

В.В.Вітлінський

АНАЛІЗ,

ОЦІНКА І МОДЕЛЮВАННЯ

ЕКОНОМІЧНОГО РИЗИКУ

КИЇВ
"ДЕМІУР"
1996

УДК 330.105

ББК 32.97

В-54

Рецензент *д-р екон. наук, проф. Суслів О.П.*
(Науково-дослідний екон. ін-т Мінекономіки України)

Вітлінський В.В.

В-54 Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику. — Київ:
ДЕМІУР, 1996. — 212с.

ISBN 5-7763-2369-X

Монографія присвячена теорії економічного ризику. Подані основні засади якісного та кількісного аналізу економічного ризику, дається система показників його кількісної оцінки. Наведені загальні підходи та подана узагальнена блок-схема управління ризиком. В монографії розглядається ряд нових підходів до показників кількісної оцінки та моделювання ризику, його врахування у прийнятті рішень, зокрема, при нестачі кількісної (цифрової) інформації.

Для наукових працівників, аспірантів, студентів, викладачів економічних спеціальностей вузів, фахівців з економіки, системних аналітиків.

Бібліогр.: 130 назв.

ББК 32.97

© Вітлінський В.В., 1996

© "ДЕМІУР". Комп'ютерний

ISBN 5-7763-2369-X

макет. 1996

ПЕРЕДМОВА

Необхідно зазначити, що економічна наука і практика мають справу як з усталеними закономірностями, так і з системами гіпотез, прогнозами (які дають лише інтервальні оцінки), експертизами, ризиком та іншими "сюрпризами".

Теорія економічного ризику, маючи давню, драматичну історію, бурхливо розвивається в останнє десятиріччя.

Вивчаючи та враховуючи ризик, необхідно мати чітке уявлення про його об'єкт, суб'єкт, джерело. Даючи його означення, необхідно звернути увагу на те, що ризик — це об'єктивно-суб'єктивна економічна категорія.

Об'єктивність ризику полягає в тому, що він існує в силу об'єктивних, притаманних економіці категорій конфліктності, невизначеності розпливчастості, відсутності повної (вичерпної) інформації на момент прийняття відповідного рішення.

Виникнення невизначеності зумовлюється, зокрема, тим, що:

1) більшість пов'язаних з економікою (бізнесом) процесів є принципово індетермінованими. Таким, наприклад, є науково-технічний прогрес. Важко також точно передбачити різні природно-кліматичні явища, кон'юнктуру ринку, зміну смаків споживачів тощо;

2) можна говорити про економічно оптимальну неповноту інформації, бо нерідко доцільніше використовувати інформацію неповну чи вербальну (розпливчасту), ніж збирати більш повну, але дорогу;

3) існує, так би мовити, "організована" невизначеність, чи асиметрія (приховування) інформації тощо.

Можна розрізнити і враховувати декілька типів невизначеності і зумовленого нею економічного ризику:

- * невизначеність цілей при багатокритеріальному виборі;
- * невизначеність оцінок, прогнозів розвитку у майбутньому економічного середовища (станів економічного середовища);
- * невизначеність дій конкурентів, а також нестачу даних, зокрема, числових (кількісних), що необхідні для обчислень відповідних показників.

Коли обрана та чи інша (повна і несуперечлива) система гіпотез, можна дати кількісну оцінку ризику, яким обтяжений певний економічний об'єкт (проект), обрати конкретне рішення з декількох альтернативних, яке матиме оптимальний (раціональний) ступінь ризику.

Суб'єктивність ризику зумовлена тим, що в економіці (бізнесі) діють реальні люди (менеджери, бізнесмени, управ-

лінські команди) зі своїми досвідом, інтересами, психологією, схильністю чи несхильністю до ризику, своїм поведінням (інтравертністю чи екстравертністю).

Ризик виникає тоді, коли керована економічна система функціонує в умовах невизначеності (розпливчастості, конфліктності), а особи, які приймають рішення, обирають це рішення з декількох альтернативних варіантів, мають відповідні права і зацікавлені у кінцевому результаті.

Теорія економічного ризику (ризикологія) подається в цій праці на засадах системного аналізу за такою концептуальною схемою:

- * якісний аналіз ризику;
- * кількісний аналіз ризику;
- * система кількісних показників ризику;
- * моделювання ризику;
- * основні підходи до урахування ризику та управління ним при прийнятті рішень в широкому спектрі економічних проблем (бізнесі).

В праці узагальнено основні результати стосовно розвитку теорії ризику, системи кількісних оцінок, математичного моделювання, оптимізації ризику та способів управління ним, а також подані нові показники оцінки ризику. Наводяться досить ефективні методи врахування та оптимізації ризику в процесах прийняття рішень, що вимагають багатокритеріальних порівнянь варіантів, коли складно чи неможливо одержати кількісні дані чи процес їх отримання вимагає багато часу і зусиль, а разом з тим є можливість відносно просто (дешево і швидко) одержати вербальні (описові) дані, так звану м'яку інформацію.

Прийняття рішень в економіці відносно об'єктів (проектів), які обтяжені раціональним (прийнятним) рівнем ризику, вимагає подальшого розвитку його теорії, використання досконалих економіко-математичних методів і моделей, інформаційних систем. Зокрема, мова може йти про побудову відповідних експертних систем, які повинні поєднувати в собі різні джерела знань, вести діалог з користувачами на базі неповної, нечіткої інформації, навчатися в процесі розв'язання задач. В складі таких систем використовуються відповідні пакети прикладних програм і програмно-методичні комплекси, зокрема: теоретико-ігрові, стохастичного програмування, обробки експертних оцінок, прогнозування, імітаційного моделювання тощо. Така методологія і технологія дозволить відійти від жорстких алгоритмів, використовувати потужні бази знань, даних і моделей, що забезпечить прийнятну адаптивність, гнучкість, маневреність, а отже, і раціональний (оптимальний) ступінь ризику відповідних економічних рішень.

ЕКОНОМІЧНИЙ РИЗИК ТА ОСНОВНІ ЗАСАДИ ЙОГО АНАЛІЗУ

1.1. Основні причини ризику

Детерміновані ситуації, коли ризик відсутній, зустрічаються в економіці досить рідко. Більшість подій є не повністю прогнозованими, що зумовлює ризик. Неможливо повністю звільнитися від ризику: намагаючись позбавитись однієї ризикованої ситуації, можна потрапити в іншу. Навіть абсолютна бездіяльність в економічному житті тісно пов'язана з ризиком невикористаних можливостей.

Слід чітко усвідомлювати, що виключити економічний ризик повністю неможливо в принципі. Він існує в силу об'єктивних, притаманних економіці, категорій конфліктності та невизначеності, відсутності повної (вичерпної) інформації, неможливості здійснення точного прогнозу щодо цілого ряду параметрів економічних об'єктів(проектів) та процесів, які аналізуються, багатокритеріальності та суперечності (конфлікту) між окремими критеріями (цілями). Основне — це керування ризиком, зведення його до прийнятних величин (а не виключення), зниження можливих збитків.

Ризик породжується невизначеністю, тобто відсутністю повної інформації, неможливістю точного передбачення майбутнього. Суттєво впливати на його виникнення можуть такі чинни-

ки, як погодні умови, збої у роботі устаткування, зміни в попиту, ціни на товари тощо. Причиною ризику є також конфліктність ситуації. Ризик виникає тоді, коли приймаються рішення з декількох можливих і є невпевненість в тому, що воно, це рішення, приведе нас до найбільш ефективного наслідку.

Посилення впливу ризику — це, по суті справи, зворотний бік свободи підприємництва, своєрідна плата за неї. В міру розвитку ринкових відносин в Україні, безумовно посилюватиметься конкуренція. Щоб вижити в цих умовах, необхідно йти на впровадження нових технологій і технічних новинок, на сміливі, нетрадиційні дії, а це підвищує ризик, отже, необхідно навчитися прогнозувати події, оцінювати економічний ризик, йти на нього, але не переходити допустимих меж.

Нова парадігма щодо управління компанією (фірмою), як зазначається, зокрема, в [5], ґрунтується на системному і ситуаційному підходах до управління. Компанія (підприємство) при цьому розглядається як відкрита система. Успіх пов'язується з тим, наскільки гнучко вона пристосовується до свого зовнішнього середовища (оточення) — економічного, політичного, демографічного, географічного, як враховує та оптимізує ризик. Чи зуміє компанія (підприємство) своєчасно розпізнати ризики та, зокрема, загрозу своєму існуванню, чи буде вона стійкою до "ударів долі", чи скористається з виникаючих можливостей, чи зможе здобути максимальну вигоду з цих можливостей, не порушуючи існуючих законів, норм моралі та етики — ось головні критерії ефективності всієї системи управління (менеджменту).

Ще однією рисою нової парадігми є концепція компанії як соціально-економічної системи. Не лише характер стратегій, тип структур управління, процедури планування і контролю, але й стиль керівництва, кваліфікація людей, їхнє поведіння, відношення до ризику, реакція на нововведення і зміни повинні постійно аналізуватися й удосконалюватися. При цьому доцільно здійснювати з урахуванням ризику [2, 5]:

- * стратегічне планування за періодами;
- * вибір стратегічних позицій;
- * управління на базі ранжування стратегічних задач;
- * управління з урахуванням слабких сигналів;
- * управління в умовах несподіваних подій;
- * управління організаційним потенціалом тощо.

Чим складнішим і більш невизначеним є оточуюче середовище, тим більш складними, очевидно, будуть і методи управління, які використовуються менеджментом.

Необхідно підкреслити, що підприємницька діяльність завжди обтяжена ризиком.

Джерелом невизначеності, яка породжує ризик, є всі стадії виробничого процесу — від купівлі і доставки сировини, матеріалів, комплектуючих виробів до продажу продукції. *Взаємозв'язок між ризиком і прибутком* має фундаментальне значення для глибокого розуміння підприємництва та розробки ефективних методів менеджменту. В реальній економіці (бізнесі) невизначеність стає джерелом чи виграшу, чи збитків [104].

Коли мова йде про необхідність урахування ризику в певному виді економічної діяльності (певному проекті), мають на увазі інтереси суб'єктів, які беруть у ній участь: замовника, інвестора, виконавця (підрядника) чи продавця, покупця, а також страхової компанії. Коли немає зацікавленості в результатах, то немає й ризику [103, 114].

Акціонери і кредитори певної компанії (підприємства) розраховують на винагороду, яка відповідає ринковим умовам, відсотковим ставкам і дивідендам по аналогічних акціях та інших видах фінансових зобов'язань. Їхні сподівання можуть справдитися лише в тому разі, коли прибутки будуть достатніми для здійснення відповідних сплат.

Середньозважені очікувані сплати (у відсотках до взятого в кредит акціонерного капіталу) є вартістю капіталу. Дані сплати забезпечуються фактичним прибутком компанії (фірми), прибутковістю використання її активів. Як зазначається в ряді праць, зокрема, в [6], однією з перших ознак збільшення ступеня ризику і руху до банкрутства є зниження прибутковості, яка стає нижчою від вартості капіталу фірми. Відсотки за кредит і дивіденди, що їх сплачує компанія (фірма) перестають відповідати ринковим умовам, які склалися, і вкладення коштів в дану фірму стає невигідним. Кредитори (власники облігацій) одержують тверді суми, визначені кредитними угодами (контрактами), але відносна вигідність їхніх вкладень в дану фірму зменшується, а в зв'язку з падінням вартості акціонерного капіталу знижується і ціна акцій, зростає ступінь ризику повернення засобів. У фірми виникають труднощі з готівкою, особливо, якщо кредитори не згодяться продовжити терміни кредитних угод на наступний період і фірма буде змушена сплатити не лише відсотки, але й

суму основного боргу. Може виникнути криза ліквідності, і компанія (фірма) ввійде в стан "технічної неплатоспроможності". Цей ступінь спаду може розглядатись як банкрутство. Зниження прибутковості компанії (фірми) означає зниження її вартості. Вартість фірми може знизитися нижче суми зобов'язань кредиторам. Це означає, що акціонерний капітал зникає. Однак вартість компанії (фірми) може впасти нижче ліквідної вартості активів. Тоді ліквідаційна вартість розглядається як ціна фірми, ліквідація фірми стає доцільнішою, ніж її експлуатація. Акціонери в цьому випадку втрачають свій капітал. Таким чином, рух, що розпочався з відносного зниження прибутковості, може призвести компанію (фірму) до банкрутства.

