

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

В. І. Дубровін, В. М. Льовкін

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЕКТІВ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів*

Запоріжжя • ЗНТУ • 2012

УДК 004.8:330.4:658
ББК 22.18:32.813:32.97
Д 79

*Гриф надано Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України
(№1/11-4876 від 15.06.2011 р.)*

Рецензенти:

- О. Є. Архипов* доктор технічних наук, професор кафедри інформаційної безпеки, директор Навчального центру перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців в галузі інформаційної безпеки НТУУ «КПІ»
- В. В. Вітлінський* доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіко-математичного моделювання ДВНЗ «КНЕУ імені В. Гетьмана»
- С. Г. Удовенко* доктор технічних наук, професор, заступник завідувача кафедри електронних обчислювальних машин ХНУРЕ

Дубровін В. І.

- Д-79 Прийняття рішень у процесі управління ризиками проектів : навчальний посібник / В. І. Дубровін, В. М. Льовкін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2012. – 196 с.

ISBN 978-617-529-050-7.

Розглянуто підходи до управління ризиками, методи аналізу, кількісної оцінки ризиків, управління проектами та їх ризиками (зокрема проектами з розробки програмного забезпечення та інвестиційними проектами), прийняття рішень в умовах невизначеності. Приведено оригінальні авторські розробки методів оцінки ризиків під час управління інвестиційними проектами.

Призначено для студентів технічних спеціальностей для вивчення теоретичних методів та отримання практичних навичок управління ризиками проектів, а також може використовуватися спеціалістами в галузі управління проектами, ризиками.

УДК 004.8:330.4:658
ББК 22.18:32.813:32.97

ISBN 978-617-529-050-7

© Запорізький національний
технічний університет
(ЗНТУ), 2012

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ.....	6
1.1 Ризики та їх класифікація.....	6
1.2 Принципи управління ризиками.....	10
1.3 Способи управління ризиками	11
1.3.1 Диверсифікація ризику шляхом оптимізації портфеля	16
1.3.2 Управління запасами	21
1.4 Ризик-менеджмент	26
2. ОЦІНКА РИЗИКІВ	28
2.1 Якісний та кількісний аналіз ризику.....	28
2.2 Узагальнений підхід до кількісної оцінки ризику.....	36
2.3 Методи оцінки ймовірності настання несприятливих подій	39
2.4 Кількісні оцінки ризику в абсолютному вираженні	44
2.5 Кількісні оцінки ризику у відносному вираженні.....	49
2.6 Граничні межі ризику.....	56
2.7 Системні показники ступеня ризику	60
2.8 Підходи до оцінки портфельних ризиків	64

3. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЕКТІВ	71
3.1 Управління проектами	71
3.2 Проектні ризики	97
3.3 Ризики проектів з розробки програмного забезпечення	108
3.4 Управління ризиками інвестиційних проектів.....	123
3.4.1 Управління інвестиційними проектами на стадії перед- проектного планування.....	123
3.4.2. Project Definition Rating Index	125
3.4.3. Прогнозування ризику неуспішності інвестиційних проектів на стадії перед-проектного планування	129
4. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ...133	
4.1 Експертні процедури під час вимірювання ризиків	133
4.2 Модифікації методу аналізу ієрархій на основі нечітких множин.....	147
4.3 Теорія гри.....	158
4.4 Ігровий розпливчастий метод аналізу ієрархій.....	172
4.5 Програмне забезпечення управління ризиками	175
ВИСНОВКИ	179
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	180
SUMMARY.....	194

ВСТУП

Ризик – важливий фактор прийняття рішень, не враховуючи який неможливо приймати ефективні управлінські рішення. В умовах ринкової економіки підприємства стають конкурентноспроможними за рахунок інноваційної діяльності, яка за своєю суттю пов'язана з ризиком. Ризик-орієнтовані рішення призводять до більш ефективного виробництва, від якого отримують свою користь як підприємці та споживачі, так і суспільство в цілому.

Ризик є одночасно як причиною можливих збитків, так і джерелом можливого прибутку. Основна задача **управління ризиками** – не відмовитись від ризику взагалі, а приймати рішення, пов'язані з ризиком, ґрунтуючись на об'єктивних критеріях.

Управління ризиками безпосередньо пов'язано з проблемою **управління проектами та прийняття рішень**. Для досягнення бажаних результатів у встановлені строки та в межах визначених витрат грошових чи інших важливих ресурсів проекти повинні досконали плануватися та якісно управлятися.

У книзі розглянуто методи кількісного та якісного аналізу, кількісної оцінки як індивідуальних, так і портфельних ризиків, ризиків проектів з розробки програмних проектів та інвестиційних проектів, методи прийняття рішень в умовах невизначеності. Дані рекомендації щодо вибору методів управління портфельними ризиками. Досліджується проблема управління ризиками інвестиційних проектів зокрема на стадії перед-проектного планування. Наведені методи розв'язання даної проблеми, запропоновані авторами.

1. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

1.1 Ризики та їх класифікація

Ризик (від грец. *ridsikon*, *ridsa* – скеля) – імовірність виникнення збитків або недоотримання доходів у порівнянні з прогнозованим варіантом.

Ризик є одним із засобів зняття невизначеності, яка представляє незнання достовірного, відсутність однозначності. Найчастіше під ризиком розуміють прийняття рішення в ситуації неминучого вибору, в процесі якої є можливість кількісно та якісно оцінити ймовірність досягнення передбачуваного результату, невдачі та відхилення від цілей.

Об’єктом ризику називають економічну систему, ефективність та умови функціонування якої наперед точно невідомі.

Під **суб’єктом ризику** розуміють особу, яка зацікавлена в результатах керування об’єктом ризику і має компетенцію приймати рішення щодо об’єкту ризику.

Джерело ризику – це чинники (явища, процеси), які спричиняють невизначеність результатів (конфліктність).

В економіці класична теорія підприємницького ризику (Дж. Міль, І. У. Сенсор) ототожнює ризик з математичним очікуванням втрат через вибір того чи іншого рішення, тобто ризик – витрати, пов’язані з виконанням даного рішення.

У 30-ті роки XX ст. економісти А. Маршал та А. Піту розробили основи неокласичної теорії підприємницького ризику, зміст якої полягає в тому, що підприємець, віддаючи перевагу одному з альтернативних рішень, повинен керуватися двома критеріями: величиною очікуваного прибутку та розмірами його можливих коливань навколо середнього значення.

Однак, такий підхід не враховує фактору особистісного сприйняття підприємцем ризику, на що звернув увагу Дж. М. Кейнс, вважаючи доцільним враховувати в економічних процесах три основні види ризиків: ризик підприємця, ризик кредитору та ризик, пов'язаний з можливим зменшенням цінності грошової одиниці.

Ризик можна класифікувати за наступними **факторами**:

а) *сфера виникнення*: виробничі (пов'язані з невиконанням підприємством своїх планів та зобов'язань з виробництва продукції), комерційні (ризик втрат у процесі фінансово-економічної діяльності), фінансові (виникає через нездатність виконання підприємством своїх фінансових зобов'язань);

б) *причина виникнення*: природні (пов'язані зі стихійними силами природи), екологічні (пов'язані з настанням відповідальності за нанесення збитків навколишньому середовищу), політичні (виникають через державну політику), транспортні (пов'язані з перевезенням вантажів різноманітними видами транспорту), майнові (ризики від втрати майна через причини, що не залежать від підприємства), торгові (залежать від збитків через затримку платежів, непостачання товару, відмови від платежу тощо);

в) *масштаби та розміри*: глобальні, локальні;

г) *аспекти*: психологічний, соціальний, економічний, юридичний, політичний, медико-біологічний, комбінований, соціально-економічний;

д) *міра ризиконасиченості рішень*: мінімальні, середні, оптимальні, максимальні або допустимі, критичні, катастрофічні;

е) *типи ризику*: раціональні (обґрунтований), нераціональні (необґрунтовані), авантюрні (азартні);

ж) *час прийняття ризикованих рішень*: випереджаючий, своєчасний, запізнिलий;

з) *чисельність осіб, які приймають рішення*: індивідуальний, груповий;

и) *ситуація*: в умовах невизначеності (стохастичний ризик), в умовах конфлікту (конкуруючий ризик), в умовах розпливчастості.

До **виробничих ризиків** зокрема належать ризики випуску дефектної продукції. В умовах масового виробництва на підприємствах діють відділи технічного контролю, бюро якості та інші підрозділи, що виконують контроль якості продукції. У машино-

будуванні в середньому вартість контрольних операцій становить приблизно 10 % від вартості продукції. Частина втрат від ризику може бути компенсована службами технічного обслуговування продукції, що знаходиться вже у споживачів.

Інша група виробничих ризиків пов'язана з виконанням діючих технологічних процесів – аварії різного ступеня важкості (від незначних порушень технологічних процесів до катастроф з людськими жертвами). Такі випадки можуть відбутися на промислових об'єктах через події різного характеру: природного (землетруси, паводки, блискавка), техногенного (знос будівель, обладнання, помилки на стадії проектування, помилки персоналу, пошкодження обладнання під час ремонтних робіт), змішаного (порушення природної рівноваги в результаті техногенної діяльності людини, наприклад, виникнення нафтогазового фонтану в процесі буріння свердловини). У таких випадках можуть виникати екологічні ризики, зокрема: аварійне скидання в ріки технологічної рідини, викидів у атмосферу газів. За такі дії підприємства мають платити штрафи відповідно до вимог екологічних органів. Зниження виробництва продукції та зупинення виробництва – наслідки аварії або поломки обладнання, що призводить до прямих втрат прибутку через зменшення випуску продукції й до непрямих втрат через непостачання продукції споживачам та подачі ними судових позовів.

Комерційні ризики – ризики, пов'язані з невизначеністю майбутньої ринкової ситуації в країні. Зокрема, з майбутніми діями постачальників у зв'язку зі зміною переваг споживачів. Великий вплив мають ризики, пов'язані з діяльністю партнерів організації: з їх діловою активністю, фінансовим положенням, відношенням до виконання зобов'язань. Важлива роль конкурентного оточення, від дій якого залежить доля конкретного підприємства (наприклад, інформаційні ризики, пов'язані з промисловим шпіонажем і можливістю проникнення конкурентів у комерційні таємниці).

До **фінансових ризиків** належать зокрема ризики, пов'язані з коливанням цін на товари та послуги (динаміка інфляції), ставки рефінансування Центрального банку країни, норм банківських відсотків за кредитами та депозитами, валютних курсів та інших макроекономічних показників. Частина цих ризиків має

об'єктивний, частина – спекулятивний характер. Найчастіше з фінансових ризиків зустрічаються:

а) валютні ризики – ймовірність виникнення збитків від зміни обмінних курсів у процесі зовнішньоекономічної діяльності, інвестиційної діяльності в інших країнах, отримання експортних кредитів;

б) відсоткові ризики – ймовірність виникнення збитків у випадку зміни відсоткових ставок фінансових ресурсів;

в) портфельні ризики – відбивають вплив різних макро- та мікроекономічних факторів на активи підприємця або інвестора, при чому окремі фактори ризику можуть виявляти протилежний вплив на різноманітні види активів (формуючи портфель із різних активів за деякою технологією, можна значно зменшити його ризикованість та збільшити дохідність).

Інвестиційні ризики пов'язані з можливістю недоотримання або втрати прибутку в процесі реалізації інвестиційних проектів. Інвестиційний проект реалізується на двох стадіях: на першій кошти інвестуються в різноманітні активи, будівництво об'єктів або придбання оборотних фондів, а на другій вкладені кошти повертаються, і проект починає приносити прибуток.

На першій стадії реалізації виникають ризики, пов'язані з можливим незавершенням проектувальної або будівничо-монтажної частини проекту, а також виявленням дефектів після приймання об'єктів у експлуатацію. Серед них виділяють технічні ризики, що включають у себе будівничо-монтажні та експлуатаційні ризики. З-поміж загальних ризиків, характерних для першої стадії реалізації проекту, можна виокремити наступні: ризик виявлення технічних помилок у проекті; ризик перевищення кошторису внаслідок подорожчання вартості будівництва; ризики, що виникають внаслідок неправильного оформлення юридичних прав.

На другій стадії інвестиційного проекту повинна бути забезпечена його окупність. Дана стадія безпосередньо пов'язана з торговою або виробничою діяльністю й відповідно піддається комплексу несприятливих впливів – підприємницьких ризиків.

1.2 Принципи управління ризиками

Менеджер повинен визнавати фундаментальну істину, що сама природа економічної діяльності нерозривно пов'язана з чинниками випадковості, розпливчастості, неповноти інформації, тобто з ризиком. Це змушує знаходити практичні шляхи зменшення загрози збитків, пов'язаної з певними ризиками, обирати найефективніший спосіб дій, який забезпечить прийнятний ступінь ризику.

Управління ризиком – багатоступеневий процес, який має на меті зменшити або компенсувати втрати для об'єкту при настанні несприятливих подій. Основні **принципи** процесу управління ризиками:

- *принцип максимізації*: прагнення до найширшого аналізу можливих причин і чинників виникнення ризику (принцип наголошує на необхідності зведення рівня невизначеності до мінімуму);
- *принцип мінімізації*: управлінці намагаються звести до мінімуму, по-перше, спектр можливих ризиків, а по-друге, мінімізувати ступінь впливу ризику на свою діяльність;
- *принцип адекватності реакції*: необхідно адекватно й швидко реагувати на зміни, які можуть призвести до виникнення ризику;
- *принцип прийняття*: можна прийняти тільки обґрунтований ризик.

Процес управління ризиком в загальному випадку може бути представлений за допомогою блок-схеми на рис. 1.1.

Для процесу управління ризиком працівникам апарату управління необхідно передусім навчитись прогнозувати виникнення тих чи інших проблем і відповідних ситуацій. Під прогнозом розуміється науково обґрунтоване судження про можливі стани об'єкта управління в майбутньому, про альтернативні траєкторії й терміни його існування. Прогнозування управлінських рішень найтісніше пов'язане зі стратегічним і тактичним плануванням.

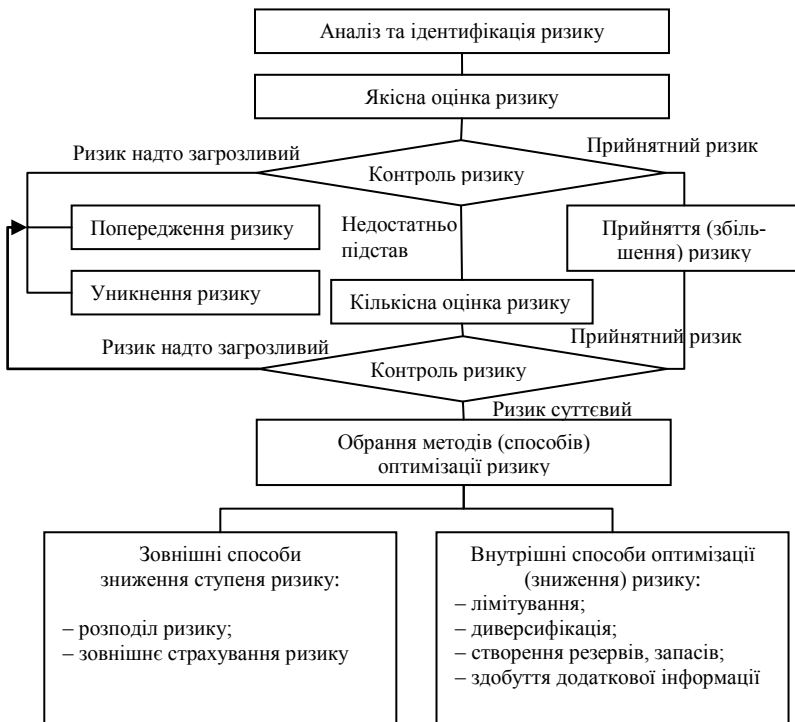


Рисунок 1.1 – Узагальнена блок-схема процесу управління ризиком

1.3 Способи управління ризиками

Рішення – центральна ланка будь-якого управління. Класифікація підходів до управління ризиками дозволяє виокремити характерні для них особливості, передбачити можливість зниження ступеня ризику в прийнятті рішень. Розрізняються, зокрема, геополітичні, фінансові, технологічні, конструкторські, експлуатаційні рішення. Ці типи рішень перебувають у системному зв'язку й можуть впливати одне на одного.

У процесі управління ризиком можуть бути виокремлені такі рішення:

- *за вибором цілей управління ризиком*: рішення, які найменше піддаються дослідженню і формалізації. Формальні мето-

ди аналізу й синтезу стосовно цілепокладання поки що недостатньо розроблені;

- *за вибором методів* (попередити, знизити, страхувати, поглинути) чи *інструментів* (конструкторські, технологічні, фінансові тощо) управління ризиком. Ці рішення допускають формалізацію, зокрема використання функціонально-логічних методів, математичних методів і моделей тощо;

- *підтримки балансу в трикутнику «люди-ресурси-цілі»* в процесі досягнення обтяжених ризиком цілей за допомогою обраного інструментарію управління ним.

Можливість альтернативних рішень висуває перед менеджментом завдання оптимізації розподілу ресурсів між такими заходами:

- а) *попередження ризику* усуненням його джерела (наприклад, зміна технологічного процесу таким чином, щоб усунути використання небезпечних чи шкідливих речовин);

- б) *зниження ризику* за допомогою зменшення інтенсивності небажаних факторів чи вразливості об'єктів, які можуть бути піддані впливу несприятливих чинників. Наприклад, передбачення стосовно договору низьких штрафних санкцій за його невиконання, чим знижується інтенсивність цих санкцій. Окрім цього, для зниження ступеня ризику використовують нефондове страхування;

- в) *відшкодування збитків*. Відбувається зокрема укладенням договору фондового страхування.

Зниження ступеня ризику можливе також підвищенням надійності товарів і систем, зниженням можливої інтенсивності небажаних чинників (наприклад, обмеження запасів небезпечних речовин), підвищенням захищеності об'єктів від їх впливу.

Зниження ризику можливе:

- 1) на етапі планування операції (проекту) чи проектування зразків – введенням додаткових елементів надійності та інших необхідних заходів;

- 2) на етапі прийняття рішення – використанням відповідних критеріїв оцінки ефективності рішення, наприклад критеріїв Вальда («фрозраховуй на гірше») чи Севіджа;

- 3) на етапі експлуатації технічних систем – за рахунок дотримання режимів експлуатації та їх контролю.

У межах кожного з напрямів вживані заходи матимуть різну ефективність. Ці заходи пов'язані з витратами й потребують збільшення за зростання складності систем. Тому в певних умовах може виявитись економічно доцільнішим витратити грошові кошти не на попередження чи зниження ступеня ризику, а на відшкодування можливих збитків, використовуючи для цього механізм страхування.

За прогнозною ефективністю в управлінні ризиками можна виокремити: ординарні, синергетичні та асинергетичні варіанти рішень і систем.

Ординарні варіанти ризикових рішень – такі варіанти рішень, за яких ефективність витрати ресурсів на одиницю одержаного ефекту в управлінні ризиком відповідає нормам і нормативам, прийнятим для певної галузі, виду діяльності.

Синергетичні варіанти ризикових рішень – такі варіанти рішень, за яких ефективність витрати ресурсів в управлінні ризиком різко зростає, тобто ефект має різко виражений непропорційно зростаючий характер. Синергетичні рішення проявляються в розробці нових безпечних технологій, пошуку та усуненні чи захисті вразливих місць, конструюванні оригінальних пристроїв тощо. У фінансовому менеджменті синергетичний ефект управлінського рішення називають *ефектом важеля, чи ліверіджем*. Показник синергії управлінського рішення може включатись до числа критеріїв оцінювання ефективності, зокрема як додатковий параметр ефекту.

Асинергетичними називають варіанти рішень, які не дозволяють одержати бажаного ефекту від інвестованих в управління ризиками коштів. Серед найчастіших причин таких рішень можна назвати: запізнення у виконанні рішення; відсутність необхідних ресурсів; відсутність чіткої організації, мотивації; наявність побічних конфліктів, що виникають у процесі реалізації рішень тощо.

Розглянемо окремі *способи управління ризиком*.

1. *Уникнення ризику* – ухилення від певного заходу, обтяженого надмірним ризиком. Проте уникнути ризику для менеджера (інвестора) нерідко означає відмовитися від прибутку, що пов'язано з ризиком невикористаних можливостей. Так валютного ризику можна уникнути, відмовившись від створення іноземних дочірніх підприємств.

2. *Попередження ризику* – досить ефективний засіб, який, однак, лише в окремих випадках дає змогу зменшити ризик. Так, зокрема для банків існує декілька способів підтримування на прийнятному рівні обсягів безнадійних боргів, тобто попередження ризику банку: ненадання кредитів ризикованим клієнтам, а також керівництву банку; перегляд умов кредитування. Певною мірою банк може попередити кредитний ризик, підвищуючи (якщо це можливо) відсоткові ставки за кредити, тобто зростання доходів від надійних клієнтів може компенсувати збитки від безнадійних боржників.

3. *Прийняття (збереження чи збільшення) ступеня ризику* – залишення ризику за менеджером (інвестором). Вкладаючи кошти в певну справу, менеджер має бути впевненим, що є змога покрити можливі збитки або що вони не загрожують.

4. *Розподіл ризику* полягає в тому, щоб, наприклад, покласти певну частку відповідальності за ризик на того співучасника реального інвестиційного проекту, який здатний його контролювати краще за інших. Основні суб'єкти певного реального проекту можуть, наприклад, прийняти рішення, які розширюють або звужують коло його потенційних інвесторів: чим більшим ризиком ці суб'єкти мають намір обтяжити інвесторів, тим важче буде залучити досвідчених інвесторів до цього проекту. Готовність обговорити питання про прийняття на себе головними учасниками реального проекту більшої частки ризику відкриває простір для залучення до цього проекту широкого кола інвесторів і може переконати досвідчених інвесторів дещо знизити свої вимоги щодо премії за ризик.

5. *Суть зовнішнього страхування ризику* полягає в тому, що інвестор готовий відмовитися від частини доходів, аби уникнути ризику, тобто готовий заплатити за зниження до прийнятної величини рівня ризику. Фактично, коли вартість страховки дорівнює можливим збиткам, інвестор, несхильний до ризику, прагне застрахуватися так, щоб забезпечити повне повернення будь-яких фінансових втрат, яких імовірно зможе зазнати. Ризик не повинен бути утриманим, коли розмір можливих збитків відносно великий у порівнянні з затратами на страхування (придбання полісу). Так, зокрема, більшість проектів (особливо великих) містить певні елементи (підмножини подій), затримка у реалізації яких може

стати причиною істотного зростання обсягів затрат. Це може статися, наприклад, у результаті запізнення з підключенням електроенергії. Вихід з подібних ситуацій полягає в тому, щоб до участі в проєкті залучити страхову компанію.

6. *Лімітування* – це встановлення ліміту, тобто верхньої межі коштів, зокрема грошових тощо. Лімітування є важливим засобом зниження рівня ризику, воно застосовується банками при продажу товарів у кредит (за кредитними картками) тощо; інвесторами – при визначенні суми вкладення капіталу в певний проєкт тощо.

7. *Диверсифікація* – процес розподілу інвестованих коштів між різними об'єктами вкладання, які безпосередньо не зв'язані один з одним. На принципі диверсифікації базується діяльність інвестиційних фондів, які продають клієнтам свої акції, а одержані кошти вкладають у різноманітні цінні папери, які обертаються на фондовому ринку й дають стійкий середній прибуток.

Диверсифікація дозволяє уникнути частини ризику при розподілі капіталу між різноманітними видами діяльності. Так, придбання інвестором акцій різних акціонерних товариств замість акцій одного товариства збільшує ймовірність одержання ним середнього доходу майже втричі й відповідно в три рази знижує рівень ризику.

8. *Створення резервів, запасів на покриття ймовірних витрат*. Основна проблема – оцінювання потенційних наслідків ризику.

9. *Здобування додаткової інформації* є одним з важливих способів зниження ризику. При використанні неточних даних постає питання про доцільність їхнього уточнення. Особливо для інноваційних проєктів потрібно з'ясувати: чи необхідно терміново почати їхнє впровадження, чи є сенс провести додатковий експеримент для уточнення економічних показників. З одного боку, додатковий експеримент дав би змогу знизити економічний ризик, яким обтяжений певний інноваційний проєкт, зменшити можливі збитки. Але, з іншого боку, експеримент, у свою чергу, пов'язаний з певними витратами та збитками, й якщо впровадження інноваційного проєкту відкладається, то збитки збільшуються. Вони особливо великі в разі проведення довгострокового

експерименту. Тоді впровадження заходу й одержання від нього економічного ефекту відсуваються.

Якщо б менеджер мав повнішу інформацію, він міг би зробити кращий прогноз та знизити ступінь ризику. Це робить інформацію товаром, за який менеджери (інвестори) згодні платити великі гроші.

Розглянемо докладно деякі способи управління ризиками.

1.3.1 Диверсифікація ризику шляхом оптимізації портфеля

Відомо, що чим більшою є спеціалізація підприємства, тим чіткіший ритм виробництва, вища його рентабельність, але при цьому гіршою є адаптивність цієї економічної системи, її еластичність, маневреність відносно змін зовнішнього, по відношенню до неї, економічного середовища (коливання попиту, цін на сировину, кінцеву продукцію тощо).

Так, на ринку цінних паперів (ЦП) інвестор не повинен вкладати гроші в ЦП лише одного виду, необхідна диверсифікація вкладень, бо в протилежному випадку він приречений або на низьку ефективність (норму прибутку), або на надто високий ступінь ризику. Сукупність ЦП складає їхній портфель – розподіл коштів між цілим рядом різних активів у найбільш вигідній та безпечній пропорції. Такий розподіл інвестицій знижує ризик, забезпечує більшу стійкість доходів (прибутків) за будь-яких коливань дивідендів і ринкових цін на ЦП.

Економіко-математична модель задачі вибору оптимальної структури портфеля вперше була запропонована Г. Марковіцем. Інший американський вчений-економіст Д. Тобін узагальнив цю задачу, показавши, що оптимальна структура портфеля ЦП не залежить від схильності (несхильності) інвестора до ризику.

Теорія портфеля надзвичайно широко використовується в економіці. Зокрема, банки застосовують її при підготовці фінансових операцій, на підприємствах менеджерами створюється «портфель надійності» матеріальних запасів, визначається їхній оптимальний обсяг та ступінь ризику. Дана теорія дає можливість здійснити багатостадійне планування, що забезпечує надійність і ефективність розподілу матеріальних запасів у загальній системі

виробництва з урахуванням витрат на складування, постачання, транспортування.

Узгодження максимізації норми прибутку та мінімізації ризику не є простим, бо на досить ефективному ринку ЦП з високою нормою прибутку характеризуються відповідно високим ступенем ризику. Розсудливий інвестор шукає такі можливості для розміщення капіталу, за яких зі збільшенням норми прибутку одночасно зменшувався б ступінь ризику.

Розрізняють «наївну» та «розсудливу» диверсифікацію. Перша спирається на якомога більшу різноманітність залучених до портфеля різних видів ЦП без глибокого дослідження ступеня кореляції між ними. Така диверсифікація, як правило, рідко призводить до значної редукції ризику. «Розсудлива» диверсифікація спирається на відповідні математичні методи.

Нехай R_i – випадкова величина норми прибутку від i -го ЦП (виражена у відсотках), $i = 1, \dots, n$, де n – кількість видів ЦП, що розглядаються.

Тоді випадкова величина норми прибутку портфеля, сформованого з n видів ЦП, дорівнює:

$$R_{\Pi} = \sum_{i=1}^n x_i R_i, \quad (1.1)$$

де x_i – питома вага інвестицій у i -й ЦП, залучений до портфеля (сума всіх часток дорівнює одиниці).

Сподіване значення (математичне сподівання) випадкової величини норми прибутку портфеля є середньозваженою очікуваною норми прибутку від окремих ЦП:

$$m_{\Pi} = M \left\{ \left(\sum_{i=1}^n x_i R_i \right) \right\} = \sum_{i=1}^n x_i m_i, \quad (1.2)$$

де $m_i = M(R_i)$ – математичне сподівання випадкової величини норми прибутку i -го ЦП.

Ступінь ризику портфеля оцінюється середньоквадратичним відхиленням (σ_{Π}), яке обчислюється на підставі варіації його норми прибутку:

$$V_{\Pi} = \sigma_{\Pi}^2 = M\left\{(R_{\Pi} - m_{\Pi})^2\right\} = \sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \sigma_{ij}, \quad (1.3)$$

де $V_i = \sigma_i^2$ – дисперсія норми прибутку i -го ЦП:

$$\sigma_i^2 = M\left\{(R_i - m_i)^2\right\}, \quad (1.4)$$

σ_{ij} – коваріація між нормами прибутку i -го та j -го ЦП:

$$\sigma_{ij} = M\left\{(R_i - m_i)(R_j - m_j)\right\} \quad (1.5)$$

або

$$\sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j, \quad (1.6)$$

де ρ_{ij} – коефіцієнт кореляції між нормами прибутку i -го та j -го ЦП.

У площині $m_{\Pi} - \sigma_{\Pi}$ (рис. 1.2) обирають на осі ординат точку, яка характеризує ЦП з фіксованим прибутком R_F .

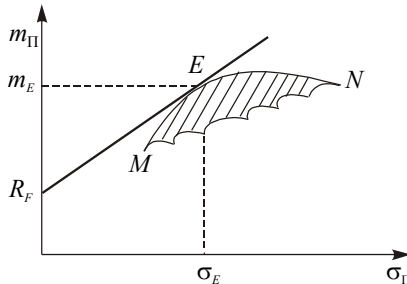


Рисунок 1.2 – Геометрична інтерпретація оптимального портфеля

Зрозуміло, що найкраще співвідношення між приростом норми прибутку й зростанням ризику забезпечує портфель ЦП, позначений на рис. 1.2 точкою E , через яку проходить дотична до лінії ефективних портфелів MN , яка бере початок у точці R_F . Точку E , що характеризує оптимальну структуру портфеля, знаходять, максимізуючи функцію:

$$\varphi = (m_{\Pi} - R_F) / \sigma_{\Pi}. \quad (1.7)$$

Якщо портфель сформовано з двох акцій, то його варіацію можна обчислити за допомогою формули:

$$V_p = x_1^2 \delta_1^2 + x_2^2 \delta_2^2 + 2x_1 x_2 \delta_1 \delta_2 \rho_{12}. \quad (1.8)$$

Щоб пояснити вплив кореляції між акціями на ризик сформованого портфеля, проаналізуємо деякі основні випадки, коли ρ_{12} дорівнює або 1, або -1 , або 0.

1. $\rho_{12} = 1$

Це екстремальний випадок абсолютно додатної кореляції між нормами прибутку двох акцій, який має місце тоді, коли розглядаються акції підприємств, що виготовляють взаємодоповнюючі товари (наприклад, автомобілі – шини), а отже норми прибутку від однієї акції змінюються прямо пропорційно нормам прибутків від другої.

В такому випадку, виходячи з формули (1.8):

$$V_p = x_1^2 \delta_1^2 + x_2^2 \delta_2^2 + 2x_1 x_2 \delta_1 \delta_2 = (x_1 \delta_1 + x_2 \delta_2)^2.$$

Отже, ризик портфеля в цьому випадку дорівнює:

$$\delta_p = x_1 \delta_1 + x_2 \delta_2. \quad (1.9)$$

Таким чином, у випадку абсолютно додатної кореляції між нормами прибутків акцій ризик портфеля – середньозважена величина ризику окремих видів акцій, які входять до його складу. Зменшуючи ризик, прямо пропорційно зменшується сподівана норма прибутку і навпаки.

2. $\rho_{12} = -1$

В даному випадку спостерігається абсолютна від’ємна кореляційна залежність між нормами прибутку двох акцій. Тоді

$$V_p = x_1^2 \delta_1^2 + x_2^2 \delta_2^2 - 2x_1 x_2 \delta_1 \delta_2 = (x_1 \delta_1 - x_2 \delta_2)^2.$$

Ризик портфеля дорівнює

$$\delta_p = |x_1 \delta_1 - x_2 \delta_2|. \quad (1.10)$$

Ризик портфеля в такому випадку можна істотно зменшити, тобто δ_p дорівнюватиме нулю, а цього можна досягти за умови, коли

$$\begin{aligned}x_1^* &= \frac{\delta_2}{(\delta_1 + \delta_2)}; \\x_2^* &= 1 - x_1^* = \frac{\delta_1}{(\delta_1 + \delta_2)}\end{aligned}\tag{1.11}$$

Таким чином, у випадку абсолютної від'ємної кореляції є можливість обрати таку структуру портфеля, при якій він цілком позбавлений ризику.

3. $\rho_{12} = 0$

Даний випадок означає відсутність взаємозалежності між акціями, тобто формування норми прибутку однієї акції ніяк не пов'язане з формуванням норми прибутку другої акції.

Варіація портфеля дорівнює:

$$V_p = x_1^2 \delta_1^2 + x_2^2 \delta_2^2.$$

Ризик портфеля визначається за формулою:

$$\delta_p = \sqrt{x_1^2 \delta_1^2 + x_2^2 \delta_2^2}.\tag{1.12}$$

Тоді виникає можливість часткового зменшення ризику портфеля:

$$\frac{d\delta_p}{dx_1} = \frac{x_1 \delta_1^2 - (1 - x_1) \delta_2^2}{\sqrt{x_1^2 \delta_1^2 + (1 - x_1^2) \delta_2^2}}.$$

Величина δ_p досягає свого мінімуму за умови:

$$\frac{d\delta_p}{dx_1} = 0,$$

а це можливо, коли

$$\begin{aligned}x_1^* &= \frac{\delta_2^2}{\delta_1^2 + \delta_2^2}; \\x_2^* &= \frac{\delta_1^2}{\delta_1^2 + \delta_2^2}.\end{aligned}\tag{1.13}$$

Мінімальне значення ризику дорівнює:

$$\delta_p^* = \frac{\delta_1 \delta_2}{(\delta_1^2 + \delta_2^2)^{0,5}}.\tag{1.14}$$

1.3.2 Управління запасами

Через нестабільне економічне середовище, несвоєчасність виконання прийнятих рішень, помилки в обґрунтуванні оптимального рівня рішень тощо, виникає істотний (навіть катастрофічний) рівень ризику. У зв'язку з цим менеджерам доцільно вживати відповідних заходів, створюючи резервні фонди для страхування несприятливих наслідків і зниження ступеня ризику.

Управління запасами пов'язане з проблемою досягнення оптимальної рівноваги між двома конкуруючими чинниками: мінімізацією капіталовкладень у запаси та максимізацією рівня обслуговування споживачів продукції даного підприємства.

Матеріальні запаси можна умовно розділити на три види: страховий запас готової продукції на складі, призначений для компенсації коливань попиту на ринку; страховий виробничий запас сировини, матеріалів і комплектуючих виробів; динамічний виробничий запас, що являє собою запас матеріалів і комплектуючих виробів, який формується з певною періодичністю і в певних обсягах.

На ефективність формування запасів впливають два протилежно-направлені випадкові чинники: зростання вартості матеріалів і комплектуючих виробів (інфляція на змінні затрати) та зростання вартості капіталу (оборотних коштів).

Якщо придбати матеріали й комплектуючі в запас на всю виробничу програму, наприклад, на початку року й використовувати їх у виробництві продукції за «старими» цінами, то в запасах будуть «заморожені» великі засоби, потреба в яких вимагатиме одержання кредиту в банку під значний відсоток. Необхідність обслуговувати цей борг значно збільшить загальні затрати, які можуть бути обтяжені значним ризиком.

Таким чином, важливо об'єктивно оцінити стратегію формування запасів, використовуючи їхні обсяги та періодичність їхнього поповнення як змінні параметри.

Стосовно визначення, наприклад, обсягів резерву сировини (комплектуючих), можна спиратися, наприклад, на дані щодо минулих відхилень від встановлених (обумовлених) термінів поставання. Величина резерву, призначеного для зменшення ступеня ризику, встановлюється шляхом множення величини, наприклад,

добового споживання даної сировини на кількість діб, визначених як середньоквадратичне відхилення фактичного періоду постачання від обумовленого за контрактом. Це забезпечить зниження ризику, пов'язаного з зупинкою виробництва через нестачу сировини.

Створення резерву грошових коштів на покриття випадкових затрат – один зі способів боротьби з ризиком, що передбачає встановлення співвідношення між потенційним ризиком і величиною витрат, які необхідні для подолання зривів у виконанні проекту. Основною проблемою при створенні резерву на покриття випадкових затрат є оцінка потенційних наслідків (збитків) від ризиків.

При визначенні суми резерву на покриття непередбачених затрат необхідно враховувати точність початкової оцінки вартості проекту та його елементів у залежності від етапу виконання проекту, що впливає на обсяг резерву на покриття випадкових витрат. Ретельно виконана оцінка ймовірних затрат, що не передбачалися, значно зменшує ризик майбутніх збитків.

Визначення структури резерву на покриття ймовірних затрат, що передбачалися, проводиться за допомогою одного з двох можливих способів.

Згідно з першим способом резерв ділять на загальний і спеціальний. Загальний резерв повинен покривати зміни в кошторисі, добавки до загального обсягу грошей за контрактом й інші елементи. *Спеціальний резерв* складається з надбавки на покриття зростання цін і витрат за окремими позиціями, а також на сплату позовів за контрактами.

Згідно з другим способом структура резервів передбачає визначення ймовірних витрат за видами витрат, наприклад, на заробітну платню, матеріали.

Подальше уточнення обсягів ймовірних витрат вимагає встановлення взаємозв'язку з елементами структури розподілу робіт на різних рівнях, зокрема на рівні пакетів робіт. Це допомагає створити базу даних корегування непередбачених затрат.

Резерв на ймовірні витрати визначається лише за тими видами витрат, які ввійшли до початкового кошторису. Непередбачені ймовірні витрати включаються в бюджет як самостійна стаття витрат і затверджуються вищим керівництвом компанії.

Різноманітність задач управління запасами та їхня складність призвели до створення великої кількості математичних моделей, ефективне використання яких не можливе без застосування економіко-математичних методів та ЕОМ. Моделі управління запасами відрізняються багатьма компонентами в залежності від характеру зміни величин, які в ці моделі входять. Найбільш істотним чинником, який необхідно враховувати при розробці моделей управління запасами, є час. Статичні моделі управління запасами лише наближено відповідають реальним умовам. Більш точний розв'язок можна одержати за допомогою динамічних моделей, які враховують час та відповідні залежності.

Слід відзначити, що в багатьох моделях управління запасами одним з головних припущень є те, що, наприклад, попит – заздалегідь відома детермінована величина. Однак у переважній більшості реальних задач попит є випадковою величиною, розподіл імовірності якої може бути й невідомим. У зв'язку з цим виникає економічний ризик, зумовлений стохастичністю величини попиту.

Величина ризику може бути визначена як відхилення сподіваних результатів щодо потреб у запасах від середньої, або величини математичного сподівання.

Утримування певного обсягу грошових коштів на банківському рахунку, або ж у формі готівки в касі компанії важливе для її нормального функціонування. Грошові кошти потрібні компаніям, головним чином, для регулювання різного роду зобов'язань. Окрім цього, підприємства утримують сальдо грошових коштів у касі чи на банківському рахунку в цілях протидії наслідкам браку готівки. Оптимізація величини грошових коштів реалізується за допомогою різних методів.

Модель М. Міллера та Д. Орра має ймовірнісний характер – потоки чистих доходів і видатків трактуються як випадкові змінні величини, закон розподілу яких може бути описаний двома параметрами: математичним сподіванням та дисперсією. Приймається також гіпотеза, що функція розподілу даного потоку чистих грошових надходжень і видатків навколо їхнього середнього рівня має нормальний закон розподілу.

Позначимо оптимальну величину сальдо грошових коштів x^* , а їхній максимальний – $x^{(1)}$ і мінімальний рівень – $x^{(2)}$. Мінімаль-

ний рівень задають менеджери підприємства. Тоді максимальний та оптимальний рівень можна визначити за такими формулами:

$$x^* = \left[\frac{3K_s \delta^2}{4k_M} \right]^{\frac{1}{3}} + x^{(2)} \quad (1.15)$$

та

$$x^{(1)} = 3 \left[\frac{3K_s \delta^2}{4k_M} \right]^{\frac{1}{3}} + x^{(2)} = 3x^* - 2x^{(2)}, \quad (1.16)$$

де K_s – стала величина (обсяг однієї угоди з продажу ЦП чи позики); k_M – величина втрачених можливостей, яка пов'язана з утримуванням сальдо грошових коштів (дорівнює нормі відсотка, яку можна було отримати, придбавши ЦП); δ – середньоквадратичне відхилення потоку чистих грошових надходжень.

Стратегія управління запасами при невизначеному попиті вимагає створення певного резерву заздалегідь визначеного обсягу K . Якщо в певний момент загальний запас знижується до розмірів резерву, терміново оформлюють заявку на постачання нової партії. Якщо ж виконання заявки вимагає певного часу, то заявка на поповнення запасу подається, коли запас знизиться до рівня $K + L$.

Задача управління запасами в умовах невизначеності та зумовленого нею ризику стосується проблеми визначення оптимального резерву. Обрання досить великого резерву, що гарантує мінімальний ризик, веде до ризику невикористаних можливостей. Тому вводяться додаткові гіпотези, в основу розрахунку необхідного резерву закладається поняття допустимого ризику – ймовірність того, що потреба в запасах не перевищить наявного резерву. Вводиться поняття коефіцієнту ризику, який виражає ймовірність того, що потреби у запасах виявляться незадовільними через нестачу резерву, перевищать його обсяг. Значення коефіцієнту ризику приймаються рівними 5 % чи 1 %.

Позначимо через V потребу в продукції між двома постачаннями й сформулюємо відповідну задачу. Необхідно визначити такий обсяг резерву K , щоб коефіцієнт ризику p , тобто ймовірність того, що резерв виявиться недостатнім, був би меншим від (або рівним) заданої величини p_z , тобто

$$P(V > q + K) \leq p_z, \quad (1.17)$$

де q – розмір постачання (розмір партії).

Для визначення величини K потрібно знати закон розподілу випадкової величини V . Тут можливим є ряд варіантів та гіпотез.

Припустимо, зокрема, що потреба в запасах, тобто величина V розподілена за нормальним законом з параметрами q – математичне сподівання та δ – середньоквадратичне відхилення. Введемо позначення

$$u = (V - q) / \delta. \quad (1.18)$$

Можна записати вираз для щільності ймовірностей:

$$p(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}. \quad (1.19)$$

Задача полягає в знаходженні величини $u_{p_z} = (V - q) / \delta$, що залежить від коефіцієнту ризику (ймовірності) p_z , для якого справджується рівняння:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{u_{p_z}}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du = p_z. \quad (1.20)$$

За змістом прийнятих допущень, резерв K повинен бути таким, щоб імовірність появи дефіциту дорівнювала p_z . Тоді з $u_{p_z} = (V - q) / \delta$ витікає, що резерв, який відповідає коефіцієнту ризику p_z , повинен дорівнювати щонайменше:

$$K = (V - q) = u_{p_z} \delta. \quad (1.21)$$

Таким чином, обсяг резерву K визначається прийнятим коефіцієнтом ризику та коливаннями потреби в запасах, які характеризуються середньоквадратичним відхиленням, величину якого можна наближено визначити зі статистичної обробки значень попиту в попередні періоди.

Якщо позначити через b очікувану інтенсивність попиту, то загальні затрати на управління запасами та резервами будуть становити:

$$B(q) = c_1 b / q + c_2 (q / 2 + u_{p_z} \delta), \quad (1.22)$$

де c_1 – витрати на оформлення замовленої партії, що не залежать від розміру партії і виникають кожен раз при розміщенні; c_2 – ви-

трати на зберігання одиниці запасу в одиницю часу; $B(q)$ – сумарні витрати на утримання запасу в одиницю часу.

Ці витрати будуть мінімальними, якщо

$$dB(q)/dq = -c_1b/q^2 + c_2/2 = 0. \quad (1.23)$$

Звідси можна визначити величину оптимального розміру партії:

$$q = \sqrt{\frac{2c_1b}{c_2}}. \quad (1.24)$$

Тобто на розмір партії не впливає розмір резерву. Оптимальний запас разом з резервом дорівнює величині:

$$W = \sqrt{\frac{2c_1b}{c_2}} + u_{p_z} \delta, \quad (1.25)$$

де W – необхідний запас разом з резервом.

Однією з проблем, що ускладнює задачу, є проблема обрання конкретного раціонального значення коефіцієнта ризику p_z . Тут ефективно можуть застосовуватись, зокрема, експертні процедури та теорія корисності, що дозволяє відобразити та врахувати відношення суб'єктів прийняття рішень (СПР) до ризику тощо.

1.4 Ризик-менеджмент

Для управління ризиками на підприємстві необхідно створити підрозділ – відділ управління ризиками, очолюваний ризик-менеджером, тобто керівником, який займається виключно проблемами управління ризиками та координує діяльність всіх підрозділів щодо регулювання ризиками та забезпечення компенсації можливих втрат та збитків.

Можна виділити три основні організаційні аспекти створення структури управління ризиком: діяльність провідного ризик-менеджера, діяльність відділу управління ризиком та взаємозв'язок підрозділу з іншими структурами організації.

Функції ризик-менеджера на підприємстві доволі широкі. Він займається питаннями забезпечення безпеки та контролю над ризиком, а також контролю та забезпечення якості продукції, що

випускається, формує організаційну структуру управління ризиком на підприємстві та розробляє основні положення та інструкції, пов'язані з цією діяльністю.

Ідеологічне завдання ризик-менеджера та його підрозділу – розробка стратегії та принципів управління ризиком на підприємстві, які повинні бути викладені у внутрішніх нормативних документах, основні з яких – Положення про управління ризиком та Керівництво з управління ризиком.

Положення з управління ризиком містить результати аналізу ризиків на підприємстві та викладення ключових моментів управління стратегії підприємства в даній галузі. У ньому може бути зроблено акцент на зниження рівня можливих ризиків аварій, створення спеціальних резервних фондів для компенсації можливих збитків або створення системи страхування. Положення виражає філософію компанії по відношенню до управління ризиком.

Керівництво з управління ризиком – документ, що визначає конкретні дії. У ньому повинні міститись вказівки на те, яким чином буде розв'язуватись кожна конкретна задача, а також відповіді на наступні питання: хто повинен оцінювати можливі втрати? хто і як повинен визначати умови страхування? що робити, якщо відбулась подія, яка призвела до втрат? як обмежити збитки? У керівництві встановлюється чітка відповідальність всіх підрозділів та служб організації, визначається взаємодія різних служб.

2. ОЦІНКА РИЗИКІВ

2.1 Якiсний та кiлькiсний аналіз ризику

Аналіз ризику – початковий етап, що має на меті отримання необхідної інформації про структуру, властивості об'єкту та наявні ризики. Зібраної інформації повинно бути достатньо для того, щоб приймати адекватні рішення на наступних етапах.

Якiсний аналіз ризику є найскладнішим і вимагає ґрунтовних знань, досвіду та інтуїції в даній сфері. Його головна мета – визначити чинники ризику, області ризику, після чого ідентифікувати всі можливі ризики.

