по вихідній матриці, а по так званій «матриці жалю» або, як її ще називають в деяких джерелах, «матриці ризиків».

Для довільної альтернативи і конкретного стану природи величина «жалю» дорівнює різниці між тим, що забезпечує дана альтернатива, і тим, скільки максимально можна виграти при цьому стані. З економічної точки зору величину «жалю» можна трактувати як недоотриманий виграш (або упущену вигоду) у порівнянні з максимально можливим при даному стані природи.

Розглянемо, яким чином слід вибирати найкращу альтернативу, керуючись критерієм Севіджа.

Наведемо порядок застосування критерію Севіджа.

1. Для кожного стану природи j (стовпчик матриці) визначимо максимальне значення виграшу Y_j.
2. Для кожної клітини вихідної матриці X знайдемо різницю між максимальним виграшем r_j для даного стану природи і результатом в розглянутій осередку $X_{ij.}$ З отриманих значень складемо нову матрицю R – «матрицю жалю» або, як її ще можна назвати, матрицю недоотриманих виграшів.
3. Для кожної альтернативи в новій матриці R знайдемо найбільший можливий недоотриманий виграш («максимальне співчуття»). Це і буде оцінкою даної альтернативи за критерієм Севіджа S_i.
4. Оптимальною може бути визнана альтернатива з мінімальним найбі-

льшим недоотриманими виграшем.

2.8.4 Критерій нейтрального гравця

Розглянемо і опишемо критерій нейтрального гравця. Вибір рішення відбувається так: матриця рішень доповнюється ще одним стовпчиком із середньоарифметичних результатів r_{ij} кожного рядка.

$$Z_{nn} = \max_i r_{i0};\ r_{ir} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} r_{ij}\ , \tag{2.12}$$

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} r_{ij} \right\}. \tag{2.13}$$

Необхідно вибрати ті варіанти, у рядках яких є найбільше r_{ij} значення стовпця.

2.8.5 Критерій Гурвіца

Оціночна функція даного критерію врівноважує точку зору «крайнього песимізму» та «граничного оптимізму» (авантюрний ризик). Це правило називають ще правилом оптимізму-песимізму.

В аналітичному вигляді його можна навести такими рівностями:

$$Z_{HW} = \max_i r_{ip};\ r_{ip} = \alpha \min_j r_{ij} + (1-\alpha)\max_j r_{ij}\ , \tag{2.14}$$

де α – ваговий коефіцієнт, тоді

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i \left[\alpha \min_j r_{ij} + (1-\alpha) \max_j r_{ij} \right] \wedge 0 \le \alpha \le 1 \right\} \quad (2.15)$$

При α=1 отримуємо критерій Вальда. Найчастіше даний коефіцієнт береться у проміжку 0,2–0,7 (приблизно α=0,5), тобто береться деяка "середня" точка зору. Іноді аналізується вже прийняте рішення та розраховується множник α. Це дозволяє оцінити степінь оптимізму (чи песимізму) особи, що приймає рішення.

Критерій Гурвіца застосовується у тому випадку, коли:

- про імовірності проявлення стану Y_j нічого не відомо;
- з проявленням стану Y_j необхідно рахуватись;
- реалізується тільки мала кількість рішень;
- допускається деякий ризик.

До другої групи критеріїв можна віднести критерії Гермейєра, Байєса-Лапласа, Ходжа-Лемана, розширений мінімаксимальний.

2.8.6 Критерій Байєса-Лапласа

Критерій Байєса-Лапласа – враховує імовірність q_j проявлення зовнішнього стану Y_j. Ця обставина важлива, якщо накопичена імовірність проявлення зовнішніх умов (метеорологічних, кон'юнктурних та інших).

Відповідне правило вибору можна інтерпретувати так: матриця рішень доповнюється ще одним стовпчиком, який містить математичне очікування значень кожного із рядків. Вибираються ті варіанти, у рядках яких є найбільше значення r_{ij} цього стовпчика.

$$Z_{BL} = \max_i r_{ip};\ r_{ip} = \sum_{j=1}^{n} r_{ij} q_j\ , \quad (2.16)$$

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i \sum_{j=1}^{n} r_{ij} q_j \wedge \sum_{j=1}^{n} q_j \right\} \qquad (2.17)$$

При цьому вважається, що ситуація, у якій приймається рішення, характеризується такими обставинами:

- імовірності проявлення стану Y_j відомі та не залежать від часу;
- рішення реалізується (теоретично) нескінчену кількість разів;
- для малого числа реалізацій рішення допускається деякий ризик.

При достатньо великій кількості реалізацій середнє значення поступово стабілізується. Тому при повній (нескінченій) реалізації будь-який ризик практично виключений.

Таким чином, у критерії Байєса-Лапласа максимізується математичне очікування значень кожного із рядків матриці R. Використання даного критерію передбачає більш високий рівень інформованості та достатньо довгі вибірки дослідів. Тобто оптимізація досягається при довгостроковому періоді застосування, а при короткостроковому періоді застосування рішення можуть отримуватися неоптимальними.

Розширений мінімаксний критерій визначає довгострокову стратегію обережного гравця.

Нехай імовірність q_j відповідає стануY$_j$. Постійний вибір варіанта B_i приводить до середнього результату $\sum_{j=1}^{n} r_{ij} q_j$. Якщо ж варіанти (стратегії) B_i застосовувати з імовірністю p_i, то отримаємо середній результат:

$$r(p,q) = \max_p \min_q \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} r_{ij} p_i q_j \, . \qquad (2.18)$$

У зв’язку з тим, що q_j невідомі, а вибір p_i у наших можливостях, то орієнтуємося на гіршу розстановку зовнішніх умов, максимізуємо виграш за рахунок вибору оптимальних ймовірностей змішаної стратегії p_i, отримуємо

критерій

$$B(p_0)=\left\{B(p_0)\middle|B(p_0)\in B\wedge r(p_0q_0)=\max_p\min_q\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}r_{ij}p_iq_j\wedge\sum_{1}^{m}p_i=\sum_{1}^{n}q_j=1\right\} \quad (2.19)$$

Розглянутий критерій орієнтований на багатократно відтворювану ситуацію, коли відомі ймовірності стану Y_j. Передбачається, що Y_j розподілені найневигіднішим чином, тобто зовнішні умови у довгостроковому плані складаються найгіршим чином.

2.8.7 Критерій Лапласа

Критерій рівноможливих станів заснований на припущенні Лапласа, згідно з яким, якщо ймовірності станів абсолютно невідомі. то вони передбачаються рівними, тобто $q_1=...=q_n=1/n$. Тоді величина $\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}r_{ij}$, або більше проста величина $\sum_{j=1}^{n}r_{ij}$ являє собою показник неефективності стратегії A_i за критерієм Лапласа щодо ризиків. Отже, оптимальною серед чистих стратегій за критерієм Лапласа щодо ризиків є стратегія A_{i0}, показник неефективності $\sum_{j=1}^{n}r_{i_0j}$ якої мінімальний.

Показник неефективності змішаної стратегії P за критерієм Лапласа щодо ризиків має вигляд:

$$r(p)=\min_{i=1,...n}\sum_{j=1}^{n}r_{ij}\ . \quad (2.20)$$

Стратегія P для якої показник r(p) приймає мінімальне значення, є оптимальною серед усіх стратегій. Критерії Лапласа щодо виграшів та щодо

ризиків еквівалентні.

2.8.8 Критерій відносних значень ймовірностей станів природи з урахуванням виграшів (ризиків)

У практиці прийняття рішень часто зустрічається випадок, коли нам невідомі ймовірності станів природи, але ми маємо уявлення про те, які стани природи більш правдоподібні, які менш правдоподібні, а які равноправдоподібні. Тому ми можемо розташувати (невідомі) ймовірності станів природи у вигляді спадної або зростаючій послідовності. Для простоти припустимо, що розташування $q_1,..., q_n$ вже і є монотонна послідовність. Якщо, наприклад, ця послідовність строго убуває, то правдоподібніше всіх стан $П_1$, потім за степенем правдоподібності слідує стан $П_2$, і т.д., найменшою правдоподібністю володіє стан $П_n$. Не знаючи, на скільки одна ймовірність стану природи відрізняється від іншої, можна імовірно додати їм відносні значення, пропорційні членам деякої (підходящої на наш погляд) монотонної послідовності позитивних чисел $\tau_1,..., \tau_n$, тобто

$$q_1 : q_2 : q_3 : ... :q_n = \tau_1 : \tau_2 : \tau_3 : ... :\tau_n . \qquad (2.21)$$

При цьому слід враховувати нормувальну рівність

$$\sum_{k=1}^{n} q_k = 1. \qquad (2.22)$$

Імовірність j-ого стовпця визначається за формулою:

$$q_j = \frac{\tau_j}{\sum_{k=1}^{n} \tau_k}. \qquad (2.23)$$

Показником ефективності стратегії A_i є величина a_i, i=1,..., m розглядають величину:

$$a_i = \sum_{j=1}^{n} \tau_j a_{ij}. \qquad (2.24)$$

Оптимальною серед чистих стратегій з даного критерію є стратегія з максимальним показником ефективності

$$a = \max_i a_i. \qquad (2.25)$$

Показник неефективності стратегії критерієм відносних значень ймовірностей станів природи з урахуванням ризиків обчислюється за формулою:

$$\bar{r}_i = \sum_{j=1}^{n} \tau_j r_{ij}, \text{ i=1,..., m.} \qquad (2.26)$$

Оптимальною серед чистих стратегій з обговорюваного критерієм є стратегія з мінімальним показником неефективності (2.26).

2.8.9 Критерій Ходжа-Лемана

За допомогою параметра γ у цьому критерії вибирається ступінь довіри до розподілення ймовірностей, що використовується. Якщо ця довіра велика, то результати близькі до результатів за критерієм Байєса-Лапласа, у протилежному разі перевага надається критерію Вальда. Оціночна γ-функція визначається рівністю

$$Z_{HL} = \max_i r_{ip};\ r_{ip} = \gamma \sum_{j=1}^{n} r_{ij} q_j + (1-\gamma) \min_j r_{ij},\ 0 \le \gamma \le 1, \qquad (2.27)$$

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i \left[\gamma \sum_{j=1}^{n} r_{ij} q_j + (1-\gamma) \min_j r_{ij} \right] \wedge 0 \le \gamma \le 1 \right\} \qquad (2.28)$$

Для застосування критерію Ходжа-Лемана бажано, щоб ситуація, у якій приймається рішення, задовольняла властивості:

– імовірності прояву стану Y_j точно невідомі, але деякі припущення про розподіл ймовірностей можливі;
– прийняте рішення теоретично допускає нескінчену кількість реалізацій;
– при малих числах реалізації допускається деякий риск.