Прагнення до одержання найбільших прибутків є провідним принципом в діяльності комерційних банків. Але воно зіштовхується з можливістю зазнати збитків. Ризик є вартісним виразом імовірної події, яка призводить до збитків. Ризик утворюється внаслідок відхилень фактичних даних від оцінкових щодо сьогоdnішнього стану та майбутнього розвитку. Ці відхилення можуть бути як сприятливими, так і несприятливими, кожному шансові одержати прибуток протистоїть можливість зазнати збитків. Отже, одержати прибуток можна лише в тому випадку, якщо можливість зазнати збитків (втрат), тобто ризик, буде заздалегідь передбачена (зважена) та підстрахована.

Обгрунтований ризик — необхідний атрибут у стратегії та практиці ефективного менеджменту. Прогностичний та індикативний сенс планів та економічних рішень, які містять ідею ризику, може бути виявлений лише шляхом розробки та застосування методів його врахування та вимірювання.

В кожній ситуації, пов'язаній з ризиком, виникає питання: що таке обгрунтований (допустимий) ризик, де проходить межа, що відділяє його від нерозумного ризику. Щоб відповісти на це запитання треба знайти рівень "прийнятеного ризику", кількісну та якісну оцінки конкретних ризикованих рішень.

В [22] запропоновано таке визначення ризику:

Економічний ризик — об'єктивно-суб'єктивна категорія, яка пов'язана з подоланням невизначеності та конфліктності у ситуації неминучого вибору і відображає міру (ступінь) досягнення сподіваного результату, невдачі та відхилення від цілей з урахуванням впливу контрольованих та неконтрольованих чинників за наявності прямих та зворотних зв'язків.

Це визначення відображає системний підхід до категорії ризику і показує вплив на систему внутрішніх чинників, конкуруючих систем та надсистеми в цілому.

В [114] даються визначення таким елементам ризику, як об'єкт, суб'єкт та джерело ризику.

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

Під **суб'єктом ризику** розуміють особу (індивід або колектив), яка зацікавлена в результатах керування об'єктом ризику і має компетенцію приймати рішення щодо об'єкта ризику.

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

Під **інформаційною ситуацією** будемо розуміти певний ступінь градації невизначеності знаходження середовища в одному із своїх станів із заданої множини, якою володіє суб'єкт управління (менеджер) в момент прийняття рішення [100].

Ризик зумовлюється багатьма причинами, наведемо деякі з них.

По-перше, науково-технічний прогрес (НТП) формує нову систему орієнтирів людини, радикально змінює предметне середовище, в якому вона живе. Якісно іншими стають роль та співвідношення продуктивної інноваційної діяльності. Створюється атмосфера гострої потреби в новаторських, сміливих рішеннях, відбувається пошук принципово нових, таких, що раніше не застосовувалися, неординарних методів розв'язання складних задач. В таких умовах менеджери різних рівнів управління повинні і змушені йти на ризик.

НТП надає діяльності багатьох менеджерів (підприємців) творчого характеру. Тобто ризик пов'язаний з творчістю — діяльністю, яка характеризується неповторністю, оригінальністю, унікальністю. Ризик зумовлений суттю творчого процесу, особливостями щодо впровадження нового у практику, необхідністю розв'язувати суперечності між подіями та процесами, що з'являються в суспільстві, та старими способами соціального регулювання.

По-друге, середовище діяльності людей все в більшій мірі стає ринковим, що вносить додаткові елементи невизначеності, розширює межі ризикованих ситуацій. В цих умовах виникає недетермінованість та невпевненість щодо одержання кінцевого результату, а, отже, зростає і ступінь ризику.

Ринок, як відомо, не м'яка небесна, а досить жорстка система, яка вимагає від кожного великої фізичної та інтелектуальної віддачі. Конкуренція не визнає кволик. У США, наприклад, щорічно створюється 10,5 млн. нових фірм і 80% з них стає банкрутами на протязі першого ж року існування.

Діяльність багатьох людей набуває підприємницьких рис. А підприємець (менеджер) обов'язково ризикує. Тому йому притаманні такі риси: незалежність та нестандартність дій; новації при досягненні мети; сміливість, винахідливість; орієнтація на досягнення якомога вищих результатів.

Форми прояву підприємництва здебільшого носять індивідуальний характер.

Це проявляється в ситуаціях, тісно пов'язаних з ризиком, коли людина виходить за вузькі межі стереотипів. Ризик — сіль підприємництва (менеджменту), це жорстка перевірка особистих якостей, професійності, здатності вірно орієнтуватися в оточуючому нас світі. Зласне, ризик залучає підприємця в систему природного добору через гостру конкурентну боротьбу.

По-третє, на порядок денний постає питання щодо глобального ризику. Він пов'язаний зі зростаючою небезпекою самознищення цивілізації внаслідок якоїсь катастрофи (про неї нагадує Чорнобильська АЕС, небезпека ядерної війни), екологічної небезпеки (забруднення оточуючого середовища), вичерпання ресурсів (енергетична криза), продовольчої проблеми (у зв'язку з наростанням дефіциту продовольства) та пов'язаних з цим хвороб та епідемій, несприятливої демографічної ситуації (у зв'язку з неконтрольованим зростанням (зменшенням) чисельності населення).

На рис.1.1. наведено схему, за якою можна аналізувати ризик, зумовлений внутрішніми та зовнішніми, по відношенню до об'єкта (господарської системи), причинами.

Причини виникнення невизначеності та зумовленого нею ризику поділяються на три групи [42].

Перша група. Більшість пов'язаних з економікою процесів є принципово індетермінованими. Таким, наприклад, є науково-технічний прогрес, про хід якого неможливо зробити точний прогноз. Важко передбачити також різні природні явища, зміни клімату, розвиток смаків споживачів тощо.

Друга група. Можна говорити про економічно оптимальну неповноту інформації, бо нерідко більш доцільно працювати з неповною інформацією, ніж збирати вкрай дорого практично

повну інформацію. До цієї групи можна віднести і неповноту інформації, обумовлену обмеженістю потужностей для її обробки, бо ця обмеженість пояснюється економічними причинами. Сюди ж відносять і неточності, що виникають внаслідок наближених методів оцінки даних, наприклад, вибіркові спостереження і експертні оцінки. Зменшення цих неточностей теж потребує певних додаткових затрат.



Рис.1.1. Причини виникнення економічного ризику

Третя група. Існує, так би мовити, "організована" невизначеність, або асиметрія інформації. Вона спричинена тим, що нерідко деякі економічні агенти вважають доцільним приховувати деяку частину інформації з економічних, політичних чи з інших причин. Наприклад, надто важко прогнозувати можливості зовнішньо-торговельних операцій зі стратегічними товарами, інколи керуючому органу управління важко оцінити можливість та зусилля підлеглих підрозділів і навпаки.

Невизначеність ситуації характеризується тим, що вона залежить від багатьох змінних чинників (контрагентів), дії яких неможливо передбачити з прийнятною точністю, впливає також і відсутність чітко визначених цілей та критеріїв їхньої оцінки, зрушення в суспільних потребах і споживчому попиті, непередбачувана поява нових технологій і техніки, зміна кон'юнктури світового ринку, корекція траєкторії руху економіки з політичної необхідності, непередбачуваність природних явищ тощо.

В [21, 34] йдеться про те, що необхідно розрізнити і врахувати декілька типів невизначеності і обумовленого ними економічного ризику: невизначеність цілей; невизначеність оцінок, прогнозів розвитку у майбутньому економічного середовища (станів економічного середовища); невизначеність дій конкурентів, а також нестачу даних, зокрема, числових (кількісних), необхідних для обчислень.

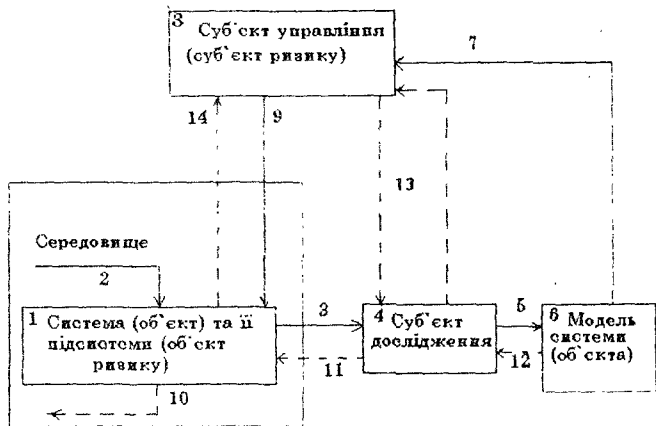


Рис.1.2. Види невизначеності

Позначення:

Основні види невизначеності (→):

- 1 — поведження системи та її підсистем;
- 2 — вплив середовища на систему;
- 3 — інформація про систему та середовище;
- 4 — суб'єкт дослідження;
- 5 — процес концептуалізації інформації, одержаної суб'єктом дослідження;
- 6 — модель системи (об'єкта);
- 7 — сприйняття суб'єктом управління моделі системи;
- 8 — суб'єкт управління;
- 9 — керовані дії на систему.

Другорядні види невизначеності (---→):

- 10 — вплив системи на середовище;
- 11 — вплив суб'єкта дослідження на систему і середовище;
- 12 — вплив моделі системи на суб'єкт дослідження;

- 13 — взаємодія суб'єкта дослідження та суб'єкта управління;
- 14 — вплив системи та середовища на суб'єкт управління.

У схемі, поданій на рис.1.2 [110], показано, що джерелом невизначеності може виявитися кожен елемент та канал зв'язку між елементами, приведеними на схемі. Виділяються основні види невизначеності, породжені прямими зв'язками у процесі дослідження та керування системою (об'єктом), та другорядні, що відображають зворотні дії та ефекти.

Кожен із цих видів невизначеності породжує комплекс притаманних йому проблем і потребує сукупності методів його аналізу. Детальніше про це йдеться в [110].

Якщо в системі управління відсутня однозначна відповідність між вхідною та вихідною керуючою інформацією, то будемо говорити, що в системі управління діє чинник інформаційної невизначеності.

Запроваджене *поняття інформаційної невизначеності* не суперечить усталеній термінології, а лише уточнює її стосовно до соціально-економічних систем управління. Однак тут слід зазначити, що в більшості праць поняття невизначеності пов'язується з поняттям імовірності. Основна умова розрахунку ймовірнісних характеристик деякого випадкового процесу пов'язується з можливістю проведення досить великої кількості статистичних випробувань. На жаль, можливість проведення таких випробувань в соціально-економічних системах обмежена. По-перше, ці об'єкти знаходяться в умовах, що безперервно змінюються, і самі вони інтенсивно змінюються. При цьому характер і напрямок змін не завжди можуть бути точно оцінені експериментаторами. Друга складність пов'язана з тим, що до складу об'єктів входять люди. Як окремі люди, так і колективи людей мають систему власних цілей, які можуть не співпадати з цілями експериментаторів. Наявність суперечностей в цілях веде до того, що об'єкт може протидіяти проведенню експериментів, а у випадку їх здійснення навчатися і змінювати свою поведінку для більш успішного досягнення своїх цілей. Нарешті, соціально-економічні об'єкти тісно пов'язані з зовнішнім середовищем. Їх поведінка залежить від поведінки багатьох інших об'єктів, від множини чинників які можуть мати некономічний характер [74].