Якiсний аналіз ризику має декілька аспектів.

Перший аспект пов'язаний з необхідністю порівнювати очікувані позитивні результати з можливими економічними, соціальними та іншими як сьогоднішніми, так і майбутніми наслідками. Ризикувати доцільно, якщо це приводить до кращих наслідків, аналізуючи та аргументуючи правильність своїх дій. Необхідно намагатись якомога точніше і глибше визначати джерела і причини ризику.

Другий аспект якiсного аналізу ризику пов'язаний з виявленням впливу рішень, які приймаються в умовах невизначеності, на інтереси СПР. Без урахування інтересів, без управління ними неможливі реальні якiсні перетворення в соціально-економічному житті. Необхідно виявити, для кого ризик корисний? Чиїм інтересам він відповідає?

На стадії якiсного аналізу ризику необхідно, зокрема, виокремити його чинники. Всі чинники, які тією чи іншою мірою впливають на ступінь ризику, можна умовно поділити на дві групи: об'єктивні та суб'єктивні.

До об'єктивних чинників належать такі, що не залежать безпосередньо від фірми та менеджерів (СПР). Це зокрема: інфляція, конкуренція, політичні та економічні кризи, екологія, мито, можлива робота в зоні вільного економічного підприємництва тощо.

До суб'єктивних чинників належать ті, які характеризують СПР (безпосередньо менеджера, підприємця).

Можна запропонувати таку багатокрокову процедуру якісного аналізу ризику та поведінки його суб'єктів щодо прийняття рішень у ситуації, обтяженій ризиком:

а) аналіз і діагностика ситуації, пов'язаної з певним проектом і обтяженою ризиком. Визначення головних завдань, основних неузгодженостей, домінуючих тенденцій;

б) виявлення інтересів основних учасників подій, їхнього ставлення до ризику;

в) виявлення управлінських цілей, методів і засобів їхнього досягнення;

г) аналіз основних чинників, що впливають на прийняття рішень, розподіл їх на керовані та некеровані параметри ризику;

д) здобуття інформації про можливі діапазони значень некерованих чинників ризику;

е) генерація набору альтернативних варіантів проекту;

ж) виявлення системи критеріїв суб'єкта ризику щодо різних варіантів проекту;

з) оцінка згенерованих альтернативних варіантів, вибір їх підмножини, що найкраще відповідає вимогам об'єкта ризику;

и) розробка відповідного способу дій, який був би найкращим з погляду переведення обтяженої ризиком ситуації у сприятливішу.

Кількісний аналіз ризику, кількісне визначення ступеня окремих ризиків і ризику даного виду діяльності в цілому – досить непроста проблема. Для кількісного аналізу ризику використовують низку методів. Серед них, як показують дослідження, інваріантними стосовно широкого спектра економічних проблем є такі:

- метод аналогій;
- аналіз чутливості;
- аналіз методами імітаційного моделювання;
- аналіз ризику можливих збитків тощо.

Метод аналогій: для аналізу ризику, яким може бути обтяжений новий проект, корисними можуть виявитись дані про наслідки впливу несприятливих чинників ризику близьких за суттю, раніше виконуваних проектів. У використанні аналогів застосовують бази даних і знань стосовно чинників ризику. Ці бази формуються на матеріалах з літературних джерел, пошукових робіт, моніторингу шляхом опитування фахівців (менеджерів проектів) тощо. Одержані дані обробляють, використовуючи відповідний математичний апарат для виявлення залежностей, причин з метою врахування потенційного ризику в реалізації нових проектів.

Необхідно зазначити, що навіть у простих і широковідомих випадках невдалого завершення проектів досить важко створити передумови для майбутнього аналізу, тобто підготувати досить вичерпний і реалістичний набір сценаріїв можливих невдалих завершень проектів. Для більшості можливих збитків і зумовленого ними ризику характерні такі особливості: їх причини з часом нашаровуються одна на одну, має місце тривалий інкубаційний період їх визрівання; вони якісно відрізняються одне від одного; їх ефект проявляється як результат складної суперпозиції низки непрогнозованих причин.

Аналіз чутливості є одним із найпростіших і широковідомих методів врахування чинників невизначеності, характерних для оцінювання проектів у бізнесі. Як правило він передує власне аналізу ризиків, бо за його допомогою з'ясовують, які з параметрів, що оцінюються стосовно проекту, можна віднести до найбільш «ризикованих», тобто тих, що спричиняють значну частку ризиків.

Аналіз чутливості може здійснюватися в два кроки.

Перший крок – формування моделі (часто за допомогою програмно-технічного комплексу), яка визначає математичні співвідношення між змінними (параметрами), що стосуються прогнозування (планування) очікуваних результатів.

Другий крок – власне аналіз чутливості. Він дає змогу ідентифікувати найважливіші в моделі оцінки проекту. Його суть полягає у вимірюванні чутливості основних показників, наприклад, ефективності проекту залежно від випадкової зміни чинників (тієї чи іншої змінної величини параметра). Наприклад, зростання чи падіння норми доходу залежно від зростання чи спаду експлуата-

дійних витрат. За показники чутливості проекту щодо зміни тих чи інших чинників доречно використовувати показники еластичності.

Еластичність – міра реагування однієї змінної величини (функції) на зміну іншої (аргументу), а коефіцієнт еластичності – це число, яке показує відсоткову зміну функції в результаті одновідсоткової зміни аргументу.

Якщо відомий вираз для показника y у вигляді дійсної функції від n чинників, яка визначена в певній області значень цих аргументів:

$$y = f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.1)$$

то еластичність функції n аргументів щодо змінної $x_j, j=1, \dots, n$ визначається за формулою:

$$\varepsilon_j = \frac{\Delta y}{y} \bigg/ \frac{\Delta x_j}{x_j} = \frac{\Delta y}{\Delta x_j} \cdot \frac{x_j}{y} \%, \quad j=1, \dots, n. \quad (2.2)$$

Якщо функція $y = f(x)$ неперервна та диференційована в певній області значень аргументів, то коефіцієнтом еластичності є величина:

$$\varepsilon_j = \frac{\partial y}{\partial x_j} \cdot \frac{x_j}{y}, \quad j=1, \dots, n. \quad (2.3)$$

Величина коефіцієнта еластичності не залежить від вибору одиниць вимірювання різних чинників. Чим більшим (за модулем) є значення коефіцієнта еластичності, тим вищим буде ступінь залежності норми доходу або чистої приведеної вартості, тобто її чутливість, а отже, й ризик відповідно до зміни певного чинника.

Ризик, яким обтяжений проект, є тим більшим, чим вищою є вразливість цього проекту до зміни кожного з чинників та чим більшим є інтервал можливих коливань цих чинників. Якщо аналізуються кілька проектів, то для реалізації має бути обраний той варіант, який є менш уразливим щодо випадкової зміни цих чинників.

Необхідно, однак, звернути увагу на те, що цей метод є дещо обмеженим. По-перше, він спирається на аналіз впливу на оцінку значення показника економічного ефекту чи ефективності, зокрема норми доходу проекту, лише окремих чинників (їх окремого впливу).

Тоді як істотне значення має їх інтегральний вплив. Власне тут необхідно враховувати ефект синергізму. По-друге, аналіз чутливості не враховує взаємозв'язку між цими параметрами. Так, зокрема зміни у попиті можуть призвести до змін у цінах тощо.

Як і в методі аналізу чутливості, під час аналізу ризику **методами імітаційного моделювання** здійснюється оцінка коливань вихідної величини за випадкових змін вхідних величин, але детальніше, з урахуванням ступеня взаємозалежності випадкових змін вхідних величин.

Процес кількісного аналізу ризику за допомогою методів імітаційного моделювання можна розділити на наступні кроки.

Перший крок – формування моделі проекту

Другий крок – визначення ключових аргументів, застосовуючи зокрема метод аналізу чутливості щодо низки чинників, які входять у модель, але до уваги не приймається те, наскільки ймовірними є ті чи інші випадкові коливання аргументу ризику. Для того щоб дані, одержані в процесі аналізу чутливості, мали сенс, у тест аналізу повинна бути введена концепція впливу невизначеності, пов'язаної з чинниками, що аналізуються, а також можливості використати цей аналіз для вибору чинників підвищеного ризику. Наприклад, може бути визначено, що відхилення у ціні купівлі певного виду устаткування на початку здійснення інвестиційного проекту має значний вплив на чистий інтегрований дисконтований дохід від проекту (велике, за абсолютною величиною, значення коефіцієнта еластичності). Однак імовірність будь-якого, навіть досить незначного відхилення цього чинника може бути дуже малою, якщо, наприклад, постачальник згідно з умовами контракту зобов'язаний здійснити поставки за фіксованою ціною. Отже, ризик, пов'язаний з цим аргументом, незначний. Даний чинник вилучається з подальшого аналізу. Тобто для подальшого аналізу ризику залишаються лише ті чинники, які не є детермінованими, а еластичність відповідної функції за даним аргументом значна.

Третій крок полягає в тому, щоб визначити можливі інтервали відхилень прогнозованих значень параметрів від очікуваних. На цьому етапі доречно використовувати математичні (статистичні) оцінки якості прогнозів.

Четвертий крок – визначення розподілу ймовірності випадкових значень аргументів. Здійснюється паралельно з третім кроком. Підготовка даних та оцінка розподілу ймовірності для відібраних чинників ризику включає як встановлення множини їх можливих значень, так і ймовірностей (вагових величин). На практиці визначення цих величин є ітераційним процесом, інтервали значень відповідних чинників уточнюються, враховуючи конкретний профіль розподілу ймовірності, і навпаки.

П'ятий крок призначений для виявлення взаємозалежності, яка на практиці може існувати між ключовими аргументами. У наборі ризикових чинників такі залежності зустрічаються досить часто. Наприклад, рівень собівартості значною мірою зумовлює величину ціни реалізації. Рівень ціни на певний товар, як правило, має обернене співвідношення з обсягом його продажу.

Ігнорування кореляції може призвести до неправильних результатів у аналізі ризику, тому важливо переконатися в наявності чи відсутності таких взаємозв'язків і, де це необхідно, ввести у моделюванні обмеження, що знизили б до раціонального рівня ймовірність вироблення сценаріїв, які порушують вплив кореляції. Фактично наявність кореляційного зв'язку обмежує випадковий вибір значень корельованих випадкових змінних. Цей вибір стає зумовленим як межами відповідних характеристик, так і напрямом (прямо чи обернено пропорційним) зв'язку.

Для адекватнішого відображення багатосторонніх реальних взаємозв'язків між явищами застосовуються економетричні моделі та методи.

Шостий крок полягає в генерації випадкових сценаріїв, які ґрунтуються на системі прийнятих гіпотез щодо чинників ризику згідно з обраною моделлю на першому кроці. Після того, як усі гіпотези були ретельно досліджені і побудовано відповідні залежності, необхідно послідовно здійснювати обчислення згідно з обраною на першому кроці моделлю, доки не буде одержана репрезентативна вибірка з нескінченної множини можливих значень ключових аргументів, враховуючи накладені на них обмеження. Для цього, як свідчить досвід, достатньо, щоб вибірка була одержана в результаті здійснення 200–500 обчислень, серія яких здійснюється за методом Монте-Карло.

Сьомий крок. Після серії обчислень можна одержати розподіл частот для результуючого показника (ефективності, чистої теперішньої вартості проекту, норми доходу тощо). Отримані результати вимагають їх інтерпретації. Коли обчислено сподіване значення результуючого показника (наприклад, чиста приведена вартість (ЧПВ) або норма доходу) проекту, то рішення щодо прийняття чи відхилення даного проекту залежить від того, який знак має ця величина. Якщо він додатний, то це є необхідною, але не достатньою умовою, щоб даний проект прийняти. Якщо знак відповідного показника від'ємний, то такий проект слід відхилити. Остаточне рішення виявляється об'єктивно-суб'єктивним, тобто значною мірою залежить від того, як СПР ставиться до ризику.

Беручи до уваги традиційну поведінку СПР, може бути розглянуто кілька можливих спрощених ситуацій. У кожній ситуації подається як інтегральна ($F(x)$), так і диференційна ($f(x)$) функції певного закону розподілу ймовірностей випадкової величини економічного показника (наприклад, ЧПВ), яка характеризує доцільність інвестування в один проект або вибору між альтернативними проектами.

З аналізу ситуацій можна вивести кілька правил щодо того, який з альтернативних проектів є сенс прийняти, беручи до уваги ризик.

Правило 1. Якщо криві інтегральних функцій законів розподілу ЧПВ двох альтернативних (взаємовиключальних) проектів не перетинаються в жодній точці, то завжди доцільно віддати перевагу тому проекту, в якого графік диференційної функції (щільність розподілу) розташований дещо правіше.

Правило 2. Якщо криві інтегральних функцій законів розподілу ЧПВ двох взаємовиключальних проектів перетинаються в певній точці, то рішення залежить від суб'єкта (інвестора), від його схильності (несхильності) до ризику. Необхідні якісь додаткові гіпотези або додаткова інформація для прийняття одного з проектів.

Аналіз ризику можливих збитків. Розрізняють наступні зони ризику:

а) *безризикова зона* – область, в якій випадкові збитки не очікуються, область виграшу підприємця;

б) *зона допустимого ризику* – область, у межах якої зберігається економічна доцільність підприємницької діяльності, тобто

випадкові збитки можуть мати місце, але вони менші за сподіваний прибуток від підприємницької діяльності;

в) *зона критичного ризику* – область, де наявна можливість обсягів збитків, що перевищують величину очікуваних прибутків. Величина імовірних збитків у цій зоні може призвести до втрати всіх коштів, вкладених підприємцем у справу;

г) *зона катастрофічного ризику* – область можливих збитків, які за своїм обсягом перевершують критичний рівень і можуть досягати обсягу майнового стану підприємця (призвести до банкрутства компанії).

У процесі прийняття рішень про допустимість і доцільність ризику важливо з'ясувати ймовірність того, що збитки не перевищать певного рівня x_0 , тобто:

$$F(x_0) = P(\xi \leq x_0).$$

У прикладних проблемах економічного ризику поряд з кривою щільності ймовірності збитків, ще важливішим є знання кривої функції розподілу ймовірностей $F(x)$ (інтегральна функція), тобто ймовірність неперевершення певного рівня збитків x_α , $F(x_\alpha) = P(\xi \leq x_\alpha)$ або оберненої величини

$$W(x_\alpha) = 1 - F(x_\alpha), \quad (2.4)$$

тобто кривої ймовірностей перевищення певного рівня збитків.

У побудові кривої $W(x)$ прийнято такі припущення:

– ймовірність збитків, більших від нуля, дорівнює одиниці $P(\xi > 0) = W(0) = 1$;

– зі зростанням заданого рівня збитків ймовірність перевищення цього рівня монотонно спадає;

– а необмеженого зростання рівня збитків ($x \rightarrow \infty$) ймовірність його перевищення прямує до нуля, тобто

$$\lim_{x \rightarrow \infty} W(x) = 0. \quad (2.5)$$

Необхідно також враховувати схильність (несхильність) СПР до ризику, тобто враховувати додаткові гіпотези та критерії щодо оцінки підприємницького ризику.

Кількісний аналіз ризику дозволяє:

а) розширити бази даних для обґрунтованого прийняття рішень: у порівнянні двох альтернативних проектів перевагу може здобути проект з меншим значенням норми доходу завдяки кращому співвідношенню ризиків і сподіваних значень норми доходу;

б) здійснювати з урахуванням ризику попередній відбір та визначати інвестиційні можливості: попереднє застосування простих методів аналізу ризику дозволяє отримати необхідну інформацію щодо ймовірних значень ключових аргументів, завдяки чому заощаджуються людські та фінансові ресурси;

в) виокремити області щодо зміни (ймовірної) суттєвих параметрів у проекті, який аналізується, що і спрямовує процес подальшого аналізу і збирання додаткової інформації;

г) заохотити до подальшого ретельного перегляду відповідних показників, виражених єдиним числом, у ході детерміністичної оцінки аналізованого проекту: потреба визначати і дотримуватись зрозумілих раціональних гіпотез у процесі аналізу ризику вимагає від аналітика критично переглядати й змінювати базовий сценарій, вводити додаткові гіпотези;

д) ефективно використання експертів, які воліють виражати свої судження у вигляді розподілу ймовірності різних значень оцінок (чи нечітких множин), а не у вигляді єдиного числового значення показника.

2.2 Узагальнений підхід до кількісної оцінки ризику

Знати про існування економічного ризику та аналізувати його необхідно, але не достатньо. Важливо виявити його ступінь, причому слід зокрема оцінити ймовірність того, що певна (несприятлива) подія має шанси відбутись, і яким чином це вплине на ситуацію.

За досить високого ступеня ризику в альтернативних стратегіях менеджери можуть приймати стратегію з дещо меншою економічною ефективністю чи економічним ефектом, але з більшими шансами на своєчасну та успішну реалізацію прийнятого варіанта.

Чим досконалішими є методи дослідження та кількісної оцінки ризику, тим меншим стає чинник невизначеності. Використовуються дві групи методів – апіорні та емпіричні. Перші ґрун-

туються на теоретичних положеннях і формують вимоги щодо результатів певних рішень, другі – на вивченні минулих подій та опрацюванні інформації, зокрема статистичної.

Кількісна оцінка ступеня ризику провадиться на підставі обчислень, які здійснюються ще на попередній стадії. У прийнятті рішень треба враховувати можливість суперпозиції кількох обставин (сприятливих чи несприятливих) і визначити величину ймовірного прибутку або збитків, які виникають додатково. Якщо малоімовірно, що відбудуться несприятливі наслідки, то ризик малий. Малий він і в тому разі, коли ймовірність збитків велика, а самі по собі обсяги збитків малі. Якщо вартість помилки велика, то їх ймовірність слід встановити дуже малою.

Стосовно оцінки ступеня ризику при прийнятті рішень в умовах невизначеності, ймовірнісні й нечітко-множинні методи дають дослідникові додаткові можливості аналізу залежно від цілей і прийнятих гіпотез. Ступінь стійкості рішень, чутливих щодо коливання даних, верифікується в процесі їх аналізу, і ця стійкість може бути оцінена аналітично, що має принципове значення.

На сьогодні можна виокремити низку математичних теорій, що їх доречно застосовувати для формалізації невизначеної інформації й вимірювання ризику:

- багатозначна логіка;
- теорія ймовірностей;
- теорія похибок (інтервальні моделі);
- теорія інтервальних середніх;
- теорія суб'єктивних ймовірностей;
- теорія нечітких множин;
- теорія нечітких мір й інтегралів.

Кількісна оцінка ризику базується на результатах його кількісного та якісного аналізу. Якісний аналіз можна вдосконалити, використовуючи результати кількісного аналізу.

Необхідно, щоб міра ризику відображала ступінь відхилення від цілей, очікуваного результату, міру невдачі з урахуванням впливу керованих і некерованих чинників, прямих і зворотних зв'язків. Отже, можна дійти висновку, що кількісна міра ризику є вектором, компоненти якого відображають різні грані ризику й формуються залежно від цілей дослідження, прийнятої системи

гіпотез, наявної інформації, ставлення суб'єкта ризику до невизначеності, конфліктності.

Вимірювання ризику повинно ґрунтуватися на загальнометодологічних положеннях теорії вимірювань, що складає науковий фундамент будь-яких вимірювань. Стосовно оцінки економічного ризику вимірюваними властивостями економічних систем повинні бути такі характеристики структури, стану чи поведінки цих систем та їх зовнішнього середовища, які дозволяють за умов невизначеності та конфлікту віднайти й диференціювати за потенційними наслідками можливі майбутні стани чи траєкторії поведінки певних економічних об'єктів, можливі відхилення від цілей, можливі збитки. Виявлення таких властивостей є предметом якісного та кількісного аналізу ризику і полягає у виявленні ключових параметрів та ідентифікації форм, видів і типів ризику.

Узагальнений алгоритм розробки методики вимірювання певних видів і показників економічного ризику наведено на рис. 2.1.

Реляційна модель являє собою відображення предметної області у вигляді множини, що задає сукупність відношень. У теорії вимірювань таку множину називають системою з відношеннями. У найпростіших випадках це можуть бути відношення еквівалентності й порядку. Водночас система відношень може визначатися і за допомогою різноманітних операцій (наприклад, бісекції, суми, добутку тощо), що створюють так звану алгебру. За посередництвом алгебри логіки та відповідних шкал конструюються інтегровані показники міри ризику на підґрунті окремих компонент вектора міри ризику $w = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$.

Виходячи зі змістовного визначення ризику, його ієрархічності, множинності чинників ризику тощо, можна стверджувати про принципову неможливість вичерпного вимірювання ризику за окремою його емпіричною властивістю. Окремі показники ступеня ризику обчислюють у відносних або абсолютних величинах. Велике значення для оцінки ступеня ризику має вибір економічних показників, за варіацією, мінливістю, швидкістю змін яких судять про міру ризику. Необхідно, щоб ці показники відображали економічну сутність результатів оцінювання, управління, рішення та були адекватними щодо обраних цілей і прийнятої системи гіпотез.

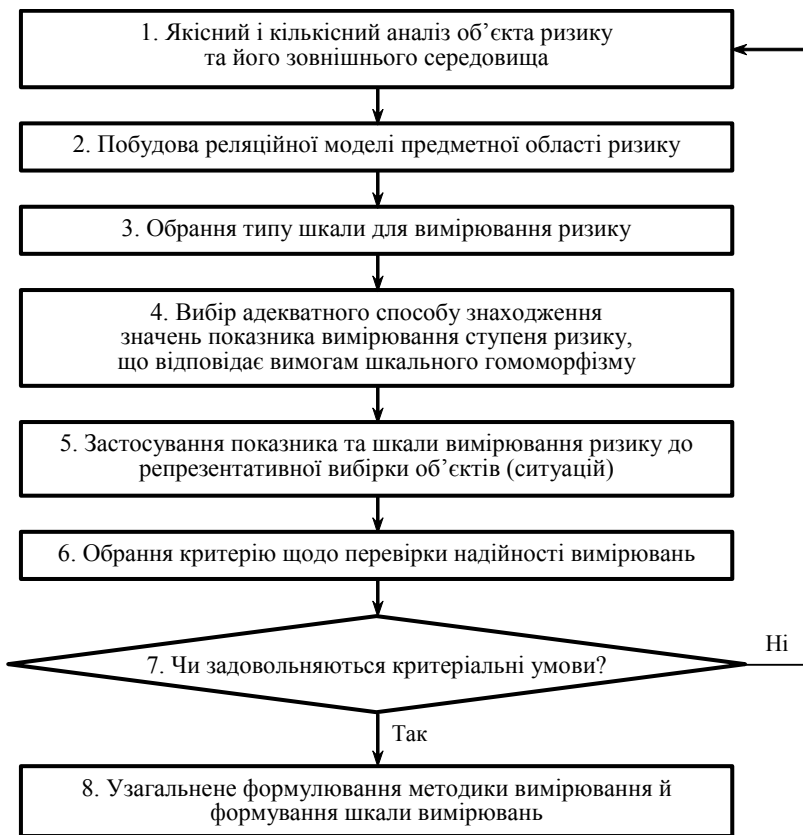


Рисунок 2.1 – Узагальнений алгоритм розробки методики вимірювання певного виду економічного ризику

2.3 Методи оцінки ймовірності настання несприятливих подій

Серед методів оцінки ймовірності настання несприятливих подій можна виокремити наступні:

- а) метод побудови дерев подій;
- б) метод «Події – наслідки»;
- в) метод дерев відмов;
- г) метод індексів безпеки.

Метод побудови дерев подій – графічний спосіб простежування послідовності окремих можливих інцидентів, наприклад,

відмов або несправностей якихось елементів технологічного процесу або системи, з оцінкою ймовірності кожної з проміжних подій та обчислення сумарної ймовірності кінцевої події, що призводить до збитків.

Дерево подій будується, починаючи з заданих вихідних подій – інцидентів. Потім відстежуються можливі шляхи розвитку наслідків цих подій за ланцюжком причинно-наслідкових зв'язків у залежності від відмови або спрацювання проміжних ланок системи.

Побудова дерева подій дозволяє послідовно обчислити за наслідками кожної можливої вихідної події максимальну ймовірність кінцевої події. Головне при цьому – не пропустити якийсь із можливих інцидентів та врахувати всі проміжні ланки системи. Такий аналіз може дати достовірний результат ймовірності головної події тільки у випадку, якщо достовірно відомі ймовірності вихідних та проміжних подій. Але це і неодмінна умова будь-якого ймовірнісного методу.

Аналіз ризику може відбуватись і в зворотному напрямку – від відомого наслідку до можливих причин. У такому випадку буде отримано одну головну подію у основи дерева та множину можливих причин (інцидентів) у його кроні. Такий метод називається деревом відмов та фактично представляє собою інверсію розглянутого дерева подій. Обидва методи взаємно доповнюють один одного.

Метод «Події – наслідки» (HAZOR – Hazard and Operability Research) на відміну від методу дерев подій не використовує графічне зображення ланцюжків подій та оцінки ймовірності кожної події. Це критичний аналіз працездатності підприємства з точки зору можливих несправностей або поломки обладнання, який на етапі проектування широко застосовується в промисловості. Основна ідея – декомпозиція складних виробничих систем на окремі більш прості частини, що легше аналізувати. Кожна така частина детально аналізується з метою виявлення та ідентифікації всіх небезпек та ризиків.

Перший етап – виокремити одну з частин установки або процесу та визначити її призначення. Це ключовий момент, бо якщо призначення встановлено неточно, то і відхилення параметрів від нормального режиму роботи неможливо встановити точно. Дослідження виконується послідовно для кожної частини

установки. З метою забезпечення достовірності та повноти аналізу необхідно, щоб така робота виконувалась гуртом спеціалістів-практиків, а не однією людиною.

Другий етап – перерахувати можливі відхилення параметрів від нормальних проектних значень. Перелік відхилень – основне ядро дослідження.

Третій етап складається з двох частин, перша з яких – створення переліку причин кожного відхилення. Необхідно перерахувати всі можливі причини, а не тільки найбільш вірогідні або ті, які мали місце в минулому. Далі складається перелік наслідків можливих відхилень параметрів або режимів. Аналіз наслідків дозволяє розробити різноманітні міри безпеки, які часто починають виконуватись уже в процесі аналізу ризику.

Даний метод підходить як для діючого підприємства, так і для стадії проектування будь-якої системи або процесу. Група проєктувальників разом із ризик-менеджером може детально дослідити всі варіанти до того, як почнеться виготовлення установки.

Переваги даного методу можна сформулювати наступним чином: можливі ризики виявляються дуже детально; метод дозволяє детально проаналізувати окремі частини складної системи, чого ледве можна досягнути без її попереднього структурування.

Головний недолік методу полягає у значних витратах часу на проведення повного комплексу досліджень.

Метод дерев відмов – графічне представлення всього ланцюжка подій, наслідки яких можуть призвести до деякої головної події. Застосовується він також і для аналізу підприємницьких та інвестиційних ризиків. Алгоритм дослідження за використання дерев відмов зворотній тому, що використовується в методі дерев подій.

Дерево відмов може також бути застосовано для аналізу чутливості окремих подій до відхилень параметрів системи або для виявлення тих частин системи, які вносять найбільший внесок у сумарний ризик настання несприятливих подій.

Дерево відмов дозволяє виявити всі шляхи, які призводять до головної події, і, що найбільш важливо, дає можливість визначити мінімальне число комбінацій подій, які можуть викликати головну подію. Виробничі процеси або технологічні системи можуть мати декілька різних технологічних ланцюжків, і всі вони повинні бути відображені на графі дерев відмов. Головна подія

може індукуватися великим числом вихідних подій, деякі з яких можуть перекриватися або дублюватися в різних частинах процесу. Якщо вдасться виділити мінімальне число ланцюжків подій, які призведуть до головної події, то можливо буде визначити ті ключові частини системи або процеси, модернізація яких може бути найбільш ефективною з точки зору безпеки.

Переваги методу дерев відмов – відмінна можливість описати складні процеси або системи, відобразити та проаналізувати структуру системи з врахуванням всіх проміжних ланок. Дерево відмов дозволяє ідентифікувати ризики, властиві системі, та кількісно їх описати.

До недоліків слід віднести великі витрати часу як на побудову діаграми дерев відмов, так і на вивчення відповідної техніки. Ці недоліки характерні для багатьох методів виявлення та оцінки ризиків.

Одна з головних особливостей методу дерев відмов – оцінка ймовірності подій. Якщо ймовірності вихідних та проміжних подій оцінені неправильно або неточно, то всі наступні обчислення для оцінки ймовірності головної події виявляться недостовірними.

Методи індексів небезпеки придатні при оцінці потенційної небезпеки, що існує на промисловому підприємстві, якщо потрібно оцінити ризик інтегрально, не вдаючись у деталі виробничих процесів. Основна ідея – оцінити деяким числовим значенням (індексом) ступінь небезпеки розглядаємої системи. Існують різноманітні способи, яким чином це може бути зроблено, але найчастіше при оцінці пожежо- та вибухонебезпек використовують метод індексу Дау (Dow Fire and Explosion Index).

Під час обчислення індексу Дау окремим технічним характеристикам ставлять у відповідність деякі показники, що чисельно характеризують потенційну небезпеку конкретних елементів процесу або технічної системи. Потім показники сумують, не вдаючись в особливості функціонування розглядаємої системи. Індекс Дау формується як добуток двох інтегральних показників: вузлового показника небезпеки (F) та матеріального фактору (M), тобто

$$\text{Дау} = F \cdot M. \quad (2.6)$$

Матеріальний фактор – кількісна міра інтенсивності виділення енергії з деяких хімічних речовин або матеріалів, які можуть

знаходитись або знаходяться у складі обраної одиниці обладнання або частини процесу. Для його визначення складається перелік всіх потенційно небезпечних хімічних речовин та матеріалів, що використовуються в системі. Кожній з таких речовин ставиться у відповідність деяке число, що характеризує його небезпеку. Шкала таких чисел для хімічно небезпечних речовин зазвичай розробляється спеціальними міжнародними або національними агентствами та надається в нормативних документах. Загальний матеріальний фактор системи визначається наступним чином:

$$M = \sum_{i=1}^n v_i N_i, \quad (2.7)$$

де i – номер розглядаємої небезпечної речовини; v_i – відносна кількість речовини в системі (маса або обсяг); N_i – індекс небезпеки речовини за спеціальною шкалою.

Значення матеріального фактору зазвичай знаходиться в межах від 1 до 40.

Вузловий показник небезпеки обчислюється за формулою:

$$F = f_1 \cdot f_2, \quad (2.8)$$

де f_1 – показник загальних небезпечностей; f_2 – показник специфічних небезпечностей.

Показник загальних небезпечностей характеризує фактори процесу, що здатні збільшити розмір збитків при настанні несприятливих подій. За кожною з таких характеристик встановлена числова шкала, з якої вибирається значення, що відповідає ступеню потенційної небезпеки. Показник f_1 обчислюється як сума обраних таким чином числових значень для кожної з позицій.

Показник специфічних небезпечностей характеризує фактори, які збільшують ймовірність виникнення пожежі або вибуху. Вони включають температуру, пил, тиск, кількість займистих речовин, нагрівальні засоби. Кожна з таких позицій також характеризується деякими числовими значеннями, а сума цих значень дає величину f_2 .

Значення індексу Дау побудовано таким чином, щоб воно було однозначно пов'язано з площею, на яку може розповсюдитись пожежа або вибух у випадку їх виникнення. Значення вузлового фактору небезпеки та матеріального фактору дозволяє також

оцінити так званий фактор збитків (Y), значення якого входять до діапазону від 0 до 1 і характеризують найбільш вірогідну ступінь руйнування розглядаємої технічної системи у випадку виникнення пожежі або вибуху.

Визначивши значення Y , можна оцінити максимальну шкоду майну (MY), що знаходиться в зоні можливої пожежі або вибуху:

$$MY = C \cdot Y. \quad (2.9)$$

Міри безпеки можуть також бути охарактеризовані кількісно деяким числом в діапазоні від 0 до 1 – коефіцієнтом довіри (CF). Реальне значення шкоди може бути визначено наступним чином:

$$RY = CF \cdot MY. \quad (2.10)$$

Індекс Дау не ідентифікує окремі ризики, але його значення дає деяку міру рівня небезпечних впливів, пов'язаних з роботою установки або процесу. Знаючи індекси Дау для всіх окремих частин або систем підприємства, ризик-менеджери можуть здійснювати постійний оперативний контроль за рівнем безпеки виробництва і, якщо необхідно, приймати відповідні міри з його зниження.

2.4 Кількісні оцінки ризику в абсолютному вираженні

В абсолютному вираженні ризик може визначатися сподіваною величиною можливих збитків, якщо збитки піддаються такому виміру. Як міру ризику в абсолютному вираженні використовують також оцінки мінливості результату. На практиці часто обмежуються спрощеними підходами: оцінюючи ризик, спираються на один чи кілька головних критеріїв, параметрів, які являють собою найважливіші узагальнені характеристики у даній конкретній ситуації.

У ряді випадків, зокрема страхуванні, величину ризику W визначають як імовірність настання небажаних наслідків. Імовірність p_n з достатнім ступенем точності обчислюється, зокрема, на підставі статистичних даних.

Якщо відомі всі можливі наслідки окремого рішення та ймовірності їх настання, то для оцінки міри ризику використовується величина очікуваної невдачі (математичне сподівання). У випадку, коли можливі наслідки описуються дискретною випадковою ве-

личиною $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, а розподіл ймовірностей їх настання

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$; $\sum_{j=1}^n p_j = 1$, величина ризику очікуваної невдачі:

$$W = M(X) = \sum_{j=1}^n p_j x_j. \quad (2.11)$$

Якщо ж несприятливі наслідки описуються неперервною випадковою величиною $X \in (-\infty; +\infty)$, то

$$W = M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx, \quad (2.12)$$

де $f(x)$ – щільність розподілу ймовірності випадкової величини X .

Як міра ризику використовується функціонал збуреної ймовірності:

$$\pi(F) = \int_{-\infty}^0 [g(1-F(x)) - 1] dx + \int_0^{\infty} g(1-F(x)) dx, \quad (2.13)$$

де $F(x)$ – функція розподілу ймовірності випадкової величини, а $g: [0,1] \rightarrow [0,1]$ – збурююча функція ймовірності, $g(0) = 0$, $g(1) = 1$.

У більшості випадків показники ефекту та ефективності як випадкові величини мають асиметричні закони розподілу. Це зумовлено низкою причин: насамперед тим, що ці показники залежать від багатьох чинників, частина з яких на момент дослідження є латентними. У разі, коли адекватною моделлю міри невдачі є випадкова величина X з несиметричним розподілом ймовірності, за величину ризику доцільно використовувати модальне значення цієї випадкової величини:

$$W = M_o(X). \quad (2.14)$$

У низці проблем, пов'язаних з економічним аналізом і прийняттям рішень в умовах невизначеності, конфліктності, використовуються середньгеометричні величини відповідних економічних показників. Середньгеометричне доцільно використовувати в маркетингових дослідженнях для кількісної оцінки рейтингу якості товарів і послуг, рейтингу підприємства тощо.

У працях з теорії ймовірностей та математичної статистики середньгеометричне розглядається як характеристика центра групування випадкової величини X , що обчислюється за формулою:

$$G(X) = e^{M(\ln(X))}, \quad (2.15)$$

де $M(\bullet)$ – математичне сподівання випадкової величини.

Подальшим узагальненням використання зваженої середньгеометричної в практичній діяльності може слугувати оцінка:

$$G(X, \varepsilon) = a - \varepsilon + \exp(M(\ln(X - a + \varepsilon))), \quad (2.16)$$

де $a = \inf(X)$; $\varepsilon \geq 0$ – довільна константа, введення якої дозволяє використовувати ПЕОМ у розрахунках, і реалізації x випадкової величини X , які близькі до a (при $x \rightarrow a$ $\ln(x - a) \rightarrow \infty$).

Як величина ризику в абсолютному вираженні часто використовується міра розсіювання значень показника відносно центра групування цих значень. Нехай за центр групування значень показника використовується його математичне сподівання (мода, медіана). Тоді середньзважене модуля відхилення цього показника від свого математичного сподівання в дискретному випадку можна знайти за формулою:

$$M(|X - M(X)|) = \sum_{j=1}^n p_j |x_j - M(X)|. \quad (2.17)$$

У ситуації, коли адекватною моделлю економічного показника є неперервна випадкова величина

$$M(|X - M(X)|) = \int_{-\infty}^{+\infty} |x - M(X)| f(x) dx, \quad (2.18)$$

де $f(x)$ – функція щільності розподілу ймовірності випадкової величини X .

Очевидно, що більші значення наведених оцінок свідчать про вищу нестабільність щодо діяльності відповідного економічного об'єкта. Як величина ризику і використовується ця міра нестабільності, тобто:

$$W = M(|X - M(X)|). \quad (2.19)$$

Слід мати на увазі, що даний підхід до оцінки ризику застосовується у разі, коли економічний показник може мати як позитивний, так і негативний інгредієнт.

При абсолютному вираженні міри економічного ризику під час прийняття рішень широко використовується дисперсійний підхід. За такого способу за центр групування значень економічного показника можна використати не тільки сподіване значення, а також модальне (медіанне) значення випадкової величини, тоді в абсолютному вираженні міри економічного ризику можна використати модальну (медіанну) варіацію та середньоквадратичне відхилення від модального значення.

Необхідно зауважити, що при такому визначенні міри ризику однаково трактуються як додатні (сприятливі), так і від'ємні (несприятливі) відхилення від сподіваної величини. У ряді випадків дану гіпотезу доводиться відхиляти. Якщо випадкова величина X відображає прибутки і має місце від'ємне відхилення, то відповідна оцінка прибутку як реалізація випадкової величини є нижчою, ніж сподівана величина. Це несприятлива ситуація. Водночас додатне відхилення вказує на те, що реалізація випадкової величини (прибутку) є вищою, ніж сподівана величина. Для менеджера це сприятлива ситуація.

Ризик насамперед пов'язаний з несприятливими для менеджера ефектами, і для його оцінювання можна брати до уваги лише від'ємні відхилення від сподіваної величини. Дану оцінку для дискретної випадкової величини X можна подати формулою:

$$SV(X) = \sum_{j=1}^n \alpha_j p_j (x_j - M(X))^2, \quad (2.20)$$

де n – кількість значень випадкової величини X ; α_j – індикатор несприятливих відхилень значень випадкової величини від її сподіваного значення, тобто:

$$\alpha_j = \begin{cases} 0, & \text{у разі сприятливого відхилення,} \\ 1, & \text{у разі несприятливого відхилення,} \end{cases} \quad (2.21)$$

x_j – значення випадкової величини, $j = 1, \dots, n$; p_j – відповідні ймовірності; $m = M(X)$ – математичне сподівання випадкової величини X .

Для неперервної величини X :

– у разі, якщо випадкова величина має позитивний інгредієнт:

$$SV(X) = \int_{-\infty}^{M(X)} (x - M(X))^2 f(x) dx, \quad (2.22)$$

де $f(x)$ – щільність розподілу ймовірності випадкової величини X ;

– у разі, якщо випадкова величина має негативний інгредієнт:

$$SV(X) = \int_{M(X)}^{+\infty} (x - M(X))^2 f(x) dx, \quad (2.23)$$

де $f(x)$ – щільність розподілу ймовірності випадкової величини X .

З практичного погляду зручніше застосувати так зване семікватратичне відхилення, яке можна подати формулою:

$$SSV(X) = \sqrt{SV(X)}. \quad (2.24)$$

Отже, чим більшою буде величина $SV(X)$ (чи $SSV(X)$), тим вищим буде ступінь ризику.

Для оцінки ризику також застосовуються варіація та середньокватратичне відхилення від зваженого середньгеометричного:

$$VG(X) = \sum_{i=1}^n p_i (x_i - G(X))^2, \quad (2.25)$$

$$\sigma G(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i (x_i - G(X))^2}, \quad (2.26)$$

де $VG(X)$ – варіація від зваженого середньгеометричного; $\sigma G(X)$ – середньокватратичне відхилення від зваженого середньгеометричного; x_i, p_i – значення та відповідні ймовірності дискретної випадкової величини.

З погляду неокласичного підходу до оцінки ризику доцільним є впровадження такого показника ступеня ризику, як семікватратичне відхилення від зваженого середньгеометричного випадкової величини:

$$SSG(X) = \sqrt{SG(X)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i p_i (x_i - G(X))^2}, \quad (2.27)$$

де $SG(X)$ – величина семіваріації стосовно зваженого середньгеометричного; $SSG(X)$ – семікватратичне відхилення стосовно

зваженого середньогометричного; α_i – індикатор несприятливого відхилення від зваженого середньогометричного.

Оскільки величини $SV_{M_o}(X)$, $SSV_{M_o}(X)$, $SV_{M_e}(X)$, $SSV_{M_e}(X)$, $VG(X)$, $\sigma G(X)$, $SG(X)$, $SSG(X)$ мають негативний інгредієнт, ризик вважається вищим при більших значеннях цих показників.

2.5 Кількісні оцінки ризику у відносному вираженні

У відносному вираженні ризик може визначатись як величина можливих збитків, віднесена до деякої бази, за яку найзручніше приймати або майно підприємця, або загальні витрати ресурсів на даний вид підприємницької діяльності, або ж очікуваний прибуток від даного виду підприємництва. Для підприємства за базу визначення відносної величини міри ризику, як правило, беруть вартість основних фондів та обігових коштів або плановані сумарні витрати на даний вид ризикованої діяльності, маючи на увазі як поточні витрати, так і капіталовкладення чи розрахунковий прибуток тощо.

Якщо під ризиком розуміти ризик банкрутства, то міру ризику, що може призвести до банкрутства, можна визначити, зокрема, як співвідношення максимально можливого обсягу збитків до обсягу власних фінансових ресурсів інвестора.

У відносному вираженні ризик визначається іноді за допомогою коефіцієнта ризику:

$$W = x/K, \quad (2.28)$$

де x – максимально можливий обсяг збитків (гр. од.); K – обсяг власних фінансових ресурсів з урахуванням точно відомих надходжень коштів (гр. од.).

Коефіцієнт сподіваних збитків (I_1) являє собою показник, що враховує обсяг сподіваних збитків стосовно певної величини, що характеризує прибуток проекту:

$$I_1 = \frac{\left| \int_{-\infty}^0 xf(x)dx \right|}{\int_0^{+\infty} xf(x)dx + \left| \int_{-\infty}^0 xf(x)dx \right|}, \quad (2.29)$$

де $f(x)$ – щільність імовірності випадкової величини ефективності проекту.

Значення коефіцієнта сподіваних збитків l_1 можуть знаходитися в межах від нуля (відсутність сподіваних збитків) до одиниці (відсутність сподіваних вигод), тобто $0 \leq l_1 \leq 1$. Коефіцієнт ризику l_1 інтегрально враховує як форму, так і розташування (вздовж осі абсцис) закону розподілу випадкової величини відносно граничної позначки, за яку приймається нульове значення цієї величини.

Модифікований коефіцієнт сподіваних збитків (K_Z) обчислюється за формулою:

$$K_Z = \frac{|M_Z^-|}{|M_Z^+| + |M_Z^-|}, \quad (2.30)$$

де Z – заплановане значення економічного показника; M_Z^+ та M_Z^- – відповідно сподівані величини сприятливих і несприятливих відхилень (стосовно Z).

Формально M_Z^+ та M_Z^- – це умовні математичні сподівання щодо відхилень, тобто:

$$M_Z^+ = M(X - Z / X \in X_Z^+), \quad M_Z^- = M(X - Z / X \in X_Z^-), \quad (2.31)$$

де X_Z^+ – множина сприятливих значень економічного показника стосовно рівня Z ; X_Z^- – множина його несприятливих значень.

Очевидно, що $X = X_Z^+ \cup X_Z^-$.

У дискретному випадку, тобто у випадку, коли $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, а розподіл ймовірностей їх настання

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$; $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$; $\sum_{j=1}^n p_j = 1$, величини M_Z^+ та M_Z^- (умовні математичні сподівання) обчислюються за формулами:

$$M_Z^- = \frac{1}{P^-} \sum_{j=1}^n \alpha_j^- p_j x_j - Z, \quad P^- = \sum_{j=1}^n \alpha_j^- p_j; \quad (2.32)$$

$$M_Z^+ = \frac{1}{P^+} \sum_{j=1}^n \beta_j^+ p_j x_j - Z, \quad P^+ = \sum_{j=1}^n \beta_j^+ p_j, \quad (2.33)$$

де α_j^- – індикатор несприятливого (стосовно Z) відхилення; β_j^+ – індикатор сприятливого (стосовно Z) відхилення.

У неперервному випадку в ситуації, коли відома, наприклад, щільність ймовірності $f(x)$ випадкової величини X , маємо:

$$M_Z^- = \frac{1}{P^-} \int_{-\infty}^{+\infty} \alpha^-(x) x f(x) dx - Z, \quad P^- = \int_{-\infty}^{+\infty} \alpha^-(x) f(x) dx, \quad (2.34)$$

$$M_Z^+ = \frac{1}{P^+} \int_{-\infty}^{+\infty} \beta^+(x) x f(x) dx - Z, \quad P^+ = \int_{-\infty}^{+\infty} \beta^+(x) f(x) dx, \quad (2.35)$$

де $\alpha^-(x)$ – індикатор несприятливого (стосовно Z) відхилення, тобто

$$\alpha^-(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \text{ відхиляється у несприятливу сторону від } Z, \\ 0, & \text{якщо } x \text{ відхиляється у сприятливу сторону від } Z, \end{cases}$$

$\beta^+(x)$ – індикатор сприятливого (стосовно Z) відхилення, тобто

$$\beta^+(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \text{ відхиляється у сприятливу сторону від } Z, \\ 0, & \text{якщо } x \text{ відхиляється у несприятливу сторону від } Z. \end{cases}$$

У разі, коли ризик оцінюється як варіабельність щодо отримання доходів, для його оцінки у відносному вираженні використовуються коефіцієнт варіації. Його застосовують у разі, коли сподівані доходи одного проекту відрізняються від сподіваних доходів іншого проекту, і стає недостатнім порівнювати лише показники варіації, а слід визначати ризикованість проекту відносно сподіваних доходів. Мірою ризику в цьому разі є коефіцієнт варіації (CV), який обчислюється за формулою:

$$CV(X) = \sigma(X)/M(X). \quad (2.36)$$

Коефіцієнту варіації можна надати таке економічне тлумачення: це величина ризику відхилень, що припадає на одиницю сподіваного доходу. А тому можна дійти висновку, що коефіцієнт варіації має негативний інгредієнт (чим менше значення $CV(X)$ для проекту, тим меншим відносним ризиком він обтяжений).

Коефіцієнт варіації використовується у тому випадку, коли для двох альтернативних проектів A і B виявиться, що $m_A > m_B$ та $\sigma_A > \sigma_B$ ($m_A < m_B$ та $\sigma_A < \sigma_B$), де $m_A = M(X_A)$; $m_B = M(X_B)$; $\sigma_A = \sigma(X_A)$; $\sigma_B = \sigma(X_B)$. Перевагу слід віддати проекту, для якого є меншим коефіцієнт варіації.