2.8.10 Критерій Гермейєра

Даний критерій орієнтований на величини втрат, тобто на від'ємні значення r_{ij}. Маємо

$$Z_G = \max_i r_{ip};\ r_{ip} = \min_j r_{ij} q_j\ , \qquad (2.29)$$

$$B_0 = \left\{ B_{i0} \middle| B_{i0} \in B \wedge r_{i0} = \max_i \min_j r_{ij} q_j \wedge l_{ij} < 0 \right\} \qquad (2.30)$$

Умови його застосування такі:

– імовірності появи стану Yj відомі;
– із з'явленням тих чи інших станів окремо або у комплексі необхідно рахуватись;
– допускається деякий ризик;
– рішення може реалізовуватись один або декілька разів.

Якщо функція розподілення відома не дуже надійно, а числа реалізації

малі, то, використовуючи критерій Гермейєра, отримують великий ризик.

Якщо взяти до уваги, що кожний з наведених критеріїв використовується для прийняття рішень на перспективу, то необхідно зауважити, що усі вони мають один недолік – жоден з них не враховує у собі часового фактору, а саме вартість грошей у різні моменти часу.

Відомо, що неможливо порівнювати грошові суми у різні моменти часу, оскільки вони підпадають під дію різних економічних процесів (інфляція та інші). Тому для коригування вартості грошей у часі та для забезпечення прийняття більш правильних рішень нами пропонується застосовувати принцип дисконтування грошових сум, які використовуються для аналізу за допомогою зазначених критеріїв. Цього можна досягнути, замінивши у вищенаведених формулах r_{ij} на $r_{ij} \big/ (1+d)^t$, де $(1+d)^t$ – коефіцієнт дисконтування.

Підсумовуючи вище наведене, можна зробити висновок, що використання якогось одного з критеріїв не є достатнім для прийняття правильного рішення. Необхідно враховувати фактор часу, поєднувати критерії між собою та робити аналіз критеріїв на вже відомих ситуаціях для перевірки достовірності результатів, які вони видають. Але ж насамперед необхідно поєднувати застосування даних критеріїв з методом експертних оцінок. Це дасть змогу найбільш достовірно визначити ступінь ризику або невизначеності при прийнятті управлінських рішень.

2.9 Дескриптивна теорія прийняття рішень

Дескриптивні (описові) моделі ґрунтуються на емпіричних спостереженнях, вони містять невелику кількість елементів і пояснюють економічні співвідношення так, як вони існують в реальному світі, але в спрощеній формі. Дескриптивна модель описує реальний процес прийняття рішень в складних ситуаціях (незапрограмовані рішення і ситуації невпевненості і невизна-

ченості), коли менеджери, не можуть прийняти економічно льне рішення.

Взагалі, дескриптивна модель носить описовий характер, який відображає реальний процес прийняття управлінських рішень в складних ситуаціях, модель не диктує, як слід ідеально приймати рішення відповідно до теорії, в ній враховуються все, що впливає на раціональність вибору обмеження.

Дескриптивна модель прийняття рішень багато в чому ґрунтується на інтуїції менеджерів. При інтуїтивному прийнятті рішень використовується особистий досвід і проникливість в більшій мірі ніж послідовна логіка або чіткі висновки. Інтуїція не є довільною або ірраціональної, оскільки вона базується на багаторічній практиці та здоровому глузді, що зберігається в підсвідомості. Звертаючись до своєї інтуїції, заснованої на багаторічному досвіді вирішення проблем, менеджери набагато швидше усвідомлюють, що в організації виникла проблема; і при цьому з'являється інтуїтивне передчуття, що підказує їм вибір варіанта вирішення проблеми, що значно прискорює процес прийняття рішень.

У дескриптивної моделі взаємозв'язку між елементами можуть бути описані у вигляді простих математичних рівнянь. Їх недолік полягає в тому, що вони не відображають функціональні взаємозв'язки і обмеження, але вони створюють основу для побудови більш складних моделей.

Прикладом описових моделей можуть бути моделі ідеальної конкуренції для прогнозування цін в реальному світі, або планова калькуляція собівартості, прості інвестиційні розрахунки.

Дескриптивні моделі висловлюють необхідну цільову функцію в термінах виробничих операцій, т. е. вони наказують певну технологію, процедури, використовуючи які ОПР може вибрати оптимальне рішення з урахуванням заданих обмежень і критеріїв.

Тому описова (дескриптивна) модель є основою для побудови оптимі-

заційних моделей [15][1)].

Завдяки закономірностям людської поведінки (їх називають феноменами, або ефектами) розроблені описові моделі прийняття рішень – концепції, які допомагають зрозуміти та прогнозувати дії людини в ситуації вибору.

Завдяки дескриптивної теорії прийняття рішень можна уникнути помилок при здійсненні вибору із альтернатив, а також розуміти, спрогнозувати та навіть змінити рішення людей.

Тому однією з основних концепцій, що розроблені в рамках дескриптивної теорії прийняття рішень, є концепція обмеженої раціональності.

Можна сказати, що концепція обмеженої раціональності є протиставленням концепції корисності, що очікується. Відповідно до концепції обмеженої раціональності, в ситуації вибору люди інтуїтивно використовують «стратегії спрощення», які дозволяють їм уникнути переробки величезних масивів інформації:

- розглядають лише невелику кількість альтернатив та їхніх можливих наслідків;
- спрощують проблему оцінки альтернатив за критеріями – вони встановлюють рівень прийнятних результатів за всіма можливими наслідками реалізації альтернатив;
- вибирають першу альтернативу, яка відповідає всім установленим рівням прийнятних результатів.

На думку О.Кулагіна, відповідно до концепції обмеженої раціональності Г.Саймона, люди не прагнуть «оптимізувати», а хочуть відчути себе «задоволеними».

Отже, в реальному житті люди вибирають не самий кращий із всіх можливих варіантів, а саме той, який відповідає базовому набору їхніх вимог.

Прийняті в такий спосіб рішення не вважаються раціональними або не-

---

[1)] [15] Пушкар, О. І. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник/О. І. Пушкар, В. М. Гіковатий, О. С. Євсєєв, Л. В. Потрашкова ; ред. О. І. Пушкар. – Харків: Інжек. 2006. 304 с.

раціональними – вони трактуються як «обмежено раціональні».

Приклад. Розглянемо приклад як застосовувати критерії оптимальності. Постановка задачі: інвестиційна компанія має три альтернативні стратегії щодо вкладання своїх коштів: x_1 – будівництво житла, x_2 – вкладання коштів у без ризикові цінні папери та дорогоцінні метали, x_3 – інвестиції у промисловість. Будемо розглядати три можливі стани природи: $П_1$ – стан економічної кон'юнктури погіршиться, $П_2$ – стан економічної кон'юнктури не зазнає суттєвих змін, $П_3$ – стан економічної кон'юнктури поліпшиться. Матриця виграшів та значення критеріїв наведені в табл. 2.4.

Критерій середнього виграшу розраховано за такого допущення щодо ймовірностей станів економічної кон'юнктури: 0,2 – для стану $П_1$, 0,4 – $П_2$, 0,4 – $П_3$. Критерій Гурвіца розраховано для α=0,5. За даними таблиці 2.4 можна зробити висновок, що за критеріями Севіджа та Вальда слід вибрати стратегію x_2, Гурвіца та середнього виграшу – x_3, а Лапласа – x_1. Отже, якщо ОПР не має особливих підстав щодо позиції крайнього песимізму, то слід вибрати стратегію x_3.

Таблиця 2.4 – Задача прийняття рішення за умов невизначеності

Альтернативна стратегія щодо складання коштів	Стан природи (стан економічної кон'юнктури)			Критерій вибору оптимального рішення				
	$П_1$	$П_2$	$П_3$	Середнього виграшу	Лапласа	Вальда	Севіджа	Гурвіца
x_1	40	60	80	36	59,4	40	40	120
x_2	45	50	55	60	49,5	45	10	82,5
x_3	20	50	100	68	56,4	20	80	150

За умов невизначеності стохастичного типу сам процес прийняття рі-

шення є суб'єктивним, але в будь-якому разі є сенс проаналізувати ситуацію з погляду всіх критеріїв.

Розглянемо наступний приклад. Нехай маємо наступну матрицю прибутків (табл.2.5):

Таблиця 2.5 – Матриця прибутків

X	S			
	S_1	S_2	S_3	S_4
X_1	2	3	4	5
X_2	5	4	1	2
X_3	7	2	6	1

Знаходимо оптимальні стратегії X* за наведеними в критеріями.

Критерій Вальда:

$$W = \max_{1 \le i \le 3} \min_{1 \le j \le 4} C_{ij} = \max_{1 \le i \le 3} (2,1,1) = 2 \qquad (2.31)$$

Оптимальне рішення – X_1*.

Критерій оптимізму:

$$O = \max_{1 \le i \le 3} \max_{1 \le j \le 4} C_{ij} = \max_{1 \le i \le 3} (5,5,7) = 7 \qquad (2.32)$$

Оптимальне рішення – X_3*.

Критерій песимізму:

$$\ddot{I} = \min_{1 \le i \le 3} \min_{1 \le j \le 4} C_{ij} = \min_{1 \le i \le 3} (2,1,1) = 1. \qquad (2.33)$$

Оптимальне рішення – X_2* і X_3*.

Критерій Лапласа:

$$L = \max_{1\le i\le 3}\sum_{j=1}^{4} C_{ij} = \max_{1\le i\le 3}(2+3+4+5,\ 5+4+1+2,\ 7+2+6+1) = \\ = \max_{1\le i\le 3}(14,12,16) = 16 \qquad (2.34)$$

Оптимальне рішення – X_3*.

Критерій Байєса-Лапласа – враховує імовірність q_j проявлення зовнішнього стану Y_j.

Нехай порядок спадання правдоподібності можливих станів, встановлений ОПР, такий: S3:S1:S2:S4.

Тоді за формулою (2.8) обчислені суб'єктивні ймовірності станів будуть такими:

$$p1(S3) = \frac{2(4-1+1)}{4(4+1)} = \frac{2}{5} = 0{,}4, \\ p2(S1) = \frac{2(4-2+1)}{4\cdot 5} = \frac{3}{10} = 0{,}3, \\ p3(S2) = \frac{2(4-3+1)}{4\cdot 5} = \frac{1}{5} = 0{,}2, \\ p4(S4) = \frac{2(4-4+1)}{4\cdot 5} = \frac{1}{10} = 0{,}1. \qquad (2.35)$$

Тоді

$$B = \max_{1\le i\le 3}\sum_{1\le i\le 31}^{n} C_{ij}\, p_j(Sk) = \max_{1\le i\le 3}(4\cdot 0.4 + 2\cdot 0.3 + 3\cdot 0.2 + 5\cdot 0.1, \\ 1\cdot 0.4 + 5\cdot 0.3 + 4\cdot 0.2 + 2\cdot 0.1,\ 6\cdot 0.4 + 7\cdot 0.3 + 2\cdot 0.2 + 1\cdot 0.1) = \\ = \max_{1\le i\le 3}(3.3,\ 2.9,\ 5) = 5 \qquad (2.36)$$

Отже, оптимальним рішенням є X_3*.