Невизначеність вноситься в процес формування керуючої інформації через інформаційні компоненти. Їхня роль в такому процесі визначає специфіку впливу невизначеності відповідних компонентів на невизначеність системи управління в цілому. Так, невизначеність цілей не дозволяє системі управління однозначно оцінювати переваги виникаючих ситуацій. Система управління виявляється неспроможною здійснити повністю раціональний, формально-оптимальний вибір найкращого з існуючих в її розпорядженні варіантів поведінки. Невизначеність системи моделей не дозволяє однозначно формувати послідовність причинно-наслідкових зв'язків. Відповідно система управління не має можливості точно і однозначно передбачити всі суттєві для неї наслідки різних подій, зокрема, і відносно повні наслідки власних команд. Невизначеність первісної інформації не дозволяє однозначно оцінювати реальну ситуацію на об'єкті управління і в зовнішньому середовищі. Суб'єкт управління не може бути впевненим ні в тому, що оцінювання вірне, ні в тому, що воно повне.

В [41, 74] зазначається, що компанія (підприємство) на підставі прогнозування, оцінки та вибору значень найбільш суттєвих зовнішніх чинників (всі їх врахувати неможливо) намагається визначити свій вектор розвитку, що забезпечує її виживання в довгостроковій перспективі. Даний вектор є основною загальною метою компанії (фірми, підприємства), чи її місією.

Місія деталізує статус компанії в зовнішньому середовищі і забезпечує напрямок і орієнтири для визначення цілей і стратегій. Зазначимо, що існування головної цілі не виключає існування багатьох часткових цілей, котрі деталізують її і стосуються різних аспектів функціонування (розвитку) компанії (оцінки різних стратегій). Так, можна казати про такі цілі, як розширення частки компанії (підприємства) на ринку, мінімізація затрат на конверсію чи технічне переозброєння (впровадження новітніх технологій), створення іміджу виробника якісної продукції (послуг) тощо. Щодо ряду можливих цілей в інвестиційному та фінансовому менеджменті в сучасних умовах, то про це йдеться, зокрема, в [8, 101].

Цілі (критерії), на будь-якому рівні їхньої ієрархічної структури, нерідко суперечать одна одній, що обумовлює відповідний ризик, пов'язаний з багатокритеріальністю.

Очевидно, що обрані методи стосовно вибору цілей перевіряються і вдосконалюються на підставі зворотного зв'язку після реалізації прийнятих рішень в процесі прогнозування (планування) діяльності і контролю та аналізу одержаних результатів.

Деякі з правил, якими керуються при формуванні цілей компанії (фірми) в ринковій економіці, наведені, зокрема, в [74].

У праці [85] формулюється поняття підприємницького ризику, який виникає внаслідок будь-якої діяльності, пов'язані з виробництвом продукції, товарів, послуг, їх реалізацією, тозарно-грошовими і фінансовими операціями, комерцією, здійсненям соціально-економічних і науково-технічних проектів.

Як свідчать дослідження, одним із важливих питань в оцінюванні ризику є аналіз та прогнозування можливих втрат (збитків) ресурсів. При цьому випадковий розвиток подій здатний призводити не лише до збитків у вигляді підвищених затрат ресурсів і зниженні кінцевого результату. Одна й та ж випадкова подія може призвести до збільшення затрат у вигляді одного виду ресурсів і зменшення іншого, тобто поряд із підвищеними витратами одних ресурсів може мати місце економія інших.

Збитки, я. можуть мати місце у підприємницькій діяльності, оцінюються їхньою величиною та ймовірністю появи. Це стосується збитків матеріальних, трудових і фінансових ресурсів, втрат часу та спеціальних видів збитків [41, 85]:

- * матеріальні (додаткові затрати чи прямі збитки обладнання, майна, сировини, палива, енергії тощо);
- * фінансові втрати грошових коштів чи цінних паперів, (прямі грошові збитки: штрафи, податки, нераціональна фінансова політика, тощо);
- * втрати часу (несвоєчасний вихід на ринок, збільшення тривалості виробничого циклу тощо);
- * спеціальні види збитків (заподіяння шкоди здоров'ю людей, природному середовищу, престижу компанії (фірми) тощо).

Джерелами можливих збитків підприємця, а отже, і джерелом ризику є:

- * політичні чинники;
- * економічна, соціальна нестабільність;
- * темпи НТП, поява нових технологій, моральне старіння товарів і обладнання;

- * недосконалість методів управління виробництвом (компанією, фірмою);
- * некомпетентність кадрів;
- * рекет, злочинство, загострення кримінальної ситуації;
- * несумлінність компаньйонів;
- * недосконалість кредитно-грошової і фінансової політики держави;
- * форс-мажорні обставини.

Наприклад, деякі компанії (фірми) можуть мати непевний (випадковий) обсяг продажу та високу частку постійних затрат. Вони особливо обтяжені ризиком можливого зниження обсягів попиту, що значно знижує надходження грошових ресурсів, в той час як затрати залишаються, в основному, незмінними.

Необхідно враховувати три характерні аспекти діяльності бізнесменів (менеджерів): обмежені можливості керування; недостатність інформації; брак часу. Господарські ситуації неможливо контролювати повністю: вони залежать від дій постачальників і конкурентів, запитів на продукцію, заходів уряду тощо. Ці ситуації ніколи не повторюються точно, бо діють приховані на даний час тенденції. Як результат — інформація неповна, ненадійна, нерідко недоступна.

Основні випадкові (можливі) причини, які знижують ефективність окремих інвестиційних проектів і є джерелом ризику, наведені в [8. 26, 28, 101].

1.2. Класифікація ризику

1.2.1. Загальний підхід

Формування в Україні ринку та ринкової інфраструктури, нових механізмів установлення господарських зв'язків, розвиток підприємництва, конкуренція вимагають поглиблення теорії економічного ризику, методів його оцінки та регулювання на всіх рівнях господарювання: державному, регіональному, місцевому, галузевому, підприємства, цеху, дільниці.

Конкуренція змушує менеджерів (підприємців) активно визначати інформацію, щоб уникнути можливих помилок при здійсненні багатих на ризик виробничих, комерційних та інших операцій. Зовнішні та внутрішні чинники, які обумовлюють ділову активність в умовах ринкової економіки, досить динамічні, тому успішно слідкувати за ними та контролювати їх можна

частіше всього лише за допомогою різних елементів та важелів маркетингу.

Щоб розумно використовувати закони ринку, а не бути його жертвою, необхідно застосовувати найбільш передові форми економічного аналізу функціонування складових процесу відтворення.

В ринковій економіці існують два види господарського ризику — глобальний (наприклад, на рівні держави, регіону) та локальний (на рівні компанії (підприємства)). Вони взаємно-обумовлені, впливають один на одного і в той же час у певній мірі автономні, через що можуть стати носіями протилежних тенденцій. Це виявляється, зокрема, у випадках, коли економічне середовище створює приблизно рівні можливості щодо прояву обох видів ризику.

У ряді праць запропоновано таку класифікацію ризику:

1) за масштабами та розмірами (глобальний, локальний);

2) за аспектами (психологічний, соціальний, економічний, юридичний, політичний, медико-біологічний, комбінований, соціально-економічний);

3) щодо міри об'єктивності та суб'єктивності рішень (з об'єктивною ймовірністю, з суб'єктивною ймовірністю, з об'єктивно-суб'єктивною ймовірністю);

4) за ступенем (мірою) ризиконасиченості рішень: мінімальний, середній, оптимальний, максимальний або допустимий, критичний, катастрофічний;

5) за типами ризику — раціональний (обґрунтований), нерациональний (необґрунтований), авантюрний (азартний);

6) щодо часу прийняття ризикованих рішень (випереджаючий, своєчасний, запізнілий);

7) щодо чисельності осіб, що приймають рішення (індивідуальний, груповий);

8) щодо ситуації — в умовах невизначеності (стохастичний ризик), в умовах конфлікту (конкуруючий ризик), в умовах розпливчастості.

Кожен вид ризику треба детально проаналізувати, змоделювати, розкласти на елементи, що дозволить у певній мірі зменшити невизначеність ситуації.

Ризик, як правило, ділять на два типи — динамічний та статичний [3, 6].

Динамічний ризик — це, зокрема, ризик непередбачуваних (недетермінованих) змін вартості основного капіталу внаслідок

прийняття управлінських рішень або непередбачуваних змін ринкових чи політичних обставин.

Такі зміни можуть призвести як до збитків, так і до додаткових доходів.

Статичний ризик — це ризик втрат реальних активів внаслідок збитків власності, а також втрат доходу через недієздатність організації. Цей ризик може призвести лише до збитків.

Сучасне ринкове середовище неможливо уявити собі без ризику. Розрізняють також основні види ризиків:

- * виробничий;
- * фінансовий (кредитний);
- * інвестиційний;
- * ринковий;
- * портфельний;

1.2.2. Ризик цінних паперів

Нагадаємо деякі з видів ризику цінних паперів (детальніше про це йдеться, зокрема, в [6, 28]):

- 1) ризик падіння загальноринкових цін;
- 2) ризик інфляції;
- 3) галузевий ризик;
- 4) фінансовий ризик;
- 5) ризик ліквідності;
- 6) систематичний та несистематичний;

1.2.3. Банківські ризики

Проблемам, які пов'язані з банківським ризиком, присвячена велика кількість праць. Детальний аналіз банківського ризику подається, зокрема, в [7, 86]. Подамо основні види ризиків, яким можуть підлягати банки:

- 1) кредитний;
- 2) відсотковий;
- 3) валютний;
- 4) ризик ліквідності;
- 5) ризик фінансування;
- 6) акціонерний;

- 7) товарний;
- 8) ризик андеррайтингу (гарантування випуску цінних паперів);
- 9) політичний;
- 10) економічний;
- 11) демографічний;
- 12) ризик репутації.

Найбільш важливими елементами, покладеними в основу класифікації банківських ризиків, є [7]:

- 1) тип або вид комерційного банку;
- 2) сфера його впливу та основні чинники виникнення банківського ризику;
- 3) склад (структура) клієнтів банку;
- 4) розподіл ризику в часі;
- 5) можливості та засоби управління банківськими ризиками.

Сьогодні, враховуючи напрямки основної діяльності банків, можна говорити про три типи комерційних банків: спеціалізовані, галузеві, універсальні. Ясно, що набір та структура банківських ризиків для цих банків будуть різними.

В спеціалізованому, наприклад, інноваційному, банку будуть переважати підвищені ризики, пов'язані з кредитуванням ризикових підприємств, технологій, продукції, реалізація якої буде утруднена. Це потребує і особливих методів регулювання банківського ризику, зокрема, одержання гарантій від держави, впровадження закладного права на нерухомість тощо. Холдингова установа, що спеціалізується на купівлі контрольних пакетів цінних паперів, буде оцінювати ризик за операціями з цінними паперами тощо. Таким чином, спеціалізовані банки будуть мати ризик по тих банківських операціях, які складають провідний напрямок їхньої діяльності.

В галузевому банку необхідно розрахувати розмір середньостатистичного ризику для визначення невикористаних резервів на підприємствах та в установах галузі, для врахування основних напрямків галузевої спрямованості та вироблення основних напрямків діяльності банків.

Універсальні банки змушені враховувати у своїй діяльності всі види банківських ризиків. В зв'язку з цим доцільно аналізувати раціональний набір видів ризику для кожного типу банків.

Ризики в залежності від сфери впливу або виникнення підрозділяються на зовнішні та внутрішні. Існує й інша класифікація ризику — в залежності від сфери виникнення банківських ризиків: ризик країн, ризик фінансової надійності окремого банку (недостатність капіталу банку, незбалансована ліквідність, недостатність резервів), ризик окремого виду банківської операції. Розподіл ризику в часі відіграє дуже важливу роль для прогнозування майбутніх збитків банку. За характером обліку банківські ризики поділяються на ризики по балансових і позабалансових операціях.