У разі, коли $m_A > m_B$ та $\sigma_A > \sigma_B$ ($m_A < m_B$ та $\sigma_A < \sigma_B$) і при цьому $CV_A = CV_B$, то слід враховувати схильність (несхильність) СПР до ризику. Для цього необхідно застосування теорії корисності чи прийняття додаткових гіпотез (додаткових критеріїв) на підставі аналізу відповідної ситуації, тобто виникає необхідність у багатокритеріальному підході.

Як оцінку ступеня ризику у відносному вираженні використовують також коефіцієнт семіваріації, який обчислюється за формулою:

$$CSV(X) = SSV(X)/M(X), \quad (2.37)$$

де $SSV(X)$ – семіквадратичне відхилення випадкової величини X ; $M(X)$ – математичне сподівання випадкової величини X .

Коефіцієнт семіваріації характеризує величину ризику несприятливих відхилень, що припадає на одиницю сподіваного доходу. Коефіцієнт семіваріації у ряді випадків дає можливість краще оцінити ступінь ризику. Це доцільно, зокрема, тоді, коли зовнішнє економічне середовище, чинники ризику, характерні для аналізованого проекту, відзначаються динамізмом.

У разі асиметричного закону розподілу певних показників ефективності аналіз лише середньоквадратичного відхилення як міри ризику може бути недостатнім, особливо коли ці значення збігаються для кількох альтернативних проектів. У такому разі варто аналізувати як показник кількісної міри ризику таку числову характеристику випадкової величини, як коефіцієнт асиметрії (As):

$$As = M((X - M(X))^3) / \sigma(X)^3. \quad (2.38)$$

Зокрема, для дискретної випадкової величини коефіцієнт асиметрії можна обчислити за такою формулою:

$$As = \sum_{j=1}^n p_j (x_j - M(X))^3 / \sigma(X)^3, \quad (2.39)$$

де x_j , $j = 1, \dots, n$ – значення випадкової величини; p_j , $j = 1, \dots, n$ – відповідні ймовірності; $M(X)$ – математичне сподівання; $\sigma(X)$ – середньоквадратичне відхилення.

Якщо $As = 0$, то графік функції щільності ймовірності випадкової величини розташований симетрично відносно математичного сподівання. Якщо $As > 0$, то відповідна випадкова величина

має правосторонній скіс, «хвіст» розподілу розташований праворуч. Коли $As < 0$, випадкова величина має лівосторонній скіс, «хвіст» розподілу розташований ліворуч.

У разі, коли досліджуваний показник має позитивний інгредієнт за решти рівних умов серед m різних альтернативних стратегій, меншим ризиком обтяжений той, для якого має місце:

$$As_{k_0} = \max_{k=1,\dots,m} As_k, \quad (2.40)$$

оскільки несприятливі відхилення від сподіваного значення з відносно великою ймовірністю розташовані для обраного об'єкта X_{k_0} зліва найближче до сподіваного значення (менше відхиляються від нього в несприятливу сторону, порівняно з іншими), а відповідні сприятливі значення значно віддалені від сподіваної величини (ці значення – «хвіст» – розташовані праворуч).

У зв'язку з цим можна вважати, що критерій максимальної асиметрії є критерієм, який забезпечує мінімальний ризик стосовно несприятливих відхилень від сподіваного результату (для задач максимізації показників ефективності).

За міру ризику можна використовувати величину lAs , що обчислюється за формулою:

$$lAs = \begin{cases} 1/(As + 1), & \text{якщо } As \geq 0, \\ 1 - As, & \text{якщо } As < 0. \end{cases} \quad (2.41)$$

Для відносного вираження ризику з урахуванням As можна використовувати коефіцієнт варіації асиметрії:

$$CVAs(X) = lAs(X)/M(X). \quad (2.42)$$

Очевидно, що цей коефіцієнт у випадку, якщо досліджувана випадкова величина має позитивний інгредієнт, має негативний інгредієнт, а тому перевага віддається тому об'єкту, для якого $CVAs$ має найменше значення.

Використання коефіцієнта асиметрії можливе і тоді, коли показники ефективності об'єкта мають негативний інгредієнт (збитки, затрати). У цьому випадку ефективнішим рішенням відповідатимуть менші значення коефіцієнта асиметрії і більші значення коефіцієнта варіації асиметрії.

У ситуації, коли аналіз певних показників ефективності проектів показує, що ці показники мають майже однакові сподівані значення, приблизно рівні середньоквадратичні відхилення (семіквадратичні відхилення), а також рівні значення коефіцієнтів асиметрії, для порівняння ризиковості проектів можна скористатись коефіцієнтом ексцесу:

$$Es = M((X - M(X))^4) / \sigma(X)^4 - 3. \quad (2.43)$$

Чим більше значення коефіцієнта ексцесу, тим більш «гостровершинним» є графік функції щільності ймовірності випадкової величини, що характеризує проект. Ця властивість коефіцієнта ексцесу вказує на вищу «концентрацію» значень показника ефективності навколо його сподіваного значення. Очевидно, що серед m різних альтернативних проектів найменш ризикованим є той, для якого «концентрація» значень показника ефективності біля його сподіваного значення вища.

За міру ризику можна використовувати також величину IEs або ж коефіцієнт варіації ексцесу, обчислювані аналогічно з формулами (2.41) та (2.42). Величини IEs , $CVEs$ мають негативні інгредієнти, тож, серед m альтернативних об'єктів перевага віддається тому, для якого ці показники найменші.

Слід зазначити, що коли йдеться про ряд показників ступеня ризику у відносному вираженні, зокрема про коефіцієнт варіації, коефіцієнт семіваріації тощо, то вони мають сенс лише тоді, коли доцільно максимізувати відповідний показник ефективності, математичне сподівання (модальне значення, медіанне значення тощо) якого перебуває в знаменнику відповідної формули. Коли ж йдеться про ймовірні витрати (втрати, збитки), прийняті за базу, то чим меншим є в абсолютному вираженні сподіване значення базового показника, з яким пов'язаний відповідний проект з ряду альтернативних, тим в цілому цей проект буде кращим.

У такому разі відносні оцінки ризику, обчислювані за формулами (2.36), (2.37), втрачають сенс, тож необхідно використати інші оцінки. Можна, зокрема, застосувати такі оцінки ризику:

$$W_1 = \alpha w_1 \beta |w_2| \quad (2.44)$$

або

$$W_2 = \alpha w_1 - \beta |w_2|, \quad (2.45)$$

де W_1 , W_2 – показники ризику; w_1 – чисельник однієї з формул (2.36), (2.37); w_2 – знаменник відповідної формули; α , β – коефіцієнти, які повинні задовольняти таким умовам:

$$\alpha \geq 0, \beta \geq 0, \quad (2.46)$$

$$\alpha + \beta = 1. \quad (2.47)$$

Отже, чим меншим буде значення показника W_1 чи W_2 , тим меншим ризиком обтяжений даний проект. Добір конкретних значень коефіцієнтів α , β пов'язаний з певним суб'єктивізмом. Тут доречно вводити додаткові гіпотези, будувати відповідні функції корисності, застосовувати методи інтелектуальної підтримки прийняття рішень тощо.

Одним з основних показників, поширених на Заході при аналізі фінансових ризиків, є показник систематичного ризику, або коефіцієнт чутливості бета (β).

Систематичний ризик акції пов'язаний з подіями, які впливають на весь фондовий ринок у цілому, а отже, його неможливо уникнути диверсифікацією портфеля цінних паперів. Показник β характеризує змінюваність доходів по певній акції відносно доходів «середнього», повністю диверсифікованого портфеля, яким в ідеальному випадку є весь ринок цінних паперів. Вважають, що показник систематичного ризику для «ринкової» акції, динаміка доходів по якій збігається з динамікою ринку цінних паперів у цілому (вимірюється за будь-яким фондовим індексом), дорівнює одиниці ($\beta = 1$).

Величина β_i – коефіцієнт систематичного ризику i -го активу – характеризує міру зв'язку між біржовим курсом акцій i -ї компанії та загальним станом ринку і визначається за формулою:

$$\beta_i = \frac{\text{cov}(R_i, R_M)}{\sigma^2(R_M)} = \frac{\rho(R_i, R_M) \sigma(R_i)}{\sigma(R_M)}, \quad (2.48)$$

де R_i – норма прибутку i -го активу; R_M – загальноринковий середній рівень норми прибутку; $\sigma(R_i)$, $\sigma(R_M)$ – середньоквадратичне відхилення норми прибутку i -го активу та загальноринкової нор-

ми прибутку; $\text{cov}(R_i, R_M)$ – коваріація норми прибутку i -го активу та норми прибутку ринку; $\rho(R_i, R_M)$ – коефіцієнт кореляції норми прибутку i -го активу і середньоринкової норми прибутку.

Показник β регулярно публікується у західній фінансовій періодиці, він широко використовується для аналізу якості інвестиційних проєктів, зокрема, для оцінки того, наскільки сподіваний дохід компенсує ризикованість вкладень у певний вид цінних паперів. Обчисленням показників ризику (β) активно займаються консалтингові, інвестиційні компанії, фінансово-кредитні установи та ін.

2.6 Граничні межі ризику

Дисперсія (варіація) як міра ризику неповністю характеризує ступінь ризику, але дозволяє в низці випадків з притаманною точністю виявити граничні можливості інвестора або підприємця. Теоретичною основою цього є лема Маркова та нерівність Чебишева.

Як один з параметрів ризику у системі його кількісних оцінок виступає ймовірність несприятливої події $\left(p_n = \frac{\sigma^2(X)}{\delta^2} \right)$ поряд з таким параметром ризику, як дисперсія. Приймається, що $p_n \leq 1/9$. У ряді випадків величину p_n необхідно брати досить малою інколи $p_n = 0,001$. У загальному випадку необхідно приймати додаткові гіпотези, використовувати методи інтелектуальної підтримки прийняття рішень тощо.

Нехай досліджується економічний показник X , який трактується як випадкова величина. Відомі такі параметри цієї випадкової величини: m – математичне сподівання; σ – середньоквадратичне відхилення. Нехай нормативно задається також величина L – встановлений рівень економічного ефекту, недосягнення якого трактується як несприятлива подія. Нерівність Кантеллі полягає у встановленні ймовірності несприятливої події, яка оцінюється за формулою:

$$P(X < L) \leq \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + (m - L)^2}. \quad (2.49)$$

Якщо параметри m та σ мають об'єктивний характер, то поняття «несприятлива подія» і «ризик» чисельно характеризуються встановленням допустимого рівня порогового (бажаного) значення випадкової величини ($X \geq L$), який є суб'єктивним і залежить від суб'єкта ризику.

Імовірність як один з показників міри ризику широко використовується у «Safety first» при моделюванні задач вибору оптимального портфеля на ринку акцій. Норма доходу (R) звичайної акції може бути представлена як випадкова величина зі статистично оціненими характеристиками (використовуючи дані минулих періодів). Позначимо через R_k норму доходу деякого портфеля k з сукупності портфельів K , обраних інвестором до розгляду; m_k – середня норма доходу портфеля k ; σ_k – середньоквадратичне відхилення портфеля k . Нехай R_L встановлений інвестором пороговий рівень норми доходу портфеля, а значення R_k , нижче за цей рівень, – несприятлива подія. Відомі три основні критерії типу «Safety first»:

- критерій Роя: оптимальним вважається портфель із сукупності K , який дає мінімальне значення ймовірності як ступеня ризику $P(R_k < R_L)$;
- критерій Катаока: оптимальним портфелем із сукупності K вважається портфель, який дає максимальне значення R_L за умови

$$P(R_k < R_L) < \alpha,$$

де α – встановлений інвестором ступінь ризику;

- критерій Телсера: оптимальним із сукупності портфельів K вважається такий портфель, який дає максимальне значення математичного сподівання m_k за умови, що

$$P(R_k < R_L) < \alpha,$$

де α – встановлений інвестором ступінь ризику.

Очевидно, що для оцінки ймовірностей у кожному з наведених критеріїв можна використати нерівність Кантеллі.

Від жодного кількісного показника ступеня ризику не слід очікувати, що він показуватиме адекватні результати за будь-яких обставин.

У загальній теорії ризику досить часто вводять деякі числа B , які характеризують, зокрема, ефективність проекту за допомогою співвідношення:

$$B = M[U(R)], \quad (2.50)$$

де R – випадкова величина, яка характеризує ефективність чи збитки досліджуваної економічної системи (об'єкта); $M[\]$ – оператор математичного сподівання; $U(R)$ – та чи інша аналітична функція, яку називають функцією корисності.

Так, якщо $U(R) = R$, то $B = m(R)$, де $m(R)$ – математичне сподівання випадкової величини R . Тобто випадковість тут спрощено характеризується лише сподіваним значенням випадкової величини R (як правило, це можливі збитки). Якщо ж

$$U(R) = R - k(R - m(R))^2, \quad (2.51)$$

то

$$B = m(R) - kD(R), \quad (2.52)$$

де R – випадкова величина значення економічної ефективності; (R) – функція корисності певного СПР; k – задане число (параметр); $D(R)$ – дисперсія випадкової величини R , яка характеризує її розсіювання щодо математичного сподівання $m(R)$.

Ще одним показником ступеня ризику, який визначає суб'єктивне ставлення до нього особи, яка приймає рішення, є рівень значущості α . Вибір величини α залежить від низки чинників, зокрема схильності, несхильності, байдужості до ризику його суб'єкта, від величини наявного капіталу тощо.

За заданим рівнем значущості (ризиком) α можна знайти $k = k(\alpha)$ таке, що

$$P\{|m(R) - R| > k\sigma(R)\} \leq \frac{\sigma^2}{k^2 \sigma^2} = \frac{1}{k^2} = \alpha. \quad (2.53)$$

Тобто існує таке k , що з імовірністю не меншою, ніж γ ($\gamma = 1 - \alpha$) чи з ризиком не більшим, ніж α , можна стверджувати, що

$$m(R) - k\sigma(R) \leq R \leq m(R) + k\sigma(R). \quad (2.54)$$

Узагальнюючи викладене, можна стверджувати, що, враховуючи міру ризику та ставлення до нього СПР, оцінюють так зване ефе-

ктивне значення (B) відповідного економічного показника. Вважатимемо, що СПР неохочі до ризику. Якщо досліджуваний показник має позитивний інгредієнт, тобто його прагнуть максимізувати, то його ефективне значення (B^+) обчислюється за формулою:

$$B^+ = M[R] - k\sigma(R), \quad (2.55)$$

де $M[R]$ – математичне сподівання випадкової величини R ; k – певний постійний коефіцієнт (ціна ризику); $\sigma(R)$ – середньоквадратичне відхилення (міра ризику).

Якщо ж досліджуваний показник має від’ємний інгредієнт, тобто його прагнуть мінімізувати, то його ефективне значення (B^-) обчислюється за формулою:

$$B^- = M[R] + k\sigma(R). \quad (2.56)$$

При визначенні ефективних значень B^+ та B^- за ступінь ризику обрано вектор $G = (g_1, g_2)$, компонентами якого є $g_1 = \sigma(R)$, $g_2 = \alpha$. Це спрощений підхід до оцінки та врахування невизначеності і породженого нею ризику.

У подальшому розглядатимуться випадки, коли досліджуваний показник має додатний інгредієнт. Якщо одним із показників ступеня ризику обрати величину семіквадратичного відхилення ($SSV(R)$), можна отримати нерівності, аналогічні нерівностям (2.53), (2.54).

Введемо випадкову величину

$$R_- = \begin{cases} m(R), & \text{якщо } R \geq m(R), \\ R, & \text{якщо } R < m(R). \end{cases} \quad (2.57)$$

Покладемо у лемі Маркова $X = |m(R) - R_-|$, $\varepsilon = kSSV$, отримаємо

$$\begin{aligned} P\{m(R) - R_- > kSSV(R)\} &= P\{|m(R) - R_-| > kSSV(R)\} = \\ &= P\{(m(R) - R_-)^2 > (kSSV(R))^2\} \leq \\ &\leq \frac{M((m(R) - R_-)^2)}{k^2 SSV(R)^2} \leq \frac{SSV(R)^2}{k^2 SSV(R)^2} = \frac{1}{k^2} = \alpha. \end{aligned} \quad (2.58)$$

З даної нерівності випливає, що з імовірністю, не меншою ніж γ , можна стверджувати, що

$$m(R) - kSSV(R) \leq R_-. \quad (2.59)$$

Враховуючи, що для будь-якого дійсного x : $x \leq m(R)$ виконується рівність $P\{R \geq x\} = P\{R_- \geq x\}$, отримаємо

$$P\{R \geq m(R) - kSSV(R)\} = P\{R_- \geq m(R) - kSSV(R)\}. \quad (2.60)$$

А отже, з імовірністю, не меншою ніж γ , виконуватиметься нерівність

$$R \geq m(R) - kSSV(R). \quad (2.61)$$

Тобто ризик порушення останньої нерівності буде не більшим, ніж α .

Однак слід наголосити, що у низці випадків математичне сподівання не є ні єдиною, ні адекватною характеристикою випадкової величини R , і тому його доцільно було б замінити, наприклад, модою, а у низці випадків – медіаною.

Запропонований підхід дає змогу в широкому спектрі фінансово-економічних проблем адекватно враховувати цілі суб'єктів господарювання, раціональну систему гіпотез, а також об'єктивно існуючу невизначеність і породжений нею ризик як об'єктивно-суб'єктивну економічну категорію.

2.7 Системні показники ступеня ризику

У багатьох випадках, щоб кількісно визначити ризик, необхідно знати можливі наслідки та ймовірності цих подій. Кожній із запропонованих раніше зон ризику слід поставити у відповідність кількісні показники – критерії ризику. Такими показниками можуть бути ймовірності певного рівня збитків або ж ймовірності того, що збитки виявляться вищими якогось певного рівня.

Розглянемо три найважливіші базові показники підприємницького ризику.

Показник допустимого ризику $W(x_{\text{дп}}) = P(X > x_{\text{дп}})$ – імовірність того, що збитки виявляться більшими, ніж їх граничний допустимий рівень $x_{\text{дп}}(X > x_{\text{дп}})$.

Показник критичного ризику $W(x_{кр}) = P(X > x_{кр})$ – імовірність того, що збитки виявляться більшими, ніж їх граничний критичний рівень $x_{кр}(X > x_{кр})$.

Показник катастрофічного ризику $W(x_{кт}) = P(X > x_{кт})$ – імовірність того, що збитки виявляться більшими, ніж граничний катастрофічний рівень $x_{кт}(X > x_{кт})$.

Знання цих показників дозволяє прийняти рішення стосовно здійснення певної підприємницької діяльності. Але для такого рішення недостатньо лише оцінити значення названих показників. Необхідно ще на підставі системи раціональних гіпотез задати їх граничні величини, щоб не потрапити в зону неприйняттного ризику. Такі величини називають критеріями відповідно допустимого, критичного та катастрофічного ризиків $k_{дп}$, $k_{кр}$, $k_{кт}$.

Отже, маючи значення трьох показників ризику та критеріїв граничного ризику приходимо до таких умов прийнятності рівня ризику в досліджуваному виді підприємництва:

$$W(x_{дп}) \leq k_{дп}; \quad (2.62)$$

$$W(x_{кр}) \leq k_{кр}; \quad (2.63)$$

$$W(x_{кт}) \leq k_{кт}. \quad (2.64)$$

Нехай $m = \lambda_m \sigma$; $x_{дп} = \lambda_{дп} \sigma$; $x_{дп} > m$ (випадок $x_{дп} < m$ характеризує ситуацію, що є несприятливою щодо підприємницької діяльності, оскільки верхня межа зони допустимих збитків є меншою від величини сподіваних збитків). Тоді

$$\begin{aligned} W_{дп} = P(X \geq x_{дп}) &= P(X - m \geq x_{дп} - m) \leq P(|X - m| \geq |x_{дп} - m|) \leq \\ &\leq \frac{\sigma^2}{\sigma^2(\lambda_{дп} - \lambda_m)^2} = \frac{1}{(\lambda_{дп} - \lambda_m)^2} \leq k_{дп}, \end{aligned} \quad (2.65)$$

$$\text{тобто } \lambda_{дп} \geq \lambda_m + \frac{1}{\sqrt{k_{дп}}} \text{ або ж } \lambda_{дп} \leq \lambda_m - \frac{1}{\sqrt{k_{дп}}}.$$

Враховуючи, що $x_{дп} > m$, приходимо до оцінки:

$$x_{дп} \geq m + \frac{\sigma}{\sqrt{k_{дп}}}. \quad (2.66)$$

Поклавши $x_{кр} = \lambda_{кр} \sigma$ та $x_{кт} = \lambda_{кт} \sigma$, аналогічно доходимо висновків:

$$\lambda_{кр} \geq \lambda_m + \frac{1}{\sqrt{k_{кр}}} \Rightarrow x_{кр} \geq m + \frac{\sigma}{\sqrt{k_{кр}}} ; \quad (2.67)$$

$$\lambda_{кт} \geq \lambda_m + \frac{1}{\sqrt{k_{кт}}} \Rightarrow x_{кт} \geq m + \frac{\sigma}{\sqrt{k_{кт}}} . \quad (2.68)$$

Отже, мінімальні значення порогових значень можливих збитків, що задовольняють висунутим вимогам, будуть:

$$x_{дп} = m + \frac{\sigma}{\sqrt{k_{дп}}} ; \quad x_{кр} = m + \frac{\sigma}{\sqrt{k_{кр}}} ; \quad x_{кт} = m + \frac{\sigma}{\sqrt{k_{кт}}} . \quad (2.69)$$

У низці наукових праць наводяться деякі кількісні методи, які допомагають прийняти рішення стосовно доцільності капіталовкладень. Хоча у більшості фундаментальних праць з фінансового менеджменту перевага віддається чистій поточній вартості (*NPV*), не слід ігнорувати інші методи. Метод періоду окупності пропонує інформацію стосовно ліквідності і ризику проекту. Метод *NPV* дає прямий грошовий вираз щодо прибутку, який належатиме акціонерам підприємства. Метод внутрішньої норми дохідності (прибутку) *IRR* також вимірює прибутковість, але вона виражена у відсотках, що зручніше для більшості керівників. При визначенні доцільності капіталовкладень використовується також індекс дохідності (*PI*), або співвідношення доходів і витрат. Цей метод найчастіше використовують у державному секторі. Метод модифікованої *IRR* (*MIRR*) дає таку саму інформацію, але його слід використовувати при виникненні конфліктів.

Нехай R – випадкова величина, що характеризує один із згаданих вище показників ефективності проекту. Припустимо, що випадкова величина R має додатний інгредієнт ($R = R^+$).

Наведемо кілька величин, які є прикладами системного використання показників кількісної оцінки ступеня ризику:

$$\pi(\sigma, a) = m \cdot e^{-a\sigma} , \quad (2.70)$$

де m – математичне сподівання випадкової величини R ; σ – середньоквадратичне відхилення цієї випадкової величини; a – кое-

фіцієнт ризику, який задається експертним шляхом і показує міру неохильності до ризику (в разі, коли $a > 1$);

$$B^+ = m - k(a) \cdot \sigma, \quad (2.71)$$

де $k(\alpha)$ – коефіцієнт, який є функцією від α ($k(\alpha) > 0$); B^+ – ефективне значення (нижня межа) економічного показника R , $R = R^+$ тощо.

Розглянемо детальніше величину B^+ . Аналізуючи ризик проекту, необхідно з'ясувати, для яких значень $k(\alpha)$ виконуватиметься умова

$$B^+ = m - k(a) \cdot \sigma > 0. \quad (2.72)$$

Бачимо, що має сенс розглядати тільки ті значення k , де $B^+ > 0$, тобто такі значення k , які задовольняють нерівність: $0 \leq k < \frac{1}{CV}$.

Розглядаючи у комплексі такі показники, що характеризують проект з позицій ризику та ефективності, як σ_i , CV_i , α , B_i^+ , $i=1, \dots, l$, де l – кількість альтернативних стратегій, отримуємо:

для значень $k_i > \frac{1}{CV_i}$ відповідні значення B_i^+ будуть від'ємними.

Тобто відповідна (i -та) стратегія є неефективною. Аналогічний висновок можна зробити й у разі використання показників семіквадратичного відхилення та коефіцієнта семіваріації.

Коли СПР обирає прийнятне для нього значення суб'єктивного показника ступеня ризику α^* , то, маючи відповідні закони розподілу випадкової величини R_i , $i=1, \dots, l$, можна обчислити відповідні коефіцієнти k_i , $i=1, \dots, l$. Порівнюючи величину k_i з об'єктивним показником ступеня ризику, яким є величина CV_i (або CSV_i), можна або відхилити відповідну i -ту стратегію, якщо $k_i \geq \frac{1}{CV_i}$

$\left(\text{чи } k_i \geq \frac{1}{CSV_i} \right)$, або прийняти її для подальшого аналізу, якщо

$$k_i < \frac{1}{CV_i} \left(\text{чи } k_i < \frac{1}{CSV_i} \right).$$

Одним з основних способів оцінки ризику у різноманітних сферах економічної діяльності є метод фінансових коефіцієнтів. Наприклад, для оцінки кредитного ризику комерційного банку здійснюють аналіз платоспроможності та кредитоспроможності потенційного позичальника на основі методу фінансових коефіцієнтів. Кількість розрахункових коефіцієнтів з груп коефіцієнтів (ліквідності, ділової активності, рентабельності, фінансової стійкості), що рекомендується для аналізу фінансового стану, може бути дуже великою. Кількість і набір необхідних коефіцієнтів визначається метою фінансового аналізу. З одного боку, чим більше коефіцієнтів розраховується, тим детальніший аналіз можна провести, з іншого боку, зі зростанням числа показників, які повинні бути відстежені, завдання аналізу ускладнюються.

2.8 Підходи до оцінки портфельних ризиків

У п.1.3.1 було розглянуто класичний підхід до оцінки ризику інвестиційного портфеля. Головними недоліками класичного підходу є вимога щодо нормального розподілу значень дохідності, можливість розгляду тільки конкретних значень дохідності та необхідність встановлення ймовірності їх досягнення. Ризиком вважаються всі відхилення від запланованих показників, як у меншу, так і у більшу сторону.

У. Шарп запропонував новий метод побудови границі ефективних портфелів – одноіндексну модель Шарпа, яка дозволяє значно скоротити обсяг необхідних обчислень. За допомогою даної моделі можливо представити взаємозв'язок між величинами норми віддачі r_m та дохідності i -ого ЦП r_i , випадкові значення яких спостерігаються протягом N кроків, в будь-який момент часу t в наступному вигляді:

$$r_{i,t} = \alpha_i + \beta_i r_{m,t} + \varepsilon_{i,t}, \quad (2.73)$$

де α_i – параметр, що вказує на те, яка частина дохідності i -ого ЦП не пов'язана зі змінними дохідностями ринку ЦП r_m ; β_i – параметр, що вказує на чутливість дохідності i -ого ЦП до змін

ринкової дохідності; $\varepsilon_{i,t}$ – випадкова помилка, яка вказує на те, що реальні значення часом відхиляються від лінійної залежності.

У моделі Шарпа дисперсія портфеля представляється у вигляді:

$$\delta_n^2 = \sum_{i=1}^{n+1} w_i^2 \delta_{\varepsilon,i}^2. \quad (2.74)$$

При цьому $w_{n+1} = \sum_{i=1}^n w_i \beta_i$, а $\delta_{\varepsilon,n+1}^2 = \delta_m^2$. Тобто дисперсію портфеля, що містить n ЦП, можна представити такою, що складається з 2 компонент:

- середньозважені дисперсії помилок $\sum_{i=1}^{n+1} w_i^2 \delta_{\varepsilon,i}^2$ (власний ризик);
- $\beta_n^2 \delta_m^2$ – зважена величина дисперсії ринкового показника δ_m^2 (ринковий ризик).

Величини β_i та α_i розраховуються наступним чином:

$$\beta_i = \frac{\delta_{i,m}}{\delta_m^2}; \quad (2.75)$$

$$\alpha_i = E(r_i) - \beta_i E(r_m). \quad (2.76)$$

У моделі Шарпа мета інвестора полягає у мінімізації дисперсії портфеля

$$\delta_n^2 = \sum_{i=1}^{n+1} w_i^2 \delta_{\varepsilon,i}^2 \rightarrow \min; \quad (2.77)$$

$$\sum_{i=1}^{n+1} w_i \alpha_i = E^*; \quad (2.78)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1; \quad (2.79)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i \beta_i = w_{n+1}. \quad (2.80)$$

У моделі Шарпа не ліквідовано наведені в моделі Марковіца недоліки, проте зменшено обсяг обчислень за допомогою використання лінійної регресійної моделі.

У портфелі Тобіна враховано можливість наявності в портфелі безризикових паперів, що дозволило спростити процес розв'язання задачі знаходження оптимального портфеля за умов вибору безризикових ЦП, проте підхід для оцінки ризику в даній моделі такий самий як і в моделі Марковіца.

Методологія Value-at-Risk (VaR) дозволяє оцінити величину максимально можливих збитків на визначеному горизонті планування із встановленим рівнем ймовірності. На відміну від попередніх моделей, в даній методології під втратами розуміють від'ємну зміну вартості портфеля фінансових інструментів в момент часу t та в момент $t-1$:

$$\Delta P = P_t - P_{t-1}. \quad (2.81)$$

Показник VaR може бути оцінено на основі величини абсолютних збитків або величини втрат відносно середнього доходу. Існує три основні методи розрахунку VaR: метод історичного моделювання, метод параметричної оцінки, метод імітаційного моделювання.

У загальному випадку даного підходу, якщо досліджуваний показник необхідно максимізувати, то VaR можна обчислити за допомогою наступної формули:

$$\text{VaR} = m - kM_r, \quad (2.82)$$

де m – математичне очікування; M_r – міра ризику (в загальному випадку – середньоквадратичне відхилення); k – коефіцієнт, який залежить від обраної довірчої ймовірності (встановлює вартість ризику).

Інвестор розглядає ризик, пов'язаний з несприятливими ситуаціями, як тільки несприятливі відхилення від очікуваних значень. У даному підході запропоновано за міру ризику використовувати семіваріацію, яка для величини X обчислюється наступним чином:

$$SV(X) = \sum_{j=1}^n \alpha_j p_j (x_j - M(X))^2, \quad (2.83)$$

де n – кількість значень випадкової величини X ; x_j – значення випадкової величини, $j = 1, \dots, n$; p_j – відповідні ймовірності; $M(X)$ – мате-

матичне очікування випадкової величини X ; α_j – індикатор несприятливих відхилень, який визначають за формулою:

$$\alpha_j = \begin{cases} 0, & \text{у випадку сприятливого відхилення,} \\ 1, & \text{у випадку несприятливого відхилення.} \end{cases} \quad (2.84)$$

Однак, одним із недоліків моделі Марковіца та класичної методології VaR є припущення про нормальність розподілу та наявність симетрії в розподілі. На практиці більшість економічних показників асиметричні. Тому при розрахунках пропонується замість математичного очікування використати моду або медіану.

У такому випадку міра ризику визначається медіанною семіваріацією, яка обчислюється за допомогою формули:

$$SV_{M_e}(X) = \sum_{j=1}^n \alpha_j p_j (x_j - M_e(X))^2, \quad (2.85)$$

де $M_e(X)$ – медіана випадкової величини X .

Таким чином, методологія VaR та розглянуті її модифікації дозволяють усунути такі недоліки моделі Марковіца: припущення про нормальність розподілу досліджуваної величини та врахування як негативних, так і позитивних відхилень значень досліджуваної величини під час обчислення міри ризику.

У нечіткому підході на основі теорії можливостей дохідність i -ого ЦП представляється у вигляді трикутного нечіткого числа

$$r_i = (r_{1i}; \bar{r}_i; r_{2i}), \quad (2.86)$$

де r_{1i} – нижня межа дохідності i -ого ЦП; $\bar{r}_i$ – очікувана дохідність i -ого ЦП; r_{2i} – верхня межа дохідності i -ого ЦП.

Дохідність портфеля визначається наступним чином:

$$r = (r_{\min} = \sum_{i=1}^N w_i r_{1i}; \bar{r} = \sum_{i=1}^N w_i \bar{r}_i; r_{\max} = \sum_{i=1}^N w_i r_{2i}). \quad (2.87)$$

Критичний рівень дохідності портфеля на момент часу T представляється як $r^* = (r_1^*; \bar{r}^*; r_2^*)$. Тоді взаємне співвідношення функцій приналежності r_i та критеріального значення r^* дозволяє

розрахувати площу фігури, яка утворюється в результаті перетину цих функцій, наступним чином:

$$S_{\alpha} = \left\{ \begin{array}{l} \{0, \text{якщо } r_1 \geq r_2^*; \\ \frac{(r_2^* - r_1)^2}{2}, \text{якщо } r_2^* > r_1 \geq r_1^*; r_2 \geq r_2^*; \\ \frac{(r_1^* - r_1) + (r_2^* - r_1)}{2} (r_2^* - r_1^*), \text{якщо } r_1 < r_1^*; r_2 > r_2^*; \\ (r_2^* - r_1^*)(r_2 - r_1) - \frac{(r_2 - r_1^*)^2}{2}, \text{якщо } r_1 < r_1^* \leq r_2; r_2 < r_2^*; \\ (r_2^* - r_1^*)(r_2 - r_1), \text{якщо } r_2 \geq r_1^*. \end{array} \right\} \quad (2.88)$$

У такому випадку ступінь ризику неефективності $\varphi(\alpha)$ є геометрична ймовірність випадку потрапляння точки (r, r^*) в зону неефективного розподілу капіталу

$$\varphi(\alpha) = \frac{S_{\alpha}}{(r_2^* - r_1^*)(r_2 - r_1)}. \quad (2.89)$$

Значення ступеня ризику неефективності портфеля дорівнює

$$\beta = \int_0^{\alpha_1} \varphi(\alpha) d\alpha, \quad (2.90)$$

де α_1 – ордината точки перетину функцій приналежності r та r^* .

Тоді використовуючи формули (2.88)–(2.90), ступінь ризику буде дорівнювати

$$\beta = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{якщо } r^* < r_{\min}; \\ R(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \ln(1 - \alpha_1)), \text{якщо } r_{\min} \leq r^* \leq \bar{r}; \\ 1 - (1 - R)(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \ln(1 - \alpha_1)), \text{якщо } \bar{r} \leq r^* < r_{\max}; \\ 1, \text{якщо } r^* \geq r_{\max}, \end{array} \right\} \quad (2.91)$$

де

$$R = \left\{ \begin{array}{l} \frac{r^* - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, \text{ якщо } r^* < r_{\max}; \\ 1, \text{ якщо } r^* \geq r_{\max}; \end{array} \right\} \quad (2.92)$$

$$\alpha = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ якщо } r^* < r_{\min}; \\ \frac{r^* - r_{\min}}{r - r_{\min}}, \text{ якщо } r_{\min} \leq r^* < r; \\ 1, \text{ якщо } r^* = r; \\ \frac{r_{\max} - r^*}{r_{\max} - r}, \text{ якщо } r < r^* < r_{\max}; \\ 0, \text{ якщо } r^* \geq r_{\max}. \end{array} \right\}. \quad (2.93)$$

Таким чином, за умов даного підходу необхідно розв'язати наступну задачу оптимізації:

$$r = \sum_{i=1}^N w_i r_i \rightarrow \max; \quad (2.94)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i r_i > r^*; \quad (2.95)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1, w_i \geq 0; i = \overline{1, N}. \quad (2.96)$$

У даній моделі ліквідовано недоліки підходів на основі теорії ймовірності. Знято вимоги щодо нормального розподілу значень дохідності, розглядається не можливість досягнення окремих значень показника дохідності, а цілий інтервал значень, ймовірність досягнення яких не потрібно визначати наперед. Окрім того на відміну від моделі Марковіца при нечіткому підході за ризик приймаються тільки ті значення дохідності, які виявились менше запланованого.

Сформулюємо рекомендації для вибору методів оптимізації інвестиційного портфеля та відповідної оцінки їх ризиків.

У випадку однорідності ринку, коли із впевненістю можуть бути встановлені ймовірності досягнення того чи іншого значен-

ня дохідності, варто застосовувати для оптимізації інвестиційного портфеля модель Марковіца. Якщо критичною проблемою є зменшення обсягів обчислень, то кращим варіантом оптимізації є модель Шарпа, де застосовується лінійна регресійна модель.

Коли інвестор бажає враховувати в якості міри ризику тільки негативні відхилення значень досліджуваного показника, варто застосовувати методологію Value-at-Risk. Окрім того, якщо розподіл значень показника, що розглядається, не відповідає нормальному закону, необхідно використовувати модифіковану методологію Value-at-Risk, в якій за міру ризику прийнято медіанну семіваріацію.

Якщо досліджуваний ринок неоднорідний (що характерно для кризових явищ) і необхідно розглянути весь інтервал можливих значень дохідності (і їх розподіл може не відповідати нормальному закону), потрібно застосувати нечіткий підхід на основі теорії можливостей. Даний метод дозволяє також як і модифікована методологія Value-at-Risk за міру ризику враховувати тільки негативні відхилення значень показника.

3. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЕКТІВ

3.1 Управління проектами

Бізнес-план – докладний, чітко структурований та ретельно підготовлений документ, який описує цілі та задачі, які необхідно розв’язати підприємству (компанії), способи досягнення поставлених цілей та техніко-економічні показники підприємства та/або проекту в результаті їх досягнення.

Проект – комплекс зусиль, які застосовуються з метою отримання конкретних унікальних результатів у рамках відведеного часу в межах затвердженого бюджету, що виділяється на сплату ресурсів, які використовуються або споживаються в ході проекту.

Завдяки успішній реалізації проектів підприємства можуть суттєво збільшити свій прибуток, особливо у випадку постачання замовникам складної високотехнологічної продукції або систем, чи великомасштабного будівництва.

Управління проектами – методологія організації, планування, керівництва, координації трудових, фінансових та матеріально-технічних ресурсів протягом проектного циклу, направлена на ефективне досягнення його цілей шляхом застосування сучасних методів, технік та технологій управління для досягнення визначених у проекті результатів за складом та обсягом робіт, вартістю, часом, якістю та задоволенням вимог учасників проекту.

Функції управління проектом включають планування, контроль, аналіз, прийняття рішень, складання та супроводження бюджету проекту, організацію виконання, моніторинг, оцінку, звіт-

ність, експертизу, перевірку та приймання, бухгалтерський облік, адміністрування.

Методи управління проектами дозволяють:

- визначити цілі проекту та провести його обґрунтування;
- визначити структуру проекту;
- визначити необхідний обсяг та джерела фінансування;
- визначити виконавців – зокрема через тендери, конкурси;
- підготувати та заключити контракти;
- визначити строки виконання проекту, скласти графік його реалізації, розрахувати необхідні ресурси;
- розрахувати кошторис та бюджет проекту;
- планувати та враховувати ризики;
- забезпечити контроль за ходом виконання проекту тощо.

Проект необхідно розглядати як відкриту систему, що взаємодіє з навколишнім середовищем – сукупністю факторів та об’єктів, які безпосередньо не беруть участь у проекті, але впливають на проект і взаємодіють з проектом та окремими його елементами. Навколишнє середовище проекту – джерело ризиків.

У межах самого проекту та його навколишнього середовища взаємодіє сукупність учасників проекту, ключовими з яких є:

– **ініціатор** – учасник проекту, носій основної ідеї проекту та ініціативи щодо його реалізації;

– **замовник** – учасник проекту, зацікавлений у досягненні основної мети, результатів проекту; визначає основні вимоги та межі проекту, забезпечує його фінансування, підписує контракти з іншими безпосередніми учасниками проекту, несе відповідальність за результати проекту перед іншими учасниками та суспільством;

– **інвестор** – учасник проекту, який здійснює фінансування проекту та зацікавлений у досягненні фінансових результатів проекту;

– **керівник проекту** – учасник проекту, якому делеговані повноваження з управління діяльністю, направленою на досягнення цілей проекту; несе відповідальність перед замовником за досягнення всіх цілей проекту;

– **команда проекту** – сукупність учасників проекту, які діють як єдине ціле та забезпечують досягнення цілей проекту під керівництвом керівника проекту.

Склад та обов'язки команди проекту залежать від характеристик проекту, проте у всіх випадках склад команди повинен забезпечувати високий професійний рівень виконання всіх обов'язків.

У процесі розробки та реалізації проект проходить через послідовність етапів від ініціалізації до повного завершення – **життєвий цикл проекту** (ЖЦП). Універсального підходу до розбиття процесу реалізації проекту на фази не існує.

ЖЦП умовно можна поділити на 3 основні фази: передінвестиційну, інвестиційну та експлуатаційну. Подальше розбиття залежить від специфіки проекту. Так, ЖЦП може складатися з 5 таких фаз: концептуальна фаза (формулювання цілей, аналіз інвестиційних можливостей, обґрунтування здійсненності (техніко-економічне обґрунтування) та планування проекту), фаза розробки проекту (визначення структури робіт та виконавців, побудова календарних графіків робіт, бюджету проекту, розробка проектно-кошторисної документації, підписання контрактів з підрядниками та постачальниками), виконання, завершення проекту та експлуатаційна фаза.

Місія проекту – генеральна мета проекту, чітко виражена причина його існування.

Стратегія проекту – центральна ланка в формуванні напрямків діяльності з метою отримання визначених місією та системою цілей результатів проекту.

Під результатом проекту розуміють продукцію, результати, корисний ефект проекту. В якості результатів можуть виступати: наукова розробка, новий технологічний процес, програмні засоби, побудований об'єкт тощо. Про успішність проекту (результату) говорять залежно від того, на скільки результат відповідає за своїми витратними/дохідними, інноваційними, якісними, часовими, соціальними, екологічними та іншими характеристиками запланованому рівню.

До керованих параметрів проекту належать: обсяг та види робіт; вартість, витрати, видатки; часові параметри (строки, тривалість та резерви виконання робіт); ресурси (людські, фінансові, матеріально-технічні та інші); якість проектних рішень, ресурсів, компонентів проекту тощо.

Система управління проектами може розглядатися як сукупність наступних процесів:

- а) вивчення потенційно можливих проектів;
- б) вибір проекту для виконання;
- в) ініціювання проекту;
- г) планування проекту та організація робіт;
- д) розробка технічної пропозиції (за вимогою);
- е) складання бюджету проекту;
- ж) виконання проекту;
- з) звітність та контроль;
- и) завершення та закриття проекту;
- к) поточне вдосконалення процесів та покращення узгодженості проектів.

До **організаційних структур** управління проектами належать:

- функціональна – використання існуючої функціональної ієрархічної структури організації;
- дивізійна – різновид функціональної, сформований за регіональною, продуктовою або технологічною ознакою;
- проектна – комплекс робіт проекту розробляється незалежно від ієрархічної структури організації;
- матрична – проміжна форма, що об'єднує переваги проектної та функціональної структур управління.

До переваг **функціональної структури** належать: стимулювання ділової та професійної спеціалізації, зменшення дублювання зусиль, підвищення ефективності використання ресурсів у функціональних областях і т. ін., до недоліків: стимулювання функціональної ізоляваності, збільшення між-функціональних конфліктів, зниження ефективності досягнення загальних цілей тощо.

Сильна **матрична структура** характеризується широкими повноваженнями з управління проектом керівника проекту. У випадку слабкої матриці проект може мати тільки одного постійного працівника – керівника проекту (диспетчер проекту). У збалансованих матрицях керівник проекту має рівні повноваження з функціональним керівником.

Переваги матричної структури: проект, його цілі та потреби знаходяться в центрі уваги, зберігаються переваги функціональ-

ної структури щодо оптимізації діяльності в функціональних галузях та використання ресурсів для потреб декількох проектів. Недоліки: виникають конфлікти між проектною та функціональною структурами, що призводить до проблем під час прийняття рішень щодо проекту, виникає необхідність координувати діяльність декількох проектів тощо.

Проектна структура забезпечує цілісну горизонтальну цільову направленість проекту за допомогою широких повноважень керівника проекту, однозначність направленості зусиль працівників шляхом прямого підпорядкування працівників керівнику проекту, робить коротше комунікаційні зв'язки між працівниками та керівником, однак при цьому виникає дублювання функціональних областей та зниження ефективності використання ресурсів, керівник проекту зазвичай формує додатковий запас ресурсів, які в більшості випадків не використовуються, знижується технологічність у функціональних областях тощо.

Структура розбиття робіт (WBS – Work Breakdown Structure) – ієрархічна структура послідовної декомпозиції проекту на під-проекти, пакети робіт різного рівня, пакети детальних робіт. WBS дозволяє узгодити план проекту з вимогами замовника, представленими у вигляді специфікацій або опису робіт.

Пакети робіт зазвичай відповідають найнижчому рівню деталізації WBS і складаються з детальних робіт, які можуть складатися з кроків. Кожний набір робіт повинен бути якомога більш незалежним від інших наборів робіт проекту. Жоден з наборів не повинен входити більш ніж до одного проміжного результату WBS. Розробка WBS проводиться або згори вниз, або знизу вгору, або використовуються одночасно обидва підходи. Ітераційний підхід, що застосовується для даної цілі, може включати різні підходи до видобування інформації (наприклад, метод мозкового штурму).

Всі роботи проекту входять до складу робіт WBS. Аналіз на повноту WBS є одним із найважливіших етапів побудови цієї системоутворюючої структури проекту. WBS повинна дозволяти збирати проект в цілому з окремих робіт. Рівень деталізації WBS залежить від змісту проекту, кваліфікації та досвіду команди проекту, системи управління, що застосовується, принципів розподілу відповідальності в команді, існуючої системи документообігу.

Основою декомпозиції WBS можуть виступати: компоненти товару (об'єкта, послуги, напрямку діяльності), який є результатом реалізації проекту; процесні або функціональні елементи діяльності організації, яка реалізує проект; етапи ЖЦП; підрозділи організаційної структури; географічне розміщення для проектів, розподілених у просторі. На практиці використовуються комбіновані структури WBS (з декількома основами декомпозиції). Декомпозиція проекту вимагає вмілого узгодження основних структур проекту: організаційної структури, структури статей витрат, структури витрат, функціональної структури, інформаційної структури, структури часових інтервалів та їх можливі складові структури.