Критерій Севіджа.

Для знаходження оптимального рішення за критерієм Севіджа побудуємо матрицю ризиків (табл.2.6):

Таблиця 2.6 – Матриця ризиків

X	S			
	S1	S2	S3	S4
X_1	5	1	2	0
X_2	2	0	5	3
X_3	0	2	0	4

Отже, маємо

$$S = \min_{1 \le i \le 3} \max_{1 \le j \le 4} r_{ij} = \min_{1 \le i \le 3} (5, 5, 4) = 4 . \qquad (2.37)$$

Оптимальним рішенням є X_3*.

Критерій Гурвіца:

Нехай коефіцієнт оптимізму k = 0,4. Побудуємо наступну таблицю (табл. 2.7):

Таблиця 2.7 – Критерій Гурвіца

X	min C_{ij}	max C_{ij}
X_1	2	5
X_2	1	5
X_3	1	7

Тоді маємо

$$H = \max_{1\le i\le 3}[0.4\min_{1\le j\le 4} C_{ij} + (1-0.4)\max_{1\le j\le 4} C_{ij}] =$$
$$= \max_{1\le j\le 4}(0.4\cdot 2 + 0.6\cdot 5,\ 0.4\cdot 1 + 0.6\cdot 5,\ 0.4\cdot 1 + 0.6\cdot 7) =$$
$$= \max_{1\le i\le 3}(3.8,\ 3.4,\ 4.6) = 4.6$$

(2.38)

Оптимальне рішення – X_3*.

Висновок: Оскільки рішення X_3* зустрічається як оптимальне за більшістю критеріїв, то ступінь його надійності можна вважати достатньо високою для того, щоб рекомендувати до практичного застосування.

2.10 Прийняття рішень за детермінованих умов

Спочатку розглянемо загальну постановку задачі прийняття рішення. Для ОПР є певний набір стратегій (варіантів рішення), які виражені вектором $\vec{x} = (x_1,\ x_2,\ ...,\ x_n)$, на елементи вектору накладено ряд обмежень, що зумовлені фізичним та економічним змістом задачі:

$$g_i = g_i(a_i, x)\ \{\le, =, \ge\} b_i, \quad i = \overline{1, m} \tag{2.39}$$

де a, b – вектори параметрів.

Тоді ефективність, зрозуміло, що управління характеризується деяким числовим критерієм оптимальності f(x, c), а завданням ОПР є вибір стратегії $\tilde{x}_j$ з множини допустимих стратегій $\vec{x}$, яка найкраще відповідає цьому критерію.

Очевидно, що загальна постановка однокритеріальної статичної детермінованої задачі прийняття рішення збігається з загальною постановкою задачі математичного програмування.

Але на практиці, як правило, необхідно приймати рішення з врахуванням кількох критеріїв, а це приводить до задач векторної (багатокритеріаль-

ної) оптимізації. Нехай векторний критерій буде $\overline{E} = (e_1, e_2, ..., e_k)$, де $\overline{E}$ – вектор-функція від стратегій x. Тоді оптимальне рішення має задовольняти наступному співвідношенню:

$$\overline{E} = E(\overline{x}) = \underset{x \in X}{opt}[E(x)], \qquad (2.40)$$

де opt – оператор оптимальності,

X – множина допустимих альтернатив,

$\overline{x}$ – оптимальна стратегія,

$\overline{E}$ – відповідне оптимальне значення вектора ефективності.

В таких завданнях стикаємося з наступною складністю – не очевидний сам принцип оптимальності, оскільки критерії досить часто можуть суперечатися та вимірюватись у різних одиницях і шкалах.

Один із самих відомих принципів багатокритеріальної оптимізації – це принцип Парето. Звучить він наступним чином: оптимальність не потребує виділення однієї найкращої альтернативи (тобто кращої за всіма представленими критеріями). Множина оптимальних, за Парето стратегій X* містить стратегії, які більш прийнятні щодо довільної альтернативи з множини X*, де $X^* \cup X_* = X$. При цьому довільні дві стратегії з множини Парето не рівняються. Непорівнянними називають стратегії x_i, x_j, якщо стратегія x_i є кращою за однією групою критеріїв, а x_j – за іншою.

Розглянемо далі самі поширеніші методи розв'язання задач векторної оптимізації.

Самим простим є метод головного часткового критерію, він полягає у тому, що серед усіх критеріїв вибирається головний, а для інших встановлюються мінімально допустимі рівні b_i, після чого задача зводиться до задачі на умовний екстремум головного часткового критерію.

Метод лексикографічної оптимізації можна застосовувати тоді, коли є

можливість проранжувати критерії та впорядкувати їх за ступенем важливості. Тоді на першому етапі вибирають підмножину стратегій $X_1 \subseteq X$, що мають найкращі оцінки за першим критерієм. На другому кроці обирається підмножина альтернатив $X_2 \subseteq X_1$, що мають кращі оцінки за наступним другим критерієм і т.д.

Метод послідовних поступок робить наступним чином: для кожного з проранжованих критеріїв вибирається максимально допустиме відхилення його значення від найкращого. Метод послідовних поступок відрізняється від попереднього тим, що на кожному кроці будують множину альтернатив з урахуванням допустимого відхилення критерію від найкращого значення («поступки»).

Метод згортки заснований на понятті згортка, тобто на операції перетворення векторного критерію в скалярний. Для згортки необхідно у певний спосіб нормалізувати критерії для того, щоб їх можна було зіставити. Для цього, наприклад, можна перейти до абстрактних величин або до величин з однаковими одиницями вимірювання. Потім векторний критерій замінюють скалярним:

$$E(x) = f\left(e_1(x), e_2(x), ..., e_k(x)\right). \qquad (2.41)$$

Як функціональну залежність f(·) найчастіше застосовують такі типи згорток:

$E(x) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_i e(x_i)$ – адитивні;

$E(x) = \prod_{i=1}^{k} \alpha_i e(x_i)$ – мультиплікативні;

$E(x) = \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} \left(e_i(x)\right)^p \right]^{\frac{1}{p}}$ – агреговані,

де α_i – ваги часткових критеріїв, p – показник компенсації одних рів-

ноцінних критеріїв великими змінами інших.

Недоліки застосування згорток полягають у необхідності визначення та обґрунтування вагових коефіцієнтів для часткових критеріїв та вибору типу згортки.

2.11 Прийняття рішень за умов ризику

Якщо приймається рішення за умов ризику, то задача прийняття рішення буде стохастичною. У таких задачах кожній стратегії x_i ставиться у відповідність не один, а кілька можливих наслідків $\{s_j\}$, причому відомі умовні ймовірності їх реалізації. Умови таких задач наочніше можна подати у таблиці (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Стохастична задача прийняття рішення

Стратегія	Наслідок						Математичне сподівання показника ефективності	
	s_1		s_2		…	s_r		
x_1	P_{11}	Q_{11}	P_{12}	Q_{12}	…	P_{1r}	Q_{1r}	$M(x_1)=\sum_{i=1}^{r} Q_{1r}P_{1r}$
x_2	P_{21}	Q_{21}	P_{22}	Q_{22}	…	P_{2r}	Q_{2r}	$M(x_2)=\sum_{i=1}^{r} Q_{2r}P_{2r}$
…	…	…	…	…	…	…	…	…
x_n	P_{n1}	Q_{n1}	P_{n2}	Q_{n2}	…	P_{nr}	Q_{nr}	$M(x_n)=\sum_{i=1}^{r} Q_{n}P_{nr}$

Тут P_{ij}, Q_{ij} – імовірність j-го наслідку при реалізації і-ї стратегії та ефективність рішення у разі настання j-го наслідку при реалізації і-ї стратегії відповідно.

Якщо необхідно прийняти рішення за умов ризику, найчастіше використовують методи зведення стохастичних задач прийняття рішень до детермі-

нованих, як приклад, метод штучного зведення до детермінованої схеми та метод оптимізації в середньому.

Сутність самого методу штучного зведення до детермінованої схеми полягає у тому, що всі випадкові фактори замінюють з наближенням деякими невипадковими характеристиками, зазвичай, їх математичними сподіваннями. У результаті стохастична ЗПР замінюється детермінованою.

Методу оптимізації в середньому – перехід від випадкового показника ефективності Q до деякої статистичної характеристики. Тобто Q залежить від вектора стратегій (варіантів) x, масиву детермінованих факторів A, певних реалізацій $y_1, y_2, ..., y_t$ випадкових факторів $Y_1, Y_2, ..., Y_t$:

$$Q = Q(x, A, y_1, y_2, ..., y_t), \tag{2.42}$$

тоді математичне сподівання $M[Q]$:

$$F = M[Q] = \underbrace{\int\int...\int}_{t}(A, x, y_1, y_2, ..., y_t) f(y_1, y_2, ..., y_t) dy_1 dy_2 ... dy_t = \\ = F(x, A, B), \tag{2.43}$$

де B – масив відомих статистичних характеристик випадкових величин $Y_1, Y_2, ..., Y_t$; $f(y_1, y_2, ..., y_t)$ – закон розподілу випадкових величин $Y_1, Y_2, ..., Y_t$.

При методі оптимізації в середньому саме за цим критерієм вибирається оптимальна стратегія з множини допустимих стратегій $\bar{x} \in X$, а це максимізує величину математичного сподівання $F = M[Q]$ показника ефективності. Тоді оптимальна стратегія має задовольняти наступну умову:

$$\overline{F} = F(x, A, B) = \max F(x, A, B) = \max_{x \in X} M[Q(A, x, y_1, y_2, ..., y_t)] \tag{2.44}$$

Отримання кращого результату при багаторазовому прийнятті рішення

дасть оптимальна стратегія.

При розглядані дискретного випадку математичного сподівання показника ефективності буде мати вигляд:

$$F_i = M[x_i] = \sum_{j=1}^{r} Q_j P_j, i = \overline{1,n}. \quad (2.45)$$

Тоді як оптимальна за методом оптимізації в середньому буде обрана стратегія, для якої:

$$\overline{F} = F(\overline{x}) = \max_{1 \le i \le n} \left[\sum_{j=1}^{r} Q_j P_j \right], \quad (2.46)$$

тобто стратегія, якій відповідає максимальне значення у крайньому правому стовпці таблиці.