1.2.4. Інвестиційні ризики

Інвестиційна діяльність в усіх її формах та видах обтяжена ризиком, ступінь якого збільшується з переходом до ринкової економіки. Зростання ступеня ризику в сучасних умовах пов'язане зі зростаючою невизначеністю та швидкими динамічними змінами в економічній ситуації в країні в цілому і на інвестиційному ринку зокрема; розширюються пропозиції для інвестування приватизованих об'єктів; з'являються нові емітенти і фінансові інструменти тощо. Види інвестиційних ризиків досить різноманітні та численні.

Основні з них подані на рис. 1.3 [8].

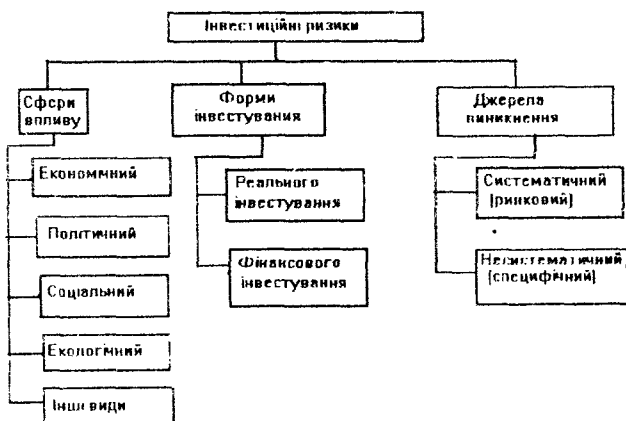


Рис. 1.3. Види інвестиційних ризиків

1.2.5. Підприємницький ризик

За видами підприємницький ризик поділяють на:

- * ризик помилкової стратегії ;
- * ризик вибору товарів і споживачів (сегмента ринку);
- * ризик невірної оцінки кон'юнктури ринку (співвідношення попиту і пропозиції, потенційної ємності ринку, ступеня конкуренції, цінової політики тощо);
- * ризик інфляції і зумовленого нею зростання цін на сировину, напівфабрикати, комплектуючі вироби, зміни темпів зростання заробітної платні;
- * ризик транспортування сировини і готової продукції;
- * ризик нестабільності податкового законодавства, кредитно-грошової політики, митних правил тощо.

1.3. Основні засади аналізу ризику

1.3.1. Основні засади аналізу

Аналіз, оцінка та врахування економічного ризику є потужним засобом у прийнятті рішень на макро — та мікроекономічному рівнях, в бізнесі (в області маркетингу, менеджменту). Аналіз ризиків являє собою корисний інструмент, за допомогою якого аналіз проектів (у широкому розумінні цього поняття) стає глибшим, а інвестиційні (інноваційні) рішення — ефективнішими, завдяки застосуванню відповідної методології.

Аналіз ризиків підрозділяють на два взаємодоповнюючі види: якісний та кількісний.

Якісний аналіз є найбільш складним і вимагає ґрунтовних знань, досвіду та інтуїції у даній сфері економічної діяльності. Його головна мета — визначити чинники ризику, області ризику, після чого ідентифікувати всі можливі ризики.

Кількісний аналіз ризику, тобто кількісне (числове) визначення ступеня окремих ризиків і ризику даного виду діяльності (проекту) в цілому — це теж досить непооста проблема.

1.3.2. Якісний аналіз ризику

Якісний аналіз ризику має декілька аспектів.

Перший аспект пов'язаний з необхідністю порівнювати очікувані позитивні результати з можливими економічними, со-

ціальними та іншими, як сьогоднішніми, так і майбутніми, наслідками. Взагалі мало мати схильність до ризику: потрібен ризик обгрунтований, в іншому випадку він може набути характеру авантюри. Ризикувати доцільно, якщо це призводить до кращих наслідків, при аналізі та обгрунтуванні щодо правильності своїх дій. Проблеми ризику повинні розглядатися та враховуватися як при розробці стратегії, так і в процесі реалізації оперативних задач. Характер стратегічних підходів слід визначати в межах стратегічних установок.

Другий аспект якісного аналізу ризику, пов'язаний з виявленням впливу рішень, які приймаються в умовах невизначеності, на інтереси суб'єктів економічного життя. Без врахування інтересів (зацікавленості), без керування ними неможливі реальні якісні перетворення в соціально-економічному житті. Необхідно виявити, для кого ризик корисний? Чийм інтересам відповідає? Мова йде про те, що коли немає зацікавленості в результатах економічних рішень, то немає й ризику.

Отже, ризикованій ситуації притаманні такі основні риси [105, 113, 114]: наявність невизначеності; наявність альтернатив та необхідність вибору однієї з них (відмова від вибору також є різновидом вибору); зацікавленість у результатах; можливість оцінити наявні альтернативи — прийняти рішення.

Усі чинники, які у тій чи іншій мірі впливають на ступінь ризику, можна умовно розділити на дві групи: об'єктивні та суб'єктивні.

До *об'єктивних чинників* відносять такі, що не залежать безпосередньо від фірми та менеджера (суб'єктів прийняття рішень). Це, зокрема, такі:

інфляція, конкуренція, політичні та економічні кризи, екологія, мита, наявність режиму найбільшого сприяння, можлива робота в зоні вільного економічного підприємництва, тощо.

До *суб'єктивних чинників* відносять ті, які характеризують суб'єкт прийняття рішень (безпосередньо фірму, менеджера).

Сподівання на максимальний прибуток, з одного боку, і страх підприємницького ризику, з іншого, переконують, що успіх у бізнесі можливий лише для тих, хто добре володіє обраною галуззю діяльності, на високому професійному рівні вирішує задачі, що постають, хто мислить неординарно і в змозі творчо застосувати знання у реально виникаючих економічних і фінансових ситуаціях.

1.3.3. Кількісний аналіз ризику

Для кількісного аналізу ризику використовують ряд методів. Серед них:

- * метод аналогій;
- * аналіз чутливості (вразливості);
- * аналіз методами імітаційного моделювання;
- * аналіз ризику збитків тощо.

1.3.3.1. Метод аналогій

Для аналізу ризику, яким може бути обтяжений, скажімо, новий проект, корисними можуть виявитися дані про наслідки впливу несприятливих чинників ризику якихось, близьких за суттю, раніше виконуваних проектів.

В цій сфері найбільшу ініціативу виявляють страхові компанії. Так, на Заході вони регулярно публікують коментарі щодо тенденцій у найбільш важливих зонах ризику, наприклад, відносно природних збурень (катастроф) і значних збитків.

На підставі цих даних можна зробити певні висновки загального характеру.

При використанні аналогів застосовують бази даних та знань стосовно чинників ризику. Ці бази будуються на матеріалах з літературних джерел, пошукових робіт, шляхом опитування фахівців (менеджерів проектів) тощо.

Одержані дані обробляють, використовуючи відповідний математичний апарат, для виявлення залежностей, причин, з метою врахування потенційного ризику при реалізації нових проектів.

Необхідно, однак, зазначити, що навіть в простих і широко відомих випадках невдалого завершення проектів досить важко створити передумови для майбутнього аналізу, тобто підготувати досить вичерпний та реалістичний набір сценаріїв можливих невдалих завершень проектів. Для більшості можливих збитків та зумовленого ними ризику характерні такі особливості [107]:

- * їхні причини з часом нашаровуються одна на одну, має місце довготривалий інкубаційний період їхнього визрівання;
- * вони якісно відрізняються одне від одного;
- * їхній ефект проявляється як результат складної суперпозиції ряду непрогнозованих причин.

1.3.3.2. Аналіз чутливості (вразливості)

Аналіз ризику — це методологія, за допомогою якої невизначеність, що пригаманна, зокрема, найважливішим показникам, які характеризують основні техніко-економічні параметри, наприклад, чисту приведену вартість (ЧПВ) об'єкта (проекту), що аналізується і розглядаються в контексті майбутнього, піддається аналізу, власне, для того, щоб оцінити вплив ризику на відповідні результати.

Аналіз чутливості (вразливості) є одним з найпростіших і широксвідомих методів урахування чинників невизначеності, характерних для оцінювання проектів у бізнесі. Метод описаний в багатьох працях, зокрема, в [49]. Як правило, він передує власне аналізу ризиків, бо за його допомогою з'ясовують, які з чинників (параметрів, що оцінюються) проекту можна віднести до найбільш "ризикованих", тобто таких, що спричиняють більшу частку ризиків.

Аналіз чутливості здійснюється за два кроки.

Перший крок — формування моделі (нерідко за допомогою програмно-технічного комплексу). Така модель визначає математичні співвідношення між змінними (параметрами), які стосуються прогнозування (планування) майбутнього. Це алгоритм — система точно визначених правил дії (програма) з зазначенням як і в якій послідовності ці правила застосовувати до первісних (вхідних) даних певної задачі, щоб одержати її розв'язок (результат) [43]. Зрозуміло, що математичні моделі, в залежності від мети моделювання, можуть бути різноманітними. Нерідко використовують імітаційні моделі, які наведено, зокрема, в [109].

Якісна (адекватна) модель — це модель, яка за умови "вірних" вхідних даних щодо змінних (аргументів, параметрів) здатна досить точно прогнозувати необхідний результат. Окрім всього, така модель містить усі чинники суттєві щодо об'єкту (проекту), який моделюється, та ігнорує всі несуттєві, а також постулює, на підставі системи відповідних гіпотез, адекватні співвідношення між суттєвими змінними.

Під адекватністю моделі розуміють її відповідність досліджуваному об'єкту (явищу). Адекватність моделі взаємозв'язку ознак чинників проявляється в здатності вірно описувати реальну структуру залежності результуючої ознаки від факторних ознак.

Поняття адекватності моделі дещо ширше поняття її якості. Остання характеризується очікуваною величиною відхилення обчислюваного значення показника від фактичного. Відносно мала величина відхилення ще не гарантує ступеня (міри) адекватності моделі. Це зумовлено тим, що, зокрема, якість моделі визначається формальними методами на підставі вибіркових даних. При оцінці моделі може не використовуватись, наприклад, інформація відносно можливого впливу науково-технічного прогресу на структуру взаємозв'язку ознак (чинників) тощо. Дослідження адекватності моделі, окрім оцінки її очікуваної точності, передбачає всебічний змістовний (якісний) аналіз явища (об'єкта) з урахуванням закономірностей стосовно змін основних її чинників, частина з яких часто навіть не може бути вимірюваною.

В ряді праць, зокрема, в [65], зазначається, що на величину розходження обчислених за допомогою моделі та фактичних значень результуючих показників впливає весь комплекс умов, за яких були отримані як фактичні, так і змодельовані значення ознак. В [96] перелічені та розглянуті основні умови

Другий крок — це, власне, аналіз чутливості — дає змогу ідентифікувати найбільш важливі (як чинники ризику) змінні в моделі оцінки об'єкта (проекту). Його суть полягає у "вимірюванні чутливості" основних показників, наприклад, ефективності проекту в залежності від випадкової зміни чинників (тієї чи іншої змінної величини параметра). Наприклад, зростанню чи падінню норми доходу в залежності від зростання чи спаду експлуатаційних затрат на 10%, 20% тощо. Можна, наприклад, поставити питання, якою буде норма доходу, якщо обсяг продажу продукції (який, власне кажучи, є випадковою величиною) зросте чи знизиться на 12% порівняно з найбільш імовірним (очікуваним), прийнятим до обчислення. Аналогічно можна аналізувати вплив зміни цін на товари, що їх виробляє дана фірма (підприємство), цін на матеріали, комплектуючі вироби тощо.

За показники чутливості об'єкта (проекту) щодо зміни тих чи інших чинників часто використовують показники еластичності.

Еластичність — міра реагування однієї змінної величини (функції) на зміну іншої (аргумента); точніше — це число, яке показує відсоткову зміну функції в результаті одновідсоткової зміни аргумента.