Правила побудови WBS наступні:

- базуючись на інформації щодо плану заходів, проводиться послідовна декомпозиція за заданими критеріями, ознаками робіт проекту, допоки всі значимі роботи, пакети робіт або будь-які частини проекту не будуть виділені та ідентифіковані таким чином, щоб вони могли плануватися, для них можна було визначити бюджет, скласти розклад, виконувати функції моніторингу та контролю;

- кожному елементу декомпозиції присвоюється унікальний ідентифікатор для наочності та простоти автоматизації;

- для кожної роботи, пакету робіт визначаються дані, що мають до них відношення (постачальники, відповідальні виконавці, тривалість, обсяг, бюджет, витрати, обладнання, матеріали, специфікації і т.і.): кожний наступний рівень у WBS додає більш детальні елементи, а кожний з елементів пов'язаний з одним більш загальним елементом, розташованим на рівень вище;

- найважливішою інформацією є дані про персональну відповідальність за виконувані роботи – матриця відповідальності, в якій визначається, хто за що відповідає; вона є основою для розв'язання проблем координації робіт проекту, знаходження вузьких місць;

- щодо кожної з робіт проводиться критичний аналіз із їх виконавцями для підтвердження правильності WBS;

- для вартісної оцінки пропозицій постачальників або визначення співвідношення доходів та витрат проекту, його загальний бюджет повинен включати: прямі витрати за кожною з робіт у

вигляді часової залежності; накладні витрати (загальні та адміністративні); резерв на випадок непередбачуваних обставин; баланс;

– графік та план за віхами може бути представлений за допомогою WBS у вигляді головного, укрупненого графіку (project master schedule), в якому вказані основні компоненти та етапи проекту.

WBS є основою для розуміння членами команди складу та залежностей робіт проекту. Структурна схема організації та матриця відповідальності є двома інструментами, призначеними допомагати проект-менеджеру у створенні команди, яка відповідає цілям та задачам проекту.

Матриця відповідальності – форма розподілу відповідальності за реалізацію робіт проекту з зазначенням ролі кожного з підрозділів у їх виконанні. Матриця містить список пакетів робіт WBS за однією віссю, список підрозділів та виконавців, які приймають участь у виконанні робіт, – за іншою віссю.

На наступному етапі визначаються основні віхи, які зручно використовувати для узгодження основних стадій, етапів, фаз розробки та реалізації проекту, а також для аналізу та контролю реалізації проекту на рівнях управління, які відповідають цим віхам.

Детальне планування пов'язане з розробкою детальних графіків для оперативного управління на рівні відповідальних виконавців. Рівень деталізації графіку залежить від складності та розмірів проекту. Перед побудовою детального графіка необхідно відповісти на запитання: скільки подій або робіт необхідно включити у графік? наскільки детально потрібно описувати технологію виконання робіт? для кого цей графік призначається? Визначення рівнів планування проводиться для кожного проекту з урахуванням його специфіки, масштабів, географії, строків тощо.

Сутність **планування** полягає у визначенні цілей та способів їх досягнення на основі формування комплексу робіт, які повинні бути виконані, застосуванні методів та засобів реалізації цих робіт, узгодженні необхідних для їх виконання ресурсів, дій організацій, які є учасниками проекту.

Основна мета планування – побудова моделі реалізації проекту, яка необхідна для координації діяльності учасників проекту,

з її допомогою визначається послідовність виконання робіт. Розрізняють наступні види планування:

а) концептуальне планування – процес розробки основної документації проекту, технічних вимог, оцінок, укрупнених календарних планів, процедур контролю та управління;

б) стратегічне планування реалізації проекту – процес розробки стратегічних, укрупнених, довгострокових планів;

в) тактичне планування – розробка тактичних, детальних планів для оперативного управління на рівні відповідальних виконавців.

Модель стратегічного планування може містити декілька підетапів, які виконуються декілька разів, коли інформація, отримана після чергового етапу аналізу або виконання процедури, використовується на наступному етапі, знов повертається на попередній або наступний етапи з уточненою або додатковою інформацією.

Часто для стратегічного планування, зокрема для оцінки специфічних параметрів самої організації та її оточення, використовуються методи SWOT-аналізу (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats – переваги, слабкі сторони, можливості, загрози). Для проведення SWOT-аналізу використовують табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Таблиця для проведення SWOT-аналізу

Переваги	Як їх можна реалізувати?	Слабкі сторони	Як можна зменшити їх вплив?
Які можливості надає проект?	Як отримати з них користь?	Загрози: ризики або інші обставини, які заважають успіху	Як можна завадити реалізації кожної з виявлених загроз?

На основі цього аналізу визначаються критичні моменти та портфель стратегічних альтернатив. Визначені альтернативи порівнюються з наявними портфелем та ресурсами; далі обираються стратегії, які повинні сприяти основній місії та цілям організації.

Основні кроки у плануванні проектів

1. Встановити:

а) дати початку і завершення, бюджети, технічні результати: це сприяє цілеспрямованості керівництва і мотивує виконавців;

б) внутрішні цілі – контрольні точки (milestones), тобто значні проміжні результати-події, вчасне виконання яких дасть змогу досягти загальної мети проекту;

в) відповідальних осіб або відділи, участь яких є запорукою успішного виконання проекту.

2. Розробити план, у якому визначити:

а) усі роботи за проектом (тобто кожний вид діяльності та його зміст);

б) робочу структуру проекту (WBS);

в) логічну послідовність робіт, у тому числі попередні й наступні, а також паралельні роботи.

3. Побудувати планову діаграму (сітковий графік).

4. Визначити тривалість робіт (календарний план, діаграма Ганта).

5. Визначити затрати і ресурси (трудові) за кожним видом робіт.

Сіткове планування полягає у створенні логічних діаграм послідовності виконання проектних робіт – сіткових графіків – і визначенні тривалості цих робіт та проекту в цілому з метою подальшого контролю. Сіткове планування полягає передусім у побудові сіткового графіка та обчисленні його параметрів.

Сітковий графік – це графічне подання робіт проекту, яке відбиває їх послідовність та взаємозв'язок. Для його побудови потрібно мати таку інформацію: список робіт; логічні зв'язки між ними.

До побудови сіткової діаграми потрібно визначити зв'язки між роботами, які можуть бути двох типів:

- послідовні, коли одна робота виконується після другої;
- паралельні, коли декілька робіт можуть виконуватися водночас.

Сіткові графіки будуються зліва направо графічним зображенням проектних робіт та означенням логічних зв'язків між ними. Залежно від способу зображення їх розрізняють два види сіткових графіків:

- стрілчасті: роботи зображуються у вигляді стрілки, а логічні зв'язки між роботами встановлюються так званими подіями,

які зображаються у вигляді кіл, що свідчать про початок і закінчення тієї чи іншої роботи (рис. 3.1);

- графіки передування: роботи подано у вигляді прямокутників, а стрілками позначаються логічні зв'язки (рис. 3.2).

На рис. 3.1 зображена діаграма стрілки. Жирними лініями вказаний критичний шлях. Стрілки, що з'єднують будь-які дві події, позначають операцію або задачу, яка повинна бути виконана до того, як друга подія об'явлена досягнутою.

Складність сіткового графіку залежить від кількості робіт та подій, які входять до нього, і характеризуються коефіцієнтом складності, який визначається відношенням кількості робіт сіткового графіку до кількості подій. Якщо коефіцієнт дорівнює 1, то графіки вважаються простими, якщо коефіцієнт – 1,5, середньої складності, а у випадку, коли коефіцієнт дорівнює 2 – складними.

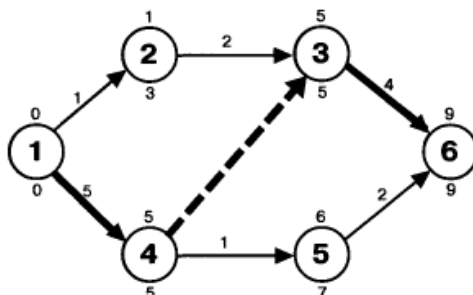


Рисунок 3.1 – Стрілчаста діаграма

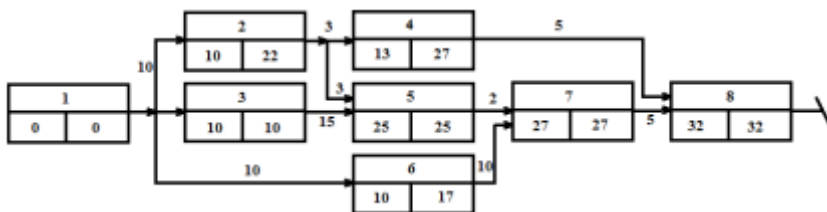


Рисунок 3.2 – Графік передування

У межах системи сіткового моделювання, яка застосовується при управлінні проектом, сіткові графіки зазвичай мають 3 ступіні деталізації:

а) перший ступінь деталізації – укрупнені сіткові графіки, де відбивається загальна структура робіт за проектом, призначені для керівника проекту та керівництва компанії, яка реалізує проект;

б) другий ступінь деталізації – сіткові графіки за комплексами робіт, технологічними вузлами продукції проекту або крупними етапами ЖЦП, призначені для керівництва середнього рівня, яке відповідає за виконання окремих комплексів робіт за проектом;

в) третій ступінь деталізації – деталізовані сіткові графіки, що використовуються для оперативного управління на низьких рівнях, створюються не на стадії розробки зазвичай, а на стадії реалізації, ближче до безпосереднього виконання робіт.

Календар робіт – документ, який показує календарні дати початку й завершення робіт, виходячи з режиму роботи проектної команди, вихідних та святкових днів.

Сіткові графіки, які зображують внутрішні зв'язки проекту, є основою для календарного планування робіт та використання обладнання. Для розрахунку та аналізу сіткового графіку використовується набір сіткових процедур, відомих під назвою «процедури методу критичного шляху».

Критичний шлях – максимальний за тривалістю повний шлях у сітці. Тривалість критичного шляху визначає найменшу загальну тривалість робіт за проектом в цілому. Тому будь-яка затримка виконання робіт критичного шляху призведе до збільшення тривалості проекту. Якщо з тривалості критичного шляху відняти тривалість будь-якого іншого шляху, то отримаємо загальний резерв часу цього шляху.

Метод критичного шляху дозволяє розраховувати можливі критичні графіки виконання комплексу робіт на основі описаної логічної структури та оцінок тривалості виконання кожної роботи, визначити критичний шлях для проекту в цілому.

Метод PERT використовує статистичний підхід для визначення тривалості робіт. Оцінка очікуваного часу t тривалості робіт може бути обчислена за формулою:

$$t = (O + 4M + P) / 6, \quad (3.1)$$

де O – оптимістичний час виконання; M – ймовірний час; P – песимістичний час.

Діаграма Ганта – горизонтальна лінійна діаграма, на якій задачі проекту представляються тривалими за часом відрізками, які характеризуються датами початку та завершення, затримками і, можливо, іншими часовими параметрами.

Розрахунок розкладу вперед починається з робіт, які не мають попередників. У процесі розрахунку визначаються ранні дати робіт, під якими розуміють найбільш ранні можливі строки початку та завершення робіт за умови, що попередні роботи завершені:

$$\text{Ранній початок} + \text{Тривалість робіт} - 1 = \text{Раннє завершення}. \quad (3.2)$$

Розрахунок розкладу назад починається з робіт, які не мають попередників, визначаються пізні дати робіт, під якими розуміються найбільш пізні можливі строки початку та завершення робіт за умови, що дата завершення проекту не буде затримана:

$$\text{Пізнє завершення} - \text{Тривалість} + 1 = \text{Пізнє завершення}. \quad (3.3)$$

Однією з головних підсистем управління проектами є **управління ресурсами**, що охоплює процеси планування, закупівель, постачань, розподілу, обліку та контролю ресурсів. Важливість даної підсистеми обумовлена тим, що поняття ресурсів охоплює все, чим володіє проект: трудові, фінансові, матеріально-технічні ресурси, команда проекту, час, інформація, знання, технології тощо.

Планування ресурсів передбачає такі кроки:

- а) оцінка потреби в ресурсах;
- б) складання таблиці потреб у ресурсах за роботами;
- в) складання таблиці наявності ресурсів;
- г) побудова ресурсної гістограми;
- д) зіставлення потреби й наявності ресурсів, визначення їх нестачі або надлишків;
- е) складання нового плану за допомогою прогнозу у вигляді умовних правил;
- ж) згладжування ресурсних гістограм зміщенням робіт у межах запасу часу;
- з) за необхідності використання прийомів планування в умовах обмежених ресурсів або обмеженого часу;
- и) перепланування календарного плану;
- к) контроль і побудова нових ресурсних планів і гістограм.

Важливе питання – як пов’язати календарне планування робіт із плануванням потреб у ресурсах. Ідеальна ситуація – коли потреби в ресурсах збігаються з їх наявністю. В управлінні проектами це трапляється дуже рідко, тому потрібно шукати компроміс. Існує 3 способи розв’язання проблеми перевищення потреби в ресурсах над можливостями:

- відкласти роботу в межах запасу часу;
- скоригувати терміни їх виконання відповідно до обмежених ресурсів;
- скоригувати інтенсивність використання ресурсів у межах встановленого часу.

Оцінка обсягу необхідних ресурсів безпосередньо залежить від обсягу робіт, який потрібно виразити в трудомісткості. Число працюючих визначається наступним чином:

$$K_p = \frac{T}{\Phi_{\text{кор}}} , \quad (3.4)$$

де T – трудомісткість роботи; $\Phi_{\text{кор}}$ – корисний фонд часу одного працівника.

Виходячи з визначеної тривалості робіт та сукупних витрат, на основі наступних факторів узгоджуються ресурси з цими обмеженнями: обмежена чисельність людей, які працюють у приміщенні; обмежена кількість обладнання; вимоги безпеки праці; продуктивність часто обумовлена ефективністю керівництва.

Сукупна потреба в людських ресурсах визначається за допомогою таблиці за кожним видом професії.

Після того як ресурси визначені й скоординовані з календарним планом, треба зіставити їх із наявними ресурсами фірми, враховуючи: нормальну продуктивність праці; існуючі зобов’язання стосовно інших проектів; очікуваний рівень пропусків роботи; збільшення обсягу ресурсів (понаднормові години; використання субпідрядників; зміни режиму роботи за проектом, що зумовить зміну планів за ресурсами).

Таблиця та гістограма наявності ресурсів, сформована на основі отриманої інформації, не пов’язуються з роботами, а фіксують кількість наявних ресурсів у розрізі календарного часу, дають змогу проконтролювати, чи не заплановані якісь роботи на час, коли відсутні ресурси.

Для подолання нестачі ресурсу, яка призводить до збільшення тривалості виконання роботи, застосовують: понаднормові роботи, збільшення робочих змін, підвищення продуктивності праці, залучення субпідрядників.

Скорочення надлишку ресурсів, що призводить до збільшення витрат, відбувається наступним чином: направленням вільних ресурсів на виконання критичних робіт; виконанням складових частин, підготовкою устаткування заздалегідь; проведенням тренінгів персоналу на майбутнє.

Згладжування ресурсних гістограм виконується для покращення завантаження ресурсів (особливо коли їх не вистачає) шляхом зсування календарних строків виконання робіт у межах запасу часу. Для згладжування обирається водночас тільки один ресурс, який пов'язаний з перевантаженням, найбільшим використанням, найменшою гнучкістю, найбільшими витратами. Після виконання згладжування переплановується календарний план робіт і потреба в ресурсі.

Для розподілу ресурсів використовується 2 базові методи: послідовний і паралельний.

Послідовний метод розподіляє ресурси між роботами відповідно до встановлених пріоритетів, кожного разу розглядаючи роботи послідовно.

Паралельний метод розподіляє ресурси за всіма роботами водночас, але кожного разу на один день, зіставленням щоденної наявності ресурсів, потреби в них і тривалості робіт. Менеджер визначає, чи можливо перервати виконання роботи і завершити її через певний час.

З самого початку проекту потреба в ресурсах порівнюється з наявністю їх, розробляється календарний план за ранніми строками початку робіт. Якщо немає ресурсу, щоб почати роботу в ранні строки, її зсувають на один день (або тиждень) у межах запасу часу й знову зіставляють наявність ресурсів з потребою в них. Цей процес триватиме доти, доки: потреба в ресурсах відповідатиме їх наявності; буде використано весь запас часу по роботах.

Таким чином, існує 2 підходи: планування в умовах обмеження ресурсів та планування в умовах обмеженого часу.

У першому випадку, якщо ресурс обмежений, необхідно подовжити тривалість роботи, поки цей ресурс стане доступним.

Інколи це збільшує тривалість критичної роботи, тоді виконання проекту в цілому відкладається.

У другому випадку даний метод застосовують, якщо неможливо продовжити термін завершення виконання проекту, тоді збільшують ресурси. Такі ситуації можливі, коли: проект має суворі штрафи за невиконання за часом; проект є частиною іншого проекту з обмеженими в часі можливостями.

Після закінчення аналізу і розподілу ресурсів треба переглянути початковий сітковий графік, оскільки деякі роботи в ході планування ресурсів мали бути перенесені. Потрібно також перевірити решту пов'язаних між собою документів: діаграми Ганта; бюджет; криві витрат; грошові потоки; план робочої сили; план поставок.

Після кожного звітного періоду календарний план робіт може змінюватися, що вимагає побудови й аналізу нових гістограм ресурсів. Нові плани й гістограми є базою для планування на наступний звітний період.

Важливою частиною управління ресурсами є **планування витрат**. Точність оцінок витрат може коливатися від $\pm 50\%$ для прийняття рішення про здійснення проекту й початок вивчення можливостей до $\pm 2\%$ при підготовці тендерів. Хоча розрахунки зводяться до фінансових аспектів проекту, треба пам'ятати, що вони не можуть бути точно визначені без попередньої оцінки інших чинників: часу й ресурсів.

Інформація для розрахунків може міститися у таких документах: інформація про обсяги робіт; контракти; специфікації; документи з оцінки ризику й невизначеності проекту.

Концептуальна оцінка служить для первинного вибору проектів. Вона ґрунтується на аналізі обмеженого обсягу робіт і дає рівень точності приблизно 75% . Якщо концептуальна оцінка виявляє перспективність проекту, то виділяються додаткові кошти для здійснення стадії його розробки.

Оцінка доцільності може бути виконана без деталізації даних. Якщо вона базується на інформації про попередні проекти-аналоги, з таким самим обсягом робіт, то точність може бути підвищена до 90% .

Остаточна оцінка ґрунтується на значному обсязі даних, включаючи розроблену схему робіт, деталізовані креслення і специфікації, прайс-листи продавців та огляди робіт. Така оцінка має рівень точності 95 %. Обчислення, яке характеризується рівнем точності 99 %, вимагає багато часу. Чим вищою є точність оцінки, тим вищі витрати на її проведення. Точність оцінки може обмежуватися розміром доходу компанії, а також часом на її проведення.

Розрізняють наступні види проектних витрат: за методом віднесення на проектні роботи (прямі, які безпосередньо пов'язані зі здійсненням проекту, та непрямі (накладні) витрати, які не можна віднести прямо на роботу або проект), за залежністю від обсягів проектних робіт (постійні, що не залежать від обсягу робіт, та змінні, які залежать від обсягу робіт).

Одним зі способів, який дозволяє управляти витратами проекту, є використання структури рахунків витрат (планів рахунків). На стадії формування бюджету робіт всі ресурси, агреговані для виконання, списуються на різні статті витрат.

Під час виконання робіт проекту фактична інформація про витрати також враховується на відповідних рахунках витрат, що дозволяє на відповідних рівнях деталізації проводити порівняння запланованих витрат з фактичними.

Кошторис – документ, який містить обґрунтування та розрахунок вартості проекту, зазвичай на основі обсягів робіт проекту, потрібних ресурсів та цін. Після узгодження з замовником кошторис стає бюджетом.

Кошторис витрат за проектом може складатися за такими статтями: сировина, матеріали, комплектуючі, напівфабрикати; пальне та електроенергія; основна та додаткова заробітна платня; відрахування на соціальні потреби; амортизація; інші витрати.

Бюджетування – визначення вартісних значень виконуваних у межах проекту робіт та проекту в цілому, процес формування бюджету проекту, який містить встановлений розподіл витрат за видами робіт, статтями витрат, часом виконання робіт, центрами витрат або іншою структурою.

Розглянемо основні *методи оцінки витрат*.

Метод покрокового обчислення передбачає, що витрати залежать від кількості функцій або виробничої потужності підприємства. У галузях, де здійснюється проект, використовуються

стандартні таблиці, які базуються на емпіричних даних щодо окремих видів витрат відносно співвідношення базової та запланованої потужностей підприємства. Для кожного рівня WBS виконання проекту дані коефіцієнти різні.

Експоненціальний метод припускає, що витрати пропорційні потужності обладнання й підпорядковуються експоненціальному розподілу. Для програмного забезпечення – закон «6/5» (витрати зростають пропорційно кількості інформаційних одиниць).

Параметричні методи допускають, що всі витрати є пропорційними до базових витрат.

Оцінка за співвідношенням компонентів використовується, коли структура робіт однакова в різних проектах. У такому випадку витрати нового проекту можуть виражатися в процентному співвідношенні до вартості попереднього проекту або його робіт. Необхідно враховувати, що проектні витрати змінюватимуться з часом через вплив інфляції. Тому поточний проект можна порівнювати з проектом, роботи за яким завершені кілька років тому, тільки за допомогою спеціальних індексів. Основна проблема полягає у тому, що ціни на різні товари змінюються по-різному. Ця проблема може бути вирішена шляхом розподілу сукупних витрат за проектом на окремі статті.

Після того, як завершені етапи планування та організації виконання проекту, вступають у дію наступні взаємопов'язані процеси:

а) контроль: керівник проекту разом із офісом управління проектами повинен організувати систему оцінки ефективності робіт проекту та відслідковувати встановлені графіки виконання робіт та відповідності витрат проекту затвердженому бюджету;

б) поточне вдосконалення процесів та покращення узгодженості проектів: керівник проекту починає вести звітність, яка відбиває досягнуті успіхи та ефективність проводимих робіт у ході виконання проекту;

в) фінансова орієнтованість: фінансова орієнтованість процесів управління проектами повинна забезпечувати, щоб за можливості всі проводимі роботи вносили свій фінансовий вклад у підсумкові результати роботи компанії.

Для проведення **контролю за виконанням проекту** може використовуватись аналіз відхилень:

$$\Delta P = P_{\text{факт}} - P_{\text{план}}, \quad (3.5)$$

де ΔP – відхилення показника; $P_{\text{факт}}$ – фактичний рівень показника; $P_{\text{план}}$ – запланований рівень показника.

Ще одним методом контролю є *метод скоригованого (засвоєного) бюджету* (earned value), який базується на обчисленні планового, скоригованого і фактичного бюджетів виконання проекту.

Скоригований бюджет – планові витрати, обчислені на фактично виконаний на певну дату обсяг робіт. Для оцінки даним методом використовуються наступні основні показники:

- BCWS – Budget Cost of Work Scheduled – кошторисна вартість запланованих для виконання робіт за розглядаємий період часу;
- BCWP – Budgeted Cost of Work Performed – планова вартість виконаних (фактично) робіт;
- ACWP – Actual Cost of Work Performed – фактична вартість виконаних робіт.

Існує 2 основних підходи до обчислення показника засвоєного обсягу (BCWP) у деякий момент часу:

- просумувати бюджетну вартість виконаних на даний момент часу робіт (знизу вгору);
- визначити частину виконаного обсягу робіт від поточного прогнозу їх загального обсягу та помножити на BCWS проекту (згори вниз).

Перший підхід очевидний для запланованих та вже завершених робіт. Однак, коли залишилось доробити тільки незаплановані роботи, цей підхід показує, що $BCWP = BCWS$, бо бюджетна вартість незапланованих робіт вважається рівною 0, і відстежування прогрес проекту за засвоєним обсягом вже не можна.

Для робіт, які були заплановані, але ще не завершилися, використовується другий підхід.

На основі даних щодо наявних змін формуються звіти, проводиться аналіз цих змін і приймаються рішення щодо реагування на них. Будь-які зміни, внесені як за ініціативою замовника, так і інших осіб, можуть впливати не тільки на розвиток самого проекту, але й на його технічні, вартісні, часові характеристики. Проект – це сукупність систем, а тому внесення змін до однієї

частини системи впливає на всі інші й може призвести до непередбачених наслідків.

Основна мета відслідковування ходу виконання робіт полягає в тому, щоб як можна раніше помітити від'ємне відхилення від плану та визначити, чи потрібні коригуючі дії. Основою для порівняння плану з фактичним ходом робіт є сітковий графік. Типовими інструментами контролю є графіки Ганта.

Існує 5 основних варіантів дій у випадку відхилення проекту від плану:

- а) знайти альтернативне рішення: по-перше, розглянути можливості підвищення ефективності робіт за рахунок нових технологічних або організаційних рішень;

- б) перегляд вартості: збільшення обсягів робіт та призначення додаткових ресурсів (застосовується у випадку тимчасових затримок проекту);

- в) перегляд строків (у випадку обмеження за вартістю);

- г) перегляд змісту робіт: обсяг робіт за проектом може бути зменшено, і відповідно тільки частина запланованих результатів проекту буде досягнута;

- д) закриття проекту: якщо прогнозовані витрати за проектом перевищують очікувані прибутки.

Будь-яка зміна дати початку проекту призводить до перерахунку строків виконання кожної роботи.

Якість за міжнародним стандартом ISO 8402 – сукупність властивостей і характеристик об'єкта, що гарантують його здатність задовольняти явні та неявні потреби споживачів.

У вітчизняній практиці управління проектами виділяються 4 ключові аспекти якості: якість продукту проекту як відповідність ринковим потребам і сподіванням споживачів, якість розробки і планування проекту, якість виконання робіт за проектом відповідно до планової документації, якість ресурсів, що залучаються до виконання проекту.

У зарубіжній практиці стосовно якості проекту виділяють 2 основні елементи: відповідність цілям проекту, відповідність вимогам споживачів.

Концепція відповідності цілям проекту часто інтерпретується як засіб визначення рівня якості й може використовуватися під час реалізації проектів, пов'язаних з організаційними змінами,

змiнами в iнформацiйних системах чи проектах створення нових продуктiв.

Якiсть визначається як сукупнiсть властивостей i характеристик продукту, що якнайповнiше задовольняють вимоги споживачiв. Споживачi повиннi викласти свої вимоги щодо якостi в офiцiйних документах; ними можуть бути перелiк вимог споживачiв до проектiв органiзацiйного розвитку, специфiкацiя вимог споживачiв до проектiв створення нових продуктiв тощо.

Як головний параметр якостi проекту постає якiсть продукту (послуги), що є результатом виконання проекту. Щоб забезпечити якiсть продукту, необхідно:

- мати чiтку специфiкацiю – документ, у якому зафiксованi всi технiчнi параметри i вимоги споживачiв до якостi продукту проекту;
- використовувати вiдповiднi стандарти i норми;
- залучати людськi ресурси необхідної квалiфiкацiї;
- проводити аудит якостi продукту й проекту загалом;
- здiйснювати гнучкий контроль якостi;
- мати певний досвiд у галузi управлiння проектами.

Управлiння якiстю проекту включає всi роботи, якi належать до загальної функцiї управлiння, визначають полiтику у сферi забезпечення якостi, завдання та вiдповiдальнiсть i реалiзують їх такими засобами, як планування якостi, контроль та вдосконалення в межах системи забезпечення якостi.

До методiв та iнструментiв планування якостi можна вiднести:

- а) функцiонально-вартiсний аналiз (ФВА);
- б) функцiонально-фiзичний аналiз (ФФА);
- в) структурування функцiй якостi (СФЯ);
- г) аналiз наслiдкiв та причин вiдмов (АНПВ);
- д) аналiз витрат та доходiв (АВД).

ФВА забезпечує безумовне зниження витрат пiд час розробки та виробництва систем з потрібною якiстю виконання функцiй. Вiдповiдно до ФВА витрати подiляються на необхіднi (витрати на виконання об'єктом корисних функцiй) та зайвi (результат конструктивної збитковостi, яка припущена в даному об'єкті при проектуванні).

Основними методами ФВА є методи аналізу функцій носіїв, алгоритмічні та евристичні методи творчого пошуку нових ідей та рішень, методи активації мислення, методи техніко-економічного та системного аналізу структур, організаційні процедури.

ФВА складається з наступних етапів:

а) підготовчий етап: складання плану проведення робіт за ФВА, обговорення проблем, підготовка переліку інформаційних матеріалів;

б) інформаційний етап: анкетування та збір інформації про виріб, що проектується; формулювання вимог до виробу; первинне формулювання функцій, вивчення технології виготовлення та конструкції об'єкту; побудова структурно-елементної моделі;

в) аналітичний етап: вартісна оцінка елементів та функцій, розгляд зв'язків системи та над-системи, побудова повузлового ланцюга потоків перетворення енергії та матерії, побудова функціональної моделі, побудова функціонально-вартісної діаграми, визначення зон концентрації витрат;

г) творчий етап: аналіз системи, перевірка доцільності рішень елементів системи, конструювання спрощеної системи, розробка ескізних рішень системи, вартісна оцінка нових варіантів рішень.

ФФА – технологія аналізу якості технічних рішень, які пропонуються проектувальником, принципів дій виробу. ФФА піддаються розроблювані продукти та процеси. ФФА складається з наступних дій:

а) формулювання проблеми;
б) опис функцій призначення продукції;
в) аналіз над-системи продукції;
г) складання переліку технічних вимог до продукції;
д) побудова функціональної моделі продукції;
е) аналіз фізичних принципів дій для функцій продукції;
ж) виявлення технічних та фізичних протиріч для функцій продукції;

з) визначення заходів розв'язання протиріч та напрямків удосконалення продукції;

и) побудова графіків, еквівалентних схем, математичних моделей продукції.

СФЯ – систематизований метод структурування потреб та побажань споживача через розгортання функцій та операцій діяльності з забезпечення на кожному етапі ЖЦП створення продукції такої якості, яка б могла гарантувати отримання кінцевого результату, який відповідає очікуванням споживача. СФЯ складається з наступних етапів:

- а) визначення та уточнення вимог споживачів;
- б) ранжування вимог споживачів;
- в) розробка інженерних характеристик;
- г) обчислення залежностей вимог споживачів та інженерних характеристик;
- д) побудова кореляційної матриці, яка вказує на позитивний або від’ємний зв’язок між відповідними технічними характеристиками продукту з позицій інтересів користувача;
- е) визначення вагових значень інженерних характеристик із врахуванням рейтингу споживацьких вимог;
- ж) врахування технічних обмежень;
- з) врахування впливу конкурентів.

У результаті виконання цих процедур мають бути отримані вхідні дані для технічного завдання на проектування та розробку нової продукції. Побудова матриці СФЯ, отримання інженерних характеристик – перша фаза розгортання споживацьких вимог не тільки в інженерні характеристики, але й у показники процесу та всього виробництва.

СФЯ містить 4 фази: планування продукту, планування компонентів продукту, проектування процесу, проектування виробництва.

АНПВ – технологія аналізу можливості дефектів та їх впливу на споживача, проводиться для розроблюваних продуктів та процесів з метою зниження ризику споживача та потенційних дефектів. АНПВ складається з наступних етапів:

- а) побудова моделей об’єкту аналізу;
- б) дослідження моделей;
- в) експертний аналіз моделей;
- г) визначення коригуючих заходів;
- д) реалізація заходів;
- е) повторний аналіз.

АВД застосовується зокрема під час оцінки та аналізу проєктів. Він полягає в співставленні доходів та видатків, пов'язаних із реалізацією того чи іншого проєкту. Результатом такого співставлення можуть біти: різниця між доходами та видатками; відношення доходів до видатків, прибутку до витрат, входу до виходу тощо. Зараз зазвичай використовуються математичні моделі, які дозволяють привести різночасові грошові потоки (як доходи, так і видатки) до одного моменту часу шляхом дисконтування.

Стосовно якості АВД використовується в якості загального методу, який дозволяє визначити та порівняти різноманітні варіанти видатків та доходів від цього.

На планування якості можуть впливати й результати інших процесів планування за проєктом. Зокрема, під час планування ресурсів, що залучаються до здійснення проєкту, та закупівель їх визначаються вимоги до підрядника, які мають бути відображені в загальному плані управління якістю.

Результатом планування якості проєкту є план управління якістю, операційні визначення, контрольні переліки. План якості проєкту, або програма забезпечення якості проєкту, включають заходи щодо реалізації політики в сфері якості з зазначенням термінів виконання, відповідальних за виконання, критеріїв оцінки та бюджету. Програма має передбачати організаційну структуру, в межах якої вона реалізовуватиметься, а також чіткий розподіл відповідальності й рівень повноважень окремих осіб, груп і організацій, які беруть участь у реалізації проєкту, щодо вирішення проблеми якості. План якості може також включати технологічні карти окремих складних процесів та листки перевірки виконання конкретних процедур чи процесів.

За термінологією ISO 9000, у плані має бути описана **система якості проєкту**, тобто «організаційна структура, відповідальні, процедури, процеси та ресурси, необхідні для здійснення управління якістю». Менеджер проєкту має розуміти, що в результаті правильного управління якістю прибутки перевищать витрати.

У межах управління окремо взятого проєкту, як правило, спеціальної системи управління якістю не створюється, але при цьому основні організації-учасники повинні мати системи управління якістю й задокументовану угоду, де визначається, як взає-

модіятимуть їхні системи управління якістю між собою. Система управління якістю базується на політиці в галузі якості.

Система управління якістю повинна включати перелік керівних документів, заходів і визначення порядку їх здійснення, які зводяться до керівництва з якості, де описується система якості в цілому; методичних інструкцій з елементів системи якості; робочих інструкцій, які описують окремі комплексні технологічні процеси; контрольних інструкцій, які описують окремі процедури проведення контрольних і випробувальних заходів; нормативної документації.

Забезпечення якості – система послідовних запланованих і реалізованих робіт для підтвердження того, що проект задовольняє відповідні стандарти. Для забезпечення якості проекту потрібно мати: план управління якістю; результати контролю показників якості; операційні визначення.

Результати контролю показників якості подаються у вигляді записів з тестування та перевірки показників у форматі, прийнятному для порівняння й аналізу даного проекту.

Щоб забезпечити якість, використовують такі методи: методи та засоби планування якості, які можуть також використовуватися й для забезпечення якості; аудит якості.

Відповідно до стандарту ISO 8402 **аудит якості** – це систематичне і незалежне дослідження, яке проводиться для того, щоб встановити, чи відповідає діяльність щодо якості запланованим вимогам, наскільки ефективно ці вимоги реалізуються та чи будуть досягнуті поставлені цілі. Завданням аудиту якості є виявлення й усунення недоліків, які виникли під час виконання проекту, з метою поліпшення його показників. Аудиторські перевірки можуть проводитися спеціально підготовленими внутрішніми аудиторами або зовнішніми аудиторами.

Результатом процесу забезпечення якості проекту є визначення заходів для поліпшення якості.

Контроль якості включає відслідковування конкретних результатів за проектом для встановлення того, чи відповідають вони стандартам і вимогам щодо якості, а також для визначення шляхів усунення причин незадовільного виконання робіт. Контроль повинен здійснюватися упродовж усього часу виконання проекту. Результати виконання проекту включають результати

як за продуктом проекту, так і за менеджментом проекту. Контроль якості виконується службою якості.

Для контролю якості проекту потрібно мати: план управління якістю; операційні визначення; контрольні переліки; результати реалізації проекту, що включають як результати виконання процесів за проектом, так і результати за продуктом.

Для контролю якості проекту використовують такі методи та засоби:

- інспекція (перевірка);
- графіки контролю (контрольні карти) – графічне зображення результатів процесу в часі. Їх використовують для визначення того, чи перебуває процес «під контролем», тобто чи відмінності у результатах спричинені випадковими відхиленнями, а чи виникли непередбачені події, які мають бути ідентифіковані та скориговані;
- діаграми Парето – діаграми, які ілюструють появу різних причин невідповідності, впорядкованих за частотою (рангом) виникнення певної причини;
- статистичні методи передбачають створення статистичних вибірок і моделей для проведення перевірки, щоб значно скоротити витрати і час на контроль якості;
- графіки потоків використовують під час контролювання якості як допоміжний засіб в аналізі проблем, що виникають;
- аналіз тенденцій передбачає використання математичних методів для прогнозування майбутніх результатів.

Результатом контролю якості мають бути рішення щодо: прийняття робіт, продукції; ідентифікації браку і розробки та реалізації заходів для управління продукцією, яка не відповідає встановленим вимогам, нормам і стандартам; перероблення продукції; введення змін у процеси; заходів для поліпшення якості.

Для ефективного управління якістю проекту треба мати відповідне організаційне забезпечення: необхідна кваліфікація працівників; систему взаємодії працівників; матеріально-технічні й фінансові ресурси.

Для цього потрібно, щоб організаційна структура проекту й виконавчої організації відповідала таким вимогам: наявність серед вищого керівництва особи, відповідальної за систему якості

(директора з якості); наявність постійного структурного підрозділу, відповідального за виконання функцій з управління якістю й вдосконалення системи управління якістю; наявність працівників, відповідальних за якість окремого проекту.

Процес планування якості передбачає встановлення співвідношення прибутків і витрат. Прибуток від дотримання вимог якості полягає в тому, що в майбутньому знадобиться менше перероблень, що означає більш високу продуктивність праці, менші витрати, більш повне задоволення вимог споживачів і всіх зацікавлених сторін. Здебільшого витрати або вартість дотримання вимог якості, – це витрати, пов’язані з роботами з управління якістю проекту. Загальноприйнята класифікація цих витрат включає:

- витрати на попередження проблем з якістю – витрати, пов’язані з плануванням якості; організацією системи управління якістю; розробкою вимог до контролю якості сировини і матеріалів, виробничих процесів і продукції; підготовкою методичних інструкцій тощо;

- витрати на оцінку й контроль якості – витрати на випробування й контроль під час прийому вхідних матеріалів; перевірку контрольно-вимірювальних приладів та ремонт; технічний контроль; випробування виробів для оцінки їхніх експлуатаційних характеристик тощо;

- внутрішні втрати внаслідок низької якості утворюються з причин невідповідності якості, виявлених до відправлення продукції споживачам;

- зовнішні втрати внаслідок низької якості включають витрати на доробку продукції протягом гарантійного терміну за рекламациями споживачів; витрати на усунення дефектів у процесі технічного обслуговування; штрафи за низьку якість у межах юридичної відповідальності за якість.

Проектна команда повинна розуміти, що управління якістю проекту має відповідати сучасним концепціям менеджменту якості та забезпечувати:

- задоволення споживачів: розуміння їхніх потреб, управління ними і вплив на них у такий спосіб, щоб очікування споживачів були задоволені повністю або навіть і з перевищенням;

- запобігання зайвій інспекції: витрати на запобігання дефектів завжди менші, ніж витрати на їх виправлення;
- відповідальність менеджменту: успішне виконання проекту вимагає участі всіх членів команди, але відповідальність за виконання несе служба менеджменту.

3.2 Проектні ризики

Проект можна розглядати як цілісний процес, необхідний для створення нового продукту, нового заводу, нової системи або інших визначених результатів. Кожний проект унікальний: жодний з них не є точною копією іншого. Це призводить до ризиків, пов'язаних з його реалізацією.

Створення системи управління проектними ризиками дозволяє підходити до ризику не як до статичного, незмінного параметру, а як до керованого, на рівень якого можна й потрібно впливати з метою їх мінімізації або компенсації. Процес управління ризиками передбачає проведення таких кроків: виявлення передбачуваних ризиків, аналіз та оцінка проектних ризиків, вибір методів управління ризиками, застосування обраних методів, оцінку результатів управління ризиками.

Управління ризиками відбувається на всіх фазах ЖЦП за допомогою моніторингу, контролю та необхідного коригуючого впливу. Ризики на стадії розробки проекту досліджуються не тільки для аналізу проектних ризиків на початку ЖЦП. Результати такого дослідження допомагають менеджеру проекту на стадії його реалізації, оскільки продовженням аналізу проектних ризиків є управління ними на стадії реалізації та експлуатації проекту.

Пошук джерел ризику починається зі складання переліку всіх факторів, які можуть затримати роботу над проектом або взагалі завадити його реалізації, а також результатів їх взаємодії. Потенційними проблемними ділянками є роботи, які раніше ніколи не виконувались. Всі члени управлінської команди повинні взяти участь у цих заходах. Пошук потрібно розпочати з ризиків, які відносяться до всього проекту в цілому. Ідентифікація ризиків може виконуватись як за схемою «причини-наслідки», так і за схемою «наслідки-причини».

Для реалізації даного процесу можна використовувати методи групової роботи (мозковий штурм, метод номінальної групи, метод Делі), а також аналіз подібних проектів із суміжних галузей за участю зовнішніх або внутрішніх експертів компанії. Так, у патенті № 7603283 US запропоновано систему обробки даних та метод використання даної системи для оцінки та управління ризиками, де віддається перевага втіленню методу, що включає кроки з ідентифікації множини елементів ризику, визначаючи важливість кожного виділеного елементу ризику, встановлюючи кожний під-ризик, що стосується виділених елементів із множини ризиків, визначаючи одну чи більше процедур управління для кожного елементу під-ризика, встановлюючи ваги для кожної такої процедури.

Для кожного виявленого ризику повинно бути визначено наступне: небажані події; всі наслідки події; рівень впливу події; ймовірність того, що подія обов'язково відбудеться; час, коли ймовірна подія відбудеться; взаємозв'язок даної події з іншими частинами цього ж проекту або з іншими проектами.

Існує два види ризику, пов'язаного з підготовкою і реалізацією проекту: систематичний і несистематичний.

Систематичний ризик належить до зовнішніх щодо проекту чинників, приміром, стан економіки в цілому, і перебуває поза загальним контролем над виконанням проекту. Прикладами систематичного ризику є також політична нестабільність, умови оподаткування, тобто чинники, пов'язані з діями держави. Інші види систематичного ризику відбивають вплив чинників конкурентного середовища, як-от загальний ринковий попит, рівень конкуренції, ціни на сировину і робочу силу в галузі. Означені чинники мають розглядатися, бо проект замалий для того, щоб впливати на зміну цих чинників.

Несистематичним є ризик, що безпосередньо стосується проекту. Рівень рентабельності виробництва, період початку будівництва й сам процес будівництва, вартість основного капіталу й продуктивність – усе це є видами несистематичного ризику. Інші види несистематичного ризику включають у себе зовнішні чинники, які можна контролювати або впливати на них у межах проекту. Це – заробітна платня персоналу проекту, ціни збуту продукції

проекту, ціни постачальників на сировину, урядові податки, як-от митний та акцизний збори, інші види податків.

Реалізація великих проектів, пов'язаних з будівництвом, підвладна «ризиків незавершення», причинами якого може бути банкрутство підрядників, зміни у наміченому проекті, розбіжності в кошторисі, зміни в економічному середовищі реалізації проекту (ціни, податки). Ризик перевищення витрат виникає внаслідок зміни початкового плану реалізації проекту або зниження розрахункових витрат на будівництво, затримання термінів будівництва.

Після завершення проекту можлива поява виробничих ризиків, пов'язаних з проблемами технічної підготовки і розробки проекту, поганого інжинірингу, незадовільного навчання персоналу, нестачі сировини і зростання витрат виробництва.

Деякі функціональні ризики розглянуті в табл. 3.2.

Відповідальність за кожний ідентифікований ризик повинна бути покладена на одного працівника (або поділена між декількома) за взаємної згоди керівника, керуючого проектом з одного боку та підрядника або працівника, який має лінійну відповідальність щодо пакету робіт.

У залежності від фази ЖЦП змінюються й задачі управління ризиками (табл. 3.3). Під час фази концепції проекту це ідентифікація факторів ризику та невизначеності, визначення значимості факторів ризику та невизначеності експертними методами, нормалізування опису факторів ризику та невизначеності, аналіз ризиків. Під час фази розробки проекту мають враховуватися ризики в фінансовому плані проекту та визначатися засоби реагування на ризики. Фаза реалізації проекту передбачає корегування бюджету, уточнення стратегії зниження ризиків, моніторинг та контроль ризиків. Фаза завершення проекту включає аналіз використання резервів на непередбачені видатки, аналіз та узагальнення фактичних проявів ризиків та невизначеності за результатами виконання проекту.

Таблиця 3.2 – Причини виникнення, ознаки та наслідки різних функціональних ризиків проєктів

Причини виникнення	Наслідки	Ознаки
1	2	3
Технічні ризики		
Помилки в проєктуванні; недоліки технології; неправильний вибір обладнання; неправильне визначення потужності виробництва. Недоліки в управлінні; нестача кваліфікованої робочої сили	Неможливість виходу на проєктовану потужність. Випуск продукції нижчої якості	Новизна проєкту. Відсутність проєктної організації відповідного рівня. Відсутність маркетингових досліджень. Відсутність залучення іноземних менеджерів
Порушення договорів постачання сировини, матеріалів, комплектуючих. Порушення термінів субпідрядниками	Збільшення термінів будівництва. Вихід на повну потужність у віддалений період	Нечіткі щодо термінів контракти. Контракти без штрафних санкцій. Вибір постачальників із ненадійною репутацією. Відсутність у контракті механізму запуску
Порушення термінів будівництва. Підвищення цін на сировину та електроенергію; підвищення вартості обладнання через валютні ризики; підвищення витрат на проєкт	Підвищення розрахункової вартості проєкту	Відсутність у контракті фіксованих цін, механізмів захисту від валютних ризиків. Облік заробітної плати в місцевій валюті
Політичні ризики		
Зміни торговельно-політичного режиму та митної політики, в податковій системі, системі валютного регулювання й регулювання зовнішньоекономічної діяльності. Зміна в системах експортного фінансування в країнах-учасниках проєкту	Неможливість збуту продукції	Розрахунок собівартості продукції за нижчою ціною. Не враховані всі нові заходи для захисту від ризиків, що їх застосовують в інших країнах
Нестабільність політичної ситуації в країні, небезпека націоналізації та експропріації	Втрата проєкту	Відсутність підтримки в силових структурах та уряді. Відсутність підтримки державних і місцевих структур

Продовження табл. 3.2

1	2	3
Зміна законодавства, особливо в частині регулювання іноземних інвестицій. Складність з репатріацією прибутку	Зниження ефективності, згортання проекту	Застаріла технологія. Непродумана екологічна політика. Низькі вимоги до екологічності проекту. Невирішеність питань утилізації відходів. Відсутність дозволу наглядових органів
Маркетингові ризики		
Неправильний вибір товару та його випуск. Випуск товару низької якості або морально застарілої конструкції. Неправильний вибір ринків збуту, неточний розрахунок місткості ринку. Непродуманість або відсутність на передбачених ринках збутової мережі. Неправильна цінова політика. Відсутність чи нестача реклами	Неможливість реалізації продукції проекту в розраховані терміни й у ціновому діапазоні. Відсутність потрібних доходів для погашення кредиту	Відсутність маркетингових досліджень. Нечітка орієнтація на покупця. Відсутні закупівельні контракти. Відсутність програми збуту. Відсутність програми з реклами. Товар не має сертифікації. Відсутність урахування особливостей торгівлі на даному ринку
Фінансові ризики		
Нестабільність економік країн-учасниць проекту. Коливання курсів обміну валют. Державне регулювання облікової банківської ставки	Зростання відсоткової ставки. Здорожчання фінансування	Різна валюта надходжень і валюта кредиту. Відсутність механізму перерахунку валют. Плаваюча ставка за кредити. Відсутність чіткої фіксованої ціни на товари в контракті
Підвищення витрат фірми	Зростання цін за зарубіжним контрактом	Відсутність чіткої фіксації цін на товари й послуги в контракті
Економічна криза, затоварювання ринку. Монополізм провідного виробника. Конкурентна боротьба через зниження ціни	Заподіяння фінансових збитків інвесторам та іншим учасникам проекту	Відсутність маркетингових досліджень. Оптимістичні ціни, закладені до розрахунків

Таблиця 3.3 – Управління ризиками під час ЖЦП

Фаза ЖЦП	Етап проекту	Етап визначення та контролю за ефективністю	Задачі управління ризиками
1	2	3	4
Перед-проектне обґрунтування інвестицій	Концепція проекту	Визначення ефективності проекту	• ідентифікація факторів ризику та невизначеності; • визначення значимості факторів ризику та невизначеності експертними методами; • аналіз чутливості
	Техніко-економічне обґрунтування		• дерево рішень; • перевірка стійкості; • визначення точки беззбитковості; • формалізований опис невизначеності та ризиків; • аналіз сценаріїв; • метод Монте-Карло
Розробка проекту	План проекту	Розробка кошторису та бюджету проекту	• коригування дерев рішень; • розподілення ризиків; • визначення структури та обсягів резервування ресурсів на покриття непередбачених витрат; • урахування ризиків у фінансовому плані проекту; • податковий ризик; • ризик несплати заборгованості; • ризик незавершення будівництва

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4
	Робоча документація		• коригування параметрів проекту за результатами аналізу ризиків; • розробка кошторису проекту, враховуючи непередбачені видатки
Реалізація проектів	Контракти	Моніторинг ефективності реалізації проекту	• формування робочого бюджету проекту; • страхування ризиків; • метод часткових ризиків
	Будівництво		• контроль за резервуванням засобів на непередбачені витрати; • коригування бюджету
Завершення проекту	Здавання прийняття	Аналіз ефективності проекту	• аналіз використання резервів на непередбачені видатки
	Закриття проекту		• аналіз узагальнення фактичних проявлень ризиків та невизначеності за результатами проекту

Модель організації робіт з управління ризиками наведена на рис. 3.3. Дані роботи організуються та виконуються проект-менеджером у тісній взаємодії зі всіма учасниками проекту.