Таким чином, при використанні методу оптимізації в середньому можливі три випадки стосовно критерію оптимальності:

- критерій оптимальності може бути одержаний в аналітичному вигляді (якщо інтеграл береться в аналітичному вигляді);
- критерій оптимальності може бути одержаний в алгоритмічному вигляді, тобто одержано алгоритм, що уможливлює за певних значень невипадкових аргументів x, A, B одержання чисельного значення критерію оптимальності F;
- одержання критерію оптимальності неможливе ні в якій формі. У цьому разі застосовують інший метод, наприклад метод статистичних випробувань Монте-Карло для одержання необхідних математичних характеристик, зокрема, математичного сподівання критерію оптимальності.

Таким чином, при розв’язанні стохастичних задач прийняття рішень виникають дві проблеми: проблема вибору схеми переходу від стохастичної

до детермінованої задачі і ще одна проблема, що пов’язана з вибором саме методу розв’язання та обчислювальної схеми процесу прийняття рішення відповідної детермінованої ЗПР.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Вибір програмного середовища

Велику популярність в наші дні отримала технологія .NET Framework, запропонована фірмою Microsoft в якості платформи для створення класичних програм, та веб-додатків для роботи в мережі. Основною перевагою .NET є сумісність різних служб, написаних на різних мовах. Якщо, служба, написана на мові C++ для .NET, вона може звернутися до методів класу з бібліотеки, написаної на Delphi; на C # використати спадковість, тобто можна написати клас, що успадковує все від класу, написаного на Visual Basic .NET, а виключення, викинуте методом, написаним на C #, може бути спіймано і оброблено в Delphi.

Так само як і у випадку з вибором мови програмування, вибір середовища програмування визначається характером проекту, звичками і навичками розробника, віяннями часу. Microsoft Visual Studio – це продукт компанії Майкрософт, що включає в себе і інтегроване середовище розробки програмного забезпечення, і інші інструментальні засоби. Ці продукти дозволяють розробляти консольні додатки, додатки з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms. Веб-сайти, веб-додатки, веб-служби як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, підтримуються Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE,. NET Framework, Xbox, Windows Phone. NET Compact Framework і Microsoft Silverlight.

На сьогодні існує багато середовищ програмування з можливістю створення прикладних програм, але для розробки даного програмного продукту використане середовище візуального програмування Visual Studio 2010.

Visual Studio 2010 – середовище візуального програмування, в своєму складі воно має різні мови програмування, основною з яких є C#. Visual Studio 2010 є одним із найзручніших візуальних середовищ. Visual Studio 2010 – найпростіше, на мою думку, середовище для створення програмних продуктів.

Технологія роботи у середовищі Visual Studio 2010 базується на ідеях об’єктно-орієнтованому та візуального програмування. Ідея об’єктно-орієнтованого програмування полягає в інкапсуляції (об’єднанні) даних і засобів їх опрацювання (методів) у тип, об’єкт.

Середовище візуального програмування Visual Studio 2010 – це графічна автоматизована оболонка. Автоматизація програмування досягається завдяки можливості переносити компонент на форму з палітри компонентів і змінювати його властивості, не вносячи вручну змін до програмного коду.

В цьому середовищі програмування є можливість використовувати візуальні компоненти, що дає можливість безпосередньо звертатися до об’єктів і спостерігати на екрані за їхніми візуальними відображеннями. Для зміни властивостей об’єкта використовуються атрибути. Атрибути – це індивідуальні властивості, які допомагають описати об’єкт і використовуються для зміни параметрів об’єкта.

Для написання програми використано мову програмування C#. Це об'єктно-орієнтована мова програмування з безпечною системою типізації для платформи .NET. Розроблена Андерсом Хейлсбергом, Скотом Вілтамутом та Пітером Гольде під егідою Microsoft Research (при фірмі Microsoft).

3.2 Аналіз існуючих рішень

При аналізі готових програмних рішень, які використовують ТПР для знаходження оптимального рішення, зроблено висновок про вузьку спеціалізацію всіх програмних продуктів. А більшість задач пропонується вирішувати за допомогою Microsoft Excel.

Так, наприклад, є велика кількість програмного забезпечення компанії Palisade (рис.3.1) для аналізу ризиків і прийняття рішень в умовах невизначеності. Продукти, що представляють собою надбудову для Microsoft Excel, дозволяють додавати в табличні моделі такі функції, як моделювання по методу Монте-Карло, Монте-Карло для методики Шість сигм, дерева рішень і

оптимізація.

Рисунок 3.1 – Програмне забезпечення компанії Palisade

Цінова політика на програмні продукти цієї компанії представлені на рис.3.2.

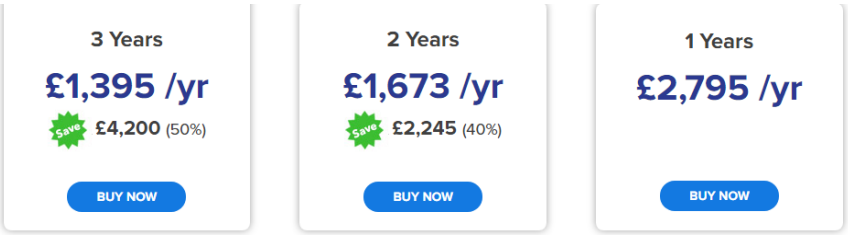


Рисунок 3.2 – Ціна програмного забезпечення для оптимізації ризику

В результаті аналізу існуючого програмного забезпечення, було вирішено розробити окремий додаток, що буде допомагати приймати рішення,

розрахуванням відповідних критеріїв в залежності від заданих умов.

3.3 Розробка програмного додатка

Щоб най якомога повно використати можливості .NET було обрано мову програмування C#. Інші мови програмування, що входять до складу системи, підтримуються, але мають спадкові прогалини щодо використання .NET.

У програмі були реалізовані наступні класи (рис.3.3):

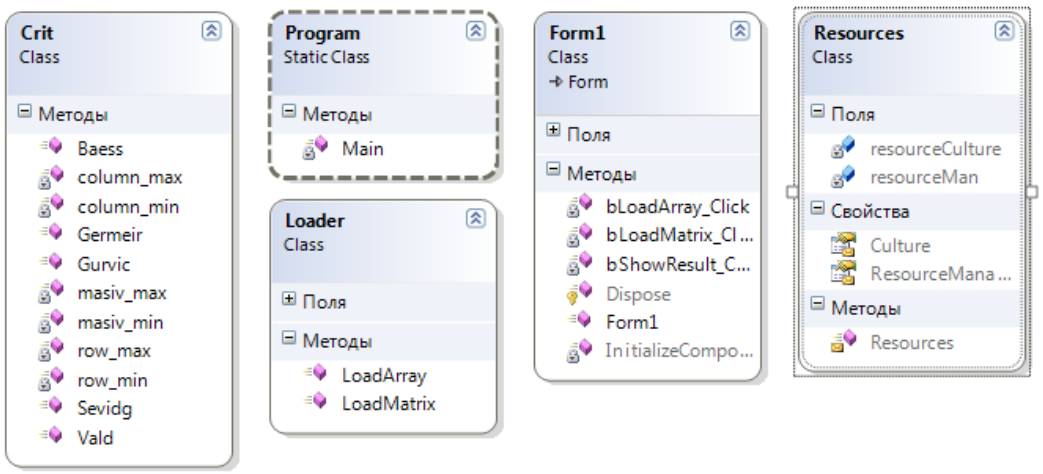


Рисунок 3.3 – Діаграма класу

Програма складається з двох модулів, які реалізують введення початкової інформації, зчитування її, перетворення вхідної інформації у вихідну і вивід вихідної інформації на екран. Основний модуль служить для введення даних і необхідних налаштувань. Додатковий модуль підключається у разі завдання необхідного параметру, що буде описаний далі в роботі.

Програма працює в різних режимах, які залежать від параметрів, що задаються:

1) Тип матриці:

– матриця гри (без матриці ризиків);

– матриця гри з розрахунком матриці ризиків;

– матриця ризиків.

2) Імовірність станів природи:

– ймовірність визначена;

– ймовірність невизначена:

– події рівноймовірні;

– події не рівноймовірні.

В якості глобальних параметрів виступають кількість станів природи (m) і кількість стратегій гравця (n). Після кожної зміни їх значень форма перерисовується відповідно до заданої розмірності.

Вхідними параметрами є матриця гри або матриця ризиків і вектор ймовірності (q). Вектор ймовірності вводиться в останній рядок (якщо «Вірогідність визначена»), або задається довільною послідовністю чисел (якщо «Події не рівноймовірні»), або відсутній (якщо «Події рівноймовірні»). Вихідною інформацією є номер оптимальної стратегії, який після обробки вихідної інформації виводиться в матрицю планування.

Інтерфейс основного модуля зображений на рис.3.4.

Оптимальна стратегія перебуває відповідно для матриці гри або матриці ризиків, або для обох відразу. Користувач має можливість спрощення матриці, очищення полів. Основний модуль служить для введення даних і необхідних налаштувань. Кнопка «Прорахувати ризики» працює тільки для матриці гри, служить для розрахунку матриці ризиків. Кнопка «Поставити» задає ймовірність виникнення певного стану природи на основі довільної послідовності чисел, працює при «Події нерівноймовірні».

Додатковий модуль підключається у разі завдання параметра «Події не рівноймовірні», де користувач розраховує ймовірність по довільній послідовності чисел. Кількість стовпців в основному модулі і в додатковому взаємопов'язані.

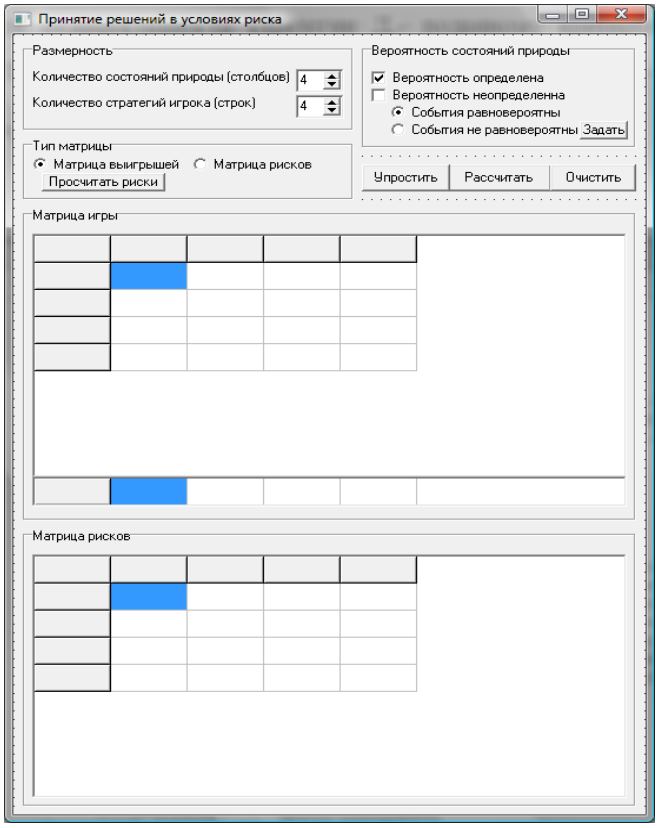


Рисунок 3.4 – Інтерфейс основного модуля

Інтерфейс додаткового модуля (рис.3.5):

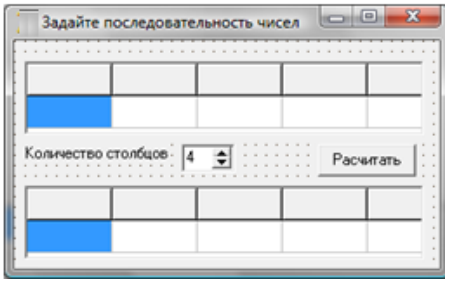


Рисунок 3.5 – Інтерфейс додаткового модуля

У модулях реалізована перевірка на заповнення полів у таблицях, при виникненні такої ситуації користувачеві видається повідомлення.