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

$$y=f(x)=f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1.1)$$

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

$$\varepsilon_j = \frac{\Delta y_j}{y} / \frac{\Delta x_j}{x_j} = \frac{\Delta y_j}{\Delta x_j} \cdot \frac{x_j}{y} \%, \quad j=1, \dots, n. \quad (1.2)$$

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

$$\varepsilon_j = \frac{\partial y_j}{\partial x_j} \cdot \frac{x_j}{y}, \quad j=1, \dots, n \quad (1.3)$$

Перевага показника еластичності перед іншими полягає у тому, що його величина не залежить від вибору одиниць вимірювання різних чинників. Чим більшим (по модулю) є значення еластичності, тим вищим буде ступінь залежності, скажімо, норми доходу або чистої приведеної вартості (ЧПВ), тобто її чутливість по відношенню до зміни певного чинника.

Можна стверджувати, що ризик, яким обтяжений проект, є тим більшим, чим більшою є вразливість цього проекту до зміни кожного з чинників (тобто еластичність) та чим більшим є інтервал можливих коливань цих чинників (у майбутньому).

Якщо аналізуються декілька проектів (варіанти певного проекту), то для реалізації повинен бути обраний той варіант, який є менш вразливим щодо випадкової (у майбутньому) зміни цих чинників. Ясно, що, лише переконавшись у незначній залежності (малих за абсолютною величиною, значеннях еластичності), наприклад, оцінки ефективності норми доходу можна відмовитися від подальшого аналізу ризиків.

Охарактеризований вище метод чутливості для аналізу ризику відзначається простотою. Необхідно, однак, звернути увагу на те, що цей метод є дещо обмеженим.

По-перше, він спирається на аналіз впливу на оцінку, зокрема, норми доходу проекту лише окремих чинників (їхнього

роздільного впливу). Тим часом істотне значення для визначення впливу ризику має їхній інтегральний вплив.

По-друге, аналіз чутливості (вразливості) не враховує взаємозв'язку (взаємозалежності) між цими параметрами (чинниками). Так, зокрема, зміни у попиту можуть потягти за собою зміни у цінах тощо.

Отже, якщо не враховувати суттєві внутрішні взаємозалежності між прогнозованими чинниками (змінними), результати аналізу ризиків можуть бути деформованими.

1.3.3.3. Аналіз ризику методами імітаційного моделювання

Методи імітаційного моделювання знайшли широке застосування в економіці [14, 15, 61, 109].

Узагальнюючи матеріали, що наведені в ряді літературних джерел, процес кількісного аналізу ризику за допомогою методів імітаційного моделювання можна поділити на сім кроків. Їхня суть і послідовність подані на рис.1.4.

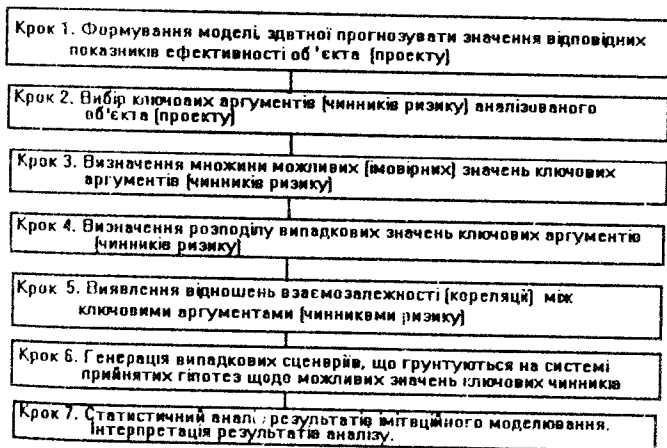


Рис.1.4. Процес кількісного аналізу ризику методами імітаційного моделювання

Як і в методі чутливості аналізу ризику, і в цьому випадку також здійснюється оцінка коливань вихідної величини при випадкових змінах вхідних величин, але більш детально, з ураху-

ванням ступеня взаємозалежності випадкових змін вхідних величин.

Перший крок аналізу полягає в формуванні моделі об'єкта (проекту), що розглядається. Про це йшлося у попередньому матеріалі (аналіз чутливості).

Другий крок здійснюється з метою визначення ключових аргументів (чинників ризику), зокрема, застосовуючи метод аналізу чутливості (вразливості). Аналіз вразливості, застосований щодо ряду чинників, які входять в нашу модель, не бере до уваги те, наскільки реалістичними (ймовірними) є ті чи інші випадкові коливання (значення) чинника ризику (аргумента). Для того, щоб дані, одержані в процесі аналізу вразливості, мали сенс, в тест аналізу повинна бути вмонтована 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 (гарантіями) здійснити поставки по фіксованій (узгодженій) ціні. Отже, ризик, що пов'язаний з цим чинником (аргументом), незначний. Даний чинник вилучається з подальшого аналізу. Для подальшого аналізу ризику залишаються лише ті чинники, які не є строго детермінованими, а еластичність відповідної функції по даному чиннику (аргументу) є значною (суттєвою).

Третій крок полягає в тому, щоб визначити можливі інтервали відхилень прогнозованих значень параметрів (чинників ризику) від очікуваних (найбільш імовірних). Наприклад, аналізуючи обсяг продажу, прийнято як найбільш імовірний обсяг попиту на рівні 100 одиниць. Однак маркетингові дослідження показують, що обсяг продажу може відхилитися від цього значення на величину в 12 одиниць, тобто він знаходиться на інтервалі від 88 до 112 одиниць. Для кожної виявленої і відібраної на попередньому кроці випадкової змінної (чинника ризику) визначаються можливі мінімальні та максимальні значення. Тобто зазначається інтервал (множина) значень для випадкової змінної

(чинника ризику). На цьому етапі доречно використовувати математичні (статистичні) оцінки якості прогнозів [78]. Для тих, хто зперше використовує аналіз ризику, визначення меж (множини) можливих (імовірних) значень виявлених чинників ризику може здаватися громіздкою та складною задачею. Але ця задача є не більш складною, аніж визначення відповідної детермінованої (сподіваної, найбільш імовірної) оцінки відповідної випадкової змінної. При виконанні детерміністичного економічного аналізу та обчисленні ефективності (чистої приведенної вартості тощо) приходиться враховувати ймовірні значення, які можуть приймати випадкові змінні (ціни, змінні та постійні затрати, затрати на купівлю обладнання, затрати на будівельно-монтажні роботи тощо), що входять в модель об'єкта (проекту), перш ніж вибрати конкретне (сподіване) їхнє значення для подальших обчислень згідно з обраними критеріями та аналізу за базовим сценарієм. Отже, якщо здійснювалася оцінка відповідних показників за якогось єдиного значення (величини) відповідних чинників (аргументів), то можна вважати, що частка підготовчої роботи щодо оцінки меж можливих значень та розподілу ймовірностей була вже виконана. На практиці проблема, з якою нерідко зіштовхуються в зв'язку з визначенням множини значень і розподілів ймовірностей відповідних величин для аналізу ризиків, після завершення розгляду базового сценарію полягає в тому, що лише в ході цього процесу приходиться розуміння того, що недостатньо уваги було приділено оцінці цього єдиного значення чинника при здійсненні детерміністичного аналізу.

Четвертий крок полягає у визначенні розподілу ймовірності випадкових значень аргументів (чинників ризику). Він здійснюється паралельно з кроком 3. Під час аналізу ризиків використовується інформація, яка відображає множинність значень випадкових змінних (чинників), що входять у математичну модель і відображають значення відповідних величин у майбутньому (стан економічного середовища) і їхній розподіл. Тобто використання при аналізі ризику випадкових значень чинників замість детермінованих і дає можливість врахувати ризик, яким обтяжене відповідне рішення (інвестиційний проект) при моделюванні і оцінюванні показників його ефективності.

Досить часто певна інформація закладена в досвіді людини (експерта), хоч майже неможливо точно передбачити конкретне значення певного чинника у майбутньому, завжди існує можливість встановлення певних, досить широких, меж його ймовірних значень та відповідний, наближений розподіл імовіриостей, який був би досить репрезентативним [45, 62, 81, 95].

Підготовка даних та оцінка розподілу ймовірності для відібраних чинників ризику включає як встановлення множини їхніх можливих значень, так і вагових величин. На практиці визначення цих величин являє собою ітераційний процес, інтервали значень відповідних чинників уточнюються, приймаючи до уваги конкретний профіль розподілу ймовірності та навпаки.

Виділяють два основні класи законів розподілу ймовірності: неперервні і дискретні. Серед випадкових величин виділяють такі, що мають симетричні і асиметричні закони розподілу. Симетричні закони краще характеризують ті випадкові змінні, які визначаються впливом на них, незначних щодо своїх можливостей та важливості, різнонаправлених сил та тенденцій, наприклад, ціна на товар (реальна), що визначається в умовах конкурентного ринку.

Дискретні закони розподілу випадкових величин корисні в тому випадку, коли проводяться експертні оцінки. Вони краще підходять до ситуацій, коли в системі, яка визначає величину випадкової змінної, наявні односторонні обмеження.

П'ятий крок призначений для виявлення взаємозалежності, яка на практиці може існувати між ключовими аргументами (чинниками ризику).

Вважають, що дві та більше випадкові змінні корельовані в тому випадку, якщо вони змінюються систематично. В наборі ризикових чинників такі залежності (взаємозумовленість) зустрічаються досить часто. Наприклад, рівень собівартості в значній мірі обумовлює величину ціни реалізації, рівень ціни на певний товар, як правило, має обернене співвідношення з обсягом його продажу.

Ігнорування кореляції може призвести до невірних результатів в аналізі ризику, тому важливо переконатися в наявності чи відсутності таких взаємозв'язків і, де це необхідно, ввести при моделюванні обмеження, які знизили би до раціонального рівня ймовірність вироблення сценаріїв, порушуючих вплив кореляції (взаємозалежності). Фактично наявність кореляційного зв'язку обмежує випадковий вибір значень корельованих змінних.

падкових змінних (чинників ризику), він, цей вибір, стає обумовленим як межами відповідних характеристик, так і напрямком (прямо чи обернено пропорційним) зв'язку. В усіх підручниках з теорії ймовірностей та математичної статистики вводиться поняття коефіцієнта кореляції $\rho = \rho(\xi, \eta)$ між двома випадковими змінними ξ і η . Показується, що коли ξ і η незалежні, то $\rho = 0$, а коли ξ і η зв'язані лінійною функціональною залежністю (і лише в цьому випадку) $|\rho(\xi, \eta)| = 1$.

Якщо $0 < |\rho(\xi, \eta)| < 1$, то ξ і η — залежні випадкові величини і природно вважати, що чим ближче $|\rho(\xi, \eta)|$ до 1, тим "ближче" залежність між ξ і η до функціональної залежності виду $\eta = \xi a + b$. Тому цілком природним є питання про наближене зображення зв'язку між ξ і η у вигляді лінійної функції (для цієї мети використовують також поліноми вищих степенів, інші функції). Доцільно також використовувати лінійні моделі множинної регресії, які встановлюють взаємозв'язки між рядом чинників ризику (випадкових величин). Про це йдеться, зокрема, в [39, 45, 53, 59, 92].

Необхідно зауважати, що соціально-економічні процеси, які обтяжені чинниками ризику, не завжди можна описати за допомогою лише одного рівняння регресії. Для більш адекватного відображення багатосторонніх реальних взаємозв'язків між явищами, що їх відображають виділені чинники ризику, необхідно використовувати систему співвідношень. Для цього застосовуються економетричні моделі та методи [40, 48, 102].

Шостий крок здійснює власне генерацію випадкових сценаріїв, що ґрунтується на системі прийнятих гіпотез стосовно чинників ризику згідно з обраною моделлю на кроці 1.