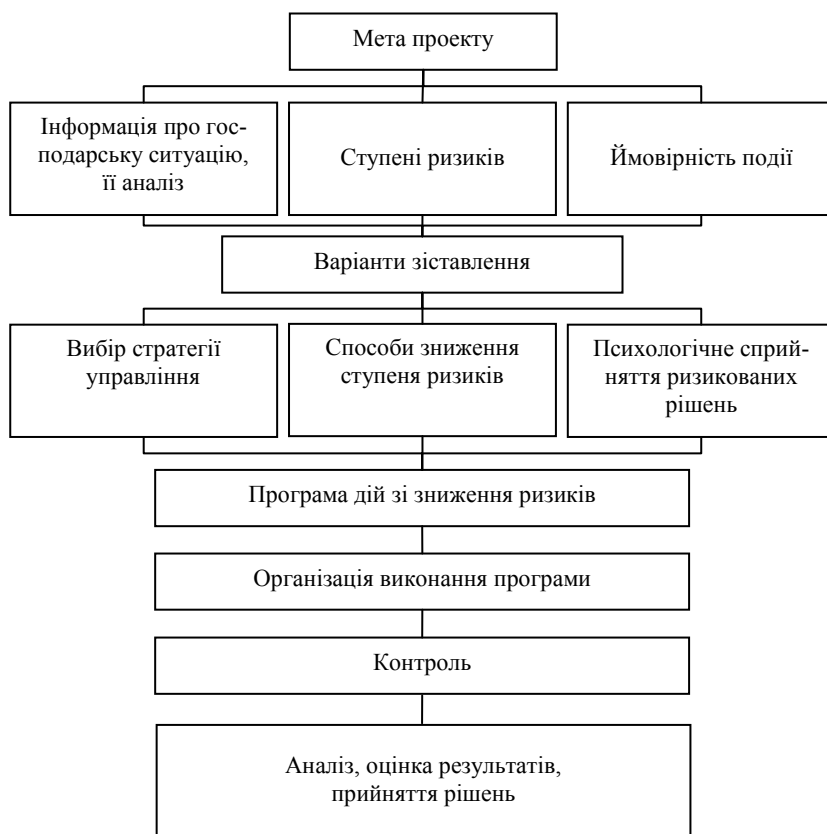


Рисунок 3.3 – Модель організації робіт з управління ризиками проектів

З точки зору інтегрального управління проектами для визначення ризиків логічно використовувати механізми, що відносяться до інших областей управління проектами. Таким механізмом зокрема є WBS, що дозволяє визначити всі можливі роботи проекту, пов'язані з проявом тих чи інших ситуацій, пов'язаних з ризиком. На стадії завершення планування проекту всі роботи проекту, визначені за допомогою WBS, повинні на 95 % описувати зміст та межі проекту. Це надає можливість з високою долею ймовірності визначити всі потенційні проявлення ризику.

WBS – віртуальне відображення обговорення за участю зацікавлених осіб проекту, які мають ті чи інші експертні знання про

зміст та масштаб проекту. Таким чином, під час обговорення та розробки WBS можна отримати великий обсяг експертно підтвердженої інформації про ризики проекту та можливість організовано й поступово розглянути всі складові частини проекту щодо того, які потенційні ризики містяться в них.

Специфічною особливістю якісного аналізу проектних ризиків є визначення вартісного еквіваленту гіпотетичних наслідків можливої реалізації визначених ризиків.

Ефективність заходів для зниження ризиків визначається за допомогою такого алгоритму:

- розглядається ризик, найбільш значущий для проекту;
- визначається перевитрата коштів з урахуванням імовірності настання несприятливих подій;
- визначається перелік можливих заходів, спрямованих на зменшення ймовірності та небезпеки ризикової події;
- визначаються додаткові витрати на реалізацію запропонованих заходів;
- порівнюються необхідні витрати на реалізацію запропонованих заходів з можливою перевитратою коштів унаслідок настання ризикової події;
- приймається рішення про здійснення або відмову від протиризикових заходів;
- процес порівняння ймовірності та наслідків ризикових подій з витратами на заходи щодо зниження їх повторюється для наступного за важливістю ризику.

У табл. 3.4 наведені можливі зміни умов реалізації проекту і відповідні дії, які повинні зменшити ризик, та наслідки цих дій.

Система управління ризиками проекту для обчислення того, на скільки впливає коригування технологічного плану на весь проект у той час, коли виконується управління проектом, представлено в патенті № 7318039 US. Для визначення такого впливу запропоновано обчислювати розмір впливу корекції чи модифікації у вигляді розподілу щільності ймовірності, а інформація, в якій сформульовано метод корекції окремого процесу залежно від різноманітних факторів відхилення, називається інформацією про правило, в додаток до введення заданих обмежень, що застосовуються умовно. До складу системи управління ризиками про-

Таблиця 3.4 – Можливі реакції на зміни умов реалізації проекту

Можливі події	Дії, які зменшують ризик	Наслідки
1	2	3
1. Скорочення фізичного обсягу продажів	1. Зниження ціни на продукцію проекту. 2. Підсилення реклами. 3. Розвиток дис-триб'юторської мережі. 4. Стимулювання попиту. 5. Підвищення якості	1. Збільшення відносного обсягу продажів у грошовому вираженні. 2. Додаткові витрати на рекламу. 3. Витрати на відкриття нових збутових агентств. 4. Втрати на знижках та інших пільгах для споживачів. 5. Додаткові витрати
2. Зниження цін на продукцію	1. Активне проведення цінової та нецінової політики. 2. Розробка заходів для зниження витрат на виробництво	1. Зниження надходжень від продажу одиниці продукції. 2. Додаткові витрати на маркетинг
3. Збільшення прямих (змінних) виробничих витрат	1. Закупівля дешевших матеріалів. 2. Зниження матеріаломісткості конструкції. Пошук нових альтернативних матеріалів. 3. Створення більших виробничих запасів за «старими» цінами	1. Скорочення обсягу збуту продукції внаслідок зниження якості. 2. Додаткові витрати. 3. Зростання загальних (постійних) витрат унаслідок виплат відсотків за кредитами, використаних на придбання матеріалів і комплектуючих про запас
4. Збільшення загальних (постійних) витрат	1. Скорочення витрат на маркетинг. 2. Скорочення витрат на заробітну платню. 3. Скорочення витрат на споживання енергоресурсів. 4. Скорочення витрат на транспортні послуги. 5. Скорочення витрат на оренду приміщення	1. Зниження обсягів збуту. 2. Зниження кваліфікації персоналу і, як наслідок, погіршення якості продукції. 3. Витрати на придбання нового, менш енергоємного технологічного устаткування. 4. Придбання власного транспорту. 5. Будівництво власного приміщення

Продовження табл. 3.4

1	2	3
6. Збільшення тривалості виробничо-технологічного циклу	1. Придбання більш продуктивного технологічного устаткування. 2. Збільшення завантаженості устаткування внаслідок зміни режиму роботи (збільшення змінності). 3. Розробка нової, більш технологічної конструкції продукту	1. Збільшення інвестиційних витрат. 2. Збільшення витрат на заробітну платню й обслуговування устаткування. 3. Витрати на проведення науково-дослідної роботи й підготовку виробництва
7. Тривалість збуту продукції на ринку	1. Розвиток дистриб'юторської мережі. 2. Рекламна кампанія. 3. Стимулювання попиту пільговими умовами збуту. 4. Модернізація дизайну та упаковки. 5. Поліпшення споживчих властивостей продукту порівняно з продукцією конкурентів. 6. Зниження ціни	1. Витрати на рекламну кампанію 2. Зниження обсягу збуту у грошовому вираженні у зв'язку із додатковими витратами на знижки. 3. Витрати на проведення дизайнерських робіт. 4. Додаткові витрати. 5. Скорочення відносного обсягу продажів у грошовому вираженні
8. Затримка платежів за реалізовану продукцію	1. Відвантаження тільки після передоплати. 2. Освоєння нових ринків із більш розвинутою системою платежів. 3. Орієнтація тільки на гарантовано платоспроможних клієнтів	1. Скорочення обсягу продажів унаслідок зниження попиту. 2. Витрати на маркетинг. 3. Скорочення обсягу продажів унаслідок зниження попиту
9. Коливання попиту на продукцію	Скорочення страхового запасу готової продукції на складі	Додаткові виробничі та маркетингові витрати
10. Нестабільність постачань матеріалів та комплектуючих виробів	Створення страхового запасу матеріалів та комплектуючих виробів	1. Додаткові витрати на створення страхового запасу. 2. Додаткові витрати на будівництво чи оренду складських приміщень, а також їх обслуговування

екту входить база даних, у яку записується визначальна інформація, що містить щонайменше одну порцію інформації, яка включає визначення часу можливого початку процесу робіт, можливого завершення та послідовності самих робіт, та база даних розподілу щільності ймовірностей, у яку записується в якості розподілу щільності ймовірностей щонайменше одна порція інформації, що включає величину коливань для початку процесу робіт, для закінчення робіт та строків будівництва.

3.3 Ризики проектів з розробки програмного забезпечення

Завершення проекту пізніше строків, визначених розкладом, зміна вимог до проекту в процесі роботи над ним – невід’ємна частина реалізації проектів із розробки програмного забезпечення (ПЗ).

Причина, через яку виникають складнощі з управлінням ризиками в рамках типової корпоративної культури, полягає в тому, що управління ризиками підштовхує у явному вигляді мати справу з невизначеністю.

За даними дослідження The Standish Group у 2008 р. тільки 32 % всіх ІТ-проектів були завершені успішно, в той час як 44 % вийшли за межі запланованого бюджету та строків, а 24 % проектів взагалі завершилися невдачею. При цьому порівняно з 2006 р. кількість успішних проектів зменшилась на 3 %, частка проектів, що в процесі виконання вийшли за межі бюджету та строків, зменшилась на 2 %, в той час як доля проектів, які завершилися невдачею, збільшилась на 5 %.

До основних причин перевищення бюджету або строків належать: низький ступінь втягнення замовника в процес розробки (12,8 %), недостатньо визначені вимоги, зміна вимог в процесі реалізації, недостатня підтримка проекту топ-менеджером, використання неприйнятної технології, недостатнє забезпечення проекту ресурсами тощо.

Ключові фактори успіху проектів: високий ступінь втягнення замовника в процес розробки проекту (15,9 %), зацікавленість та підтримка топ-менеджменту, чітко сформульовані вимоги до продукту, якісне планування, реалістичні очікування (тобто правильно сформульовані мета та задачі проекту) тощо.

Серед ключових факторів невдач проектів перше місце займають неповні вимоги (13,1 %), далі – низький ступінь втягнення замовника в процес розробки, недостатнє забезпечення проекту ресурсами.

Ризики проектів з розробки ПЗ зокрема пов'язані зі зрілістю процесів, які виконуються в компанії, що займається розробкою ПЗ.

Модель зрілості процесів CMM (Capability Maturity Model) для ПЗ – система понять, розроблена в Інституті програмної інженерії (Software Engineering Institute) на основі спостереження за кращими заходами, прийнятими в програмних компаніях та інших організаціях. Модель визначає бажані характеристики процесів, не визначаючи ніякі конкретні процеси.

Одна з цілей CMM – розрізнення зрілих та незрілих процесів. Незрілість процесів розробки ПЗ означає, що проекти виконуються без багатьох необхідних правил, а результати проекту в значній мірі залежать від можливостей команди та менеджера проекту. У випадку використання зрілих процесів результат проекту в меншій мірі залежить від людей, а більше – від процесів. З цього випливає, що чим більш зрілі процеси використовуються, тим більш передбачуваний результат і тим краще контролюються проекти.

На рівні 1 – початковому рівні – проект виконується так, як вважають кращим команда розробників та менеджер проекту. Повторювальний рівень (рівень 2) означає, що використовується встановлений порядок управління проектами, хоча процеси на рівні всієї організації можуть бути відсутніми. На визначаючому рівні (рівень 3) виявлені та регулярно виконуються процеси, які діють для всієї організації. На керуючому рівні (рівень 4) кількісне розуміння стійкості процесу робить можливим кількісне передбачення та контроль продуктивності процесу для проекту. На оптимізуючому рівні (рівень 5) покращення стійкості процесу контролюється та оцінюється кількісно.

Кожний рівень зрілості (крім рівня 1) характеризується ключовими областями процесу (key process areas) – області, на які організація повинна звертати особливу увагу, щоб підняти свої процеси до даного рівня зрілості. Щоб організація досягла певного рівня зрілості, вона повинна задовольняти всім ключовим об-

ластям процесу на цьому рівні зрілості та всім областям на всіх більш низьких рівнях.

Управління ризиками проектів з розробки ПЗ безпосередньо пов'язано з моделлю життєвого циклу розробки ПЗ, яка схематично пояснює, яким чином будуть виконуватись дії з розробки програмного продукту шляхом опису послідовності цих дій. Така послідовність може бути лінійною, фази можуть слідувати одна за одною, повторюватись або виконуватись одночасно. Найбільш відомими та широко застосовуваними життєвими циклами розробки ПЗ можна назвати наступні: класична каскадна модель, V-подібне еволюційне прискорене прототипування, швидка розробка додатків, інкрементна та спіральна моделі.

У *каскадній моделі* передбачено, що кожна наступна фаза починається тільки тоді, коли остаточно завершено виконання попередньої фази (рис. 3.4). Кожна фаза має деякі критерії входу та виходу. У результаті виконання генеруються внутрішні або зовнішні дані проекту, включаючи документацію та ПЗ.

До переваг даної моделі належать: упорядковано справляється зі складностями та добре працює для достатньо зрозумілих, але складно розв'язуваних проектів; досить доступна для розуміння; проста та зручна в застосуванні; відрізняється стабільністю вимог тощо. Серед недоліків необхідно виділити: спроба повернутися на одну або дві фази назад для виправлення проблеми або недоліку призводить до значного збільшення витрат та збою у графіку; не може попередити виникнення ітерацій між фазами; може створювати помилкове сприйняття робіт над проектом.

V-подібна модель (рис. 3.5) була розроблена як різновид каскадної моделі, усядкуювавши її послідовну структуру. Кожна наступна фаза починається по завершенню отримання результативних даних попередньої фази. Модель демонструє комплексний підхід до визначення фаз процесу розробки ПЗ. У ній підкреслені взаємозв'язки, які існують між аналітичними фазами та фазами проектування, які передують кодуванню, після якого – фази тестування. Пунктирні лінії позначають те, що ці фази необхідно розглядати паралельно.

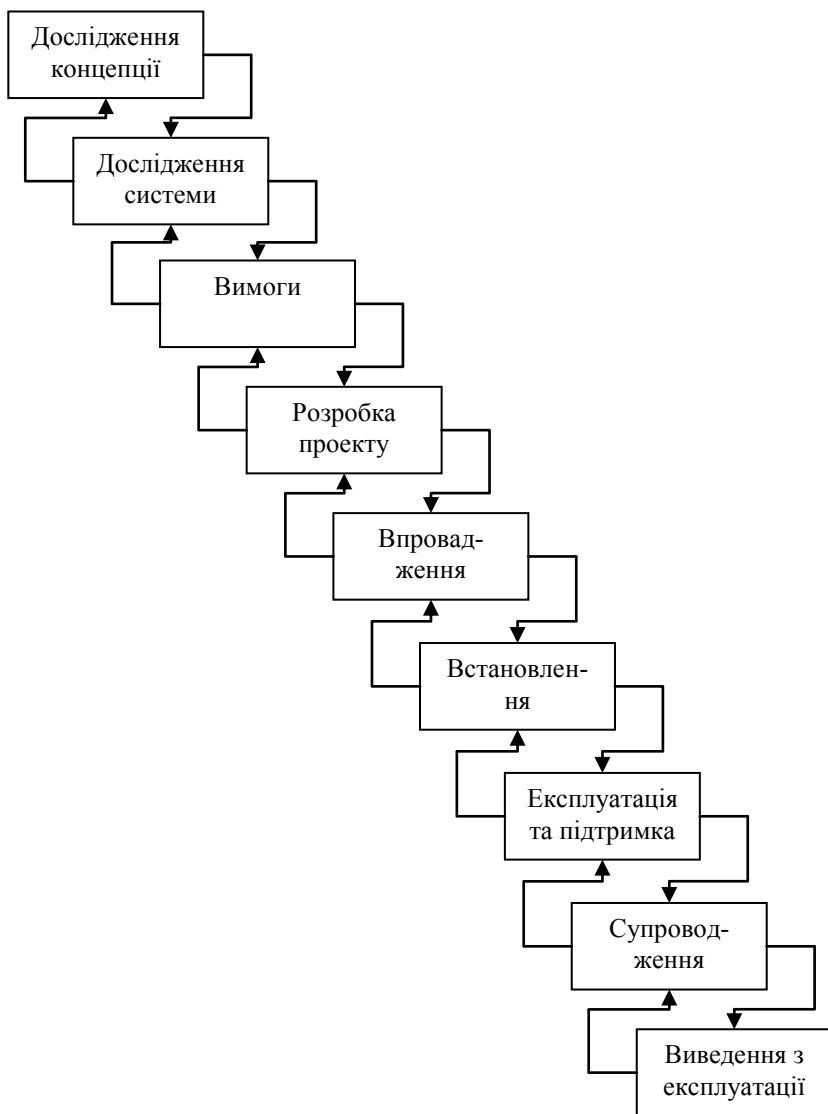


Рисунок 3.4 – Каскадна модель із зворотним зв'язком

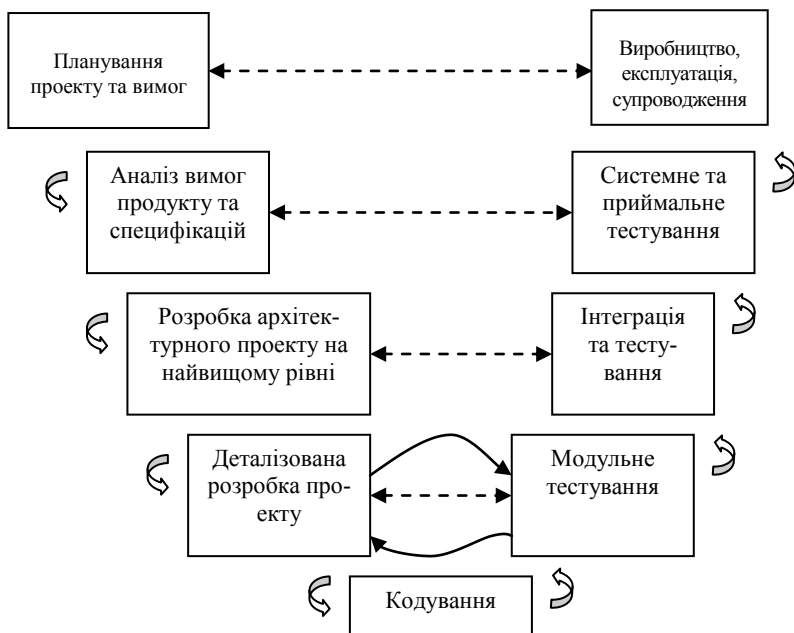


Рисунок 3.5 – V-подібна модель життєвого циклу розробки ПЗ

Дана модель забезпечує наступні переваги: особливе значення надається плануванню, направленому на верифікацію та атестацію розроблюваного продукту на ранніх стадіях його розробки; передбачається атестація та верифікація всіх зовнішніх та внутрішніх отриманих даних, а не тільки самого програмного продукту; визначення вимог виконується перед розробкою проекту системи, а проектування ПЗ – перед розробкою компонентів; модель визначає продукти, які повинні бути отримані в результаті розробки, при чому всі отримані дані повинні піддаватися тестуванню тощо.

Недоліки моделі: складно справитися з паралельними подіями; не враховані ітерації між фазами; не передбачено внесення вимог динамічних змін на різних етапах життєвого циклу; тестування вимог у життєвому циклі відбувається надто пізно, а тому

внесення змін призводить до впливу на графік виконання робіт; у модель не входять дії, направлені на аналіз ризиків.

Каскадна та V-подібна моделі мають застосовуватися в ситуація, коли вимоги максимально чітко визначені та зрозумілі.

Прототипування – процес побудови робочої моделі системи. Виконання еволюційних програм відбувається у межах контексту плану, направлено на досягнення гранично високої продуктивності. Під час еволюційного прототипування швидка часткова реалізація системи створюється перед етапом визначення вимог або протягом його. Кінцеві користувачі, використовуючи прототип, шляхом зворотного зв'язку зв'язуються з командою щодо подальшого уточнення вимог до системи. Процес уточнення продовжується, доки користувач не задовольнить свої вимоги. Після завершення процесу визначення вимог шляхом розробки прискорених прототипів, отримують детальний проект системи, а прискорений прототип регулюється під час використання коду чи інших утиліт, у результаті чого створюється кінцевий працюючий продукт.

Переваги моделі еволюційного прототипування: кінцевий користувач має системні вимоги в процесі їх збирання командою розробників; знижується можливість переключення інформації або непорозумінь під час визначення системних вимог; під час розробки можна вводити додаткові вимоги користувача; забезпечується управління ризиками тощо. Недоліки моделі: створюючи робочий прототип, якості всього ПЗ або довгостроковій експлуатаційній надійності може бути приділено недостатньо уваги; може бути отримана система з низькою робочою характеристикою; вимагає обов'язкової участі користувача під час еволюційного прототипування; замовник може віддати перевагу прототипу над повною закінченою версією тощо.

Дану модель варто застосовувати зокрема в наступних випадках: вимоги не відомі попередньо; вимоги не постійні; потрібна перевірка концепції; вимагаються попередні демонстрації; необхідно продемонструвати технічну можливість реалізації у випадках високого технічного ризику; потрібно розробити користувацькі інтерфейси.

Модель швидкої розробки додатків RAD (Rapid Application Development) характеризується коротким часом переходу від визначення вимог до створення системи. Метод заснований на по-

слідовності ітерацій еволюційної системи або прототипів, критичний аналіз яких виконується з замовником. У процесі такого аналізу формуються вимоги до продукту.

Модель RAD складається з наступних етапів:

- а) етап планування вимог – збір вимог виконується при використанні робочого методу (спільного планування вимог);
- б) користувацький опис – спільне проектування додатків;
- в) фаза конструювання – об'єднує в собі деталізоване проектування, побудову (кодування та тестування), а також постачання програмного продукту замовнику за визначений час;
- г) переведення на нову систему експлуатації – включає введення користувачами приймальних процедур, встановлення системи та навчання користувачів.

Переваги моделі: час циклу розробки для всього проекту можна скоротити завдяки використанню потужних інструментальних засобів; потрібно менше спеціалістів; існує можливість провести швидкий перегляд продукту спочатку; зменшення витрат тощо. До недоліків належать: негативно може вплинути відсутність користувачів в процесі розробки протягом всього життєвого циклу; потрібна достатня кількість висококваліфікованих та добре навчених розробників; існує ризик, що робота над проектом ніколи не буде завершена тощо.

Модель може бути застосована в системах, які піддаються моделюванню; в системах, вимоги до яких у достатній мірі добре відомі; у випадках, коли користувач може приймати участь на всіх етапах розробки; за умов невисокого ступеня технічного ризику і т. ін.

Інкрементна розробка представляє процес часткової розробки реалізації всієї системи та повільного нарощування функціональних можливостей або ефективності. Цей підхід дозволяє зменшити витрати, понесені до моменту досягнення рівнів початкової продуктивності, пришвидшує розробку системи.

Спочатку виконується конструювання, тестування та реалізація набору функцій, які формують основу продукту або вимог першочергової важливості, які грають основну роль для успішного виконання проекту або знижують ступінь ризику. Наступні ітерації розповсюджуються на ядро системи, поступово покращуючи її функціональні можливості або робочу характеристику.

Додавання функцій виконується за допомогою виконання істотних інкрементів з метою комплексного задоволення вимог користувача. Кожна додаткова функція атестується у відповідності з цілим набором вимог.

Переваги інкрементної моделі: не потрібно завчасно витрачати кошти, необхідні для розробки всього проекту, оскільки спочатку виконується розробка та реалізація основної функції або функції з групи високого ризику; у результаті виконання кожного інкремента отримується функціональний продукт; існує можливість підтримувати постійний прогрес під час виконання проекту; по завершенню кожного інкрементного постачання існує можливість переглянути ризики, пов'язані з витратами та встановленим графіком; знижується ризик невдачі та зміни вимог; ризик розповсюджується на декілька менших за розміром інкрементів, і не зосереджений в одному проекті розробки тощо.

Недоліки моделі: не передбачені ітерації в рамках кожного інкремента; визначення повної функціональності системи повинно виконуватись на початку життєвого циклу, щоб забезпечити визначення інкрементів; формальний критичний аналіз та перевірку набагато складніше виконати для інкрементів ніж для системи в цілому тощо.

Модель обґрунтовано можна використовувати в наступних випадках: якщо більшість вимог можна сформулювати раніше, але їх поява очікується через деякий період часу; якщо існує потреба постачання на ринок продукту, який має функціональні базові вимоги; для проектів з великим періодом розробки (як правило, один рік); під час розробки програм, пов'язаних з низьким або середнім ступенем ризику; коли однопрохідна розробка системи пов'язана з великим ступенем ризику тощо.

Спіральна модель містить переваги каскадної моделі, при цьому до неї також включені аналіз ризиків, управління ними, а також процеси підтримки та менеджменту.

Модель відбиває базову концепцію, яка полягає в тому, що кожний цикл представляє набір операцій, якому відповідає така ж кількість стадій, як і в моделі каскадного процесу. У кожний квадрант моделі входять цільові та допоміжні дії. Існують наступні квадранти:

а) визначення цілей, альтернативних варіантів та обмежень: виконується визначення цілей, таких як робоча характеристика, виконувані функції, можливість внесення змін, апаратного / програмного інтерфейсу; визначаються альтернативні способи реалізації цієї частини продукту, обмеження, які накладаються на застосування альтернативних варіантів; створюється документація, яка підтверджує ризики, пов'язані з нестачею досвіду в даній галузі, застосуванням нової технології, погано організованими процесами, жорсткими графіками;

б) оцінка альтернативних варіантів, ідентифікація та розв'язання ризиків: оцінка альтернативних варіантів, які відносяться до цілей та обмежень (виконується менеджмент ризиків, методика економічно вигідного вибору джерел розв'язання, оцінка інших пов'язаних з ризиком ситуацій, коли гроші можуть бути втрачені через продовження розробки системи);

в) розробка продукту наступного рівня: створення проекту, критичний аналіз проекту, розробка коду, перевірка коду, тестування та компонування продукту тощо. Перша версія продукту ґрунтується на тому, що потрапляє в поле зору замовника. Потім починається фаза планування: програма повертається у вихідний стан з метою врахування реакції клієнта. Кожна наступна версія більш точно втілює вимоги замовника. Ступінь змін від однієї версії програми до іншої зменшується з кожною новою версією, що в результаті призводить до отримання функціональної системи;

г) планування наступної фази: типові дії в цьому квадранті можуть включати розробку плану проекту, розробку плану менеджменту конфігуруванням, розробку плану тестування та розробку плану встановлення програмного продукту.

Спіральна модель має наступні переваги: забезпечується визначення нездоланих ризиків без особливих додаткових витрат; дозволяє користувачам активно брати участь у плануванні, аналізі ризиків, розробці, виконанні оціночних дій; забезпечує розбиття великого потенційного обсягу робіт з розробки продукту на невеликі частини, у яких спочатку реалізуються вирішальні функції з великим ступенем ризику; передбачена можливість гнучкого проектування; реалізовані переваги інкрементної моделі; зникає потреба попереднього розподілу всіх необхідних фінансових ресурсів тощо. Недоліки моделі полягають у наступному: якщо

проект має низький ступінь ризику або невеликі розміри, модель може виявитись коштовною; модель має ускладнену структуру; потреба у висококваліфікованих знаннях для оцінки ризиків; спіраль може продовжуватись до нескінченності і т. ін.

Дану модель варто застосовувати зокрема у наступних випадках: коли створення прототипу є придатним типом розробки продукту; коли організація має навички, потрібні для адаптації моделі; проекти, які мають середній та високий ступінь ризику.

Розглянемо сучасні технології розробки ПЗ.

Microsoft Solutions Framework (MSF) – методологія ведення проектів та розробки рішень, які базуються на принципах роботи над продуктами фірми Microsoft, призначена для використання в організаціях, яким необхідна концептуальна схема для побудови сучасних рішень.

MSF є схемою для прийняття рішень з планування та реалізації нових технологій у організацію. MSF містить навчання, інформацію, рекомендації та інструменти для ідентифікації та структуризації інформаційних потоків бізнес-процесів та всієї інформаційної інфраструктури нових технологій.

MSF є набором методик організації процесу розробки, який може бути адаптовано під вимоги практично будь-якого колективу розробників. MSF містить не тільки рекомендації загального характеру, але й передбачає адаптовну модель колективу розробників, яка визначає взаємовідносини всередині колективу, гнучку модель проектного планування, яке ґрунтується на управлінні проектними групами, а також набір методик для оцінки ризиків.

Проект реалізується поетапно з відповідними контрольними точками, сама послідовність етапів може повторюватись за спіраллю. Таким чином, MSF об'єднує в собі ітеративну та спіральну моделі.

У MSF відсутня роль менеджер проекту й ієрархії керівництва, управління розробкою розподілено між керівниками окремих проектних груп всередині колективу.

ЖЦП у MSF складається з наступних фаз: вироблення концепції (формування ядра проектної групи, створення основ єдиного бачення проекту, визначення задач проекту, оцінювання ризиків), планування (підготовки функціональної специфікації, розроблення дизайнів, робочих планів, оцінювання проектних витрат та

строків розробки компонентів проекту), розроблення, стабілізації (тестування, документування рішення), впровадження (впровадження продовжується аналізом проекту).

Однією з ключових дисциплін MSF є управління ризиками. Зміни та невизначеність, яка виникає через них, розглядаються як невід’ємні складові життєвого циклу інформаційних технологій. Використовується превентивний підхід до опрацювання ризиків, неперервне оцінювання ризиків, використання інформації про ризики в межах процесу прийняття рішень протягом ЖЦП.

Управління ризиками MSF складається з наступних етапів: виявлення ризиків, аналіз ризиків, планування ризиків, моніторинг ризиків, корегування ризиків, вивчення ризиків.

Rational Unified Process (RUP) – методологія розробки ПЗ, оформлена у вигляді бази даних, розміщеної в мережі.

RUP сприяє підвищенню продуктивності колективної розробки та надає найкраще з накопиченого досвіду з розробки ПЗ за допомогою керівництв, шаблонів та настанов з використання інструментальних засобів для всіх критично важливих робіт протягом ЖЦП. Забезпечуючи кожному члену групи доступ до тієї самої бази знань, незалежно від того чи він розробляє вимоги, чи проектує, чи виконує тестування, чи управляє проектом, RUP забезпечує використання спільної мови моделювання всіма членами команди. В якості мови моделювання в загальній базі знань використовується Unified Modeling Language (UML), який є міжнародним стандартом.

Особливістю RUP є те, що в результаті роботи над проектом створюються та покращуються моделі. Замість створення купи паперових документів, RUP спирається на розробку та розвиток семантично збагачених моделей, які всебічно представляють розроблану систему.

RUP може використовуватись як для маленьких груп розробників, так і для великих організацій, які займаються розробкою ПЗ. RUP організує роботу над проектом у термінах послідовності дій (workflows), продуктів діяльності, виконавців та інших статичних аспектів процесу з одного боку, і в термінах циклів, фаз, ітерацій та часових відміток завершення деяких етапів у створенні ПЗ (milestones), тобто в термінах динамічних аспектів процесу, з іншого.

RUP складається з наступних стадій: початкова стадія, уточнення, конструювання, впровадження, і процесів: визначення вимог, аналіз і проектування, реалізація, тестування, розгортання.

RUP базується на ранній ідентифікації та безперервному (до завершення проекту) усуненні основних ризиків.

Екстремальне програмування (eXtreme Programming – XP) – методологія розробки програмних систем, що ґрунтується на поступовому покращенні систем та розробки її досить короткими ітераціями. За своєю суттю XP – одна з так званих гнучких методологій розробки ПЗ, яка містить невеликий набір конкретних правил, які дозволяють максимально ефективно виконувати вимоги сучасної теорії управління програмними проектами.

XP орієнтована на командну роботу з тісними зв'язками всередині команди та з замовником, розробку найпростіших рішень, які працюють, гнучке адаптивне планування, оперативний зворотний зв'язок (шляхом модульного та функціонального тестування).

Основними принципами XP є розробка невеликими ітераціями на основі порції вимог замовника, написання функціональних тестів до написання програмного коду, постійне спілкування та постійний рефакторинг коду. Загалом методологія складається з наступних принципів: простота, колективне володіння кодом або обраними шаблонами проектування, стандарт кодування, розробка через тестування, присутність замовника, парне програмування, безперервна інтеграція, рефакторинг, постійні невеликі релізи.

Методологія Agile – набір понять, принципів та заходів, які дозволяють швидко та просто виконувати моделювання та документування в проектах з розробки ПЗ.

Agile базується на наступних принципах: люди та їх взаємодія важливіші за процеси та інструменти; робоче ПЗ важливіше за детальну документацію; співробітництво з замовником важливіше за перемови щодо умов контракту; реагування на зміни важливіше за слідування плану.

Управління ризиками підготовлює успіх проекту, бо дозволяє мислити негативно щодо проекту, а це в свою чергу є чи не єдиним шляхом уникнути неочікуваних ударів з боку непередбачених ризиків під час виконання проекту.

Кожному ідентифікованому ризику необхідно встановити пріоритет, для визначення якого необхідно оцінити ймовірність їх

виникнення та можливі наслідки. Добуток цих величин – очікуване значення збитків від ризику – можна використати в якості пріоритету. Це значення називають впливом ризику (risk exposure). Після встановлення пріоритетів ризикам, необхідно визначити, для яких ризиків варто приймати управлінські рішення.

Управління ризиками може бути інтегровано в сам процес розроблення, як це зроблено в спіральній моделі ПЗ. Якщо ж управління ризиками розглядається як окремий процес, то необхідно розуміти його зв'язок з виконанням проекту.

Одним зі шляхів розширення переліку ризиків є методичне використання аналізу результатів проєктів після їх завершення, щонайменше на перших етапах. Необхідно не тільки досліджувати попередні проєкти, але й використовувати результати цього дослідження в якості вхідних даних у процесі управління ризиками.

До основних ризиків проєктів із розроблення ПЗ належать: внутрішні проблеми календарного планування, зміна вимог, плинність кадрів, порушення специфікацій, низька продуктивність. Варто відзначити, що тільки останній ризик безпосередньо пов'язаний з виконанням проєкту.

Помилки календарного планування можна розглядати як тенденцію неправильно оцінювати розміри продукту, який необхідно створити. Такі помилки пов'язані з тим, що під час планування частіше не враховуються роботи, які виявляються потрібними, ніж включаються в розклад роботи, які виявляються непотрібними. Однак при цьому будь-яка переоцінка розміру робіт досить рідко виявляється достатньою для компенсації недооцінки.

Зміна вимог, а через це роздуття вимог, обумовлено тим, що ПЗ, яке розроблює фірма, завжди орієнтоване на область діяльності клієнта. Однак, за час розробки ПЗ дана область змінюється, а це значить, що клієнту на момент завершення роботи над проєктом потрібно буде не ПЗ, визначене початковими вимогами, а ПЗ, яке буде відповідати новим вимогам. Така специфіка призводить до роздуття вимог, при цьому деякі вже розроблені функції можуть виявитися не потрібними і мають бути вилучені.

Часто той факт, що працівники йдуть з фірми під час роботи над проєктом, взагалі не враховується. Для врахування даного ризику необхідно визначити середній процент плинності технічного персоналу компанії та найкращу оцінку загальних втрат ча-

су у випадку наймання заміни робітнику, який покинув компанію. Загальні втрати часу встановлюються на рівні числа місяців, яке потрібно типовому новому співробітнику на досягнення того ж рівня продуктивності, який був у заміненого ним робітника. Для компанії, яка створює дуже складні програми, такий строк може досягати 24 місяців.

Порушення специфікацій належить до невдачі процесу переговорів щодо встановлення вимог. У результаті цього проекти можуть завершуватись взагалі без постачання якого-небудь продукту або розроблений продукт приховує невідповідність специфікаціям і через це не приносить бажаного ефекту замовнику.

Щодо останнього з основних виділених ризиків варто відзначити, що продуктивність команди проекту може відхилятися як в негативний бік, так і позитивний.

Таблиця 3.5 – Зменшення наслідків дії деяких категорій ризиків проектів з розробки ПЗ

Категорія ризику	Кроки зі зменшення наслідків
1	2
Нестача технічно підготовлених кадрів	Створення оцінок з невеликою поправкою на початкове навчання. Підтримання резерву додаткових ресурсів. Визначення для даного проекту програми навчання. Проведення нарад для взаємного навчання
Дуже велика кількість змін у вимогах	Отримання від клієнта відмови від претензій за початковими вимогами. Переконавання клієнта в тому, що зміна у вимогах вплине на графік робіт. Визначення процедури обробки змін у вимогах. Узгодження оплати за фактичною трудомісткістю
Незрозумілі вимоги	Формування деяких пропозицій на основі досвіду та логіки, отримання відмови від претензій. Розробка прототипу та перегляд вимог клієнтом

Продовження табл.3.5

1	2
Зменшення чисельності команди	Призначення ключовим областям проекту декількох співробітників. Проведення заходів, присвячених створенню команди. Зміна завдань між членами команди. Наявність у проекту додаткових ресурсів у якості резерву. Підтримка належної документації про роботу кожної особи. Суворе дотримання процесу управління конфігурацією та інструкціями
Вплив на проект рішень, які управляються зовнішніми факторами	Доведення реальними фактами та даними нанесення шкоди та досягнення домовленості з персоналом, відповідальним за рішення, що впливають на проект
Незадоволення вимог до продуктивності	Ясне визначення критеріїв продуктивності та забезпечення їх експертизи клієнтом. Визначення стандартів, яких необхідно притримуватися для задоволення критеріїв продуктивності. Виконання проектування для задоволення критеріїв продуктивності. Імітація продуктивності критичних транзакцій на основі моделей або протоколів. Проведення тестування на репрезентативній вибірці даних. Проведення навантажувальних випробувань
Нереалістичний графік робіт	Досягнення домовленості стосовно кращого графіка робіт. Виявлення паралельних задач. Завчасна підготовка ресурсів. Визначення областей, які можуть бути автоматизовані. Домовленість про сплату фактичної трудомісткості. Домовленість з клієнтом, якщо критичний шлях знаходиться за межами графіка робіт

1	2
Робота з новими технологіями (апаратними та програмними)	Розподіл здавання продукту за фазами. Здавання критичних модулів у першу чергу. Включення до графіка часу на навчання. Забезпечення навчання новим технологіям. Розробка додатків для контрольно-перевірочних випробувань
Недостатнє знання предметної області	Розширення взаємодії з клієнтом та забезпечення передачі відповідних знань. Організація навчання за предметом. Створення моделей та прототипів бізнес-транзакцій для клієнта та їх затвердження
Перебої у каналі зв'язку або низька продуктивність каналу зв'язку	Встановити разом з клієнтом взаєморозуміння. Попереднє планування навантаження каналу зв'язку. Планування оптимального використання каналу зв'язку

3.4 Управління ризиками інвестиційних проектів

3.4.1 Управління інвестиційними проектами на стадії перед-проектного планування

Реалізація змін у економіці, управлінні, в різних галузях життя в Україні відбувається на основі програмно-цільового методу управління, у відповідності з яким створюються міждержавні, республіканські, регіональні, галузеві та об'єктні цільові програми. Однак кожна така програма складається зі взаємопов'язаних за ресурсами, строками та виконавцями проектів, реалізація яких відбувається на основі концепції управління проектами.

У даному випадку проект розглядається як зміна початкового стану будь-якої системи, пов'язана з витратами часу та коштів. Такий підхід дозволяє звести такі зміни, які відбуваються відповідно до затверджених правил у межах бюджету та часових обмежень, до системи інвестиційних проектів, а управління ними – до управління інвестиціями.

Інвестиційний проект – інвестиційна акція, що передбачає вкладання визначеної кількості ресурсів, у тому числі інтелектуальних, фінансових, матеріальних, людських, для отримання за-

планованого результату та досягнення встановлених цілей у визначені строки.

Фінансовим результатом інвестиційного проекту найчастіше є прибуток/дохід, матеріальним результатом – нові або реконструйовані основні фонди (об’єкти) або придбання та використання фінансових інструментів або нематеріальних активів з наступним отриманням доходу.

Процес перед-проектного планування проекту може бути агреговано у вигляді 4 кроків: організація перед-проектного планування, вибір альтернатив проекту, розробка пакету визначення проекту (деталізоване визначення масштабу проекту) та рішення відносно того, чи продовжувати роботу над проектом.

Практикуючі спеціалісти вважають, що зусилля щодо коригування проекту на етапах раннього планування життєвого циклу проекту мають більший вплив на успіх проекту ніж зусилля, прийняті на пізніших етапах процесу. На рис. 3.6 представлено співвідношення кривих впливу та витрат відносно спрощеної схеми ЖЦП. Крива впливу відображає здатність компанії впливати на результат проекту протягом різних стадій проекту.

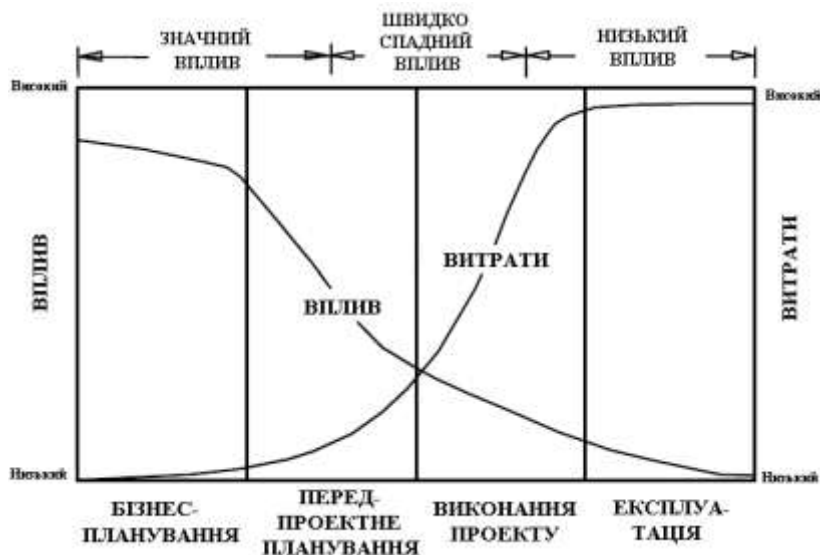


Рисунок 3.6 – Криві впливу та витрат відносно ЖЦП

Діаграма відбиває те, що на результат проекту значно легше впливати протягом стадії планування, коли витрати відносно мінімальні, ніж протягом виконання проекту або експлуатації продукту в умовах більш значних витрат. Окрім того і ймовірність події, пов'язаної з ризиком, найбільша на стадії планування перед початком виконання проекту.

3.4.2. Project Definition Rating Index

Для аналізу стану проектів на стадії перед-проектного планування під керівництвом Інституту Будівельної Промисловості була розроблена методологія формулювання масштабу проекту Project Definition Rating Index (PDRI або Індекс Рівня Визначеності Проекту).

PDRI – це потужний та легкий у використанні інструментарій, який представляє метод вимірювання завершеності формулювання опису проекту. PDRI дозволяє обчислити завершеність визначення масштабу проекту перед його виконанням та допомагає команді, що працює над проектом, передбачати фактори, які викликають ризики проекту.

Спочатку PDRI був розроблений спеціально для промислових проектів, де широко застосовується як інструментарій планування, визнаний у виробництві. На запит компаній з галузі будівельної промисловості було розроблено схожий інструментарій.

PDRI для промислових проектів – зважена матриця, що складається з 70 елементів визначення масштабу проекту, згрупованих у 15 категорій і далі ще раз згрупованих в 3 основні секції. Кожний проект отримує зважену експертну оцінку, що максимально дорівнює 1000 балів, при цьому чим менше оцінка, тим більш визначеним є опис проекту.

PDRI для будівельних проектів містить 64 елементи, згруповані в 11 категорій і далі ще раз згруповані в 3 основні секції. Повний список елементів та їх ваг представлений у табл. 3.6.

Для кожного елементу є 6 рівнів визначеності:

- «0» – непридатний;
- «1» – повна визначеність;
- «2» – незначна нестача визначеності;
- «3» – деяка нестача визначеності;
- «4» – значна невизначеність;
- «5» – недостатня або слабка визначеність.