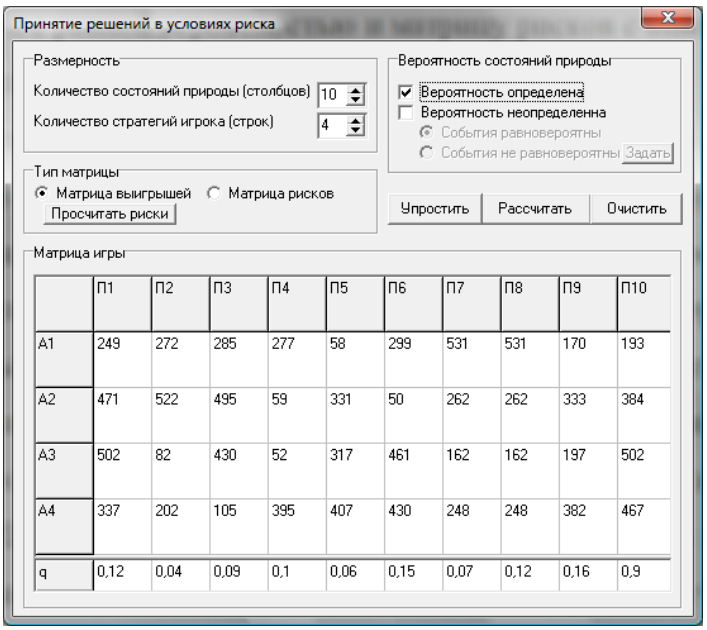
3.4 Тестування додатку

Проведемо тестування програми на конкретних прикладах. Розглянемо матрицю гри з заданою вірогідністю, матрицю гри і ризиків з однаковою ймовірністю і матрицю ризиків з відносними значеннями ймовірностей станів природи.

Задача 1. Можливе будівництво чотирьох типів електростанцій: А1 – теплові, А2 – пригребельні, А3 – безшлюзові, А4 – шлюзові. Ефективність кожного з типів електростанцій визначається поєднанням різних чинників, у тому числі і факторів, що залежать від різних випадкових явищ: погодних умов: режиму річок, вартості палива і його перевезення, сейсмічної обстановки району тощо. Число можливих поєднань факторів дорівнює десяти, позначимо їх як стани природи (П1, П2, П3, П4, П5, П6, П7, П8, П9, П10). Ймовірності виникнення кожної обстановки рівні: q1=0,12, q2=0,04, q3=0,09, q4=0,1, q5=0,06, q6=0,15, q7=0,07, q8=0,12, q9=0,16, q10=0,9.

Так як в даній задачі використовується матриця гри з заданою вірогідністю, то застосовуємо критерій Байєса. За крітерієм Байєса за оптімальну приймається та стратегія (чиста) Аі, при якій максимізується середній виграш а/або мінімізується середній ризик r.

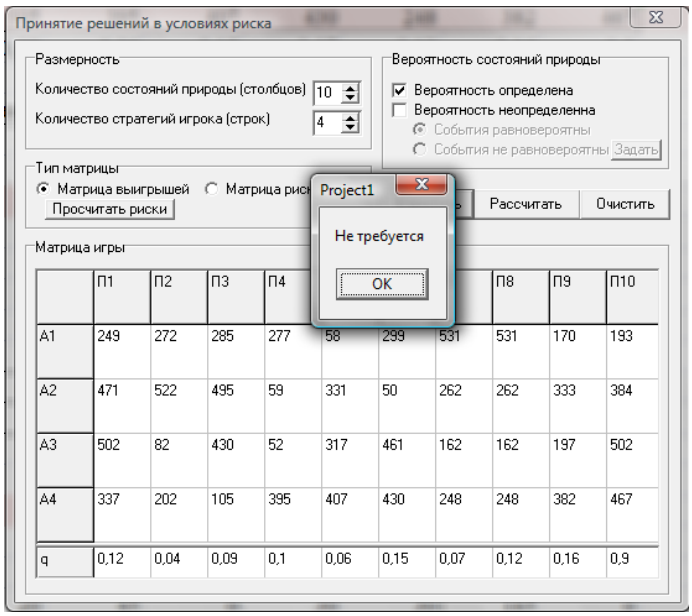
Економічна ефективність типу електростанцій залежно від станів природи задається в програмному модулі (рис.3.6):



	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10
A1	249	272	285	277	58	299	531	531	170	193
A2	471	522	495	59	331	50	262	262	333	384
A3	502	82	430	52	317	461	162	162	197	502
A4	337	202	105	395	407	430	248	248	382	467
q	0,12	0,04	0,09	0,1	0,06	0,15	0,07	0,12	0,16	0,9

Рисунок 3.6 – Економічна ефективність типу електростанцій залежно станів природи за критерієм Байєса

Домінуючих або дублюючих рядків немає, спрощення не потрібно (рис.3.7):



	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10
A1	249	272	285	277	58	299	531	531	170	193
A2	471	522	495	59	331	50	262	262	333	384
A3	502	82	430	52	317	461	162	162	197	502
A4	337	202	105	395	407	430	248	248	382	467
q	0,12	0,04	0,09	0,1	0,06	0,15	0,07	0,12	0,16	0,9

Рисунок 3.7 – Перевірка умов спрощення матриці виграшів

Стратегія А4 є оптимальною (рис.3.8):

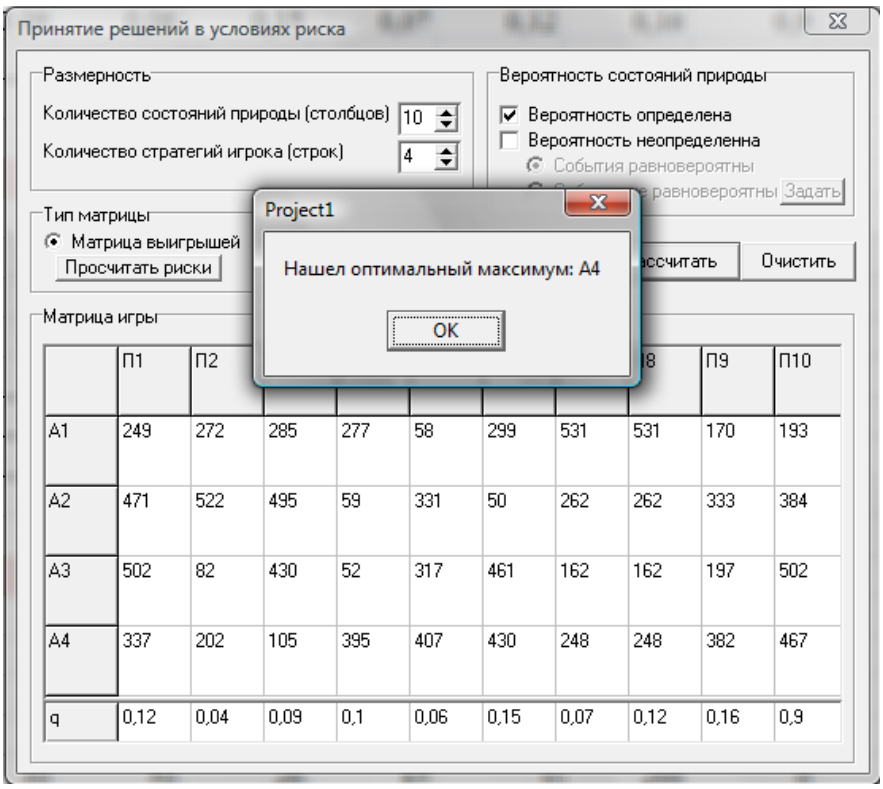


Рисунок 3.8 – Економічна ефективність електростанцій типу А4 за критерієм Байєса

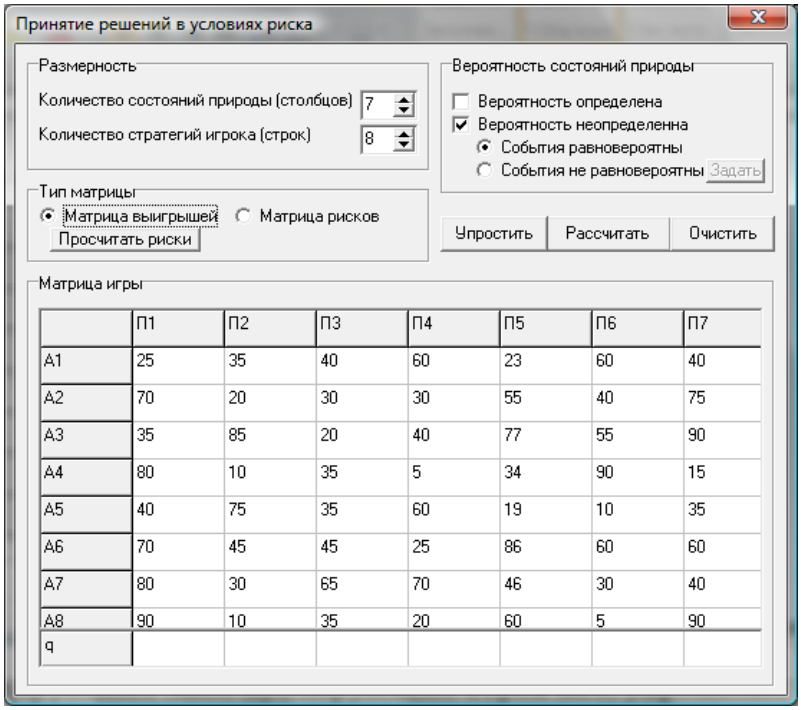
Задача 2. На промисловому підприємстві готуються до переходу на випуск нових видів продукції товарів народного споживання. При цьому можливі вісім рішень від А1 до А8, кожному з яких відповідає певний вид продукції або їх поєднання. Результати прийнятих рішень істотно залежать від обстановки (степеня забезпеченості виробництва матеріальними ресурсами), яка може бути семи видів: П1– П7. Кожному поєднанню Аі, і=1,..., 8 і обстановки Пj, j=1,..., 7, відповідає певний виграш – ефективність випуску нових видів продукції.