Після того, як всі гіпотези були ретельно досліджені, побудовані відповідні залежності, залишається лише послідовно здійснювати обчислення згідно з обраною на кроці 1 моделлю (кожне обчислення називають одним "прогоном") до тих пір, доки не буде одержана досить 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 "прогонів".

Серія обчислень ("прогонів") здійснюється згідно з методом Монте-Карло (назва методу пояснюється тим, що в його основу покладено метод випадкової вибірки, як у грі в рулетку). Після кожного "прогону" генеруються, взагалі кажучи, різні результа-

ти, бс значення ризикових чинників обираються випадково з урахуванням законів розподілу у визначеному інтервалі значень ключових аргументів, урахуванням кореляційних зв'язків. Метод Монте-Карло можна розглядати як свого роду імітацію майбутнього в лабораторних умовах. Кожен одержаний результат (ефективність) відображає можливе у майбутньому значення результату "прогону". Результати кожного "прогону" зберігаються для подальшої статистичної обробки одержаної вибірки та її аналізу.

Сьомий крок. Після серії "прогонів" можна одержати розподіл частот для результуючого показника (ефективності, чистої теперішньої вартості проекту, норми доходу тощо). Результати можуть бути подані як дискретним так і неперервним законом розподілу результуючого показника, як випадкової величини, перевіркою гіпотез щодо виду закону розподілу. Тут можуть бути застосовані відповідні критерії, що наведені, зокрема, в [95]. Можуть бути обчислені числові характеристики результуючого показника (сподівана величина показника, варіація (дисперсія), семіваріація, асиметрія, ексцес тощо).

Одержані результати вимагають їхньої інтерпретації. Коли обчислено сподіване значення результуючого показника (наприклад, чиста приведена цінність чи норма доходу) об'єкта (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 приймати. Якщо знак відповідного показника (прибуток чи ЧПВ) від'ємний, то такий проект слід відхилити.

Аналогічно при виборі альтернативних об'єктів (проектів) для подальшого аналізу та прийняття рішень залишаються ті, для яких, скажімо, прибуток є додатною величиною.

Таким чином, очікуване значення величини проаналізованого показника (випадкова величина), яке при детермінованому аналізі об'єктів (проектів) було підставою для остаточного рішення, при урахуванні ризику є лише одним з показників. Решта інформації міститься в одержаному законі (законах) розподілу (числових характеристиках випадкової величини). Тобто аналіз ризику створює додаткові аспекти щодо оцінки об'єкта (проекту).

Остаточне рішення виявляється мовби об'єктивно-суб'єктивним, тобто в значній мірі залежить від того, як суб'єкт прийняття рішень (суб'єкт ризику) ставиться до ризику. Про-

блеми щодо різного відношення до ризику в прийнятті рішень наведені, зокрема, в [3, 22, 38, 76, 84]. Загальним правилом може слугувати таке: слід вибрати об'єкт (проект) з таким розподілом імовірності норми доходу (прибутку), який найкраще відповідає ставленню до ризику суб'єкта (інвестора). Якщо хтось є "ризикованим гравцем", то він, гроші швидше всього вкляде в проект з відносно великою віддачею, не звертаючи особливої уваги на ризик, яким цей проект обтяжливий. Якщо ж особа, що приймає рішення більш обережна (не схильна до ризику), то вона інвестує в проект з більш скромною, але більш гарантованою віддачею.

Беручи "традиційне" поводження суб'єкта прийняття рішення, розглянемо декілька можливих спрощених ситуацій. В кожній ситуації подано як інтегральну ($F(x)$), так і диференційну ($f(x)$) функції закону розподілу випадкових величин певного економічного показника (наприклад, чистої приведенної теперішньої вартості (ЧПВ), яка характеризує доцільність інвестування в один проект або вибору між альтернативними проектами).

Ситуація 1. Точка мінімуму інтегральної функції закону розподілу ймовірності ЧПВ проекту розташована справа від точки, в якій ЧПВ=0.

Оскільки ЧПВ проекту приймає лише додатні значення (ймовірність від'ємних значень ЧПВ дорівнює нулю), то є сенс приймати цей проект.

Ситуація 2. Точка максимуму інтегральної функції закону розподілу ймовірності ЧПВ проекту розташована зліва від точки, в якій ЧПВ=0.

Оскільки ЧПВ проекту приймає лише від'ємні значення (ймовірність додатніх значень ЧПВ дорівнює нулю), то є сенс ухилитися від цього проекту.

Ситуація 3. Точка максимуму інтегральної функції закону розподілу ймовірності ЧПВ проекту розташована справа від точки, в якій ЧПВ=0, а точка мінімуму — зліва (див. рис. 1.5)

Є певна ймовірність того, що ЧПВ проекту може виявитися як від'ємною, так і додатною величиною. В цьому випадку рішення залежить від схильності (несхильності) суб'єкта прийняття рішень до ризику. В цій ситуації необхідні додаткові гіпотези (припущення) чи додаткова інформація.

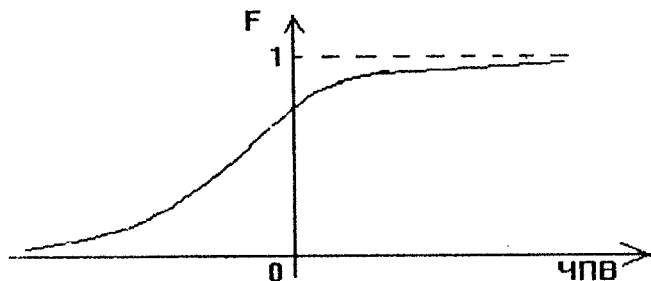


Рис.1.5. Інтегральна функція закону розподілу (F) ЧПВ проекту в ситуації 3

Ситуація 4. Графіки інтегральних функцій законів розподілу ймовірності ЧПВ двох альтернативних (взаємновиключних) проектів (A і B) не перетинаються і ЧПВ приймають лише додатні значення (рис. 1.6 а).

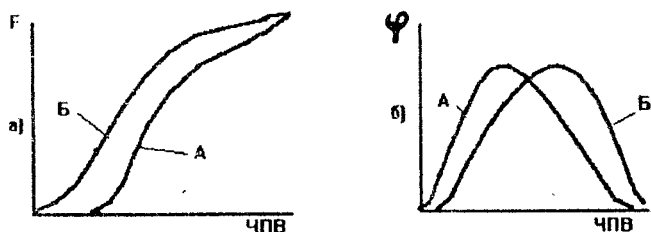


Рис.1.6. Функції законів розподілу двох випадкових величин (а - інтегральні (F), б - диференційні (φ)) в ситуації 4.

Тобто за однакових значень ймовірності один з проектів (B) завжди дає більш високі результати (ЧПВ) або за однакових значень ЧПВ ймовірність того, що вона буде досягнута чи перевищена у проекті B в порівнянні з проектом A , завжди є більшою (не меншою).

Звідси можна вивести перше правило щодо того, який з альтернативних проектів є сенс прийняти, беручи до уваги ризик.

Правило 1. Якщо криві інтегральних функцій законів розподілу ЧПВ двох альтернативних (взаємновиключних) проектів не перетинаються в жодній точці, то завжди доцільно від-

дати перевагу тому проекту, в якого графік диференційної функції (щільність розподілу) розташований дещо правіше

Ситуація 5. Графіки інтегральних функцій законів розподілу ймовірності ЧПВ двох альтернативних проектів А і Б перетинаються в будь-якій точці та ЧПВ приймають лише додатні значення (рис.1.7а)

В цій ситуації, навіть, коли сподівані значення ЧПВ проекту А та проекту Б збігаються (точка с на рис. 1.7, б), можна зауважити, що ті суб'єкти інвестори, які є схильними до ризику, можуть обрати проект А, де з певною ймовірністю можуть реалізуватися кращі (більші за величиною) значення ЧПВ. Окремі інвестори можуть зупинитися навпаки, на альтернативі Б. Далі все залежить від виду диференційованих функцій законів розподілу (рис.1.7, б), та від таких числових характеристик, як, скажімо, семіваріація, асиметрія.

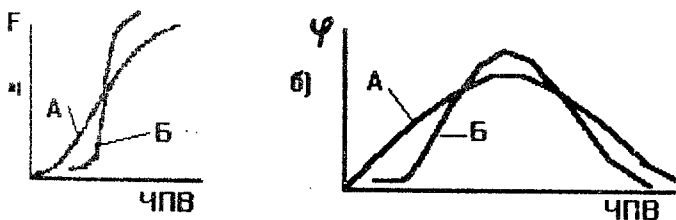


Рис.1.7. Функції законів розподілу двох випадкових величин (а - інтегральні (F)), б - диференційні (φ)) в ситуації 5

Правило 2. Якщо криві інтегральних функцій законів розподілу ЧПВ двох взаємовиключних проектів перетинаються в будь-якій 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.

1.3.3.4. Аналіз ризику збитків

В попередньому матеріалі (1. 1) йшлося про можливі в підприємстві (бізнесі) збитки і зумовлений цим ризик. Про-

аналізуємо ризик з точки зору можливих (імовірних) збитків, які є характерними для будь-якого об'єкта (проекту).

В ряді праць, зокрема, [6, 37, 85], вводиться поняття областей (зон) ризику. Виділяють такі зони ризику.

1. *Безризикова зона* — область, в якій випадкові збитки не очікуються, їй відповідають нульові збитки чи перевищення прибутку над сподіваним значенням.

Ця область — область виграшу підприємця.

2. *Зона допустимого ризику* — область, в межах якої зберігається економічна доцільність підприємницької діяльності, тобто випадкові збитки можуть мати місце, але вони менші сподіваного прибутку від підприємницької діяльності.

3. *Зона критичного ризику* — область, де є наявною можливість збитків, які перевищують величину (обсяг) очікуваних прибутків, аж до величини повної обчисленої (розрахункової) виручки від підприємницької діяльності. Величина можливих (імовірних) збитків у цій зоні перевищує сподіваний прибуток і може призвести до втрати всіх коштів, вкладених підприємцем у справу.

4. *Зона катастрофічного ризику* — область можливих збитків, які за своєю величиною (обсягом) перевершують критичний рівень і можуть досягати величини (обсягу) майнового стану підприємця. Катастрофічний ризик може призвести до краху, банкрутства компанії (фірми), її закриття і розпродажу майна. До категорії катастрофічного ризику слід віднести також ризик, пов'язаний з безпосередньою загрозою для життя чи екологічною катастрофою.

Щоб одержати кількісне тлумачення зазначених підходів, побудуємо варіаційний ряд рівня збитків (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Можливий рівень збитків (x)	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Імовірність появи даного рівня збитків (P)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5

У першому рядку табл.1.1 вказані абсолютні чи відносні значення рівнів потенційно можливих збитків $x_1 - x_6$ у порядку їх зростання.

Найбільш повне уявлення про ризик дає крива щільності розподілу ймовірності збитків, що являє собою графічне зображення диференційної функції ймовірності збитків $\varphi(x)$. Типова крива такого виду зображена на рис.1.8.

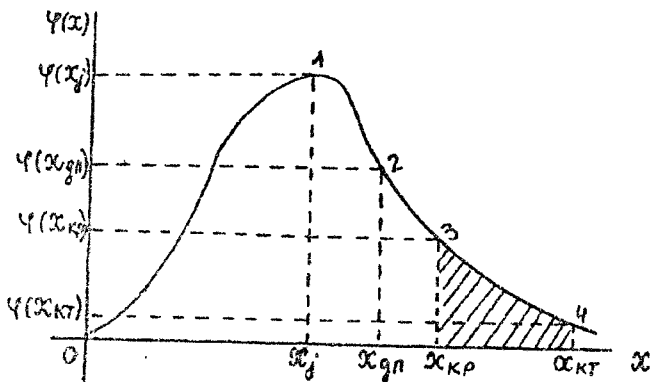


Рис. 1.8. Типова крива щільності розподілу ймовірності певного рівня випадкових збитків (ризик)

При побудові цієї кривої прийняті такі гіпотези [85]:

1. Ймовірність нульових збитків (можливість їх уникнути) практично дорівнює нулеві, бо мінімальні збитки завжди мають місце.
2. Ймовірність виключно великих збитків практично дорівнює нулеві, бо реальні збитки (у більшості випадків) мають верхню межу.
3. Існує скінченна, менша за одиницю, максимальна щільність ймовірності певного рівня збитків, бо цілком природно допустити, що якийсь певний рівень збитків виявиться найбільш ймовірним.
4. Функція щільності розподілу $\varphi(x)$ неперервна, повільно зростаюча від нуля до свого максимуму та спадна в міру подальшого збільшення рівня можливих збитків. Припущення

про неперервність та монотонність кривої щільності розподілу збитків є дещо умовним, бо збитки можуть мати дискретний характер (бути дискретними випадковими величинами), але в цілому таке припущення є цілком природним.