Таблиця 3.6 – Список балів PDRI для будівельних проектів

Секція 1. Основний принцип проектного рішення						
Категорія Елемент	Рівень визначення					
	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
А. Бізнес-стратегія						
A1. Призначення будівлі	0	1	12	23	33	44
A2. Техніко-економічне обґрунтування	0	1	8	14	21	27
A3. Бізнес-план	0	2	8	14	20	26
A4. Економічний аналіз	0	2	6	11	16	21
A5. Вимоги до зручності	0	2	9	16	23	31
A6. Розгляд майбутнього розвитку/перебудови	0	1	7	12	17	22
A7. Розгляд будівельної ділянки	0	1	8	15	21	28
A8. Формулювання цілей проекту	0	1	4	8	11	15
Б. Стратегія власника						
B1. Принцип надійності	0	1	5	10	14	18
B2. Принцип обслуговування	0	1	5	9	12	16
B3. Принцип експлуатації	0	1	5	8	12	15
B4. Принцип проектування	0	1	6	10	14	19
В. Проектні вимоги						
V1. Функціонально-вартісний аналіз	0	1	6	10	14	19
V2. Критерії реалізації проекту	0	1	7	13	18	24
V3. Визначення наявних засобів	0	2	7	13	19	24
V4. Обсяг огляду робіт	0	1	5	9	13	17
V5. Програма проекту	0	2	6	11	15	20
V6. Оцінка витрат проекту	0	2	8	15	21	27
Секція 2. Принцип проектування						
Г. Інформація про місце будівництва						
G1. План загального розташування	0	1	4	7	10	14
G2. Інженерно-геологічне картування місця робіт	0	1	4	8	11	14
G3. Геотехнічна інформація	0	2	6	10	14	19
G4. Керівні регулюючі вимоги	0	1	4	8	11	14
G5. Екологічна оцінка	0	1	5	9	12	16
G6. Комунальні ресурси та умови постачання	0	1	4	7	10	13

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7
Г7. Розгляд безпечності строку служби ділянки	0	1	2	4	6	8
Г8. Вимоги до спеціального очищення води та стічних вод	0	1	3	6	8	11
Д. Технічне завдання на будівництво						
Д1. Формулювання програми	0	1	5	9	12	16
Д2. Сумарний будівельний список вільних ділянок	0	1	6	11	16	21
Д3. Загальні діаграми суміжності	0	1	3	6	8	10
Д4. Діаграми накопичення	0	1	4	7	10	13
Д5. Розвиток та поетапна розробка	0	1	5	8	12	15
Д6. Вимоги до циркуляції та відкритого простору	0	1	4	7	10	13
Д7. Діаграми функціональних відношень	0	1	3	5	8	10
Д8. Вимоги до завантаження/розвантаження/складських приміщень	0	1	2	4	6	8
Д9. Вимоги до транспортування	0	1	3	5	7	9
Д10. Завершення будівництва	0	1	5	8	12	15
Д11. Перелік технічних характеристик простору	0	1	4	7	10	13
Д12. Обстановка, обладнання та вмонтоване обладнання	0	1	4	8	11	14
Д13. Обробка вікон	0	0	2	3	4	5
Е. Параметри будівельних/проектних рішень						
Е1. Планування ділянки	0	1	4	7	11	14
Е2. Архітектурне проектування	0	1	7	12	17	22
Е3. Будівельне проектування	0	1	5	9	14	18
Е4. Технічне планування	0	2	6	11	15	20
Е5. Електричне планування	0	1	5	8	12	15
Е6. Вимоги до надійності строку служби будівлі	0	1	3	5	8	10
Е7. Аналіз конструктивності	0	1	4	8	11	14
Е8. Технологічна відповідність	0	1	3	5	7	9

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7
3. Обладнання						
31. Список обладнання	0	1	5	8	12	15
32. Креслення розташування обладнання	0	1	3	5	8	10
33. Вимоги до корисності обладнання	0	1	4	6	9	11
Секція 3. Підхід до виконання						
І. Стратегія закупівель						
І1. Визначення критичного обладнання та матеріалів	0	1	4	7	10	14
І2. Процедури та плани закупівель	0	1	3	6	9	11
К. Результати роботи						
К1. Вимоги до моделі	0	0	1	2	3	4
К2. Документація	0	1	2	4	6	7
Л. Управління проектом						
Л1. Гарантування та управління якістю проекту	0	1	3	4	6	8
Л2. Управління витратами проекту	0	1	4	7	10	13
Л3. Управління програмою проекту	0	1	4	8	11	14
Л4. Управління ризиками	0	1	6	10	14	18
Л5. Техніка безпеки	0	1	3	5	7	9
М. План виконання проекту						
М1. Організація проекту	0	1	3	5	8	10
М2. Вимоги затвердження власником	0	1	4	6	9	11
М3. Метод передачі проекту	0	1	5	8	12	15
М4. План та підхід до проектування/конструювання	0	1	4	8	11	15
М5. Вимоги до матеріального завершення	0	1	3	5	7	9

Необхідно визначити для кожного елементу, який рівень визначеності відповідає йому в даному проекті. Відповідно до цього рівня визначеності для даного елементу встановлюється значення з табл. 3.6. Сума ваг всіх елементів – значення PDRI для даного проекту.

3.4.3. Прогнозування ризику неуспішності інвестиційних проєктів на стадії перед-проектного планування

Інвестора або особу, яка приймає рішення щодо проєкту, цікавить не тільки бюджет проєкту, але й ризик того, що проєкт виявиться неуспішним і зокрема те, на скільки відхиляться його витрати та тривалість реалізації. Адже окрім того, що такі відхилення найчастіше призводять до підвищених фінансових вимог до самого інвестора, вони ще й можуть призвести до санкцій компаній-партнерів. Якщо інвестор перед початком реалізації отримає прогнозоване значення ризику неуспішності проєкту, то він зможе або змінити своє рішення на користь іншого проєкту (якщо така можливість є і за сукупністю критеріїв інший проєкт виглядає більш привабливо) або спираючись на отриману оцінку ініціювати перегляд проєкту. Таким чином, прогнозоване значення ризику неуспішності проєкту може стати ключовим фактором вибору проєкту серед альтернативних або його доопрацювання для отримання більш надійного плану, а це в свою чергу призведе до більш ефективного використання фінансових та часових ресурсів, безпосередньо чого і прагне інвестор.

Таким чином, важливим завданням для ефективного управління проєктом є прогнозування ризику неуспішності проєкту на ранніх стадіях, перед початком його реалізації, завдяки чому можна оцінити ризики проєкту та ефективно управляти ними, що дозволяє зменшити відхилення витрат проєкту, через те що вплив на проєкт на ранніх стадіях вимагає менших фінансових ресурсів, та максимізувати ймовірність досягнення успіху проєкту.

Успішним вважається проєкт, для якого виконуються наступні умови:

$$IB = \frac{\text{Фактичні витрати} - \text{Планові витрати}}{\text{Планові витрати}} \leq 0; \quad (3.6)$$

$$IT = \frac{\text{Фактична тривалість} - \text{Планова тривалість}}{\text{Планова тривалість}} \leq 0. \quad (3.7)$$

Якщо хоча б одне рівняння з (3.6)–(3.7) не виконується, то проєкт ідентифікується як неуспішний. Виходячи зі сформульованих умов, можна розглядати прогнозування успішності проєктів як класифікацію проєктів на 2 класи: успішні й неуспішні. Відомим підходом до розв’язання даної проблеми є використання

персептронів для класифікації проектів на основі PDRI проекту, а також використання персептронів у якості базових нейронних мереж (НМ) для побудови ансамблів НМ (для навчання ансамблів використовуються методи bootstrap та boosting), за допомогою яких і відбувається класифікація.

Для підвищення точності результатів прогнозування авторами було запропоновано *метод прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії перед-проектного планування на основі ансамблів нейронних мереж з кластеризацією*.

Для класифікації проектів із конкретної навчальної вибірки було проаналізовано ефективність застосування НМ зворотного поширення похибки (НМЗП); ансамблів НМ на основі методів boosting та AdaBoost; методу прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії перед-проектного планування на основі ансамблів НМ з кластеризацією. Результати наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати класифікації

Метод (модель)	Похибка класифікації на тестовій вибірці, %
НМЗП	10,71
Ансамбль НМ boosting	10,71
Ансамбль НМ AdaBoost	10
Метод прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії перед-проектного планування	6,43

Найменший розмір похибки в 6,43 % дозволив отримати безпосередньо метод прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії перед-проектного планування на основі ансамблів НМ з кластеризацією. Таким чином, даний метод дозволив покращити результати прогнозування, що надає можливість більш ефективно приймати рішення щодо управління проектами та ризиками на стадії перед-проектного планування.

Для інвестора або підприємства, яке розглядає декілька варіантів реалізації проекту, дуже корисними для прийняття рішення є дані про відхилення розміру витрат та тривалості проекту від запланованих, отримані ще на стадії перед-проектного планування, перед початком виконання проекту. Ці значення на даному етапі дозволяють ефективно управляти проектом на ранній стадії,

не тільки зменшуючи найбільш критичні фактори, які можуть призвести до відхилення, але й ефективно управляючи ресурсами. Управління проектом та ресурсами, зважаючи на отримані прогнозовані значення, дозволяє безпосередньо зменшити відхилення витрат, уникнути начислення штрафів за невчасне виконання, простоювання чи невчасного забезпечення ресурсами, що також збільшує витрати.

Традиційні підходи дозволяють обчислити витрати проекту, використовуючи дані про реалізовані проекти. Так у патенті № 5918219 US заявлені права на комп'ютерну систему оцінки витрат проекту будівництва, що містить в собі базу даних попередніх будівельних робіт та засоби оцінки проекту на основі вибору попередніх робіт, які відповідають визначеним користувачем параметрам, та засоби розрахунку оцінок на основі пошуку даних про фактичний час виконання проекту в базі даних для обраних користувачем проектів і обчислення оцінок початкових витрат та тривалості оцінюваного проекту. Даний метод дозволяє вирішити проблему нестачі деталізованих знань з можливістю швидко, просто та точно отримати необхідні дані про тривалість та витрати раніше виконаних робіт, які відповідають параметрам нового проекту.

Метод для оцінювання витрат проекту з використанням комп'ютерної системи, що є частиною мережі, подано в патенті № WO/2001/067335. Модуль оцінки витрат системи забезпечує оцінку матеріалів, робіт, накладних витрат тощо. Даний модуль використовує дані, доступні системі, що відносяться до архітектурних планів, технічних вимог до матеріалів, вимог до робіт та робітників, для обчислення оцінки витрат, ґрунтуючись на типах та кількості матеріалів та робіт, які мають бути використані у проекті. Окрім того модуль обчислює накладні витрати, такі як фіксовані адміністративні витрати, страхування, обладнання тощо.

Метод оцінки проектних витрат представлено в патенті № WO/2006/034541. Витрати проекту оцінюються автоматично, використовуючи геометричні дані, отримані з плану конструкторських робіт. Протягом виконання проекту або після його завершення, дані про фактичні витрати, що стосуються геометричної інформації, отримуються в електронній формі, і ці дані використовуються для оновлення комп'ютеризованого банку даних про витрати.

Винахід у патенті № WO/2001/067372 стосується автоматизованого планування будівництва та системи оцінки витрат і програми проекту будівництва. Система оцінки витрат містить базу даних, де зберігається остання інформація про місцеві та регіональні витрати. Програма аналізує файл з вихідними даними, сформульованими користувачем, і перетворює кодові номери елементів на відповідні витрати, дані про які містяться в базі даних.

Таким чином, наявні розробки не дозволяють вирішити проблему управління проектами на етапі їх вибору з множини запропонованих альтернатив із можливістю не тільки обчислювати заплановані витрати та програму проекту, але й прогнозувати відхилення витрат та тривалості проекту від запланованих значень на стадії перед-проектного планування.

Для розв'язання даної проблеми використовуються лінійні регресійні моделі та НМ, які дозволяють прогнозувати фактичні результати залежно від значення PDRI проекту.

Авторами було запропоновано *метод прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії перед-проектного планування* на основі використання засобів штучного інтелекту. У табл. 3.8 представлені результати застосування даного методу порівняно з іншими підходами.

Таблиця 3.8 – Результати прогнозування

Підхід	Відносне відхилення
Лінійна регресія	49,0234
Нелінійна регресія	48,2398
Узагальнена регресійна НМ	39,9692
Метод прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії перед-проектного планування	17,6827

Таким чином, даний метод дозволив покращити результати прогнозування на основі автоматизованого налаштування архітектури, ваг зв'язків НМ, використання 2 інформативних ознак та кластерів для спеціалізації НМ більш ніж у 2,5 рази порівняно з існуючими підходами до розв'язання проблеми.

На основі прогнозу власник (або інвестор) може прийняти рішення щодо вкладання фінансових ресурсів в один з альтернативних проектів, вибору одного з варіантів реалізації проекту або прийняти рішення щодо тих чи інших дій (на основі окремих елементів індексу PDRI), що дозволить зменшити ризик.

4. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

4.1 Експертні процедури під час вимірювання ризиків

За відношенням до ризику людей можна умовно поділити на схильних до ризику та несхильних до нього.

Неприйняття ризику – характеристика переваг людини в ситуаціях, пов'язаних з ризиком. Це міра готовності людини заплатити за зменшення ризику, якому вона піддається. Люди, які не бажають ризикувати, оцінюючи компроміс між витратами на зменшення ризику та користю від цього, віддають перевагу менш ризикованому варіанту за тих самих витрат.

Відношення людей до ризику та їх поведінка в умовах ризикової ситуації може різнитися і залежати зокрема від тих зовнішніх обставин, з якими зіштовхуються люди. Так ризик-менеджер може вважати, що розглядаємий ризик недопустимий і хотів би знизити його, але йому приходится змінити свої наміри через бюджетні обмеження, встановлені фінансовим менеджером.

На рис. 4.1 показана функція $f(r, e)$, за допомогою якої особа, яка приймає рішення (ОПР), оцінює операцію з ризиком r та ефективністю e , де під ефективністю розуміється очікувана дохідність операції. Дана функція належить до класу функцій корисності.

Крива (рис. 4.1, *а*) відповідає неприйняттю ризику, крива (рис. 4.1, *б*) – нейтральному відношенню до ризику, а крива (рис. 4.1, *в*) – прихильному, тобто ОПР вважає, що обов'язково пощастить і віддає перевагу більш ризикованим операціям.

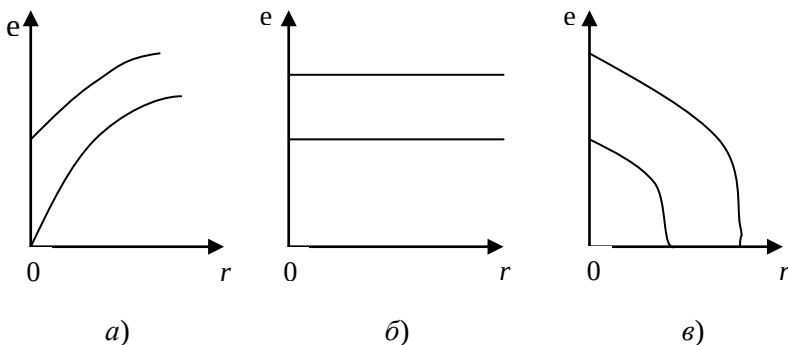


Рисунок 4.1 – Криві індиверентності

Апарат функцій корисності та кривих байдужості широко застосовується в економіко-математичних моделях для опису схильності (несхильності) до ризику. Серед альтернативних теорій і моделей прийняття рішень в умовах ризику можна назвати *модель трьох моментів корисності*. Одним із способів, що виражає цей погляд, є твердження, що функція переваг має аргументами моменти розподілу різного порядку.

Адекватність рішення з управління ризиком повинна розглядатися, виходячи з наявної на момент прийняття рішення інформації.

Для керівників з вузьким досвідом імовірність ризику дуже мала, а інтуїція під час вибору варіанта рішення практично не потрібна через багаточисленні прецеденти в минулому. До того ж і збитки, якщо помилка відбулась, незначні та достатньо легко виправляються. Керівники з широким досвідом значно частіше мають справи з новими проблемами, які не мають аналогів з минулої своєї діяльності. Через це збільшується ступінь ризику й частка інтуїції в процесі знаходження та прийняття рішень.

Оцінювання якості, обґрунтованості, надійності висловлених думок або оцінок за своєю формою аналогічно ймовірнісному судженню.

Класична модель раціональної поведінки – модель, на якій ґрунтується теорія ігор та більшість концепцій Марковіца, – визначає, як люди повинні приймати рішення перед обличчям ризику і на що був би схожий світ, якби люди насправді діяли згідно

з цим визначенням. Однак багаточисленні дослідження та експерименти демонструють, що відхилення від моделі трапляються значно частіше, ніж більшість з нас може уявити.

Теорія перспективи відкрила стереотипи поведінки, приписані двом людським слабкостям: емоції часто заважають самоконтролю і люди часто не здатні ясно зрозуміти, з чим мають справи. В одних умовах перед вибором люди демонструють неприйняття ризику, в інших перетворюються на шукачів пригод.

Дана теорія також визначає асиметрію між підходами до прийняття рішень, направлених на досягнення виграшу, та рішень, направлених на уникнення програшу. Тобто людина, виконуючи вибір, намагається уникнути ризику, якщо розглядає можливі варіанти прибутків, і навпаки схильна до ризику у випадку варіантів збитків.

На практиці дуже часто чинники, які слід враховувати при прийнятті рішень, настільки нові й складні, що достатня інформація про них відсутня, а ймовірність того чи іншого результату не можна обчислити статистичними методами. В такій ситуації можна спробувати здобути додаткову інформацію, ще раз проаналізувавши проблему. Зіставляючи здобуту додаткову інформацію з тією, яка пов'язана з досвідом, сформованими уявленнями та інтуїцією, суб'єкт управління може встановити альтернативним результатам гіпотетичну ймовірність.

Суб'єктивна ймовірність події – ступінь впевненості особи в тому, що подія відбудеться. Експерт відіграє роль приладу, який або робить пріоритетний вибір, або встановлює логічний зв'язок, що об'єктивно існує між причиною і наслідком. За допомогою експертних оцінок потрібно знайти показники найбільш імовірних, допустимих, критичних і катастрофічних збитків, маючи на увазі як їх обсяги, так і відповідні суб'єктивні ймовірності.

Представимо загальні характеристики деяких поширених груп методів, що стосуються задач критеріально-експертного вибору.

Аксіоматичні методи ґрунтуються на побудові функції корисності суб'єкта управління, при цьому вся інформація, отримана від суб'єкта управління, розглядається як засіб перевірки гіпотези про вид функції корисності. Твердження щодо виду функції корисності, а також найважливіших її властивостей називаються

аксіомами. За такого підходу кожний багатокритеріальний варіант рішення дістає оцінку корисності.

Прямі методи полягають у тому, що вид функції корисності від оцінок за багатьма критеріями задається без теоретичних обґрунтувань, а параметри цієї залежності або задаються, або безпосередньо оцінюються суб'єктом управління.

До найпоширеніших прямих методів належать:

1. *Метод зваженої суми оцінок критеріїв*, відповідно до якого корисність багатокритеріального об'єкта дорівнює:

$$u = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i, \quad (4.1)$$

де ω_i – вага i -го ($i = 1, \dots, n$) критерію; x_i – оцінка об'єкта за i -м критерієм (обидва показники вимірюються за кількісною шкалою).

2. *Метод дерев рішень* передбачає, що суб'єкт управління дає оцінки корисності та суб'єктивної ймовірності для кожного з варіантів рішення.

Сутність методу експертних оцінок полягає в раціональній організації експертного аналізу проблеми з кількісним оцінюванням суджень і обробкою їх результатів. Узагальнену думку експертів вважають рішенням проблеми. Кількісний та якісний склад експертів добирають на підставі аналізу широти проблеми, вірогідності оцінок, характеристик експертів і затрат ресурсів. Різноманітність розв'язування проблеми зумовлює потребу залучати до експертизи фахівців різного профілю. Вірогідність оцінок групи експертів залежить від рівня знань окремих експертів та їх кількості. Зі зростанням кількості експертів збільшуються часові та фінансові витрати, пов'язані з формуванням групи, проведенням опитувань та обробкою результатів.

Характеристики групи експертів визначаються на базі індивідуальних характеристик: компетентності, креативності, конформізму, ставлення до експертизи, конструктивності мислення, колективізму, самокритичності.

Основні види: опитування (анкетування та інтерв'ювання), метод Дельфі, інтелектуальний штурм, дискусія.

Для кількісної й якісної оцінки властивостей, параметрів, часу та інших характеристик застосовують анкетування та метод Дельфі.

Інтерв'ювання доцільне для уточнення результатів, здобутих іншими видами експертизи.

Опрацювавши результати експертного оцінювання, можна визначити залежність між судженнями різних експертів. Знаючи таку залежність, можна встановити ступінь близькості в думках експертів. Важливе значення має також визначення залежності між оцінками об'єктів, побудованих за різноманітними показниками порівняння. Завдяки цьому вдається визначити пов'язані між собою показники порівняння та згрупувати їх за ступенем взаємозв'язку.

Експерти зазвичай мають розбіжності в думках щодо розв'язуваної проблеми, тому постає потреба кількісно оцінити ступінь узгодженості суджень експертів, завдяки чому вдається обґрунтованіше інтерпретувати причини розбіжності думок. Оцінка узгодженості суджень експертів ґрунтується на використанні поняття компактності, наочне уявлення про яке дає геометрична інтерпретація результатів експертизи. Якщо точки, що характеризують оцінки всіх експертів у просторі, розміщені на невеликій відстані одна від одної, тобто утворюють компактну групу, то це можна інтерпретувати як добру узгодженість думок експертів. А якщо точки в просторі розкидані на значні відстані, узгодженість думок експертів невисока. Центр групування точок визначають як математичне сподівання або як медіану випадкової величини, а розкид кількісно оцінюють дисперсією випадкової величини. Мірою узгодженості оцінок експертів може бути відношення середньоквадратичного відхилення до математичного сподівання випадкової величини.

Для ранжування об'єктів використовують міру узгодженості думок групи експертів – дисперсійний коефіцієнт конкордації, поряд з яким використовують ентропійний коефіцієнт конкордації.

Нехай d експертів оцінювали m об'єктів за l показниками. Результати оцінювання подано у вигляді значення величин x_{is}^h , де s – номер експерта; i – номер об'єкта; h – номер показника порівняння. Якщо об'єкти оцінювались методом ранжування, то величини x_{is}^h є рангами; якщо оцінки об'єктів визначені методом без-

посереднього оцінювання чи методом послідовного порівняння, то величини x_{is}^h – числа або бали.

У випадку використання чисел або балів, щоб дістати групову оцінку об'єктів, можна скористатись середнім значенням оцінки для кожного об'єкта:

$$x_i = \sum_{h=1}^I \sum_{s=1}^d q_h k_s x_{is}^h, \quad (4.2)$$

де q_h – коефіцієнт ваг показників порівняння об'єктів; k_s – коефіцієнти компетентності експертів (дані коефіцієнти є нормованими величинами).

Коефіцієнти ваг показників можна знайти експертним шляхом, коефіцієнти компетентності експертів розрахувати за результатами рекурентної процедури:

$$x_i^t = \sum_{s=1}^d x_{is} k_s^{t-1}, \quad i=1, \dots, m; \quad t=1, 2, \dots; \quad (4.3)$$

$$\lambda^t = \sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^m x_{is} x_i^t, \quad t=1, 2, \dots; \quad (4.4)$$

$$k_s^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^m x_{is} x_i^t, \quad s=1, \dots, d; \quad t=1, 2, \dots \quad (4.5)$$

Обчислення починають з $t = 1$. У (4.5) початкові значення коефіцієнтів компетентності беруть однаковими й такими, що дорівнюють $k_s^0 = 1/d$.

У випадку використання рангів, якщо відомі ймовірності ситуацій $P_1, P_2, \dots, P_n$, де n – кількість ситуацій, можна побудувати узагальнене ранжування, усереднене за всіма ситуаціями. Нехай індекс j – номер ситуації y_{ikj}^s , тоді узагальнена матриця попарних порівнянь визначається з умови

$$\|y_{ik}^*\| \Leftarrow \min_{y_{ik}} \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^d \sum_{k=1}^m k_s P_j |y_{ikj}^s - y_{ikj}|, \quad (4.6)$$

де k_s – коефіцієнт компетентності.

Правило побудови узагальненої матриці попарних порівнянь, усереднених за допомогою ймовірностей за всіма ситуаціями:

$$y_{ik}^* = \begin{cases} 1, & \text{якщо } c_{ik} \geq \frac{1}{2}; \\ 0, & \text{якщо } c_{ik} < \frac{1}{2}, \end{cases} \quad (4.7)$$

$$c_{ik} = \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^d p_j k_s y_{ikj}^s. \quad (4.8)$$

Щоб дістати узагальнене ранжування за матрицею попарних порівнянь, виконують операцію транзитивного замикання матриці попарних порівнянь та ранжування об'єктів за цією матрицею на підставі підрахунку кількості одиниць у кожному стовпчику матриці. Об'єкту, що має у своєму стовпчику найменшу кількість одиниць, присвоюють перший ранг.

Під час обробки результатів ранжування можуть виникнути задачі визначення залежності між ранжуванням двох експертів або між двома ознаками. У цих випадках мірою взаємозв'язку може бути коефіцієнт рангової кореляції. Характеристикою взаємозв'язку ранжувань або цілей є матриця коефіцієнтів рангової кореляції. Відомі коефіцієнти рангової кореляції Спірмена та Кендалла.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена:

$$c = 1 - \frac{6}{m^3 - m} \sum_{j=1}^m (r_{1j} - r_{2j})^2, \quad (4.9)$$

де m – кількість ранжованих об'єктів; r_{1j}, r_{2j} – ранг відповідно в першому та другому ранжуваннях.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена змінюється від -1 до $+1$. Рівність одиниці досягається за однакових ранжувань, тобто коли $r_{1j} = r_{2j}$ ($j=1, \dots, m$). Значення -1 відповідає протилежним ранжуванням (пряме та обернене ранжування). У разі рівності коефіцієнтів кореляції нулю ранжування вважаються лінійно незалежними.

Оцінка коефіцієнта кореляції (4.9) є випадковою величиною. Щоб визначити значущість цієї оцінки, необхідно задати величи-

ну ймовірності, обчислити значення порога, прийняти рішення про значущість коефіцієнта кореляції:

$$e = \frac{1}{\sqrt{m-1}} \psi\left(\frac{1-e}{2}\right), \quad (4.10)$$

де m – кількість об'єктів; $\psi(x)$ – функція, обернена до функції $\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\rho_0}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$. Коли обчислено порогове значення, оцінка коефіцієнта кореляції вважається значущою, якщо $|\rho| > \varepsilon$.

Для визначення значущості коефіцієнта кореляції Спірмена можна скористатись критерієм Стюдента, бо величина

$$t = c \sqrt{\frac{m-2}{1-c^2}} \quad (4.11)$$

наближено розподілена за законом Стюдента з $m-2$ ступенями свободи.

Для агрегації результатів ранжування методом попарного порівняння альтернатив кількома експертами за шкалою «більше», «менше», «рівнозначно» можна використовувати метод відшукання матриці порівнянь (медіани Кемені), яка має мінімальну сумарну відстань до матриць, які описують дані експертами ранжування.

У працях Т. Л. Сааті запропоновано в якості агрегованої оцінки коефіцієнта відносної значущості критерію (альтернативи) використовувати середнє геометричне вказаних коефіцієнтів, обчислених за матрицями попарних порівнянь, даними кількома експертами. У низці наукових праць запропоновано метод визначення коефіцієнта узгодженості (КУ) з урахуванням компетенції експертів, що є кількісною оцінкою рівня узгодженості множини експертних оцінок (ЕО), і використання цієї інформації для агрегації оцінок, одержаних методом безпосереднього оцінювання.

Для знаходження агрегованої оцінки результатів попарних порівнянь, виконуваних кількома експертами, обчислення КУ необхідне, але недостатнє. Метод Дельфі передбачає у такому разі ознайомлення експерта з усередненою і граничною оцінками. Розроблено методи попарних порівнянь, які передбачають діалог

з експертом, пропонуються варіанти зміни його оцінок, спрямовані на поліпшення внутрішньої узгодженості результатів попарних порівнянь.

Задача групового оцінювання пріоритетності альтернатив стосовно критерію K формулюється наступним чином. Нехай наявні множина експертів $E = \{e_s, s = 1, \dots, d\}$, множина альтернатив $A = \{A_i, i = 1, \dots, m\}$ і s -й експерт ($s = 1, \dots, d$) характеризується нормованим відносним коефіцієнтом компетентності c_s . Задано алгоритм визначення кожним експертом ненормованих ЕО $v_i, i = 1, \dots, m$ важливості альтернатив стосовно критерію K . Необхідно знайти агреговані узгоджені нормовані оцінки w_i відносної пріоритетності альтернатив.

Якщо ЕО представлена дійсним числом, то обравши допустиму помилку ε , не складно перейти до встановлення цієї оцінки у вигляді номера поділки шкали з $n = 1 + \frac{1}{2}\varepsilon$ поділками. Тип шкали визначається алгоритмами одержання й обробки ЕО. Передбачається, що шкала є шкалою відношень, інтервалів, різниць чи абсолютною, бо саме в шкалах названого типу представляються ненормовані значення показників відносної пріоритетності альтернатив, одержані використанням відомих і пропонованих методів.

Множину $V_i = \{v_i^s\}$, де v_i^s – оцінка ваги альтернативи A_i , подана s -м експертом, зручно задавати *спектром* R_v .

Зваженим спектром S_v множини V ЕО, представлених у шкалі з n поділками, називається n -позиційний вектор, на j -й позиції якого записана сума коефіцієнтів компетентності експертів, оцінки яких заокруглені до j -ї поділки шкали.

Узгодженими агрегованими відносними оцінками $w_i, i = 1, \dots, m$ важливості альтернатив відносно критерію K називаються нормовані, коректно обчислені середні достатньо узгоджених множин ненормованих оцінок важливості, даних d експертами. Коректність обчислення середнього визначається відповідністю операції знаходження середнього типу шкали, в якій представлені ЕО. Для шкал розглянутих типів допустимою опе-

рацією визначення середнього є операція обчислення середнього арифметичного.

Зважений спектр S_v множини V оцінок експертів вважається достатньо узгодженим, якщо його КУ перевищує деякий поріг застосування. Для кількісної оцінки ступеня узгодженості спектра S_v використовується спектральний КУ, що визначається:

$$k(S_v) = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n \mu_j \left| j - \sum_{j=1}^n j \mu_j \right| - \sum_{j=1}^n j \ln \mu_j}{G \sum_{j=1}^n |j - (n+1)/2| + \ln n} \right] z. \quad (4.12)$$

Тут $G = \frac{d}{\ln(d)n \ln(n)}$ – масштабний коефіцієнт;

$$z = \begin{cases} 1, & \text{якщо } z^* = TRUE, \\ 0, & \text{якщо } z^* = FALSE, \end{cases}$$

$$z^* = [j(1)=1] \vee [j(1)=n] \bigvee_{l=1}^{q-1} [\mu_{j(l)} = \mu_{j(l+1)}] \bigvee_{l=1}^{q-1} [j(l) - j(l+1)] = \text{const}, \quad (4.13)$$

де d – кількість експертів; q – кількість груп експертів, які дали однакові оцінки; $j(l)$ – номер поділки шкали, до якого заокруглені оцінки, дані експертами l -ї групи, $l=1, \dots, q$; $\mu_{j(l)}$ – сума коефіцієнтів компетентності експертів, оцінки яких заокруглені до поділки з номером $j(l)$; z^* – булева функція, яка задає необхідні і достатні умови рівності нулю КУ $k(S_v)$. Із (4.12), (4.13) випливає, що КУ приймає значення в межах $[0; 1]$, причому повністю узгоджений множині ЕО відповідає значення 1, а найменш узгоджений – 0.

Для визначення достатності рівня узгодженості спектра S_v використовуються значення порога виявлення T_0 і порога застосування T_u .

Поріг виявлення T_0 – коефіцієнт узгодженості множини ЕО, яка містить мінімальну реєстровану кількість інформації. Поріг

виявлення визначається виразом $T_0 = k(S_0)$, де S_0 – зважений спектр, в якому $d = n$, $\mu_1 = 0$, $\mu_g = \frac{2}{n}$, $\mu_{g \neq 0} = \frac{1}{n}$, $g = \left[\frac{n}{2} + 1 \right]$.

Поріг застосування T_u – КУ множини ЕО, що забезпечує обчислення агрегованої ЕО з допустимою точністю. Поріг застосування T_u дорівнює КУ $k(S_u)$ зваженого спектра S_u , в якому $d = 2$, $\mu_j = \mu_{j+1} = \frac{1}{2}$, $\mu_{s \neq j} = 0$, $\mu_{s \neq (j+1)} = 0$.

Розглянемо метод узгодження та агрегації ЕО відносної пріоритетності альтернатив, одержаних методом безпосередньої оцінки. При використанні цього методу кожний з d експертів дає незалежну ненормовану оцінку v_{is} i -й альтернативі $i = 1, \dots, m$, $s = 1, \dots, d$, причому оцінки, дані s -м експертом, знаходяться в межах $q_{s \min} - q_{s \max}$. У загальному випадку з $s \neq k$ впливає, що $q_{s \min} \neq q_{k \min}$, $q_{s \max} \neq q_{k \max}$. Тому виникає необхідність перерахунку оцінок альтернатив у шкалах з різними границями до єдиної шкали, що має зазвичай найбільшу кількість поділок. Оцінку v_{is} на шкалі з границями $q_{s \min}$, $q_{s \max}$ подамо через оцінку v_{ik} з границями $q_{k \min}$, $q_{k \max}$:

$$v_{si} = a_{ks} v_{ik} + b_{ks}. \quad (4.14)$$

Коефіцієнти перерахунку a_{ks} та зміщення b_{ks} дорівнюють:

$$a_{ks} = \frac{q_{s \max} - q_{s \min}}{q_{k \max} - q_{k \min}}, \quad (4.15)$$

$$b_{ks} = q_{s \max} - \frac{q_{k \max}(q_{s \max} - q_{s \min})}{q_{k \max} - q_{k \min}}. \quad (4.16)$$

Після зведення оцінок альтернатив до єдиної шкали з використанням (4.14) – (4.16) будуються спектри ваги кожної альтернативи. До спектра S_i i -ї альтернативи включаються оцінки v_{i1} , v_{i2} , ..., v_{id} , які дав їй кожен експерт. Після цього відповідно до (4.12) обчислюються коефіцієнти узгодженості спектрів ваг

альтернатив, а також поріг виявлення T_0 і поріг застосування T_u . Множина $\bar{S}$ спектрів поділяється на три множини, що не перетинаються. До підмножини $\bar{S}_1$ включаються спектри, для яких

$$k(S_g) < T_0, \quad (4.17)$$

до підмножини $\bar{S}_2$ –

$$T_0 \leq k(S_l) < T_u, \quad (4.18)$$

елементами підмножини $\bar{S}_3$ є спектри, які задовольняють умові

$$k(S_l) \geq T_u. \quad (4.19)$$

Виконання умови (4.17) означає, що спектри $S_i \in \bar{S}_1$ не містять інформації. При цьому експертам пропонується переглянути свої оцінки тих альтернатив, спектри ваг яких задовольняють даний умові, для чого за рішенням керівника можуть бути організовані консультації експертів.

Стосовно спектрів підмножини $\bar{S}_2$ можна стверджувати, що кожний з них містить інформацію, але ступінь її узгодженості недостатній для визначення агрегованої оцінки з достатньою точністю. Тому для підвищення узгодженості таких спектрів можна провести діалог, для чого обчислюється середня оцінка ваги альтернативи. Оскільки при використанні методу безпосереднього оцінювання ваги альтернативи представлені в абсолютній шкалі, за умови рівної компетентності експертів середня оцінка v_d дорівнює середньому арифметичному компонент спектра, що надані різними експертами. Якщо експерти мають різну компетентність, то

$$v_l = \sum_{s=1}^d v_{ls} c_s. \quad (4.20)$$

Далі визначається експерт e_f , для якого в розглядуваному спектрі S_l величина $\Delta = \frac{|v_{lf} - v_l|}{c_f}$ максимальна. Вказаному експерту пропонується переглянути свою оцінку v_{lf} альтернативи A_l в напрямі зменшення Δ . Якщо експерт згоден, то його оцінка змі-

нюється так, щоб у спектрі S_l компонента v_{lf} змістилась у бік середнього на одну поділку шкали, в якій представлені ЕО. Після цього знову розраховуються КУ приведенного спектра S_l і виконується описаний вище аналіз, за необхідності з подальшим зверненням до експерта. Якщо експерт e_f відмовився коригувати оцінку v_{lf} , то він виключається з множини E_l експертів, до яких можна звертатися з пропозицією змінити оцінку ваги альтернативи A_l на подальших кроках. Так за зменшенням величини Δ визначаються інші експерти. Якщо на деякому кроці виявилось, що $E_l = \emptyset$ і одночасно $T_0 \leq k(S_l) < T_u$, то це означає: можливості поліпшення узгодженості вичерпані, незважаючи на її недостатність. У такому випадку необхідно змінити склад команди експертів.

Належність спектра підмножині $\bar{S}_3$ означає, що він достатньо узгоджений, і тому за ним можна знайти узагальнену оцінку ваги альтернативи, що дорівнює середньому значенню, знайденому за виразом (4.20). На завершальному етапі нормують значення v_i і одержують коефіцієнти w_i відносної пріоритетності альтернатив:

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i}. \quad (4.21)$$

Групове прийняття рішення може виконуватись із застосуванням НМ, коли прийняття рішення розуміється як визначення належності даної точки (вхідного вектора) до кластера, обмеженого розділяючою поверхнею. Достовірність розв'язку пропорційна відстані точки до границі кластера. Для моделювання індивідуальних переваг за ризиком за допомогою НМЗП створюються приклади для навчання та тестування, для чого проводиться ділова гра респондента, в ході якої послідовно реалізуються різні сценарії, що відображають ситуацію невизначеності, вимагають здійснити оцінювання чи прийняти рішення. Кількість нейронів вхідного шару НМЗП відповідає кількості ключових параметрів ігрової ситуації, кількість нейронів вихідного шару дорівнює кількості параметрів ходу гравця, а також певною кількістю нейро-

нів прихованого шару, призначених для формування внутрішніх зв'язків НМ та поданню уявлень щодо ситуацій невизначеності, які відповідають індивідуальним пріоритетам учасників у тій мірі, в якій ці пріоритети залежать від параметрів ситуації й проявляються в діях гравця.

НМ теорії адаптивного резонансу (ART-Adaptive Resonance Theory) можуть використовуватись для узгодження пріоритетів за ризиком. Однією з моделей є ART-1 – модель НМ, яка реалізує основні принципи теорії адаптивного резонансу, складається з 2 шарів нейронів F_1 та F_2 . Вхідна інформація подається на шар F_1 , нейрони якого збуджуються і залежно від показників збудженого стану порогова функція вказує вихідне значення кожного нейрона, що передається за прямими зв'язками на вхід нейронного шару F_2 . Разом з тим на вхід кожного нейрона шару F_2 надходить зважена ваговими коефіцієнтами зв'язків сума відповідних вихідних значень нейронів шару F_1 . Після збудження нейронного шару F_2 визначається нейрон-«переможець», що має максимальне значення збудженого стану. Його вихідне значення передається по зворотних зв'язках нейронам шару F_1 . Зважене ваговими коефіцієнтами зворотних зв'язків, воно перетворюється на збуджені стани нейронів шару F_1 , порогова функція вказує вихід НМ.

У результаті навчання встановлюється резонанс, коли для пари векторів значень за подачі на вхід НМ одного вектора, другий буде виходом, і навпаки. Самонавчання НМ полягає в підборі вагових коефіцієнтів нейронів, що забезпечують резонанс, тобто представництво інтересів, які не збігаються.

Оскільки в умовах невизначеності природним є використання нечіткої логіки, учаснику необхідно надати можливість розподіляти свої судження згідно з його нечіткими (вербальними) пріоритетами. Це можливо реалізувати за допомогою відповідним чином побудованого вхідного шару НМ для подання нечітких пріоритетів.

4.2 Модифікації методу аналізу ієрархій на основі нечітких множин

Метод АНР (*Analytic Hierarchy Process*), розроблений Т. Л. Саати для підтримки прийняття рішень при багатокритеріальному виборі одного з множини об'єктів, називають ще *методом аналізу ієрархій* (МАІ). Розглянемо **модифікацію МАІ на основі нечітких множин**, що робить даний метод придатним для прийняття рішень в умовах невизначеності.

Нехай $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ – множина об'єктів, а $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ – множина цілей. Згідно з даним методом, обирається кожний об'єкт і аналіз виконується відносно кожної мети. Отже, n значень для кожного об'єкту позначимо наступним чином:

$$M^1_{gi}, M^2_{gi}, \dots, M^m_{gi}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4.22)$$

де M^j_{gi} ($j = 1, 2, \dots, m$) – трикутні нечіткі числа.

Метод складається з наступних етапів:

Етап 1. Значення нечіткої міри по відношенню до i -ого об'єкту визначається за наступною формулою:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \right]^{-1}. \quad (4.23)$$

Щоб одержати значення $\sum_{j=1}^m M^j_{gi}$, виконати операцію нечіткого складання наступним чином:

$$\sum_{j=1}^m M^j_{gi} = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right). \quad (4.24)$$

Щоб визначити $\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m M^j_{gi} \right]^{-1}$, виконати операцію нечіткого складання M^j_{gi} ($j = 1, 2, \dots, m$) за формулою

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M^j_{gi} = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right), \quad (4.25)$$

а потім обчислити інверсію вектора за наступною формулою:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ji}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right). \quad (4.26)$$

Етап 2. Нехай $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ та $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ – 2 трикутні нечіткі числа. Тоді рівень ймовірності того, що $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ може бути визначений наступним чином:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y)) \right] \quad (4.27)$$

або рівнозначно виражений як:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = hgt(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{M_2}(d). \quad (4.28)$$

В даному випадку x та y – значення на вісі функції приналежності для кожного критерію. Даний вираз може бути записаний також наступним чином:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{якщо } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{інакше} \end{cases} \quad (4.29)$$

Рис. 4.2 ілюструє рівняння (4.29), де d – ордината найвищої точки перетину D між μ_{M_1} та μ_{M_2} . Виходячи з теорії нечітких множин, для порівняння M_1 та M_2 , необхідні обидва значення $V(M_1 \geq M_2)$ та $V(M_2 \geq M_1)$.

Етап 3. Ступінь ймовірності того, що опукле нечітке число більше за k опуклих нечітких чисел M_i ($i=1, 2, k$) може бути визначена так:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k. \end{aligned} \quad (4.30)$$

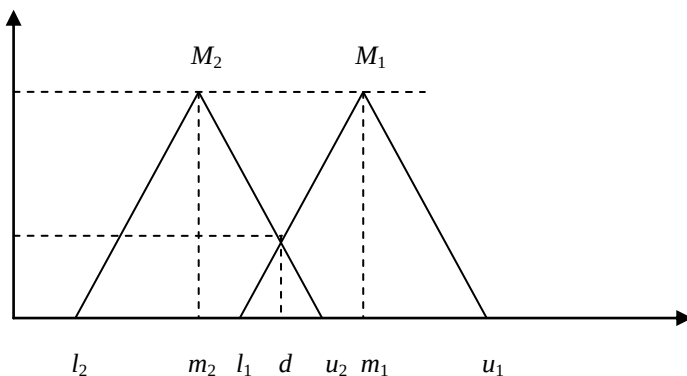


Рисунок 4.2 – Геометрична інтерпретація ймовірності $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$

Зауважимо, що $d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ для $k=1,2,\dots,n; k \neq i$. Далі вектор ваг може бути визначено:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T, \quad (4.31)$$

де $A_i = (i=1,2,\dots,n)$ – n елементів.

Етап 4. Нормалізовані вектори ваг можуть бути представлені наступним чином:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T. \quad (4.32)$$

Зв'язок між вербальними значеннями та трикутними нечіткими числами може бути орієнтовно представлений згідно з табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення трикутних нечітких чисел

ТВЕРДЖЕННЯ	ТРИКУТНЕ НЕЧІТКЕ ЧИСЛО
АБСОЛЮТНО	(7/2, 4, 9/2)
ДУЖЕ СИЛЬНО	(5/2, 3, 7/2)
ДОСИТЬ СИЛЬНО	(3/2, 2, 5/2)
СЛАБКО	(2/3, 1, 3/2)
РІВНО	(1, 1, 1)

Для вибору одного з альтернативних варіантів необхідно приймати рішення на підставі оптимізації кількох критеріїв (з орієнтацією на множину цілей), що підвищує ступінь невизначеності та конфліктності. Окрім того, нечіткою є й інформація

щодо розвитку зовнішнього (для підприємства) економічного середовища (загальноринкова кон'юнктура, попит, ціни тощо), яку зручно подати у формі множини різних взаємовиключних сценаріїв економічного середовища.

Для таких проблем комбінація припущень стосовно невизначеності знань про можливий розвиток економічного середовища може бути представлена множиною сценаріїв, спираючись на методологію сценарного аналізу. Оскільки поведінка людини в процесі прийняття рішення залежить від ситуації, в якій воно приймається, то зрозуміло, що в загальному випадку експерти надають у кожному стані економічного середовища різні попарні оцінки щодо важливості різних під-цілей на різних рівнях ієрархічної структури, яка містить інтегрований критерій, часткові критерії і стратегії дослідження та впорядкування.

Розглянемо методологію оцінювання багатофакторних ризиків у процесі технологічного передбачення перспектив розвитку складних інноваційних систем. Групи не прогнозованих ситуацій факторів ризиків та форс-мажорного ризику пропонується аналізувати за допомогою *модифікованої методики BOCR для МАІ*.

Відомий $T^{\pm}$ як часовий ресурс заданого або прогнозованого періоду для прийняття рішень. Спостереження процесу прийняття рішень у часу за допомогою МАІ полягає у необхідності перегляду ієрархічних структур відносно доходів, витрат, можливостей та ризиків протягом установленого часового ресурсу $T^{\pm}$. Нехай $G = \{g\}$ – головна мета дослідження та прийняття рішення; $A^T = \{A_i^T \mid i \in [1; N_a^T]\}$ – множина альтернативних варіантів рішень у момент часу $T_{\tau} \in T^{\pm}$; $F^T = \{F_j^T \mid j \in [1; N_f^T]\}$ – множина факторів, які впливають на головну мету дослідження в момент часу $T_{\tau} \in T^{\pm}$.