У задачі ймовірності станів природи не визначені і події рівноймовірні, отже необхідно застосувати критерії Лапласа. Матриця гри і побудована на її основі матриця ризиків використовується з однаковою ймовірністю, тобто

q1=...=qn=1/n.

Тоді величина $\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} r_{ij}$, або більш проста величина $\sum_{j=1}^{n} r_{ij}$ являє собою показник неефективності стратегії A_i за критерієм Лапласа щодо ризиків.

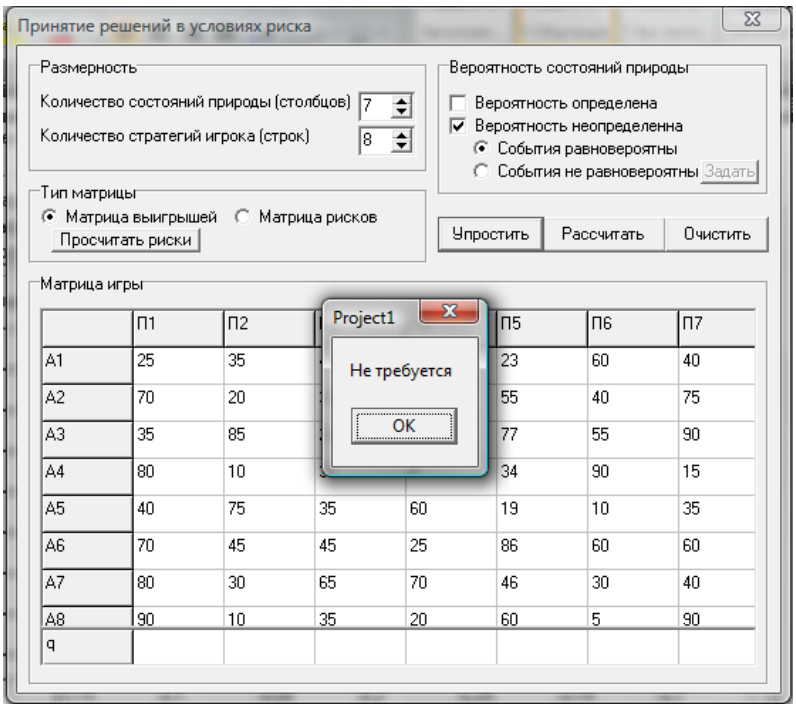
Всілякі виграші записуються в програмний модуль (рис.3.9):



	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
A1	25	35	40	60	23	60	40
A2	70	20	30	30	55	40	75
A3	35	85	20	40	77	55	90
A4	80	10	35	5	34	90	15
A5	40	75	35	60	19	10	35
A6	70	45	45	25	86	60	60
A7	80	30	65	70	46	30	40
A8	90	10	35	20	60	5	90
q							

Рисунок 3.9 – Вихідні дані для критерію Лапласа

Домінуючих або дублюючих рядків немає, спрощення не потрібно (рис.3.10).



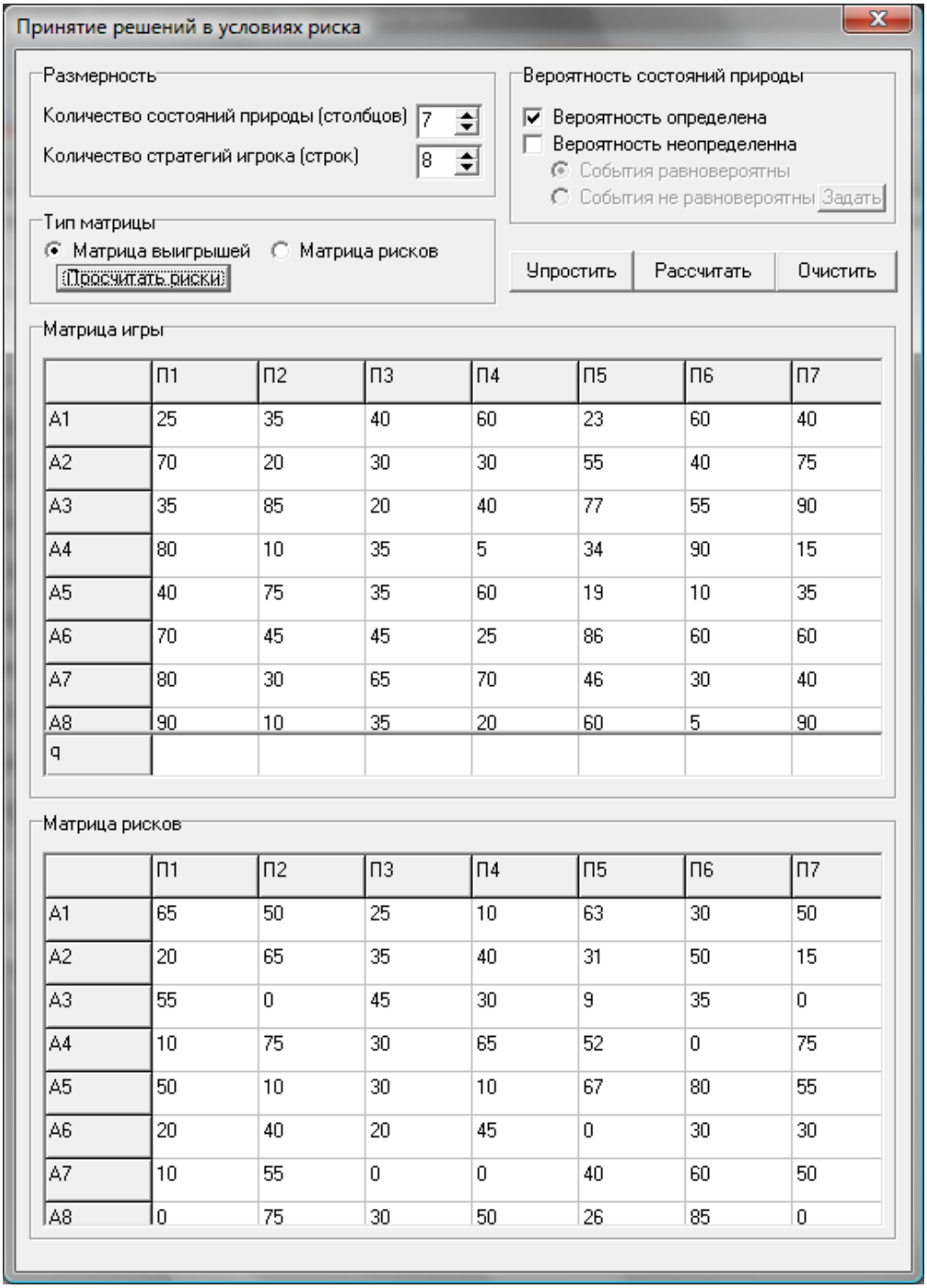
	П1	П2			П5	П6	П7
А1	25	35			23	60	40
А2	70	20			55	40	75
А3	35	85			77	55	90
А4	80	10			34	90	15
А5	40	75	35	60	19	10	35
А6	70	45	45	25	86	60	60
А7	80	30	65	70	46	30	40
А8	90	10	35	20	60	5	90
q							

Рисунок 3.10 – Перевірка умов для критерію Лапласа

Розрахуємо матрицю ризиків (рис.3.11).

Отже, оптимальною серед чистих стратегій за критерієм Лапласа щодо ризиків є стратегія A_{i0}, показник неефективності $\sum_{j=1}^{n} r_{i_0 j}$ якої мінімальний.

Стратегія Р для якої показник r(p) приймає мінімальне значення, є оптимальною серед усіх стратегій. Критерії Лапласа щодо виграшів та щодо ризиків еквівалентні.

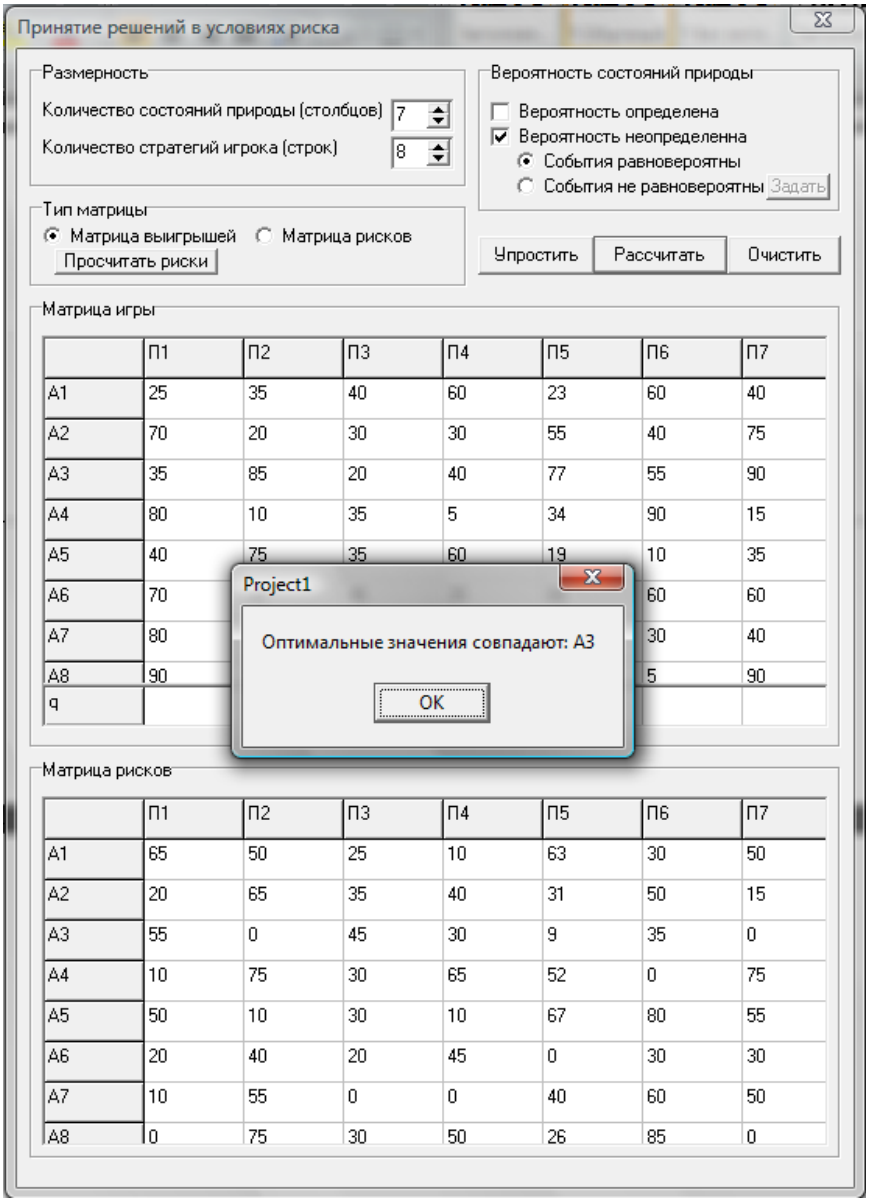


	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
А1	25	35	40	60	23	60	40
А2	70	20	30	30	55	40	75
А3	35	85	20	40	77	55	90
А4	80	10	35	5	34	90	15
А5	40	75	35	60	19	10	35
А6	70	45	45	25	86	60	60
А7	80	30	65	70	46	30	40
А8	90	10	35	20	60	5	90
q							