На зображеній кривій щільності розподілу ймовірностей виділені чотири характерні точки.

Перша точка (1) — найбільш імовірні збитки (x_1), а щільність розподілу ймовірності їх виникнення $\varphi(x_1)$.

Відповідно величину збитків x_1 називають найбільш імовірним (модальним) рівнем ризику, який обчислюється в абсолютному виразі, наприклад, у відсотках збитків по відношенню до розрахункової суми виручки.

Друга точка (2) — ступінь гранично допустимого ризику, тобто збитки будуть мати величину $x_{\partial n}$; що дорівнює очікуванім прибуткам. Величину щільності розподілу ймовірності таких збитків $\varphi(x_{\partial n})$ називають щільністю ймовірності допустимих збитків.

Третя точка (3) характеризує ступінь гранично критичного ризику, тобто виникнення збитків $x_{кр}$, які дорівнюють повній розрахунковій сумі виручки. Щільність ймовірності таких збитків $\varphi(x_{кр})$ називають щільністю ймовірності критичних збитків.

Четверта точка (4) характеризує ступінь гранично катастрофічного ризику, тобто обсяг збитків матиме величину $x_{кт}$, що дорівнює величині усього майна підприємця. Ймовірність таких збитків, що дорівнює $\varphi(x_{кт})$, називають щільністю ймовірності катастрофічних збитків (ризиком).

Усі ці показники випадкових збитків є досить важливими. Так, якщо ймовірність катастрофічних збитків досягає величини, яка свідчить про відчутну загрозу втрати усього майна (капіталу), наприклад, коли її значення (ймовірність) дорівнює 0,3, то підприємець, що має здоровий глузд, відмовиться від такої справи, не згодиться на такий ризик.

Необхідно відзначити, що підприємцеві, який аналізує ризик, властивий не "точковий", а "інтервальний" підхід. Йому важливо знати не тільки і не стільки те, що ймовірність збитків на 1млн. крб. у наміченій діловій акції складе, скажімо, 0,1% чи 10%. Він буде (і повинен) цікавитися, а наскільки ймовірно втратити суму, що знаходиться в інтервалі, наприклад, від 1млн. до 1,5млн. крб. ($1 < x < 1,5$). Наявність кривої щільності розподілу

ймовірностей збитків дозволяє відповісти на таке запитання шляхом знаходження інтегрального значення ймовірності у заданому інтервалі збитків.

Цілком можливим буде й інший прояв "інтервального" підходу у формі цілком характерного "напівінтервального".

В процесі прийняття економічних рішень про допустимість та доцільність ризику йому важливо з'ясувати не ймовірність певного рівня ризику, а тільки ймовірність того, що збитки (ризик) не перевершать певного рівня x_0 , тобто:

$$F(x_0) = P(x < x_0).$$

Згідно з абстрактною логікою (та здоровим глуздом), власне, це і є основним показником ризику. Очевидно, що показники ризику та надійності взаємозв'язані.

В прикладних проблемах економічного ризику, поряд з кривою щільності ймовірності збитків $\varphi(x)$ ще важливішим є знання кривої функції розподілу ймовірностей $F(x)$ (інтегральна функція) чи хоча б найбільш важливих її характеристик. Наприклад, неперевершення певного рівня збитків x_a , $F(x_a) = P(x < x_a)$ (чи обмеження збитків заданим рівнем) або оберненої величини

$$W(x_a) = 1 - F(x_a) \quad (1.4)$$

тобто кривої ймовірностей перевищення певного рівня збитків [85].

На рис. 1.9 зображена типова форма такої кривої

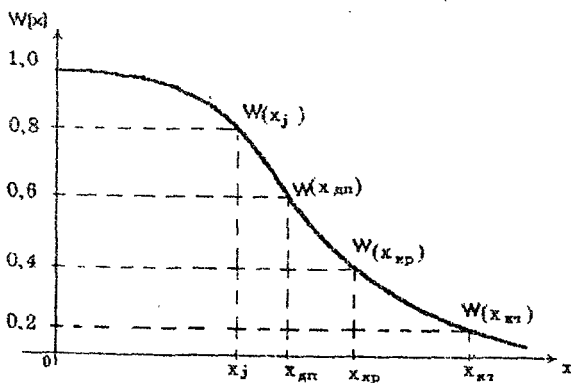


Рис. 1.9. Крива ймовірностей перевищення певного рівня збитків

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

- ймовірність збитків, більших від нуля, дорівнює одиниці

$$P(x > 0) = W(0) = 1$$

- із зростанням рівня випадкових збитків ймовірність перевищення цього рівня монотонно спадає;

- при необмеженому зростанні рівня збитків $x \rightarrow \infty$, ймовірність його перевищення прямує до нуля $W(x) \rightarrow 0$, тобто

$$\lim_{x \rightarrow \infty} (W(x)) = 0. \quad (1.5)$$

Без сумніву, припущення, які приймаються при побудові типової кривої перевищення рівня збитків $W(x)$ (рис.1.9), де в чому є умовними. Можливі особливі випадки, коли ці припущення (гіпотези) стають не досить коректними. Однак для формування загальних положень прикладної теорії економічного ризику ці припущення є прийнятними для використання.

Тут, аналогічно попередньому, необхідно враховувати схильність (несхильність) суб'єкта прийняття рішень до ризику, тобто висувати та враховувати якісь додаткові гіпотези та критерії (показники) щодо оцінки підприємницького ризику.

1.3.4. Наслідки кількісного аналізу ризику

Узагальнюючи викладений матеріал та результати, що містяться в численних літературних джерелах, в яких йдеться про ризик, можна зазначити, зокрема, такі переваги, що їх дає кількісний аналіз ризику.

1. Розширяє бази даних щодо обґрунтованого прийняття рішень стосовно граничних об'єктів (проектів). Так, зокрема, проект, ефективність (ЧПВ, норма доходу) якого виражена єдиним числом і є відносно невеликою, може, між іншим, бути прийнятим після того, як визначено, що його сукупні шанси щодо одержання позитивних результатів вищі, ніж ймовірність неприйнятних збитків. Подібним чином від гранично позитивного проекту (з високим прибутком) можуть відмовитися на підставі того, що він надто ризикований. При порівнянні двох альтернативних проектів перевагу може одержати проект з меншим значенням ЧПВ, завдяки кращому співвідношенню ризиків і сподіваних значень ЧПВ.

2. Підштовхує до того, щоб здійснювався попередній відбір, наприклад, нових проектів і визначилися інвестиційні можливості.

Попередньо застосувавши прості (легко здійсненні, при малих затратах часу та засобів) методи аналізу ризику, можна отримати необхідну інформацію щодо ймовірних значень ключових аргументів (чинників ризику), зрозуміти, з якими чинниками пов'язані найбільші коливання вихідного параметру (збитків). При цьому заощаджуються людські та фінансові ресурси.

3. Дозволяє, зокрема, в об'єкті (проекті), що аналізується виділити області, які вимагають і спрямовують процес подальшого аналізу і збирання (купівлі) додаткової інформації. Якщо затрати, пов'язані з додатковою інформацією, більші, ніж вигоди, які можна одержати від її використання, для зниження ступеня ризику, то збір додаткової інформації не справджує себе.

4. Заохочує подальший аналіз щодо ретельного перегляду відповідних показників, виражених єдиним числом, в ході детерміністичної оцінки аналізованого об'єкта (проекту). Певні труднощі у визначенні чинників ризику, діапазону можливих коливань значень і законів, розподіл імовірності відповідних чинників і результируючих показників в аналізі проекту нерідко призводять до того, що прогнозовані значення не досліджуються належним чином. В той же час потреба в тому, щоб визначити і додержуватись зрозумілих гіпотез у ході аналізу ризику, вимагає від аналітика критично переглядати і змінювати базовий сценарій, вводити додаткові гіпотези.

5. Полегшує і робить ефективнішим використання експертів (експертної інформації), які воліють виражати свої судження у вигляді розподілу ймовірності різних значень оцінок, а не у вигляді згортки їх до єдиного числового значення показника.

6. Сприяє тому, щоб в детерміністичному аналізі використовувався інтервальний прогноз відповідних значень показників (чинників) на відміну від точкових прогнозів, які в багатьох випадках практично не справджуються реальними результатами. Ймовірнісний (розпливчастий) підхід є методикою, яка полегшує перевірку емпіричних і експертних даних.

СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ РИЗИКУ

2.1. Загальні підходи до кількісної оцінки ступеня ризику

Виправданий ризик — необхідний атрибут у стратегії і тактиці ефективного підприємництва (менеджменту).

В кожній ситуації, пов'язаній з ризиком, виникає питання: що означає виправданий (допустимий) ризик, де проходить межа, яка відділяє допустимий ризик від нерозумного.

Щоб відповісти на це запитання треба знайти рівень "прийнятеного ризику", кількісну оцінку конкретних ризикованих рішень. Знати про існування економічного ризику, проаналізувати його необхідно, але не достатньо. Важливо виявити його ступінь, причому слід оцінити ймовірність того, що певна (несприятлива) подія має шанси відбутися, а тоді — як це вплине на ситуацію (рішення).

При досить високому ступені ризику, в альтернативних стратегіях, менеджери інколи приймають варіант рішення (стратегію) з дещо меншою ефективністю (ЧПВ), але з шансами на своєчасну та успішну (надійну) реалізацію прийнятого варіанту (стратегії).

Чим досконалішими є методи дослідження та кількісної оцінки ризику, тим меншим стає чинник невизначеності. При цьому використовуються дві групи методів — апріорні та емпіричні. Перші ґрунтуються на теоретичних положеннях і формують вимоги щодо результатів певних рішень, другі — на вивченні минулих подій та узагальненні, зокрема, статистичної інформації.

Кількісна оцінка ризику проводиться на підставі обчислень, які здійснюють ще на попередній стадії. При прийнятті рішень треба враховувати ймовірність суперпозиції кількох обставин (сприятливих чи несприятливих) і визначати абсолютну величину ймовірного прибутку чи збитків, які виникають при цьому додатково.

Якщо мало ймовірно, що відбудуться несприятливі наслідки, то ризик малий. Малий він і в тому випадку, коли ймовірність збитків велика, а самі по собі збитки малі. Якщо вартість помилки велика, наприклад, у випадках з аваріями, людським життям, то їхню ймовірність слід зробити дуже малою.

Ймовірність настання певної події може бути визначена об'єктивним або суб'єктивним методом.

Об'єктивний метод визначення ймовірності ґрунтується на обчисленні частоти, з якою в минулому відбувалася певна подія.

Суб'єктивний метод спирається на використання суб'єктивних оцінок та критеріїв, які ґрунтуються на різних припущеннях. До таких припущень можуть бути віднесені міркування бізнесмена (менеджера), його власний досвід, оцінка експерта, думка консультанта, порада консалтингової фірми тощо.

Кожного разу, приймаючи рішення в умовах невизначеності, враховують (оцінюють) ризик. Намагаються привести його до розумних величин. Вчиняючи так, роблять рішення найбільш обґрунтованим, долаючи невизначеність, знижуючи її руйнівні дії.