Проведемо класифікацію факторів F^T на 4 групи: F_B^T – фактори доходів, які будуть отримані в результаті прийняття рішення, $F_B^T = \{F_{B_j}^T \mid j \in [1; N_B^T]\}$; F_C^T – фактори витрат, які відбудуться в результаті прийняття рішення, $F_C^T = \{F_{C_j}^T \mid j \in [1; N_C^T]\}$; F_O^T – фактори невизначених можливих доходів, які будуть отримані в результаті

прийняття рішення, $F_O^T = \{F_{O_j}^T \mid j \in [1; N_O^T]\}$; F_R^T – фактори ситуаційних та форс-мажорних ризиків, які впливають на процес та результат прийняття рішення, $F_R^T = \{F_{R_j}^T \mid j \in [1; N_R^T]\}$. Побудуємо 4 ієрархії: доходів (H_B^T), витрат (H_C^T), можливостей (H_O^T) та ризиків (H_R^T). перші рівні даних ієрархій створюють відповідно фактори F_B^T , F_C^T , F_O^T , F_R^T розглядаємих якостей. Ознаки, якими характеризуються фактори, утворюють наступні рівні відповідних ієрархій. ρ_R^T – кількість рівнів у ієрархії ризиків, а $N_{R_k}^T$ – кількість елементів k -го рівня ієрархії ризиків, $R_k \in [1; \rho_R^T]$; ρ_B^T , ρ_C^T і ρ_O^T – кількість рівнів відповідно в ієрархіях доходів, витрат та можливостей; N_{B_k} , N_{C_k} і N_{O_k} – кількість елементів k -го рівня ієрархії доходів, витрат та можливостей, $B_k \in [1; \rho_B^T]$, $C_k \in [1; \rho_C^T]$, $O_k \in [1; \rho_O^T]$ аналогічно. $\omega_{R_k}^T = \{\omega_{R_{k,j}}^T \mid j \in [1; N_{R_k}^T]\}$ – вектор ваг елементів k -го рівня ієрархії ризиків у момент часу $T_\tau \in T^\pm$, $\omega_{B_k}^T = \{\omega_{B_{k,j}}^T \mid j \in [1; N_{B_k}^T]\}$, $\omega_{C_k}^T = \{\omega_{C_{k,j}}^T \mid j \in [1; N_{C_k}^T]\}$, $\omega_{O_k}^T = \{\omega_{O_{k,j}}^T \mid j \in [1; N_{O_k}^T]\}$ – нечіткі вектори ваг елементів k -го рівня відповідно ієрархії доходів, витрат та можливостей у момент часу $T_\tau \in T^\pm$.

Виходячи з введених позначень, $\omega_{R_{PR}}^T = \{\omega_{R_{PRj}}^T \mid j \in [1; N_{R_P}^T]\}$ є вектором ваг елементів останнього рівня ієрархії ризиків; аналогічно $\omega_{B_{PB}}^T = \{\omega_{B_{PBj}}^T \mid j \in [1; N_{B_P}^T]\}$, $\omega_{C_{PC}}^T = \{\omega_{C_{PCj}}^T \mid j \in [1; N_{C_P}^T]\}$ і $\omega_{O_{PO}}^T = \{\omega_{O_{POj}}^T \mid j \in [1; N_{O_P}^T]\}$ – вектори ваг елементів останніх рівнів ієрархії доходів, витрат та можливостей.

Альтернативні варіанти рішень оцінюються не за всіма елементами останніх рівнів ієрархії H_B^T , H_C^T , H_O^T , H_R^T , а за їх контрольними ознаками. Для знаходження контрольних ознак необхідно встановити поріг значимості відносної ваги: якщо вага елементу останнього рівня ієрархії перевищує встановлений поріг, то цей елемент є контрольною ознакою. Контрольні ознаки ієрар-

хій у момент часу $T_\tau \in T^\pm$ $e_R^T = \{e_{Rj}^T \mid j \in [1; N_R^{\text{контр}T}]\}$. Аналогічно, $e_B^T = \{e_{Bj}^T \mid j \in [1; N_B^{\text{контр}T}]\}$, $e_C^T = \{e_{Cj}^T \mid j \in [1; N_C^{\text{контр}T}]\}$, $e_O^T = \{e_{Oj}^T \mid j \in [1; N_O^{\text{контр}T}]\}$ – контрольні ознаки ієрархій доходів, витрат та можливостей.

Побудуємо $N^{\text{контр}T} = N_B^{\text{контр}T} + N_C^{\text{контр}T} + N_O^{\text{контр}T} + N_R^{\text{контр}T}$ ієрархій, вершинами яких є контрольні ознаки доходів, витрат, можливостей та ризиків. Останні рівні цих ієрархій формують альтернативні варіанти рішень. Інші рівні містять акторів (зацікавлених у прийнятті або неприйнятті рішень осіб), їх цілі, під-цілі, плани тощо.

Нечіткі відносні ваги альтернатив за контрольними ознаками ризиків у момент часу $T_\tau \in T^\pm$ позначимо $\omega_R^{\text{альт}T} = \{\omega_{Ri}^{\text{альтконтр}T} \mid i \in [1; N_a^T]\}$, $\omega_R^{\text{альтконтр}T} = \{\omega_{RiiR}^{\text{альт_контр}T} \mid j_R \in [1; N_R^{\text{контр}T}]\}$. Аналогічно, $\omega_B^{\text{альт}T} = \{\omega_{Bi}^{\text{альтконтр}T} \mid i \in [1; N_a^T]\}$, $\omega_C^{\text{альт}T} = \{\omega_{Ci}^{\text{альтконтр}T} \mid i \in [1; N_a^T]\}$ і $\omega_O^{\text{альт}T} = \{\omega_{Oi}^{\text{альтконтр}T} \mid i \in [1; N_a^T]\}$ – нечіткі відносні ваги альтернатив за контрольними вагами доходів, витрат та можливостей.

Для оцінки важливості самих якостей у даній конкретній задачі прийняття рішень формується ієрархія так званих стратегічних факторів, які будуть використані для визначення нечітких ваг якостей. Ваги якостей у момент часу $T_\tau \in T^\pm$ позначимо ω_B^T , ω_C^T , ω_O^T , ω_R^T . За відомих нечітких ваг $\omega_B^{\text{альт}T}$, $\omega_C^{\text{альт}T}$, $\omega_O^{\text{альт}T}$, $\omega_R^{\text{альт}T}$ альтернатив відносно кожної якості та нечітких ваг ω_B^T , ω_C^T , ω_O^T , ω_R^T самих якостей обчислюються нечіткі глобальні ваги альтернатив відносно головної мети прийняття рішень. Глобальні ваги альтернатив позначаються відповідно $\omega_i^{\text{альт}T} = \{\omega_i^{\text{альт}T} \mid i \in [1; N_a^T]\}$.

Модифікація методики VOCR відкриває можливість більш точного оцінювання та аналізу проблем технологічного передбачення в умовах багатфакторних ризиків.

Ще одна **модифікація MAI** на основі нечітких множин складається з наступних кроків.

Крок 1. Формування багаторівневої ієрархічної структури, яка містить інтегрований критерій, часткові критерії та об'єкти досліджування та впорядкування.

На верхньому рівні ієрархічної багатокритеріальної структури (рівень 0) знаходиться один елемент – інтегрований критерій оцінювання, який можна розкласти на кілька елементів (часткових критеріїв), тобто рівень 1. Кожний елемент цього рівня ієрархії, в свою чергу, деталізується на кілька елементів наступного рівня і т. д. На найнижчому рівні ієрархічної структури перебувають стратегії, які необхідно аналізувати та впорядковувати чи обирати один з них.

Крок 2. Побудова матриць попарних порівнянь з нечіткими оцінками для елементів, які знаходяться на окремих рівнях ієрархії.

Для аналізу критеріїв оцінювання, що містяться на певних рівнях ієрархічної структури, будується матриця попарних порівнянь елементів у вигляді:

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} \tilde{A}_1 & \tilde{A}_2 & \dots & \tilde{A}_n \\ \tilde{A}_1 & \tilde{r}_1/\tilde{r}_1 & \tilde{r}_1/\tilde{r}_2 & \dots & \tilde{r}_1/\tilde{r}_n \\ \tilde{A}_2 & \tilde{r}_2/\tilde{r}_1 & \tilde{r}_2/\tilde{r}_2 & \dots & \tilde{r}_2/\tilde{r}_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{A}_n & \tilde{r}_n/\tilde{r}_1 & \tilde{r}_n/\tilde{r}_2 & \dots & \tilde{r}_n/\tilde{r}_n \end{pmatrix}, \quad (4.33)$$

де $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$ – нечіткі порівнювані елементи; $\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_n$ – нечіткі вагові коефіцієнти (пріоритети) порівнюваних елементів; n – кількість порівнюваних елементів.

У табл. 4.2 наводяться лінгвістичні змінні, якими оперує експерт, інтерпретація цих понять – нечіткі множини $\tilde{m}_{ij} = \tilde{r}_i / \tilde{r}_j$, що можна представити одним з можливих переходів від вербального опису до нечіткого.

Таблиця 4.2 – Лінгвістична шкала

Інтенсивність	Якісна оцінка	Нечітка множина з відповідною якісною оцінкою
1	Однаково важливо	$\{(1,0 / 1)\}$
3	Ненабагато важливіше	$\{(0,5 / 1), (0,75 / 2), (1,0 / 3), (0,75 / 4), (0,5 / 5)\}$
5	Суттєво важливіше	$\{(0,5 / 3), (0,75 / 4), (1,0 / 5), (0,75 / 6), (0,5 / 7)\}$
7	Значно важливіше	$\{(0,5 / 5), (0,75 / 6), (1,0 / 7), (0,75 / 8), (0,5 / 9)\}$
10	Абсолютно важливіше	$\{(0,5 / 9), (1,0 / 10)\}$

Крок 3. Обчислення значень вагових коефіцієнтів (векторів пріоритетів) $\tilde{r}_i$ кожного з елементів ієрархічної структури з погляду елемента, який перебуває на безпосередньо вищому рівні ієрархії.

Знаходження вагових коефіцієнтів полягає в обчисленні середньої геометричної $\tilde{c}_i$ для елементів матриці $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$:

$$\tilde{c}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{1/n} = (\tilde{a}_{i1} \dots \tilde{a}_{in})^{1/n}, \quad i=1, \dots, n, \quad (4.34)$$

а також знаходженні нормалізованих нечітких вагових коефіцієнтів

$$\tilde{r}_i = \tilde{c}_i / \sum_{i=1}^n \tilde{c}_i, \quad i=1, \dots, n. \quad (4.35)$$

Вони утворюють для кожної матриці порівнянь $\tilde{A}$ певний розпливчастий вектор пріоритетів $\tilde{r} = (\tilde{r}_1, \dots, \tilde{r}_n)$.

Крок 4. Обчислення вектора пріоритетів $\tilde{r}_k$, який визначає нечіткі оцінки $\tilde{r}_{ik}$ аналізованих об'єктів з погляду інтегрованого критерію.

Вектор пріоритетів $\tilde{r}_k = (\tilde{r}_{1k}, \dots, \tilde{r}_{nk})$, який визначає оцінки досліджуваних об'єктів $x_1, \dots, x_n$ з погляду інтегрованого критерію K , згідно з методикою МАІ можна одержати множенням матриць, стовпчиками яких є вектори пріоритетів ряду поруч розташованих рівнів ієрархічної структури, відповідно з їх зв'язками.

Нехай розглядається деякий l -й рівень ієрархічної структури, елементи якого перебувають на безпосередньо вищому рівні щодо елементів рівня $l + 1$. Маємо $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{m_l}\}$ на рівні l ;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{m_{l+1}}\}$ на рівні $l + 1$; y_j – j -й елемент l -го рівня; x_i – i -й елемент $(l + 1)$ -го рівня; z – елемент рівня $l - 1$, якому безпосередньо підпорядковані всі елементи множини Y .

Нехай на рівні $l - 1$ маємо певну функцію пріоритетів r_z для відповідних елементів з рівня l :

$$\tilde{r}_z : Y \rightarrow \{\tilde{r}_z(y_i)\}; \quad (4.36)$$

на рівні l маємо функцію пріоритетів для елементів $l + 1$ рівня, які підпорядковані окремим елементам l -го рівня:

$$\tilde{r}_{y_j} : X \rightarrow \{\tilde{r}_{y_j}(x_i)\}, \quad j=1, \dots, m_l. \quad (4.37)$$

Отже, з погляду відповідних елементів рівня $l - 1$ нечіткі вагові оцінки рівня $l + 1$ можна подати за такою формулою:

$$\tilde{r}(x_i) = \sum_{j=1}^{m_l} \tilde{r}_{y_j}(x_i) \cdot \tilde{r}_z(y_j), \quad i=1, \dots, m_{l+1}. \quad (4.38)$$

Якщо позначити через $\tilde{M}_{l+1}$ матрицю з елементами $\{\tilde{m}_{ij} = \tilde{r}_{y_j}(x_i)\}$, то маємо для трирівневої ієрархічної структури згідно $\tilde{r}_x = \tilde{M}_{l+1} \tilde{r}$, де $\tilde{r}_x$ – вектор-стовпчик пріоритетів, що складається з елементів $\tilde{r}(x_i)$, а $\tilde{r}$ – вектор-стовпчик пріоритетів, що складається з елементів $\tilde{r}_z(y_j)$.

Крок 5. Впорядкування досліджуваних об'єктів відносно величини нечітких оцінок $\tilde{r}_{\text{опт}}$.

Умовою правильного впорядкування об'єктів є врахування як величин носіїв, так і їх ступеня належності до нечітких множин $\tilde{r}_{ik}$, $i = 1, \dots, n$. Для цього в модифікованому алгоритмі доцільно використати концепцію максимізуючої множини за Йеном. Максимізуючою множиною є така нечітка множина:

$$\tilde{\pi}(T) = \{(\mu_{\tilde{\pi}}(t))/t\}, \quad t \in T, \quad (4.39)$$

де $\mu_{\tilde{\pi}}(t) = t/t_{\max}$, $t_{\max} = \sup T$, T – множина всіх носіїв, які представляють нечіткі оцінки аналізованих об'єктів $x_1, x_2, \dots, x_n$.

Ступінь належності в максимізуючій множині $\mu_{\tilde{\pi}}(t)$ визначає ступінь близькості кожної величини носія до максимальної величини носія у множині T , тобто в множині всіх носіїв нечітких множин $\tilde{r}_{ik}$, які представляють оцінки об'єктів, що аналізуються з погляду інтегрованого критерію.

У межах кроку 5 виконуються такі етапи:

а) утворення максимізуючої множини;

б) формування для кожного об'єкта $x_1, x_2, \dots, x_n$ нечіткої множини $\tilde{r}'_{iK}$, яка є модифікованою оцінкою $\tilde{r}_{iK}$, тобто

$$\tilde{r}'_{iK} = \{ \mu_{\tilde{r}'_{iK}}(t) / t \}, \quad (4.40)$$

де $\mu_{\tilde{r}'_{iK}} = \mu_{\tilde{r}_{iK}}(t) \wedge \mu_{\pi}(t)$, $i = 1, \dots, n$, $\wedge$ – оператор мінімуму, що відповідає логічній операції «І»;

в) формування нечіткої множини $\tilde{r}_{\text{опт}}$ – такої, що

$$\tilde{r}_{\text{опт}} = \{ \mu_{\tilde{r}_{\text{опт}}}(x_i) / x_i \}, \quad (4.41)$$

$$\mu_{\tilde{r}_{\text{опт}}}(x_i) = \bigvee_t \mu_{\tilde{r}'_{iK}}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (4.42)$$

де $\bigvee$ – оператор максимуму (логічне «або»), застосування якого приводить до того, що кожен об'єкт порівнюватиметься з іншими на підставі максимального ступеня належності в множині $\tilde{r}'_{iK}$, $i = 1, \dots, n$.

У рамках даного етапу залежно від прийнятої системи гіпотез можливі різні модифікації. Зокрема, враховуючи ентропію $(H(x_i), i = 1, \dots, n)$ як міру невизначеності, формування нечіткої множини $\tilde{r}_{\text{опт}}$ можна виконати, якщо замість (4.42) скористатися таким виразом:

$$\mu_{\tilde{r}_{\text{опт}}}(x_i) = \bigvee_t \mu_{\tilde{r}'_{iK}} / (1 + H(x_i)), \quad i = 1, \dots, n. \quad (4.43)$$

Для цього кожному з розпливчастих множин $\tilde{r}'_{iK}$ розподілимо на D_i , $i = 1, \dots, n$ груп. Подібне групування слушно здійснити, зокрема, за принципом близькості у кожній нечіткій підмножині $\tilde{S}_{d_i}$, $d_i = 1, \dots, D_i$, $i = 1, \dots, n$ відповідних значень носіїв.

Тобто якщо $|t_j - t_k| \leq \varepsilon$, то $\tilde{r}'_{iK}, \tilde{r}'_{i'K} \in \tilde{S}_{d_i}$, $d_i = 1, \dots, D_i$, $i = 1, \dots, n$. Тут ε – задане число.

Приймаючи для кожної множини $\tilde{S}_{d_i}$, $d_i = 1, \dots, D_i$, $i = 1, \dots, n$,
 $\mu_{d_i} = \bigvee_i \mu_{\tilde{S}_{d_i}}$,
 одержимо

$$H(x_i) = - \sum_{d_i=1}^{D_i} \hat{\mu}_{d_i} \ln \hat{\mu}_{d_i}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (4.44)$$

де $\hat{\mu}_{d_i} = \mu_{d_i} / \sum_{d_i=1}^{D_i} \mu_{d_i}$, $d_i = 1, \dots, D_i$, $i = 1, \dots, n$;

г) формування нечіткої множини $\tilde{r}'_{\text{опт}}$ через відносну нормалізацію елементів нечіткої множини $\tilde{r}_{\text{опт}}$:

$$\tilde{r}'_{\text{опт}} = \left\{ \mu_{\tilde{r}'_{\text{опт}}} (x_i) / x_i \right\}, \quad (4.45)$$

де $\mu_{\tilde{r}'_{\text{опт}}} (x_i) = \mu_{\tilde{r}_{\text{опт}}} (x_i) / \max_i \mu_{\tilde{r}_{\text{опт}}} (x_i)$, $i = 1, \dots, n$

д) впорядкування досліджуваних об'єктів x_i , $x_i, i = 1, \dots, n$ за величиною ступеня належності у множині $\tilde{r}_{\text{опт}}$ (від більшого значення серед $\mu_{\tilde{r}'_{\text{опт}}} (x_i)$, $i = 1, \dots, n$ до меншого).

Зауважимо, що отримані таким чином результати обчислень справедливі лише в рамках досліджуваної групи об'єктів. За величиною ступеня належності в нечіткій множині $\tilde{r}'_{\text{опт}}$ можна обрати серед досліджуваних об'єктів той, для якого $\mu_{\tilde{r}'_{\text{опт}}} = 1$, а решту розташувати відповідно до спадання величини функції належності $\mu_{\tilde{r}'_{\text{опт}}} (x_i)$, $i = 1, \dots, n$.

Перевагою наведеного підходу є те, що за його допомогою відносно неважко проаналізувати причини отримання тих чи інших оцінок, використовуючи сформовану на кроці 1 ієрархічну структуру, аналізуючи (змінюючи), у разі необхідності, відповідні матриці якісних попарних порівнянь, верифікуючи вихідні судження.

Наведений алгоритм, який названо розпливчастим методом аналізу ієрархій (РМАІ), – ефективний при розв'язуванні проблем прийняття рішень з урахуванням ризику, які вимагають багатовимірних порівнянь, та коли складно чи неможливо одержати необхідні кількісні дані або процес здобуття кількісних даних потребує багато часу і зусиль, коштів, а натомість є можливість відносно просто дістати вербальні дані.

РМАІ допускає ряд модифікацій залежно від прийнятої раціональної системи гіпотез, різних, адекватних ситуації, правил пе-

реходу від лінгвістичного опису альтернатив до розпливчастого (девербалізації) тощо.

4.3 Теорія гри

Правила прийняття рішень за умов невизначеності, конфліктності і зумовленого ними ризику базуються на різних концепціях. Найвідомішою, достатньо дослідженою й широко застосовуваною в теорії і на практиці є концепція теорії гри і статистичних рішень.

Теорія гри – розділ сучасної математики, в якому вивчаються математичні моделі прийняття рішень за умов невизначеності, конфліктності, тобто в ситуаціях, коли інтереси сторін або протилежні або не збігаються, хоча й не є протилежними. Засновниками теорії гри є американські вчені *Джон (Януш) фон Нейман* (1903–1957) та *Оскар Моргенштерн* (1902–1977). У другій половині 40-х років XX ст. вони спробували за допомогою математики описати характерні для ринкової економіки явища конкуренції як деяку гру.

Гра – формалізований опис конфліктної ситуації, що містить чітко визначені правила дій її учасників, які намагаються отримати певну перемогу через вибір конкретної (в певному розумінні найкращої) стратегії поведінки. СПР називається *гравцем*, а цільова функція – *платіжною функцією*. У грі можуть брати участь кілька гравців, причому деякі з них можуть вступати між собою в постійні або тимчасові коаліції. Кожен гравець приймає такі рішення, тобто вибирає таку стратегію поведінки, яка максимізує виграш або мінімізує програш. При цьому він не знає, яких стратегій дотримуватимуться решта гравців. Таким чином, кожен гравець приймає свої рішення за невизначеності, а результат обраної ним стратегії залежить від поведінки всіх учасників гри.

Для дослідження статистичних моделей за умов невизначеності, конфліктності та породженого ними ризику використовують схему гри з економічним середовищем, складовими якої є:

а) *перший гравець* – СПР, вибір стратегії поведінки якого базується на множині $S = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ взаємовиключаючих рішень (чистих стратегій), одне з яких необхідно прийняти;

б) *другий гравець* – економічне середовище, яке може перебувати в одному з n взаємовиключаючих станів θ_j , що утворюють множину сценаріїв $\Theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$, один з яких обов'язково настане;

в) відсутність у СПР апріорної інформації про те, в якому зі своїх станів перебуватиме економічне середовище (яке рішення прийме другий гравець);

г) точне знання СПР функціоналу оцінювання (матриці) $F = (f_{kj} : k = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$, елемент якого f_{kj} є кількісною оцінкою ефективності результату у разі вибору ним стратегії s_k при реалізації стану економічного середовища θ_j ($k = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$).

Запропонована схема моделювання процесу прийняття раціонального рішення припускає таку інтерпретацію: другий гравець парної гри замінюється випадковим вибором або неусвідомлено приймаючим рішення економічним середовищем, а ситуація прийняття рішення характеризується функціоналом оцінювання F , який називають також *матрицею гри*, або *платіжною матрицею*.

Формально ситуація прийняття рішення згідно із теоретико-ігровою концепцією описується трійкою множин: $\{S; \Theta; F\}$. Цікавою з практичного погляду є змішана ігрова модель, коли множина стратегій суб'єкта керування S є дискретною і може набувати скінченної кількості варіантів, а множина станів економічного середовища Θ – неперервною. У такому разі ситуація прийняття рішень характеризується сукупністю функцій:

$$F = (f(s_k; \theta) = f_k(\theta) : \theta \in \Theta; s_k \in S, k = 1, \dots, m) = (f_1(\theta); \dots, f_m(\theta)). \quad (4.46)$$

Під *інформаційною ситуацією* (ІС) розуміють певний ступінь градації невизначеності щодо перебування економічного середовища в одному зі своїх можливих станів у момент прийняття СПР рішення. *Класифікатор інформаційних ситуацій*, що характеризують поведінку економічного середовища при «виборі» свого стану в процесі прийняття рішення, можна побудувати таким чином:

I_1 – *перша ІС* – характеризується заданим розподілом апріорних ймовірностей станів економічного середовища, тобто вважається, що відомі компоненти вектора $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$, де q_j – ймовірність реалізації j -го сценарію ($j = 1, \dots, n$). З погляду теорії ймовірності повинні виконуватись такі умови:

$$\sum_{j=1}^n q_j = 1; \quad (4.47)$$

$$q_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n; \quad (4.48)$$

I_2 – друга ІС – характеризується заданим розподілом апіорних ймовірностей різних станів економічного середовища з точністю до невідомих параметрів, що характеризують цей закон розподілу, і при цьому виконуються співвідношення (4.47) та (4.48);

I_3 – третя ІС – характеризується деякою сукупністю обмежень щодо ймовірностей q_j ($j = 1, \dots, n$) станів економічного середовища, у т. ч. співвідношеннями (4.47) та (4.48);

I_4 – четверта ІС – характеризується, з одного боку, невідомим розподілом апіорних ймовірностей різних станів економічного середовища за умови, що невідомі ймовірності сценаріїв q_j ($j = 1, \dots, n$) задовольняють співвідношення (4.47) та (4.48), а з іншого боку, – відсутністю активної протидії економічного середовища цілям суб'єкта управління;

I_5 – п'ята ІС – характеризується абсолютно протилежними інтересами СПР та економічного середовища (або несхильністю СПР до ризику). При цьому економічне середовище є активним противником гравцю. У даному випадку статистична гра стає за своєю суттю парною матричною грою з нульовою сумою;

I_6 – шоста ІС – характеризується як проміжна між I_1 та I_5 при виборі економічним середовищем своїх станів, коли одночасно з наявністю певної інформації щодо розподілу Q апіорних ймовірностей q_j ($j = 1, \dots, n$) економічне середовище не є пасивним. При цьому існуючі протиріччя між інтересами СПР та економічним середовищем не обов'язково мають повністю антагоністичний характер;

I_7 – сьома ІС – характеризується нечіткою множиною станів економічного середовища.

Слід звернути увагу на те, що в дійсності множину всіх можливих сценаріїв практично неможливо побудувати, а тому рівність (4.47) необхідно було би замінити нерівністю:

$$\sum_{j=1}^n q_j \leq 1. \quad (4.49)$$

Але наявність наведеної умови пов'язана з певними ускладненнями використання апарату теорії гри. Окрім того, більшість методів оцінювання ймовірностей q_j ($j = 1, \dots, n$) сценаріїв забезпечують виконання рівності (4.47).

Кожній інформаційній ситуації відповідає також свій набір критеріїв прийняття рішення. Під *критерієм прийняття рішення* розуміють певний показник економічної ефективності й алгоритм, який дозволяє з множини рішень $S = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ для фіксованого функціонала оцінювання F у полі конкретної інформаційної ситуації вибрати єдине оптимальне рішення $s_{k_0} \in S$ (чи множину оптимальних рішень $S^* \subset S$).

У випадку існування множини $S^* \subset S$, рішення, що її складають, називаються *еквівалентними згідно з обраним критерієм оптимальності*. Пошук оптимальних рішень часто пов'язаний з використанням багатокритеріальних та багатоцільових методів і моделей.

Визначення функціонала оцінювання (платіжної матриці) у формі $F = F^+$, як правило, використовують для оптимізації таких категорій, як виграш, корисність, ефективність, прибуток. У формі $F = F^-$ платіжна матриця застосовується для оптимізації категорій програш, затрати, збитки.

Функція ризику визначається як лінійне перетворення елементів функціонала оцінювання $F = \{f_{kj}\}$ до відносних одиниць вимірювання. Елементи матриці ризику $Z = \{z_{kj}\}$ знаходять за однією з двох формул:

а) якщо $F = F^+$, то

$$z_{kj}^- = \beta_j^{\max} - f_{kj}^+, \quad k=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n, \quad (4.50)$$

де $\beta_j^{\max} = \max_{x_k \in X} f_{kj}^+$;

б) якщо $F = F^-$, то

$$z_{kj}^- = f_{kj}^- - \beta_j^{\min}, \quad k=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n, \quad (4.51)$$

де $\beta_j^{\min} = \min_{x_k \in X} f_{kj}^-$.

Очевидно, що матриця ризику має негативний інгредієнт $Z = Z^- = \{z_{kj}^-\}$.

Таким чином, величина елемента z_{kj}^- вказує на збитки (невикористані можливості), які може отримати СПР у разі вибору ним k -ї стратегії s_k в умовах j -го стану економічного середовища θ_j , порівняно з результатом, який отримав би СПР при виборі найвигіднішої для нього стратегії в умовах цього ж стану θ_j . Тобто матриця ризику показує, на скільки вигідно реалізуються вибраною чистою стратегією існуючі можливості досягнення успіху за наявності ризику. Тому матрицю ризику називають також *матрицею невикористаних можливостей*.

Чистою стратегією гравця називається сукупність рекомендацій щодо ведення гри від початку до її завершення. Гра називається *скінченою*, якщо в кожного гравця є скінчена кількість стратегій. У протилежному випадку гра є нескінченною.

Нехай гра є скінченою, а результати рішень, що можуть прийматись гравцями, можливо виразити в грошовому еквіваленті. Тобто для кожної комбінації вибраних гравцями чистих стратегій існує відповідна величина платежу. У разі парної гри ці платежі зручно подавати у вигляді платіжної матриці. Розв'язання гри полягає в знаходженні чистих стратегій для кожного гравця, які б максимізували виграш переможця та одночасно мінімізували б програш переможеного.

Однією із задач теорії гри є виявлення можливості певної рівноваги, що називається *компромісом*, яка найбільшою мірою задовольняє всіх учасників. Досить досконалою в плані пошуку компромісного рішення слід визнати теорію гри двох осіб з нульовою сумою. У таких іграх, аналізуючи платіжну матрицю виграшів першого гравця, іноді можна знайти оптимальні чисті стратегії обох гравців.

Нехай відома матриця платежів $F = \{f_{kj} : k=1, \dots, m; j=1, \dots, n\}$ парної гри з нульовою сумою, де елемент платіжної матриці f_{kj} – це виграш першого гравця, тобто сума, яку йому платить другий гравець у випадку використання першим гравцем своєї чистої стратегії $s_k \in S$, а другим гравцем – своєї чистої стратегії $\theta_j \in \Theta$ ($k=1, \dots, m; j=1, \dots, n$).

Розв'язати гру – знайти оптимальну стратегію для кожного гравця. Стратегію першого гравця називають оптимальною, якщо

за її багаторазового застосування виграш (програш) першого гравця не зменшується, які б стратегії не застосовував супротивник.

Для першого гравця $F = F^+$, тому платіжну матрицю виграшів він аналізує з позиції максимізації гарантованого виграшу, а саме: для кожної своєї чистої стратегії s_k ($k = 1, \dots, m$) визначає мінімальне значення виграшу:

$$a_k^+ = \min_{\theta_j \in \Theta} f_{kj}^+, \quad k = 1, \dots, m, \quad (4.52)$$

і знаходить чисту стратегію s_{k_0} , для якої

$$a_{k_0}^+ = a^+ = \max_{s_k \in S} a_k^+ = \max_{s_k \in S} \min_{\theta_j \in \Theta} f_{kj}^+. \quad (4.53)$$

Число a^+ називається *нижньою ціною гри*, або *максиміном*, а відповідна чиста стратегія s_{k_0} першого гравця називається *максимінною*.

Другий гравець ставить за мету мінімізацію свого гарантованого програшу. Для нього $F = F^-$, а тому для кожної чистої стратегії θ_j він визначає величину максимального програшу:

$$\beta_j^- = \max_{s_k \in S} f_{kj}^-, \quad j = 1, \dots, n, \quad (4.54)$$

а потім знаходить таку чисту стратегію θ_{j_0} , що

$$\beta_{j_0}^- = \beta^- = \min_{\theta_j \in \Theta} \beta_j^- = \min_{\theta_j \in \Theta} \max_{s_k \in S} f_{kj}^-. \quad (4.55)$$

Число β^- називається *верхньою ціною гри*, або *мінімаксом*, а відповідна чиста стратегія θ_{j_0} другого гравця називається *мінімаксною*.

Мінімаксні чисті стратегії s_{k_0} та θ_{j_0} є стійкими, тобто утворюють оптимальну пару стратегій у тому разі, коли нижня ціна гри дорівнює верхній. Тоді платіжна матриця F містить елемент $f_{k_0 j_0}$, що задовольняє умові:

$$f_{k_0 j_0} = a^+ = \beta^-. \quad (4.56)$$

Даний елемент є мінімальним у k_0 -му рядку та максимальним у j_0 -му стовпчику, називається *сідловою точкою матриці F* , величина

$$V^* = a^+ = \beta^- = f_{k_0 j_0} \quad (4.57)$$

чистою ціною гри, а сама гра – *грою із сідловою точкою*.

Таким чином, якщо гра має сідлову точку, то чисті стратегії s_{k_0} та θ_{j_0} є оптимальними і тоді сукупність стратегій s_{k_0} , θ_{j_0} та ціна гри $V^* = a^+ = \beta^-$ утворюють *розв’язок гри*. Розв’язок гри має таку властивість: якщо один з гравців дотримується своєї оптимальної стратегії, то відхилятися від своєї оптимальної стратегії для другого гравця невигідно.

У загальному випадку значення ціни гри задовольняє умову:

$$a^+ \leq V \leq \beta^-, \quad (4.58)$$

що має місце у випадках, коли гра не має сідлової точки, а міні-максні чисті стратегії – неоптимальні. Це означає, що знаходження розв’язку гри у чистих стратегіях стає неможливим і кожна із сторін може поліпшити свій стан багаторазовим випадковим вибором своїх певних чистих стратегій з деяких підмножин (що належать множинам альтернативних чистих стратегій). Такі стратегії називаються *змішаними*.

Методи пошуку оптимальних розв’язків гри базуються на таких положеннях:

а) кожна скінчена гра двох осіб з нульовою сумою має принаймні один (оптимальний) розв’язок, можливо у змішаних стратегіях;

б) якщо один з гравців застосовує свою оптимальну змішану стратегію, то його виграш дорівнює ціні гри незалежно від того, з якими ймовірностями (відносними частотами) другий гравець використовуватиме стратегії, що увійшли в його оптимальну змішану стратегію.

Ці положення у вигляді теореми були сформульовані Джоном фон Нейманом та Оскаром Моргенштерном, вони довели основну теорему теорії гри (теорема про мінімакс). Згідно з цією теоремою:

$$\min_{P \in \Delta_P} \max_{Q \in \Delta_Q} \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_{kj} p_k q_j = V^*, \quad (4.59)$$

$$\Delta_P = \{P = (p_1, \dots, p_m) : \sum p_k = 1, p_k \geq 0, k = 1, \dots, m\}; \quad (4.60)$$

$$\Delta_Q = \{Q = (q_1, \dots, q_n) : \sum q_j = 1, q_j \geq 0, j = 1, \dots, n\}; \quad (4.61)$$

$$V^* = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_{kj} p_k^* q_j^*; \quad (4.62)$$

$$\sum_{k=1}^m p_k^* = 1; p_k^* \geq 0; k = 1, 2, \dots, m; \quad (4.63)$$

$$\sum_{j=1}^n q_j^* = 1; q_j^* \geq 0; j = 1, 2, \dots, n; \quad (4.64)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_{kj} p_k^* q_j^* \leq V^* \leq \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_{kj} p_k q_j. \quad (4.65)$$

Вважатимемо, що k -й рядок матриці платежів F визначає дискретну випадкову величину (БВ) F_k (вектор оцінювання), що має такий закон розподілу:

F_k	f_{k1}	f_{k2}	$\dots$	f_{kn}
Q	q_1	q_2	$\dots$	q_n

Тобто вектор оцінювання F_k характеризується використанням СПР своєї k -ї чистої стратегії. У свою чергу, стовпчики матриці платежів F складають значення оцінок ефективності всіх чистих стратегій СПР за реалізації відповідного сценарію, а тому вважаємо, що j -й стовпчик F_{θ_j} функціонала оцінювання F характеризує «використання» економічним середовищем (другим гравцем) свого j -го стану θ_j (j -ї чистої стратегії).

При виборі СПР оптимального рішення або множини еквівалентних оптимальних рішень можуть використовуватись різні критерії прийняття рішень у полі основних інформаційних ситуацій.

Перша інформаційна ситуація є поширеною в більшості практичних задач прийняття рішень за умов ризику. Розглянемо деякі з основних критеріїв прийняття рішень у полі першої ІС.

Критерій Байєса та його модифікації

Сутність критерію Байєса полягає у порівнянні між собою математичних сподівань ВВ, що задаються векторами оцінювання F_k , які ідентифікують відповідні рішення (чисті стратегії). Згідно з критерієм Байєса оптимальне рішення s_{k_0} у випадку, коли $F = F^+$, визначається умовою:

$$s_{k_0} : B^+(s_{k_0}; Q) = \max_{k=1, \dots, m} B^+(s_k; Q). \quad (4.66)$$

Байєсівська оцінка рішення (чистої стратегії) s_k СПР

$$B^+(s_k; Q) = \sum_{j=1}^n q_j f_{kj}^+ = M(F_k^+) = m_k^+, \quad k = 1, \dots, m. \quad (4.67)$$

Порядковий номер оптимального рішення СПР:

$$k_0 = \arg \max_{k=1, \dots, m} B^+(s_k; Q). \quad (4.68)$$

Якщо функціонал оцінювання має негативний інгредієнт ($F = F^-$), тобто відображає ризики, збитки, непередбачені виплати тощо, то величину

$$B^-(s_k; Q) = \sum_{j=1}^n q_j f_{kj}^- = M(F_k^-) = m_k^-, \quad k = 1, \dots, m \quad (4.69)$$

називають *байєсівським ризиком рішення* $s_k \in S$ СПР. Оптимальне рішення визначається умовою:

$$s_{k_0} : B^-(s_{k_0}; Q) = \min_{k=1, \dots, m} B^-(s_k; Q), \quad (4.70)$$

а його порядковий номер

$$k_0 = \arg \min_{k=1, \dots, m} B^-(s_k; Q). \quad (4.71)$$

При використанні критеріїв (4.69) чи (4.70) необхідно звернути увагу на таке *застереження*: рішення можна вважати оптимальним лише в тому випадку, коли у СПР є підстави усі елементи функціонала оцінювання F віднести до зони допустимого ризику. Якщо це не так, то використання критерію Байєса *некоректне*, оскільки він не враховує варіацію. У цьому випадку для

прийняття рішень ризик доцільно розглянути як векторну величину, компонентами якої є величина допустимого, критичного та катастрофічного ризику тощо.

Дослідження показують, що навіть у випадку *сприятливої* (щодо СПР) ситуації рішення, прийняте лише на основі критерію Байєса, неадекватне, тобто воно не враховує всі аспекти реальної ситуації. Тому оцінки, отримані згідно з цим критерієм, часто використовуються як складові більш складних критеріїв, що враховують розкид значень функціонала оцінювання на множині сценаріїв. До останніх належить такий критерій:

$$s_{k_0} : U^+(s_{k_0}; Q; \lambda(\gamma)) = \max_{k=1, \dots, m} U^+(s_k; Q; \lambda(\gamma)), \quad (4.72)$$

де $U^+(s_k; Q; \lambda(\gamma)) = B^+(s_k; Q) - \lambda(\gamma) R_{yz}^-(s_k; Q)$; коефіцієнт $\lambda(\gamma) \geq 0$ і вибирається на основі заданого СПР рівня надійності $\gamma \in [0; 1]$; $R_{yz}^-(s_k; Q)$ – оцінка ризику (середньоквадратичне чи семіквадратичне відхилення).

Якщо від функціонала оцінювання $F = F^+$ перейти до матриці невикористаних можливостей (матриці ризиків) $Z = Z^-$, то вибір оптимального рішення (стратегії) можна здійснювати аналогічно. При цьому слід скористатись критерієм (4.70), де

$$B^-(s_k; Q) = \sum_{j=1}^n q_j z_{kj}^-. \quad (4.73)$$

Критерії варіації значень елементів функціонала оцінювання

Кожній чистій стратегії s_k СПР можна поставити у відповідність величину ризику у вигляді міри мінливості елементів f_{kj} вектора оцінювання F_k відносно центра групування елементів цього вектора. Позначимо центр групування значень $BB F_k$ через $A_k = A(F_k, Q)$. Тоді як центр групування можна використовувати: математичне сподівання, зважене середньогеометричне, моду, медіану.

Центр групування можна визначити і для сукупності елементів f_{kj} ($k = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$), що є складовими функціонала оцінювання F (для сукупності $BB F_k, k = 1, \dots, m$). Якщо зазначений центр групу-

вання позначити через $A_F = A(F_1, \dots, F_m)$, то для його визначення можна скористатися такими формулами:

$$\text{а) } A = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m B_k, \text{ тобто середньоарифметичне щодо оцінок}$$

Байєса чистих стратегій СПР;

$$\text{б) } A_F^+ = \max_{k=1, \dots, m} A_k^+, \text{ якщо } F = F^+;$$

$$\text{в) } A_F^- = \min_{k=1, \dots, m} A_k^-, \text{ якщо } F = F^-;$$

г) $A_F = V^*$, тобто ціну гри для парної гри з нульовою сумою, що визначається функціоналом оцінювання $F^\pm$, тощо.

В описаних ситуаціях оптимальну чисту стратегію можна вибирати, виходячи з умови мінімальної міри мінливості елементів векторів оцінювання відносно відповідних центрів групування:

$$s_{k_0} : D_A(s_{k_0}; Q) = \min_{k=1, \dots, m} D_A(s_k; Q). \quad (4.74)$$

При цьому порядковий номер оптимальної стратегії визначається функцією

$$k_0 = \arg \min_{k=1, \dots, m} D_A(s_k; Q), \quad (4.75)$$

а величина $D_A(s_k; Q)$, $k = 1, \dots, m$, обчислюється за формулою:

$$\begin{aligned} D_A(s_k; Q) &= \sum_{j=1}^n q_j (f_{kj} - A_k)^2 = \sum_{j=1}^n q_j (f_{kj} - B_k)^2 + (B_k - A_k)^2 = \\ &= D(s_k; Q) + (B_k - A_k)^2, \end{aligned} \quad (4.76)$$

або ж за використання центра групування всіх елементів функціонала оцінювання F за формулою:

$$\tilde{D}(s_k; Q) = \sum_{j=1}^n q_j (f_{kj} - A_F)^2 = D(s_k; Q) + (B_k - A_F)^2. \quad (4.77)$$

Слід зазначити, що одним з недоліків цього критерію є те, що він не враховує структуру матриці платежів F .

У випадку, коли $F = F^+$, для вибору оптимальної чистої стратегії можна скористатись критеріями, що базуються на оцінках ризику у відносному вираженні:

$$s_{k_0} : CV(s_{k_0}; Q) = \min_{k=1, \dots, m} \frac{R_{yz}^-(F_k, Q)}{A^+(F_k; Q) - A_0}, \quad (4.78)$$

де A_0 – фіксоване значення економічного показника, на основі якого будується функціонал оцінювання F . Порядковий номер оптимальної чистої стратегії:

$$k_0 = \arg \min_{k=1, \dots, m} CV(s_k; Q). \quad (4.79)$$

Вибір оптимальної чистої стратегії у разі, коли $F = F^\pm$ можна здійснити і на основі низки критеріїв, що носять об'єктивно-суб'єктивний характер, зокрема:

$$s_{k_0} : K^\pm(s_{k_0}; Q; \lambda) = \underset{k=1, \dots, m}{opt} K^\pm(s_k; Q; \lambda). \quad (4.80)$$

Тут операція «*opt*» відповідає знаходженню максимального значення, якщо критерій має позитивний інгредієнт, і мінімального – якщо інгредієнт негативний. Критерій ефективності чистої стратегії s_k задається формулою:

$$K^\pm(s_k; Q; \lambda) = (1 - \lambda)A^\pm(F_k; Q) \mp \lambda R_{yz}^\pm(F_k; Q), \quad (4.81)$$

де параметр λ – коефіцієнт неохочості до ризику, що відображає в числовій формі ставлення до ризику і задається СПР, $\lambda \in [0; 1]$.

Проблема прийняття рішень в економіці виникає через дві принципи обставини: багатоваріантність економічних рішень, цілеспрямованість економічних систем і зумовлений цим ризик. Множина альтернативних варіантів рішень визначається наявними можливостями економічного розвитку; вибір з цієї множини диктується цілями певної економічної системи. Рішення, що приймається, являє собою результат сумісного розгляду цілей та можливостей і їх узгодження.

Скориставшись раніше введеною термінологією, ситуацію прийняття багатоцільових багатокритеріальних рішень на базі теоретико-ігрового підходу можна трактувати як сукупність трьох множин $\{S; \Theta; F\}$, де $F = \{F^1; \dots; F^N\}$ – множина всіх цільових функціоналів оцінювання. Між частковими цілями, представленими як компоненти множини F , існують різного роду зв'язки. Зокрема, зв'язок між цілями виникає завдяки тому, що вони висувають вимоги до одних і тих же варіантів допустимих рішень (стратегій).

Такі зв'язки опосередковані через обмеження, на основі яких формується множина S , і умовно їх можна назвати *внутрішніми*.

У свою чергу *зовнішні* зв'язки відображають порівняльну важливість цілей, їх нагальність, взаємозамінність тощо. Ці зв'язки зумовлені структурою системи цілей, об'єктивно існуючими відношеннями між її елементами. Зовнішні зв'язки опосередковані досить складними соціально-економічними взаємодіями, носять суперечливий характер, і тому важко піддаються як концептуальному, так і операційному економіко-математичному опису. Незважаючи на те, що такі зв'язки являють собою найважливіші реалії щодо задачі прийняття багатоцільових багатокритеріальних рішень, вони не відображені в множині F і, значить, залишилися за межами моделі $\{S; \Theta; F\}$.

Специфічною для багатоцільових багатокритеріальних задач є проблема досягнення компромісу між частковими цілями або, інакше кажучи, *узгодженості* цих цілей. Така узгодженість вимагає «домірності» різних елементів системи цілей, їх зіставності, що неможливо без скрупульозного урахування всієї сукупності зв'язків між ними – як внутрішніх, так і зовнішніх, а можливо і введення певної метацилі.

Отже, можна констатувати, що множина цільових функціоналів $F = (F^l, l=1, \dots, N)$, навіть якщо її компоненти поставлені у відповідність до всіх складових системи цілей, не є її еквівалентом і повинна посилитись додатковою інформацією. Як таку додаткову інформацію надалі будемо використовувати систему пріоритетів функціоналів оцінювання, що подається у вигляді вектора вагових коефіцієнтів пріоритету:

$$U^F = (u_1^F; \dots; u_N^F), \quad (4.82)$$

$$\text{де } \sum_{l=1}^N u_l^F = 1.$$

Таким чином, ігрову модель прийняття багатоцільових багатокритеріальних рішень у найбільш загальному вигляді слід розглядати як сукупність чотирьох множин: $\{S; \Theta; F; U^F\}$.

Для спрощення викладок вважатимемо, що всі матриці F^l ($l=1, \dots, N$) за фіксованої кількості рядків (рівній m) мають однакову кількість стовпчиків, тобто $n_1 = n_2 = \dots = n_N = n$.

Нехай аналітиками ідентифіковані ІС, в полі яких необхідно приймати рішення, а також визначені локальні критерії якості стратегій, що відповідають цим ІС. Тоді для кожного цільового функціонала оцінювання F^l будемо куб інформації $K^l = (a_{ki}^l : k=1, \dots, m; i=1, \dots, n; t=1, \dots, T)$, $l=1, \dots, N$, елементами якого є оцінки чистих стратегій s_k для кожного стану економічного середовища θ_i згідно з t -м критерієм якості на основі функціонала оцінювання F^l . Для чистої стратегії s_k через вертикальний перетин кубів інформації K^l , $l=1, \dots, N$ отримуємо N інформаційних матриць $K^l(s_k)$, які, у свою чергу, об'єднуємо в куб інформації щодо стратегії s_k . Цей куб позначимо через $KK(s_k)$, $k=1, \dots, m$.