	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
А1	65	50	25	10	63	30	50
А2	20	65	35	40	31	50	15
А3	55	0	45	30	9	35	0
А4	10	75	30	65	52	0	75
А5	50	10	30	10	67	80	55
А6	20	40	20	45	0	30	30
А7	10	55	0	0	40	60	50
А8	0	75	30	50	26	85	0

Рисунок 3.11 – Обчислення матриці ризиків за критерієм Лапласа

Стратегія А3 є оптимальною (рис.3.12):



	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
А1	25	35	40	60	23	60	40
А2	70	20	30	30	55	40	75
А3	35	85	20	40	77	55	90
А4	80	10	35	5	34	90	15
А5	40	75	35	60	19	10	35
А6	70					60	60
А7	80					30	40
А8	90					5	90
q							

	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
А1	65	50	25	10	63	30	50
А2	20	65	35	40	31	50	15
А3	55	0	45	30	9	35	0
А4	10	75	30	65	52	0	75
А5	50	10	30	10	67	80	55
А6	20	40	20	45	0	30	30
А7	10	55	0	0	40	60	50
А8	0	75	30	50	26	85	0

Рисунок 3.12 – Економічна ефективність прийняття рішень за критерієм Лапласа

Задача 3. Крупний інвестор може вкласти свій прибуток у сім бізнес проектів з А1 по А7, при цьому можливі всього п'ять станів ринку П1, П2, П3, П4, П5. Кожному поєднанню Ai, i=1,..., 7 і обстановки Пj, j=1,...,5, відповідає певний ризик втратити вигоду. Дане завдання розглядає матрицю ризиків з відносними значеннями ймовірностей станів природи. Якщо ймовірність станів природи не визначена, але події мають різну ймовірність, то слід вибрати критерій відносних значень ймовірностей станів природи.

Всілякі виграші записуються в програмний модуль (рис.3.13):

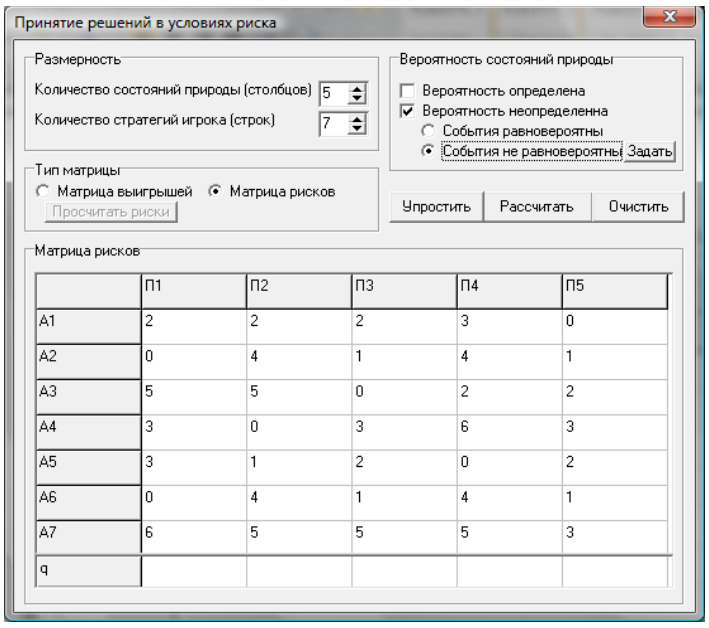


Рисунок 3.13 – Вихідні дані для критерію Лапласа

Рядок А7 більше А2, А6 дорівнює А2 (рис.3.14):

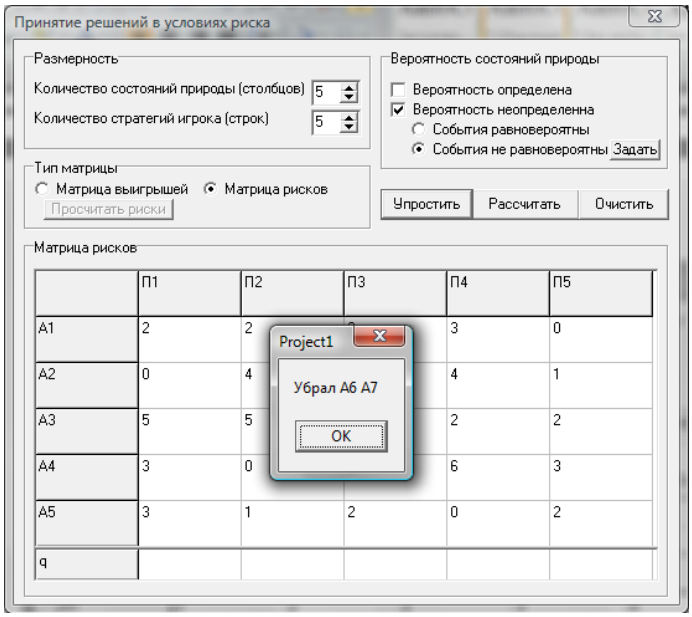


Рисунок 3.14 – Перевірка умов для критерію Лапласа

Імовірність виникнення певних станів ринку інвесторові не відома, але

має уявлення, які події більш, а які менш вірогідні. Він вирішив, що менш правдоподібно виникнення П1, потім за ступенем правдоподібності слідують стани П2, П3 і П4, найбільшою правдоподібністю володіє П5. Не знаючи, на скільки одна ймовірність стану природи відрізняється від іншої, він надав їм відносні значення, 9: 16: 18: 22: 23 для П1, П2, П3, П4, П5 відповідно. Натиснувши на кнопку «Задати», вводиться послідовність.

Розрахунок ймовірності (рис.3.15):

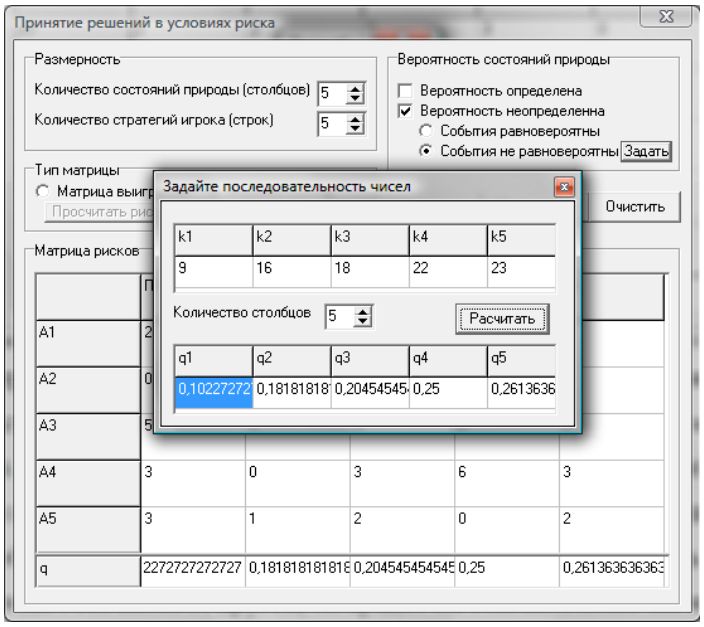


Рисунок 3.15 – Розрахунок ймовірності

Розрахунок оптимального значення А5 (рис.3.16):

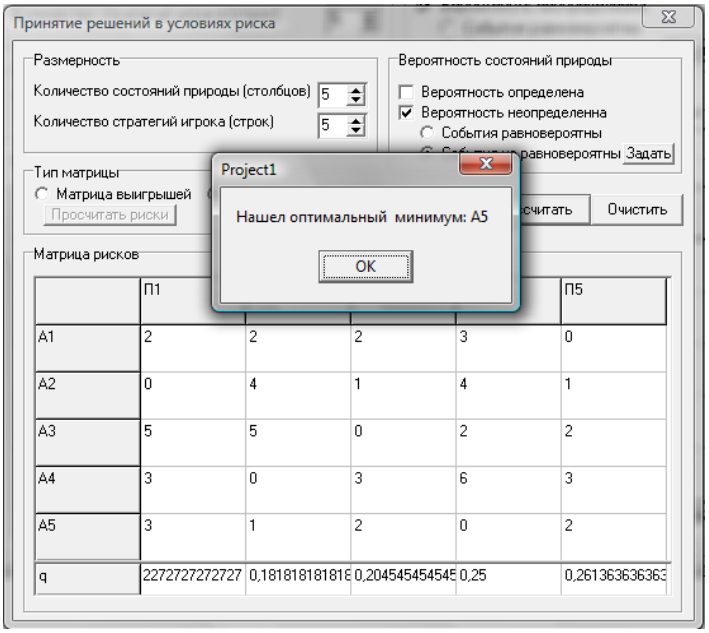


Рисунок 3.16 – Розрахунок оптимального мінімуму

Задача 4. Будь-яку господарську діяльність людини можна розглядати як гру з природою. У широкому сенсі під «природою» розуміється сукупність невизначених факторів, що впливають на ефективність прийнятих рішень. Байдужість природи до гри (виграшу) до можливості отримання економістом (статистиком) додаткової інформації про її стан відрізняють гру економіста з природою від звичайної матричної гри, в якій беруть участь два свідомих гравця.

Завдання. Фірма планує реалізацію своєї продукції на ринках, враховуючи можливі варіанти купівельного попиту $П_j$, j = 1,...,4 (низький, середній, високий, дуже високий).

На підприємстві розроблено три стратегії збуту товарів A_1, A_2, A_3. Обсяг товарообігу (ден.од.), що залежить від стратегії і купівельного попиту, представлений в табл.3.1 .