Для змішаної стратегії s_p куб інформації будемо за формулою:

$$KK_p = \sum_{k=1}^m p_k \cdot KK(s_k). \quad (4.83)$$

З урахуванням пріоритету функціоналів оцінювання, що задається вектором вагових коефіцієнтів $U^F = (u_l^F, l=1, \dots, N)$ застосовуючи методику Хеммінга, визначимо відстань між кубами інформації стосовно чистої стратегії s_k і змішаної стратегії s_p за формулою:

$$d_{Pk} = \sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T u_l^F \cdot u_t^{IE} \cdot q_i |a_{ki}^l - a_{pi}^l|, \quad (4.84)$$

де $U^{IE} = (u_t^{IE}, t=1, \dots, T)$ – вектор вагових коефіцієнтів пріоритету за врахування як пріоритету ІС, так і пріоритету локальних критеріїв якості стратегій.

Тоді математична модель принципу оптимальності для багаточільової багатокритеріальної задачі має вигляд:

$$s_{k_0} : d_{Pk_0} = \min_{s_k \in S} d_{Pk} = \min_{s_k \in S} \sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T u_l^F \cdot u_t^{IE} \cdot q_i |a_{ki}^l - a_{pi}^l|. \quad (4.85)$$

Якщо ж для оцінювання відстані між кубами інформації враховуються лише несприятливі для СПР відхилення, то принцип оптимальності набуде вигляду:

$$s_{k_0} : \min_{s_k \in S} \sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \alpha_{it}^l u_l^F \cdot u_t^{IE} \cdot q_i \left| a_{ki}^{lt} - a_{pi}^{lt} \right|, \quad (4.86)$$

де α_{it}^l – індикатор несприятливого відхилення.

4.4 Ігровий розпливчастий метод аналізу ієрархій

Теоретико-ігрова модель є досить ефективною для використання її в даному випадку. Ситуація прийняття рішень згідно з концепцією теорії гри характеризується множиною:

$$\{S, \Theta, F\}, \quad (4.87)$$

де $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ – множина альтернативних стратегій суб'єкта управління; $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ – множина сценаріїв (станів) економічного середовища, яке може перебувати лише в одному з цих станів $\theta_j \in \Theta$; $F = \{f_{kj} = f(x_k, \theta_j)\}$ – функціонал оцінювання, визначений на $S \cdot \Theta$.

У розгорнутій формі ситуація прийняття рішень характеризується матрицею, елементами якої є величини $f_{kj} = \mu_{kj}$ – значення оцінок функції належності стратегії $s_k \in S$ за умови, що середовище перебуватиме в стані $\theta_j \in \Theta$.

Якщо скористатися РМАІ, то можна одержати відповідні оцінки функції належності для кожної стратегії $s_k \in S$ та для кожного сценарію $\theta_j \in \Theta$, тобто побудувати функціонал оцінювання:

$$\mu = \begin{pmatrix} & \theta_1 & \theta_2 & \dots & \theta_n \\ x_1 & \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{1n} \\ x_2 & \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_m & \mu_{m1} & \mu_{m2} & \dots & \mu_{mn} \end{pmatrix}. \quad (4.88)$$

Необхідно зазначити, що коли для всіх виділених сценаріїв θ_j , $j=1, \dots, n$ існує домінуюча стратегія $s_{k_0} \in S$, тобто така, для

якої для всіх $j = 1, \dots, n$ справедливо $\mu_{k_0j} = 1$, то її необхідно обрати, оскільки вона забезпечить мінімальний ризик.

Існує підхід, який забезпечує безризикову стратегію. Це – принцип максиміна (гарантованого результату), який одержують завдяки критерію Вальда для п'ятої ІС. Але цей підхід надзвичайно консервативний, ним користуються у випадках, коли необхідна абсолютна гарантія, що пов'язана з відповідним рішенням.

Отже, за допомогою РМАІ можна провести попарне зіставлення на вербальному рівні всіх виділених сценаріїв, використавши для вербалізації порядкові шкали з відповідними нечіткими оцінками, в результаті чого нескладно одержати відповідні суб'єктивні ймовірності кожного зі сценаріїв.

Рациональним є застосування РМАІ, коли при використанні теоретико-ігрової концепції прийняття рішення вибір стратегії відбувається на підставі кількох критеріїв стосовно оцінки та моделювання ризику. Тож є сенс будувати ієрархію цілей. Головна з них виступає як інтегрована оцінка ризику. На безпосередньо нижчому рівні ієрархії як підцілі виступають інформаційні ситуації з множини I_i , $I_i, i = 1, \dots, 7$, пов'язані з відповідними гіпотезами щодо рівня невизначеності множини станів економічного середовища, і обрані для аналізу і попарного порівняння. На ще нижчому рівні ієрархії обираються окремі критерії (чи класи критеріїв) кількісної оцінки ризику, які є характерними для відповідної ІС щодо множини сценаріїв (станів економічного середовища) тощо.

ІРМАІ можна подати такою послідовністю основних його кроків.

Крок 1. Формування множини альтернативних об'єктів (проектів стратегій) S .

Крок 2. Формування множини сценаріїв (множини взаємовиключних станів економічного середовища) Θ .

Крок 3. Формування багаторівневої ієрархічної структури, яка містить інтегрований критерій, часткові критерії та стратегії, з яких необхідно вибрати найкращий з урахуванням ризику.

Крок 4. Побудова для кожного сценарію матриць попарних порівнянь з вербальними оцінками для елементів, які знаходяться на окремих рівнях ієрархії.

Крок 5. Обчислення для кожного сценарію значень розпливчастих вагових коефіцієнтів кожного з елементів ієрархічної структури з погляду елемента, який знаходиться на безпосередньо вищому рівні ієрархії.

Крок 6. Обчислення для кожного сценарію розпливчастого вектора пріоритетів, який визначає нечіткі оцінки з погляду інтегрованого критерію всіх розглядуваних стратегій.

Крок 7. Впорядкування для кожного сценарію досліджуваних об'єктів за величиною ступеня функції належності в множині нечітких оцінок та побудова функціонала оцінювання.

Крок 8. Визначення суб'єктивної ймовірності для кожного з альтернативних сценаріїв.

Крок 9. Визначення підмножини ІС (з множини I_i , $I_i, i=1, \dots, 7$), які характеризують стратегію поведінки економічного середовища.

Крок 10. Вибір критерію прийняття рішення на підставі теоретико-ігрової моделі чи формування для оцінки ризику багатокритеріальної багаторівневої ієрархічної структури.

Крок 11. Побудова матриць порівнянь з нечіткими оцінками для елементів, які розташовані на окремих рівнях ієрархії.

Крок 12. Обчислення значень нечітких вагових коефіцієнтів кожного з елементів ієрархічної структури з погляду елемента, який знаходиться на безпосередньо вищому рівні ієрархії.

Крок 13. Обчислення вектора пріоритетів, який визначає з погляду інтегрованого критерію нечіткі оцінки стосовно об'єктів, що аналізуються.

Крок 14. Упорядкування та вибір оптимального рішення.

Кроки 11–13 виконуються лише в тому разі, коли на підставі теоретико-ігрової моделі рішення приймаються не за одним, а за багатьма критеріями ступеня ризику.

Наявність ефективного програмно-методичного комплексу для виконання відповідних розрахунків із запропонованим алгоритмом ІРМАІ дозволяє періодично здійснювати аналіз обраного рішення на підставі моніторингу, з урахуванням нової інформації, адаптувати рішення щодо нової, як зовнішньої, так і внутрішньої, ситуації у фірмі, зробити процес прийняття (та адаптації) рішень менш волюнтаристським та більш обґрунтованим. Метод зручний тим,

що дозволяє залучити кінцевого користувача до ефективного діалогу. IPMAI припускає ряд модифікацій, які будуються відповідно до ситуації, обраної системи гіпотез, способів шкалювання та представлення нечітких множин тощо. Користуючись цим методом, зручно будувати відповідну експертну систему, яка поєднає можливості широкого використання різних джерел інформації, зокрема може йтися про нечітку вербальну інформацію. До складу такої системи входять відповідні бази: знань, даних, моделей.

4.5 Програмне забезпечення управління ризиками

Microsoft Office Project – система управління проектами фірми Microsoft, популярна завдяки поєднанню простоти використання, дружнього інтерфейсу і найнеобхідніших інструментів для управління проектами, розрахованих передусім на користувачів, які не є професіоналами в сфері управління проектами.

Microsoft Project дозволяє виконувати PERT-аналіз проекту та визначати оцінку тривалості проекту, ґрунтуючись на песимістичній, оптимістичній та найбільш вірогідній оцінках.

Розділ управління ризиками Microsoft Project дозволяє визначати, аналізувати ризики проектів та планувати заходи з їх мінімізації. Для реєстрації даних про ризики з метою аналізу впливу ризиків на проект після того, як виявлені потенційні ризики, можна використати Microsoft Office Project Web Access.

Російська розробка **Spider Project** відрізняється потужними алгоритмами планування обмежених ресурсів і великою кількістю додаткових функцій.

Аналіз ризиків базується на аналізі 3 оцінок строків та витрат проекту – оптимістичної, очікуваної (найбільш ймовірної) та песимістичної. Кожній оцінці параметрів проекту відповідає окрема версія проекту. Для виконання аналізу ризиків у діалоговому вікні аналізу ризиків необхідно обрати версії проектів, які відповідають оптимістичним, очікуваним та песимістичним оцінкам, а також задати ймовірність своєчасного виконання проекту та ймовірність дотримання запланованих витрат. Приклад виконання аналізу ризиків за допомогою Spider Project наведено на рис. 4.3.

На основі введеної інформації програма визначає критичні дати завершення проекту та виконання його контрольних подій, а також критичні оцінки вартості виконання операцій проекту, які будуть виконуватись із заданим рівнем точності. Звіт щодо аналізу ризиків надається в окремому вікні в текстовій формі.



Рисунок 4.3 – Аналіз ризиків у Spider Project

Open Plan – це професійна система управління проектами, яка характеризується, зокрема, потужними засобами ресурсного і бюджетного планування, що дозволяють значно полегшити знаходження якнайефективнішого розподілу ресурсів і складання робочого розкладу їх.

Система Open Plan має у своєму розпорядженні аналітичні інструменти, які базуються на методі Монте-Карло та дозволяють визначити можливі ризики в оцінці термінів завершення окремих робіт, етапів і всього проекту. Таким чином, оцінюється ймовірність відхилення термінів виконання робіт від графіка й таким чином, перевищення бюджету, а також інші негативні наслідки.

Аналіз ризиків у Open Plan реалізується такими засобами:

- процедурами введення оптимістичних і песимістичних оцінок параметрів для певних чи всіх робіт проекту;
- виконанням аналізу ризиків за методом Монте-Карло для обчислення ймовірності завершення робіт за проектом у визначені терміни;
- підготовка звітів, які використовуються для аналізу впливу невизначеності на реалізацію проекту.

Гістограма ризиків показує ймовірний розподіл визначених дат для ключових робіт проекту.

Project Expert – програмний комплекс, призначений для створення фінансової моделі нового або діючого підприємства незалежно від його галузевої приналежності та масштабів. Після побудови фінансової моделі підприємства або інноваційного проекту користувач отримує можливість розробити детальний фінансовий план, визначити схему фінансування підприємства, скласти план розвитку підприємства, розробити та промодельовати сценарії розвитку підприємства, сформулювати фінансові документи, оформити бізнес-план проекту.

Project Expert дозволяє реалізувати процедури управління ризиками проекту, використовуючи метод аналізу чутливості та визначення точки беззбитковості. Приклад роботи з програмним комплексом продемонстровано на рис. 4.4.

Oracle Primavera Risk Analysis – інструмент аналізу ризиків протягом усього ЖЦП та управління ризиками, пов'язаними з витратами та календарним плануванням.

Управління ризиками протягом усього ЖЦП проводиться за допомогою методу Монте-Карло. Завдяки використанню методів прогнозування можна складати плани реагування на ризики, що дозволяє прогнозувати ймовірність успішності реалізації проекту в заданих обмеженнях. За допомогою Oracle Primavera Risk Analysis визначаються інтервали дат завершення, видатків, резервів, внутрішньої норми дохідності та поточної вартості проекту.

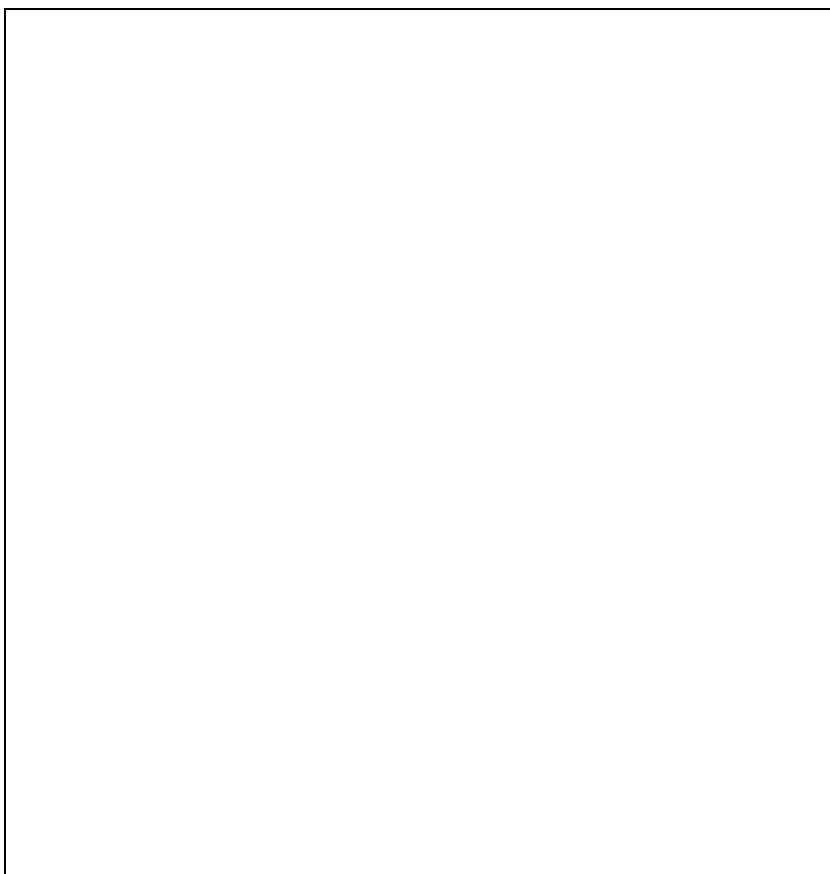


Рисунок 4.4 – Аналіз точки беззбитковості в Project Expert

Використання функції реєстру ризиків дозволяє виконати більш досконалу оцінку ризиків для всіх задач проекту. Реєстри ризиків дозволяють аналізувати події з точки зору рівнів ризиків для точнішої їх оцінки, порівняно з описом ризиків за допомогою методу оцінки за трьома точками або простою точковою оцінкою.

ВИСНОВКИ

У книзі проаналізовані способи та підходи до управління ризиками, методи аналізу ризиків, їх кількісної оцінки, методи прийняття рішень в умовах невизначеності, ризики проектів (зокрема інвестиційних та проектів з розробки програмного забезпечення) та особливості їх управління. Розглянуто практичний приклад управління ризиками в процесі управління інвестиційними проектами.

Управління ризиками – необхідна умова прийняття ефективних управлінських рішень. На етапі аналізу ризиків збирається необхідна інформація про наявні ризики, систему відношень загалом. Для оцінки ступеня кожного з виявлених ризиків призначені методи кількісної оцінки ризиків. Отримана інформація використовується в методах прийняття рішень в умовах невизначеності в процесі управління проектами різних галузей.

Перевищення запланованих значень витрат проекту або тривалості його виконання відбувається як результат впливу багатьох факторів, але всі вони пов'язані з різними формами ризиків. Аналіз цих ризиків – необхідний крок для покращення системи оцінювання і може бути використаний для діагностування слабких місць та виділення ділянок, на яких можна покращити точність оцінок проекту, або відповідного реагування на ризики за допомогою наявних ресурсів.

Застосування засобів штучного інтелекту (нейронних мереж, ансамблів нейронних мереж, генетичних алгоритмів) дозволяє підвищити точність прогнозування ризиків у конкретних ситуаціях. Запропоновані авторами методи прогнозування ризику неуспішності проектів та відхилення фактичних результатів від планових дозволяють підвищити точність результатів прогнозування на стадії перед-проектного планування порівняно з існуючими методами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Breiman, L. Bagging Predictors [Текст] / Leo Breiman. – Machine Learning. – 1996. – Vol. 24, Number 2. – Pp. 123–140.
2. Cho, C.-S. Building Project Scope Definition Using Project Definition Rating Index [Текст] / Chung-Suk Cho, G. Edward Gibson Jr. – Journal of Architectural Engineering. – 2001. – Vol. 7, No. 4. – Pp. 115–125.
3. DeMarco, T. The Deadline : A Novel About Project Management / Tom DeMarco, Timothy Lister. – New York : Dorset House Publishing, 1997. – 320 p.
4. DeMarco, T. Waltzing with Bears : Managing Risk on Software Projects [Text] / Tom DeMarco, Timothy Lister. – New York : Dorset House Publishing, 2003. – 208 p.
5. Dubrovin, V. Decision-making in Risk-controlling of Company's Financial Activities [Текст] / V. Dubrovin, V. Lyovkin // TCSET'2008 : Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science : Proceedings of the International Conference, 19–23 February 2008. – Lviv-Slavsko, 2008. – P. 130.
6. Ertugrul, I. The Fuzzy Analytic Hierarchy Process for supplier selection and an application in a textile company [Текст] / İrfan Ertugrul, Nilsen Karakasoglu // Proceedings of 5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems (May 29–31 2006). – 2006. – Pp. 195–207.
7. Freud, Y. Experiments with a New Boosting Algorithm [Текст] / Y. Freud, R.E. Schapire // Machine Learning : Proceedings of the Thirteenth International Conference. – San-Francisco : Morgan Kaufmann, 1996. – Pp. 148–156.
8. Gibson, G. E. Project Definition Rating Index (PDRI) : Construction Industry Institute Research Report [Текст] / G.E. Gibson, P.R. Dumont. – Austin : UTA, 1996. – 95 p.

9. Holland, J.H. Adaptation in natural and artificial systems [Текст] / J.H. Holland. – Ann Arbor : The University of Michigan Press, 1975. – 97 p.
10. Markowitz, H.M. Portfolio Selection [Текст] / H. M. Markowitz // Journal of Finance. – 1952. – № 7. – Pp. 77–91.
11. Ozdagoglu, A. Comparison of AHP and Fuzzy AHP for the multicriteria decision making processes with linguistic evaluations [Текст] / Aşkın Ozdagoglu, Guzin Ozdagoglu // İstanbul Ticaret Üniversitesi. – 2007. – Pp. 65–85.
12. Saaty, T. L. Decision Making with Dependence and Feedback [Текст] / T.L. Saaty. – Pittsburgh : RWS Publications, 2001. – 386 p.
13. Saaty, T.L. Fundamentals of the Analytic Network Process [Текст] / T.L. Saaty // ISAHP. – Japan, 1999. – Pp. 12–14.
14. Sharpe, W.F. A Simplified Model for Portfolio Analysis [Текст] / W.F. Sharpe // Management Science. – 1963. – Vol. 9, № 2. – Pp. 277–293.
15. The practical handbook of genetic algorithms : Applications, Second edition [Текст] / Edited by Lance D. Chambers. – Boca Raton, Florida : Chapman & Hall/CRC, 2000. – 501 p.
16. The practical handbook of genetic algorithms : Complex coding systems, Volume III [Текст] / Edited by Lance D. Chambers. – Boca Raton, Florida : CRC Press, 1998. – 592 p.
17. The practical handbook of genetic algorithms : New frontiers, Volume II [Текст] / Edited by Lance D. Chambers. – Boca Raton, Florida : CRC Press, 1995. – 448 p.
18. Tobin, J. The Theory of Portfolio Selection [Текст] / J. Tobin ; ed. By F.H. Hahn, F.P.R. Brechling // Theory of Interest Rates. – London : MacMillan, 1965. – Pp. 3–51.
19. Ubach de Fuentes, P.-A. Validation of the Project Definition Rating Index (PDRI) for MIT Building Projects : M.S. Thesis [Текст] / Pere-Andreu Ubach de Fuentes. – Massachusetts Institute of Technology. – 2004. – 95 p.
20. Wang, Y.-R. Applying Neural Network Ensemble Concepts for Modelling Project Success [Текст] / Yu-Ren Wang, Yi-Jao Chen, C.F. Jeffrey Huang // 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. – Austin, TX: University of Texas at Austin, 2009. – Pp. 199–204.
21. Wang, Y.-R. Applying The PDRI in Project Risk Management : Ph.D. Thesis [Текст] / Yu-Ren Wang. – Austin, TX, 2002. – 268 p.

22. Wang, Y.-R. A Study of Preproject Planning and Project Success Using ANN and Regression Models [Текст] / Yu-Ren Wang, G. Edward Gibson Jr. // The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. – Vilnius : Vilnius Gediminas Technical University, 2008. – Pp. 688–695.

23. Yang, C.-C. Key quality performance evaluation using Fuzzy ANP [Текст] / Ching-Chow Yang, Bai-Sheng Chen // Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers. – 2004. – Vol. 21, No. 6. – Pp. 543–550.

24. Альгин, А.П. Риск и его роль в общественной жизни [Текст] / А.П. Альгин. – М. : Мысль, 1989. – 187 с.

25. Андрейчикова, О.Н. Применение метода аналитических сетей для прогнозирования здоровья основных систем человеческого организма [Текст] / О.Н. Андрейчикова, Т.Н. Радышевская // Информационные технологии. – 2003. – № 7. – С. 45–53.

26. Арчибальд, Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами [Текст] / Рассел Д. Арчибальд ; пер. с англ. Мамонтова Е.В. ; под ред. Баженова А.Д., Арефьева А.О. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Компания АйТи, 2004. – 472 с., ил.

27. Батенко, Л.П. Управління проектами : Навч. посібник [Текст] / Л.П. Батенко, О.А. Загородніх, В.В. Ліщинська. – К. : КНЕУ, 2003. – 231 с.

28. Бодянский, Е.В. Искусственные нейронные сети : архитектуры, обучение, применения [Текст] / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко // Харьков : ТЕЛІЕТЕХ, 2004. – 369 с.: ил.

29. Буренин, А.Н. Управление портфелем ценных бумаг [Текст] / А.Н. Буренин. – М. : Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2008. – 440 с.

30. Вайсман, В.А. Формирование структур организационного управления проектами [Текст] / В.А. Вайсман, В.Д. Гогунский, С.В. Руденко // ААЭКС. – 2005. – №2(16). – С. 84–88.

31. Вітлінський, В.В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком : Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. [Текст] / В.В. Вітлінський, П.І. Верченко. – К. : КНЕУ, 2000. – 292 с.

32. Вітлінський, В.В. Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику [Текст] / В.В. Вітлінський. – Київ : ДЕМІУР, 1996. – 212 с.

33. Вітлінський, В.В. Економічний ризик: ігрові моделі: Навч. посібник [Текст] / В.В. Вітлінський, П.І. Верченко,

А.В. Сігал, Я.С. Наконечний ; за ред. д-ра екон. наук, проф. В.В. Вітлінського. – К. : КНЕУ, 2002. – 446 с.

34. Вітлінський, В.В. Економічний ризик і методи його вимірювання : Підручник / В.В. Вітлінський, С.І. Наконечний, О.Д. Шарапов. – К. : ІЗМН, 1996. – 338 с.

35. Вітлінський, В.В. Кредитний ризик комерційного банку : Навч. посіб. [Текст] / В.В. Вітлінський, О.В. Пернарівський, Я.С. Наконечний, Г.І. Великоіваненко ; за ред. В.В. Вітлінського. – К. : Т-во «Знання», КОО, 2000. – 251 с.

36. Вітлінський, В.В. Ризик у менеджменті [Текст] / В.В. Вітлінський, С.І. Наконечний. – К. : ТОВ «Борисфен-М», 1996. – 336 с.

37. Вітлінський, В.В. Ризикологія в економіці та підприємстві : Монографія [Текст] / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко – К. : КНЕУ, 2004. – 480 с.

38. Вітлінський, В.В. Моделювання банківських ризиків у трансформаційній економіці [Текст] / В.В. Вітлінський, А.Б. Камінський. – К. : КНЕУ, 2006. – 56 с.

39. Внуков, Ю.Н. Анализ риска в задачах допускового анализа [Текст] / Ю.Н. Внуков, В.И. Дубровин, Г.В. Табунщик // Modelling and Analysis of Safety, Risk and Quality in Computer Systems : Proceedings of the International Scientific School MA SRQ - 2001. – С. Пб. : ООО НПО «Омега», 2001. – С. 233–235.

40. Внуков, Ю.Н. Концепция всеобщего менеджмента качества и статистические методы [Текст] / Ю.Н. Внуков, В.И. Дубровин // Высокие технологии в машиностроении : Сборник научных трудов ХГПУ. – Х. : ХГПУ, 1998. – С.62–64.

41. Внуков, Ю.Н. Методика применения теории статистических оценок для управления качеством [Текст] / Ю.Н. Внуков, Н.С. Гамов, В.И. Дубровин // Методологические проблемы качества обучения и обучения качеству : Материалы научно-технической конференции. – Х. : ХАИ, 1996. – С. 85.

42. Внуков, Ю.Н. Подготовка специалистов по управлению качеством / [Текст] / Ю.Н. Внуков, Н.С. Гамов, В.И. Дубровин // Совершенствование процессов финишной обработки в машино- и приборостроении, экология и защита окружающей среды : Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – Минск : БГПА, 1995. – С. 22.

43. Внуков, Ю.Н. Проблемы и перспективы обучения специалистов методам управления качеством [Текст] / Ю.Н. Внуков, В.И. Дубровин, С.И. Дядя // Высокие технологии в машинострое-

нии : моделирование, оптимизация, диагностика : Тезисы докладов международного научно-технического семинара. – Х. : ХГПУ, 1994. – С. 265–267.

44. Гогунский, В.Д. Визначення інтегрованого ризику для оцінки рівня небезпеки технічних систем [Текст] / В.Д. Гогунський, С.В. Руденко, И.В. Урядникова // Моделир. в прикл. науч. исслед. Матер. XIII семинара. – Одесса : ОНПУ, 2006. – С. 47–48.

45. Гогунский, В.Д. Мониторинг эффективности управления проектами [Текст] / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, В.А. Вайсман // Тр. 7 междунар. науч.-практ. конф. «Современные информационные и электронные технологии» СИЭТ – 2006. – Одеса : ОНПУ, 2006. – Т. 2. – С. 179.

46. Гогунский, В.Д. Основные законы проектного менеджмента [Текст] / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко // Матеріали IV міжнар. конф. «Управління проектами : стан та перспективи». – Миколаїв : НУК, 2008. – С. 37–40.

47. Гогунский, В.Д. Управление риском и ресурсами в экологических проектах [Текст] / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, И.В. Урядникова // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении». – Одесса – Киев : АТМ України, 2006. – С. 10–12.

48. Грей, К.Ф. Управление проектами : Практическое руководство [Текст] / Клиффорд Ф. Грей, Эрик У. Ларсон ; пер. с англ. – М. : Издательство «Дело и Сервис», 2003. – 528 с.

49. Джалота, П. Управление программным проектом на практике [Текст] / Панкаж Джалота. – М. : Издательство «ЛОРИ», 2005. – 223 с.

50. Дитхелм, Г. Управление проектами : в 2 т. [Текст] / Г.Дитхелм ; пер. с нем. – С. Пб. : Издательский дом «Бизнес-пресса», 2004. – 400 с.

51. Дружинін, Є.А. Методологічні основи ризик-орієнтованого підходу до управління ресурсами проектів і програм розвитку техніки : дис. на здобуття наукового ступеня доктора техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» [Текст] / Є.А. Дружинін. – Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського «Харківський авіаційний інститут». – Харків, 2006. – 593 с.

52. Дружинин, Е.А. Основные положения риск-ориентированного подхода к управлению проектами [Текст] / Е.А. Дружинин // Труды Четырнадцатой международной конфе-

ренции «Новые технологии в машиностроении». – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – С. 22–23.

53. Дружинин, Е.А. Риск-ориентированный подход к формированию проектов и программ создания новой техники и развития производства [Текст] / Е.А. Дружинин // 2-я Междунар. научно-практ. конф. «Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами». – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – С. 165.

54. Дубровін, В.І. Багатокритеріальні методи прийняття рішень для вибору бізнес-проектів [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Информационные процессы и технологии «Информатика – 2009» : Материалы второй Всеукраинской студенческой науч.-техн. конф., 21–24 апреля 2009 г. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2009. – С. 110–112.

55. Дубровін, В.І. Визначення найкращої бізнес-моделі за методом аналізу ієрархій [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Системний аналіз та інформаційні технології : Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції (20–24 травня 2008 р., Київ). – К. : НТУУ «КПІ», 2008. – С. 186.

56. Дубровін, В.І. Використання апарату нейронних мереж для прогнозування успішності проектів [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій : тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (22–24 вересня 2010 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя : ЗНТУ, 2010. – С. 163–165.

57. Дубровін, В.І. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж : Навчальний посібник [Текст] / В.І. Дубровін, С.О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 136 с.

58. Дубровін, В.І. Метод прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії передпроектного планування [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Праці Одеського політехнічного університету. – 2011. – №1 (35). – С. 106–111.

59. Дубровін, В.І. Модифікації методу аналізу ієрархій [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін, Н.О. Миронова // «Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля». – 2009. – №1 (131), ч.2. – С. 41–47.

60. Дубровін, В.І. Навчання методам управління якістю : чиє це завдання? [Текст] / В.І. Дубровін // Проблеми освіти : Науково-методичний збірник. – К : ІЗМН, 1998. – вип. 12. – С.81–85.

61. Дубровін, В.І. Оцінювання ризиків в процесі оптимізації інвестиційного портфелю [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Тиждень науки – 2010 : зб. тез доп. щоріч. наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів, студентів ЗНТУ (Запоріжжя, 12–16 квіт. 2010 р.) ; в 4 т., т. 2 ; відп. ред. Ю.М. Внуков. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2010. – С. 126–127.
62. Дубровін, В.І. Оцінювання ризиків інвестиційного портфеля [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2010. – №1 (22). – С. 51–55.
63. Дубровін, В.І. Прийняття рішень в ризик-контролінгу фінансової діяльності підприємства [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Тиждень науки : тези доповідей наук.-техн. конф., 21–25 квітня 2008 р., Запоріжжя. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – С. 54–55.
64. Дубровін, В.І. Про курс «Методи управління якістю» (обґрунтування і зміст) [Текст] / В.І. Дубровін // Проблеми вищої школи : Науково-методичний збірник. – К. : Вища школа, 1994. – вип. 81. – С. 85–87.
65. Дубровин, В.И. Идентификация и оптимизация сложных технических процессов и объектов [Текст] / В.И. Дубровин. – Запорожье : ЗГТУ, 1997. – 92 с.
66. Дубровин, В.И. Метод получения вектора приоритетов из нечетких матриц попарных сравнений [Текст] / В.И. Дубровин, Н.А. Миронова // Искусственный интеллект. – 2009. – №3. – С. 464–470.
67. Дубровин, В.И. Модели и методы оптимизации выбора инвестиционного портфеля / В.И. Дубровин, О.И. Юськів // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2008. – №1 (18). – С. 49–60.
68. Дубровин, В.И. Мультиагентные технологии принятия решений [Текст] / В.И. Дубровин, Н.А. Миронова // Автоматика-2005 : Матеріали 12-й міжнародної конференції з автоматичного управління. – Т.3 – Х. : НТУ «ХПІ», 2005. – С. 132–134.
69. Дубровин, В.И. Нечеткие модели в методе анализа иерархий [Текст] / В.И. Дубровин, Н.А. Миронова // Интеллектуальные и многопроцессорные системы-2005 : Материалы Международной научной конференции. – Т.2. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2005. – С. 337–341.
70. Дубровин, В.И. Нечеткие нейросетевые системы диагностики объектов и процессов [Текст] / В.И. Дубровин, Ю.С. Афонин // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2006. – №1. – С. 80–84.

71. Дубровин, В.И. Обеспечение минимального риска при проектировании сложных технических объектов / В.И. Дубровин, Г.В. Табунщик // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах : Труды международной научной школы МА БР. – С. Пб. : Изд-во «Бизнес-Пресса», 2002. – С. 358.

72. Дубровин, В.И. Основные подходы к проектированию систем поддержки принятия решений [Текст] / В.И. Дубровин, Р.В. Дейнега, Л.Ю. Дейнега // Проектирование и технология электронных средств. – 2003. – №2. – С. 6–10.

73. Дубровин, В.И. Оценка качества программных продуктов [Текст] / В.И. Дубровин, Ю.Н. Дорошенко // УСиМ. – 2001. – № 5. – С. 34–38.

74. Дубровин, В.И. Проект программы курса «Методы управления качеством» [Текст] / В.И. Дубровин // Современные проблемы подготовки инженерных кадров : Тезисы докладов научно-методической конференции. – Запорожье : ЗМИ, 1993. – С. 47.

75. Дубровин, В.И. Управление качеством и инженерное образование [Текст] / В.И. Дубровин // Сучасні проблеми автоматизованої розробки і виробництва радіоелектронних засобів та підготовки інженерних кадрів : Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 150-річчю Державного університету «Львівська політехніка», 2 частина. – Львів : Державний університет «Львівська політехніка», 1994. – С. 127–129.

76. Дубровин, В.И. Управление качеством : проблемы обучения [Текст] / В.И. Дубровин // Машинное моделирование и обеспечение надежности электронных устройств : Тезисы докладов научно-технической конференции. – Бердянск, 1993. – С. 14.

77. Дубровин, В.И. Учет затрат на обеспечение качества продукции в концепции всеобщего управления качеством [Текст] / В.И. Дубровин, Н.Х. Корецкий, Д.В. Николаева // Економіка : проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. Випуск 59. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2000. – С. 5–10.

78. Зайченко, Ю.П. Анализ инвестиционного портфеля с использованием аппарата нечетких множеств [Текст] / Ю.П. Зайченко, М. Есфандиярфард // Матеріали XIII Міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика – 2006». – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2007. – С. 316–324.

79. Згуровский, М.З. Системный анализ : Пробл. Методология. Прил. [Текст] / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова ; НАН

Украины. Ин-т приклад. систем. анализа, Нац. техн. ун-т Украины «Киев. политехн. ин-т». – К. : Наук. думка, 2005. – 743 с.

80. Згуровский, М.З. Эмпирический анализ оценок реализованной волатильности в задачах управления финансовым риском [Текст] / М.З. Згуровский, Ю.В. Бондаренко // Кибернетика и системный анализ. – 2005. – № 5. – С. 92–98.

81. Згуровський, М.З. Основи системного аналізу [Текст] / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К. : Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с. : іл..

82. Интеллектуальные средства диагностики и прогнозирования надежности авиадвигателей : Монография [Текст] / В.И. Дубровин, С.А. Субботин, А.В. Богуслаев, В.К. Яценко. – Запорожье : ОАО «Мотор-Сич», 2003. – 279 с.

83. Информационный подход к анализу и управлению проектными рисками [Текст] / М.З. Згуровский, И.И. Коваленко, К. Кондрак, Э. Кондрак // Проблемы управления и информатики. – 2000. – № 4. – С. 148–156.

84. Камінський, А.Б. Економічний ризик та методи його вимірювання [Текст] / А.Б. Камінський. – К. : Видавничий Дім «Козаки», 2002. – 120 с.

85. Камінський, А.Б. Моделювання фінансових ризиків : Монографія [Текст] / А.Б. Камінський. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 304 с.

86. Климова, Е.Н. Математическое моделирование оптимального портфеля ценных бумаг с ограничениями на отдельные активы [Текст] / Е.Н. Климова, В.Л. Шур, О.В. Москалец // Вестник СамГУ. – 2008. – № 8/2 (67). – С. 263–275.

87. Круглов, В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети [Текст] / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М. : Физматлит, 2001. – 221 с.

88. Локк, Д. Основы управления проектами [Текст] / Д. Локк ; пер. с англ. – М. : «НПРО», 2004. – 253 с.

89. Льовкін, В.М. Дослідження підходів до оцінювання ризиків у моделях оптимізації інвестиційного портфеля [Текст] / В.М. Льовкін // ІУС та КМ – 2011 : II Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 11–13 квітня 2011 р., м. Донецьк. – Донецьк : ДонНТУ, 2011. – Т.2. – С. 237–241.

90. Льовкін, В.М. Оцінювання ризиків при управлінні інвестиційними проектами [Текст] / В.М. Льовкін // 14-й міжнарод-

ний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ ст.» : 36. матеріалів форуму. – Харків : ХНУРЕ, 2010. – ч.2. – С.224.

91. Льовкін, В.М. Прогнозування ризику неуспішності проєктів [Текст] / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін // Системний аналіз. Інформатика. Управління (САІУ-2011) : тези доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 10–11 березня 2011 року) ; Міністерство освіти і науки України, Академія наук вищої школи України, Класичний приватний університет. – Запоріжжя : КПУ, 2011. – С. 121–123.

92. Льовкін, В.М. Прогнозування фактичних результатів проєкту на стадії перед-проєктного планування [Текст] / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін, В.Ф. Оніщенко // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2011. – №1 (24). – С. 44–51.

93. Льовкін, В.М. Програмна реалізація багатокритеріальних методів прийняття рішень [Текст] / В.М. Льовкін // Комп'ютерні науки та інженерія : Матеріали III Міжнародної конференції молодих вчених CSE-2009. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – С. 243–246.

94. Льовкін, В.М. Ризик-менеджмент з використанням методів багатокритеріального прийняття рішень [Текст] / В.М. Льовкін // 13-й міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ ст.» : 36. матеріалів форуму. – Х. : ХНУРЕ, 2009. – ч.2. – С. 218.

95. Льовкін, В.М. Розробка інформаційної технології управління інвестиціями [Текст] / В.М. Льовкін // Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції, Ч.IV (01–03 червня 2011 р., Харків) ; за ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л.Л. – Х. : НТУ «ХПІ», 2011. – С. 251.

96. Льовкін, В.М. Управління інвестиційними проєктами [Текст] / В.М. Льовкін // 15-й Ювілейний Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ ст.» : 36. матеріалів форуму. – Харків : ХНУРЕ, 2011. – Т.9. – С. 271–272.

97. Льовкін, В.М. Фінансовий ризик-контролінг за методом аналізу ієрархій [Текст] / В.М. Льовкін // 12-й міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ ст.» : 36. матеріалів форуму. – Х. : ХНУРЕ, 2008. – ч. 2. – С. 344

98. Мазур, И.И. Управление проектами : Учебное пособие [Текст] / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге ; под общ. ред. И.И. Мазура. – 5-е изд., перераб. – М. : Омега-Л., 2009. – 960 с.

99. Максимова, В.Ф. Портфельные инвестиции [Текст] / В.Ф. Максимова. – М. : Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003. – 56 с.

100. Матвеев, А.А. Модели и методы управления портфелями проектов [Текст] / А.А. Матвеев, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. – М. : ПМСОФТ, 2005. – 206 с.

101. Мартин, П. Управление проектами [Текст] / П. Мартин, К. Тейт ; пер. с англ. – С. Пб. : Питер, 2006. – 224 с. : ил.

102. Миронова, Н.О. Інформаційні технології обробки нечітких експертних суджень [Текст] / Н.О. Миронова, В.І. Дубровін // Системи обробки інформації. – 2010. – №7 (88). – С. 192.

103. Недосекин, А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний : дис. на соискание уч. степени докт. экон. наук : спец. 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» [Текст] / А.О. Недосекин. – Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов. – С. Пб., 2003. – 280 с.

104. Панкратова, Н.Д. Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем. Ч. I. Основные утверждения и обоснования подхода [Текст] / Н.Д. Панкратова, Б.И. Курилин // Проблемы управления и информатики. – 2000. – № 6. – С. 110–132.

105. Панкратова, Н.Д. Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем. Ч. II. Общая задача системного анализа рисков и стратегия ее решения [Текст] / Н.Д. Панкратова, Б.И. Курилин // Проблемы управления и информатики. – 2001. – № 2. – С. 108–126.

106. Панкратова, Н.Д. Оценивание многофакторных рисков в условиях концептуальной неопределенности [Текст] / Н.Д. Панкратова, Н.И. Недашковская // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 2. – С. 72–82.

107. Панкратова, Н.Д. Оцінювання багатфакторних ризиків в стратегії розв'язання задач технологічного передбачення [Текст] / Н.Д. Панкратова, І.О. Савченко // Доповіді НАН України. – 2010. – № 8. – С. 36–42.

108. Панкратова, Н.Д. Системный анализ в динамике диагностирования сложных технических систем [Текст] / Н.Д. Панкратова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – № 1. – С. 33–49.

109. Панкратова, Н.Д. Экспертное оценивание многофакторных рисков в технологическом предвидении [Текст] / Н.Д. Панкратова, Н.И. Недашковская // Доповіді НАН України. – 2007. – № 11. – С. 48–53.

110. Саати, Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т.Л. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 320 с.

111. Скіцько, В.І. Оцінка ризику методом Value-at-Risk [Текст] / В.І. Скіцько // Економіка : проблеми теорії та практики : Зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2005. – № 202. – С. 158–165.

112. Синицын, С.В. Верификация программного обеспечения. Учебное пособие [Текст] / С.В. Синицын, Н.Ю. Налютин. – М. : Бинном, 2008. – 368 с.

113. Субботін, С.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечітко логічних і нейромережних моделей : Монографія [Текст] / С.О. Субботін, А.О. Олійник, О.О. Олійник ; під заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. – 375 с.

114. Товб, А.С. Управление проектами : стандарты, методы, опыт [Текст] / А.С. Товб, Г.Л. Ципес. – М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 240 с. : ил.

115. Управление инновационными проектами : Учеб. пособие [Текст] / В.Л. Попов, Н.Д. Кремлев, В.С. Ковшов и др. ; под ред. проф. В.Л. Попова. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 336 с.

116. Управление проектом. Основы проектного управления : учебник [Текст] / М.Л. Разу, Т.М. Бронникова, Б.М. Разу, С.А. Титов и др. ; под ред. проф. М.Л. Разу. – М. : КНОРУС, 2006. – 768 с.

117. Уткин, Э.А. Управление рисками предприятия : Учебно-практическое пособие [Текст] / Э.А. Уткин, Д.А. Фролов. – М. : ТЕИС, 2003. – 247 с.

118. Федоров, Є. Г. Інформаційна технологія прогнозування ризику в інформаційно-управляючих системах : дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 «Інформаційні технології» [Текст] / Є.Г. Федоров. – Харківський національний університет радіоелектроніки. – Харків, 2008. – 178с.

119. Филатов, Д.А. Моделирование и анализ финансовых рынков на основе методов нелинейной динамики : дис. на соискание уч. степени канд. экон. наук : спец. 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» [Текст] / Д.А. Филатов. – АОНО «Институт Менеджмента, Маркетинга и Финансов». – Воронеж, 2007. – 162 с.

120. Хайкин, С. Нейронные сети : полный курс, 2-е издание [Текст] / Саймон Хайкин ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с. : ил.
121. Хелдман, К. Профессиональное управление проектом [Текст] / К. Хелдман ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 517 с. : ил.
122. Хохлов, Н.В. Управление риском : Учеб. пособие для вузов [Текст] / Н.В. Хохлов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 239 с.
123. Цой, Ю.Р. Эволюционный подход к настройке и обучению искусственных нейронных сетей [Текст] / Ю.Р. Цой, В.Г. Спицын. – Нейроинформатика. – 2006. – том 1, №1. – С. 34–61.
124. Шапкин, А.С. Теория риска и моделирование рисков ситуаций : Учебник [Текст] / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2005. – 880 с.
125. Шапкин, А.С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций : Монография [Текст] / А.С. Шапкин. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2003. – 544 с. : ил.
126. Шафер, Д. Управление программными проектами : достижение оптимального качества при минимуме затрат [Текст] / Дональд Шафер ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1136 с. : ил.

ДОДАТОК. ПУТІВНИК ЗА СПИСКОМ ЛІТЕРАТУРИ

Тема	Номер літературного джерела
Управління ризиками	10, 18, 24, 29, 31–39, 44, 47, 58, 61–63, 67, 71, 78–81, 83–86, 89, 90–92, 94, 95, 97, 99, 103–109, 111, 117–119, 122, 124, 125
Управління проектами	26, 27, 30, 40, 42, 43, 45, 46, 48, 50–53, 58, 60, 64, 74–77, 83, 88, 90–92, 95, 96, 98, 100, 101, 114–116, 121
Управління проектами з розробки програмного забезпечення	3, 4, 49, 73, 112, 126
Управління ризиками інвестиційних проектів	2, 8, 19–22, 56, 58, 91, 95, 96
Штучний інтелект	1, 7, 9, 15–17, 28, 57, 82, 87, 91, 113, 120, 123
Прийняття рішень в умовах невизначеності	5, 6, 11–14, 23, 25, 41, 54, 55, 58, 59, 63, 65, 66, 68–70, 72, 89, 91, 93–96, 97, 102, 109, 110

Project Risk Management Decision-Making

SUMMARY

Risk management approaches, risk analysis and quantitative estimation methods, project and risk (particularly software development projects and investment projects) management methods, methods of decision-making in uncertainty environment are considered in this book. Investment project risk evaluation methods, developed by the authors, are presented.

This book is intended for students of engineering specialities for theoretical methods study and practicals in project risk management, managers and specialists in project and risk management.

Introduction contains risk management importance reasoning and conception of relationship between project management, risk management and decision-making.

Chapter 1. Risk Management contains risk definition and classification, main principles of risk management. Portfolio optimization methods and its risk approaches are considered, advices for methods choice in practice are given. Stock control methods as a part of risk management are considered.

Chapter 2. Risk Estimation contains methods of qualitative and quantitative (analog method, sensitivity analysis, simulation modeling and analysis of possible loss risk) risk analysis, quantitative risk estimation methods (generalized approach, event tree method, method «event-consequences», fault tree method, risk estimations in absolute and relative form, boundary risks, systematic risk measure).

Chapter 3. Project Risk Management describes project management process. Project risks and its management methods are

considered. Software development projects and its specific risks are considered. Software project life-cycle, methods of stock planning are reviewed. Investment project risk management problem is presented. Project Definition Rating Index is described. Methods of investment project unsucces risk estimation and prognostication of actual project results deviation from planned results, developed by the authors, are presented.

Chapter 4. Decision-Making in Uncertainty Environment contains decision-making methods which could be used for risk management. Expert procedures during risk evaluation and gaming theory are described. Fuzzy and fuzzy gaming analytic hierarchy process are considered. Main risk management software is analyzed.

Conclusion contains advices for concrete risk estimation and modelling using artificial intelligence methods.

Навчальне видання

ДУБРОВІН Валерій Іванович
ЛЬОВКІН Валерій Миколайович

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЕКТІВ

Навчальний посібник

Комп'ютерний набір *Льовкін В. М.*
Дизайн обкладинки *Твердохліб Ю. В.*
Верстання *Зуб С. В.*

Оригінал-макет підготовлено
в редакційно-видавничому відділі ЗНТУ

Підписано до друку 27.09.2011. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 11,4.
Тираж 300 прим. Зам. № 1402.

Запорізький національний технічний університет
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції
від 27.12.2005 р., серія ДК № 2394