Необхідно знайти стратегію збуту, що максимізує середній товарообіг фірми. При цьому використовувати критерії Вальда, Гурвіца, Севіджа, Байєса.

Таблиця 3.1 – Обсяг товарообігу (ден.од.)

A_j	$П_j$			
	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$
A_1	33	10	20	26.5
A_2	50	67	11.5	25
A_3	23.5	35	40	58.5

Відомі можливі стану купівельного попиту, які відповідно $q_1 = 0,3$, $q_2 = 0,2$, $q_3 = 0,4$, $q_4 = 0,1$.

Розв'язок.

Критерій Байєса (табл.3.2). За критерієм Байєса за оптимальні приймається та стратегія (чиста) A_i, при якій максимізується середній виграш *a* або мінімізується середній ризик *r*. Вважаємо значення $\sum(a_{ij}p_j)$.

$\sum(a_{1,j}p_j) = 33•0.3 + 10•0.2 + 20•0.4 + 26.5•0.1 = 22.55$;

$\sum(a_{2,j}p_j) = 50•0.3 + 67•0.2 + 11.5•0.4 + 25•0.1 = 35.5$;

$\sum(a_{3,j}p_j) = 23.5•0.3 + 35•0.2 + 40•0.4 + 58.5•0.1 = 35.9$.

Таблиця 3.2 – Стратегія збуту за критерієм Байєса

A_i	П1	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$\sum(a_{ij}p_j)$
A_1	9.9	2	8	2.65	22.55
A_2	15	13.4	4.6	2.5	35.5
A_3	7.05	7	16	5.85	35.9
p_j	0.3	0.2	0.4	0.1	0

Висновок: вибираємо стратегію N = 3.

Критерій Лапласа (табл.3.3). Якщо ймовірності станів природи правдоподібні, для їх оцінки використовують принцип недостатнього підстави Лапласа, згідно якого всі стани природи покладаються рівноімовірними, тобто: $q_1=q_2=...=q_n=1/n$, $q_i=1/4$

Таблиця 3.3 – Стратегія збуту за критерієм Лапласа

A_i	П1	П2	П3	П4	∑(aij)
A_1	8.25	2.5	5	6.63	22.38
A_2	12.5	16.75	2.88	6.25	38.38
A_3	5.88	8.75	10	14.63	39.25
p_j	0.25	0.25	0.25	0.25	0

Висновок: вибираємо стратегію N = 3.

Критерій Вальда (табл.3.4).

За критерієм Вальда за оптимальну приймається чиста стратегія, яка в найгірших умовах гарантує максимальний виграш, тобто

$a = \max (\min a_{ij})$

Критерій Вальда орієнтує статистику на самі несприятливі стану природи, тобто цей критерій виражає песимістичну оцінку ситуації.

Таблиця 3.4 – Стратегія збуту за критерієм Вальда

A_i	П1	П2	П3	П4	min(aij)
A_1	33	10	20	26.5	10
A_2	50	67	11.5	25	11.5
A_3	23.5	35	40	58.5	23.5

Висновок: вибираємо стратегію N=3.

Критерій Севиджа.

Критерій мінімального ризику Севиджа рекомендує вибирати в якості оптимальної стратегії ту, при якій величина максимального ризику мінімізується в найгірших умовах , тобто забезпечується :

$a = \min (\max r_{ij})$

Критерій Севіджа орієнтує статистику на самі несприятливі стану при-

роди , тобто цей критерій виражає песимістичну оцінку ситуації.

Знаходимо матрицю ризиків (табл.3.5, 3.6).

Ризик – міра невідповідності між різними можливими результатами прийняття певних стратегій.

Максимальний виграш в j-му стовпці $b_j=\max(a_{ij})$ характеризує сприятливість стану природи .

Розраховуємо 1-й стовпець матриці ризиків :

$r_{11}= 50 – 33 = 17$; $r_{21}= 50 – 50 = 0$; $r_{31}= 50 – 23.5 = 26.5$.

Розраховуємо 2-й стовпець матриці ризиків.

$r_{12}= 67 – 10 = 57$; $r_{22}= 67 – 67 = 0$; $r_{32}= 67 – 35 = 32$.

Розраховуємо 3-й стовпець матриці ризиків.

$r_{13}= 40 – 20 = 20$; $r_{23}= 40 – 11.5 = 28.5$; $r_{33}= 40 – 40 = 0$.

Розраховуємо 4-й стовпець матриці ризиків.

$r_{14}= 58.5 – 26.5 = 32$; $r_{24}= 58.5 – 25 = 33.5$; $r_{34}= 58.5 – 58.5 = 0$.

Таблиця 3.5 – Матриця ризиків

A_i	П1	П2	П3	П4
A_1	17	57	20	32
A_2	0	0	28.5	33.5
A_3	26.5	32	0	0

Таблиця 3.6 – Стратегія збуту за критерієм Севіджа

Ai	П1	П2	П3	П4	max(aij)
A1	17	57	20	32	57
A2	0	0	28.5	33.5	33.5
A3	26.5	32	0	0	32

Висновок: вибираємо стратегію N = 3.

Критерій Гурвіца (табл.3.7).

Критерій Гурвіца є критерієм песимізму – оптимізму. За оптимальну приймається та стратегія, для якої виконується співвідношення:

max(si), де si = y min(a_{ij}) + (1-y) max(a_{ij}).

При y=1 отримаємо критерій Вальді, при y=0 отримаємо оптимістичний критерій (максимакс).

Критерій Гурвіца враховує можливість як найгіршої, так і найкращої для людини поведінки природи. Чим гірше наслідки помилкових рішень, тим більше бажання застрахуватися від помилок, тим y ближче до 1.

Розраховуємо s_i:

$s_1 = 0.5 \cdot 10 + (1-0.5) \cdot 33 = 21.5$;

$s_2 = 0.5 \cdot 11.5 + (1-0.5) \cdot 67 = 39.25$;

$s_3 = 0.5 \cdot 23.5 + (1-0.5) \cdot 58.5 = 41$.

Таблиця 3.7 – Стратегія збуту за критерієм Гурвіца

Ai	П1	П2	П3	П4	min(aij)	max(aij)	y min(a_{ij})+(1-y) max(a_{ij})
A1	33	10	20	26.5	10	33	21.5
A2	50	67	11.5	25	11.5	67	39.25
A3	23.5	35	40	58.5	23.5	58.5	41

Висновок: вибираємо стратегію N = 3.

Таким чином, в результаті рішення статистичної гри за різними критеріями частіше інших рекомендувалася стратегія A3.

Результат роботи програмного продукту для знаходження множини оптимальних рішень програми (рис.3.17):

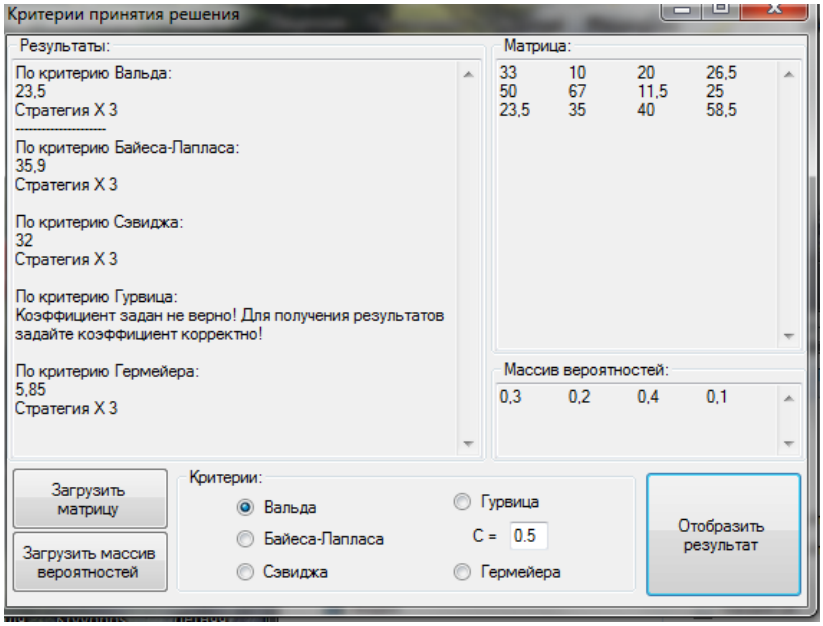


Рисунок 3.17 – Знаходження множини оптимальних рішень за критеріями Вальда, Гурвіца, Севіджа, Байєса

Як бачимо, в результаті розрахунку програми по заданим критеріям, приходимо до висновку, що 3 стратегія є оптимальним рішенням.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи були зроблені наступні завдання:

- досліджено процес прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику;
- детально розглянуті критерії Байєса, Лапласа і критерій оптимальних значень ймовірностей станів природи щодо виграшів і ризиків;
- виконано докладний математичний опис пошуку оптимальної стратегії в умовах ризику;
- створений програмний модуль , який реалізує дані алгоритми;
- описана модульна структура програмного комплексу;
- проведено тестування програми на прикладах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. К.: Вища школа. 1983. 512 с.
2. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Теорія прийняття рішень. Навчальний посібник. К.: ВПЦ «Київський університет». 2006. 304 с.
3. Системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни/[уклад.: С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук]. Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”. 2010. 265 с.
4. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука. 1971. 384 с.
5. Авербах, Л. И. Экономико-математические методы принятия решений: краткий курс лекций/Л. И. Авербах, Я. Д. Гельруд. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2001. 192 с.
6. Чумаченко М. Г. Моделі і методи прийняття рішень в аналізі та аудиті: конспекти лекцій. К.: КНЕУ. 1999 р.
7. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб./В.Ф. Ситник. К.: КНЕУ. 2004. 614 с.
8. Шаповал О.А. Місце оцінювання в системі управління персоналом підприємства . Глобальні та національні проблеми економіки. 2016. № 10. с. 550–553.
9. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука 1976. 328 с.
10. Макаров И.М., Виноградская Т.М. Теория выбора и принятия решений. Учебное пособие. М.: Наука. 1982. 328 с.
11. Ситник, В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник/В. Ф. Ситник. К.: КНЕУ. 2003.
12. Вітлінський В. В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: навч. посібник/Вітлінський В. В., Верчено П. І. К.: КНЕУ, 2000. 292 с.
13. Губанов В.А., Захаров В.В., Коваленко А.Н. Введение в системный анализ: Учебное пособие. Л.: ЛГУ. 1988. 232 с.

14. Управление в условиях неопределённости/пер. с англ. М.: пина Бизнес Букс. 2006. 213 с.
15. Пушкар, О. І. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник/О. І. Пушкар, В. М. Гіковатий, О. С. Євсєєв, Л. В. Потрашкова ; ред. О. І. Пушкар. – Харків: Інжек. 2006. 304 с.