Важливою проблемою є розробка методик кількісної оцінки ризику в різних сферах економічної діяльності, розвиток відповідного механізму відстежування (моніторингу), контролювання економічного ризику та керування ним на засадах системного аналізу.

Усе багатство людського інтелекту, що накопичене, зокрема, в теорії ймовірностей і математичній статистиці, теорії корисності, якщо його використовувати коректно, може слугувати для побудови системи кількісних оцінок ризику, з застосуванням тієї чи іншої системи гіпотез стосовно конкретної ситуації, при обранні з множини альтернативних об'єктів (проектів) оптимального (раціонального) рішення (проекту, стратегії) з відповідним (допустимим) ступенем ризику.

2.2. Ризик в абсолютному вираженні

2.2.1. Спрощені підходи до оцінювання ризику

На практиці часто обмежуються спрощеними підходами, оцінюючи ризик, спираючись на один чи кілька головних показників (критеріїв), параметрів, які являють собою найбільш важливі узагальнені характеристики у даній конкретній ситуації.

В абсолютному вираженні ступінь (міра) ризику (очікуваної невдачі в процесі досягнення мети) може визначатися як добуток імовірності невдачі (небажаних наслідків) та величини цих небажаних наслідків (збитки, платежі тощо), які мають місце в цьому випадку, тобто:

$$W = p_H \cdot x, \quad (2.1)$$

де

W — величина ризику;

p_H — імовірність небажаних наслідків;

x — величина цих наслідків.

У ряді випадків, зокрема, в страхуванні, величину (ступінь) ризику W визначають як імовірність настання небажаних наслідків.

В цьому випадку :

$$W = p_H. \quad (2.2)$$

Імовірність p_H з достатнім ступенем точності обчислюється, зокрема, на підставі статистичних даних.

Розрізняти теоретичні значення параметрів (числових характеристик) випадкових величин та їхні статистичні оцінки будемо лише в окремих випадках, застерігаючи це.

В багатьох випадках, щоб кількісно визначити ризик, необхідно знати всі можливі наслідки окремої події та ймовірності цих подій.

Сподіване значення (математичне сподівання), яке пов'язане з невизначеною ситуацією, є середньозваженим усіх можливих результатів, де ймовірність кожного з них використовується як частота або вага відповідного значення. Сподіване значення є результатом (ризиком), котрий ми очікуємо в середньому.

Математичним сподіванням дискретної випадкової величини X називають суму добутків її можливих значень та відповідних ймовірностей.

Формула для обчислення математичного сподівання має вигляд:

$$m = M\{x\} = \sum_{j=1}^{\infty} x_j p_j, \quad (2.3)$$

де x_j — значення випадкової величини $j=1,2,\dots$,

p_j — відповідні ймовірності.

Для обмеженого числа n можливих значень (обсяг вибірки) випадкової величини математичне сподівання обчислюється так:

$$m = M\{x\} = \sum_{j=1}^n x_j p_j. \quad (2.4)$$

Якщо випадкова величина X неперервна, то формула для математичного сподівання :

$$m = M\{x\} = \int_{-\infty}^{\infty} x \varphi(x) dx,$$

або

$$m = M\{x\} = \int_a^b x \varphi(x) dx,$$

де:

x — неперервна випадкова величина визначена на інтервалі $[a,b]$,

$\varphi(x)$ — щільність розподілу ймовірності (диференціальна функція розподілу).

В 1.3 йшлося про аналіз ризику збитків. Кожній з запропонованих в 1.3 зон ризику слід поставити у відповідність кількісні показники, критерії ризику. Такими показниками можуть бути ймовірність певного рівня збитків або ж ймовірність того, що збитки (ризик) виявляться вищими якогось певного рівня (див. рис. 2.1).

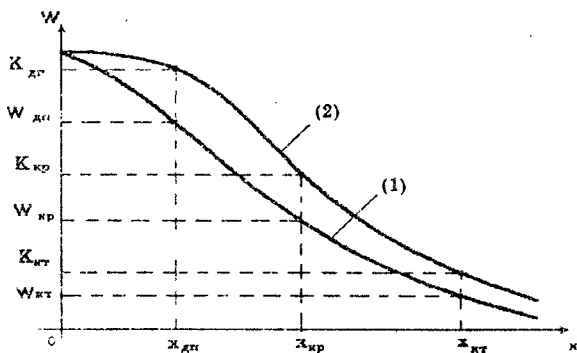


Рис. 2.1. Порівняння очікуваної ймовірності перевищення випадкових збитків з гранично допустимою.

Розглянемо наступні три найважливіші базові показники підприємницького ризику [85].

Показник допустимого ризику $W(x_{дп}) = P(x > x_{дп})$ — ймовірність того, що збитки виявляться більшими, ніж їхній гранично допустимий рівень $x_{дп}$ ($x > x_{дп}$).

Показник критичного ризику $W(x_{кр}) = P(x > x_{кр})$ — ймовірність того, що збитки виявляться більшими, ніж їх гранично допустимий критичний рівень $x_{кр}$ ($x > x_{кр}$).

Показник катастрофічного ризику $W(x_{кт}) = P(x > x_{кт})$ — ймовірність того, що збитки виявляться більшими, ніж гранично допустимий катастрофічний рівень $x_{кт}$ ($x > x_{кт}$).

Знання цих показників дозволяє виробити міркування та прийняти рішення щодо здійснення певної підприємницької діяльності. Але для такого рішення не достатньо лише оцінити значення названих показників. Необхідно ще задати (вста

новити, прийняти) їхні граничні величини, щоб не потрапити в зону неприйняттого ризику. Такі величини називають *критеріями* відповідно допустимого, критичного та катастрофічного ризику — K_{dp} , K_{kp} , K_{kT} .

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

$$W(x_{dp}) \leq K_{dp}; \quad (2.5)$$

$$W(x_{kp}) \leq K_{kp}; \quad (2.6)$$

$$W(x_{kT}) \leq K_{kT}. \quad (2.7)$$

Ці основні умови прийнятності ризику можна пояснити за допомогою графіка таким чином (рис.2.1): крива (1) очікуваної (прогнозованої) ймовірності перевищення певного рівня збитків не повинна виходити за межі критеріальної кривої (2).

При вимірюванні економічного ризику (див. наприклад, [6, 8, 49, 76, 82, 86, 101, 107]) широко використовується дисперсійний підхід.

Дисперсією (варіацією) $V(x)$ випадкової величини X називається математичне сподівання квадрата відхилення випадкової величини X від її математичного сподівання $M(x)$. Дисперсія характеризує міру розсіяння випадкової величини відносно $M(x)$.

Формула для дисперсії випадкової величини X :

$$V(x) = \sigma^2(x) = M\{[x - M(x)]^2\}.$$

Для дискретної випадкової величини X :

$$V(x) = \sigma^2(x) = \sum_{j=1}^{\infty} (x_j - M\{x\})^2 p_j. \quad (2.8)$$

Для неперервної величини X :

$$\sigma^2(x) = \int_{-x}^{\infty} (x - M\{x\})^2 \varphi(x) dx,$$

або

$$\sigma^2(x) = \int_a^b (x - M\{x\})^2 \varphi(x) dx,$$

Середньоквадратичним відхиленням випадкової величини називається величина $\sigma(x)$

$$\sigma(x) = \sqrt{V(x)}. \quad (2.9)$$

Корінь береться арифметичний, тобто додатний.

Треба зазначити, що дисперсія звичайно не повністю характеризує ступінь ризику, але дозволяє в ряді випадків чітко виявити граничні шанси менеджера (інвестора, підприємця).

Теоретична база щодо цього закладена в відомій нерівності Чебишова: ймовірність того, що випадкова величина відхиляється по модулю від свого математичного сподівання більше, ніж на заданий допуск δ , не перевищує її дисперсії (варіації), поділеної на δ^2 .

Тут відразу треба зазначити, що варіація $V=V(R)$ деякої випадкової величини R (якою є норма прибутку) повинна бути меншою, ніж δ^2 , оскільки завжди ймовірність $p \leq 1$, тобто

$$(p = \frac{V}{\delta^2} \leq 1).$$

Стосовно випадкової величини R (ефективність, норма прибутку, ЧПВ) можна записати:

$$P\{|R - m| > \delta\} \leq \frac{V}{\delta^2} = \frac{\sigma^2}{\delta^2}, \quad (2.10)$$

де m — математичне сподівання випадкової величини R .

1. Припустимо, що інвестиції здійснюються за рахунок кредиту, взятого під відсоток R_s під заставу нерухомості [80]. Яка ймовірність того, що інвестор не зможе повернути свій боог і позбудеться своєї нерухомості?

Це ймовірність того, що випадкова величина R прийме значення, яке відповідає умові:

$$R < R_s, \quad (2.11)$$

або

$$(R - m) > m - R_S,$$

отже одержимо:

$$\begin{aligned} P\{R < R_S\} &= P\{-(R - m) > m - R_S\} \leq \\ &\leq P\{|R - m| > m - R_S\} \leq (V / (m - R_S)^2). \end{aligned} \quad (2.12)$$

Звідси маємо, що шанс збанкрутувати не перевищує величини

$$V / (m - R_S)^2 = P_H.$$

Звичайно при цьому мають на увазі, що обов'язково виконується умова раціональності такого вкладу "ніс кредит": $m > R_S$, а оцінка (2.12) має сенс лише тоді, коли варіація (дисперсія) не надто велика, тобто

$$V \leq (m - R_S)^2 \quad (2.13)$$

При заданих умовах (гіпотезах) шанс збанкрутувати був не більшим, ніж $1/9$, $P_H \leq 1/9$, достатньо виконати умову

$$V \leq 1/9(m - R_S)^2, \quad (2.44)$$

або

$$m \geq R_S + 3\sigma, \quad (2.15)$$

(правило "трьох сигм").

Зазначимо, що тут, як один з параметрів ризику у системі його кількісних оцінок виступає ймовірність несприятливої події ($P_H = \frac{\sigma^2}{\delta^2}$) поряд з таким параметром ризику як дисперсія

(варіація), у даному випадку $P_H \leq 1/9$. Звичайно, можна сперечатися, чи задовольняє ця величина менеджера (суб'єкт прийняття рішення), чи ні. У ряді випадків величину P_H необхідно брати досить малою, інколи, навіть у випадку забезпечення "допустимого" ризику, $P_H = 0,001$.

2. Розглянемо ще одну ситуацію [80], коли інвестор вкладає в звичайні акції лише частину власного капіталу, вкладаючи

решту на збереження під невисокий майже безризиковий відсоток R_F (державні короткотермінові цінні папери). Яка буде при цьому величина ймовірності банкрутства?

Якщо A — обсяг наявного капіталу, x_0 — частка цього капіталу, яка залишається на збереження (вкладається в безризикові цінні папери), то банкрутство стає можливим лише тоді, коли

$$x_0 A(1 + R_F) + (1 - x_0)A(1 + R) < 0,$$

або

$$R < -(1 + x_0 R_F) / (1 - x_0) \quad (2.16)$$

Тобто в цьому випадку замість величини R_S , яка фігурувала в попередньому випадку (формула (2.11)), маємо величину —

$$-(1 + x_0 R_F) / (1 - x_0).$$

Оцінка за Чебишевим дає ризик банкрутства, що буде меншим, ніж $1/9$, тоді, коли:

$$\frac{\sigma}{\left(m + \frac{1 + x_0 R_F}{1 - x_0}\right)} \leq \frac{1}{3},$$

або, коли:

$$m > -\frac{1 + x_0 R_F}{1 - x_0} + 3\sigma.$$

Бачимо, що гра на біржі на власний капітал значно безпечніша. Навіть якщо вкласти його лише у ризиковані цінні папери, тобто коли $x_0 = 0$, то достатньо виконати умову

$$m \geq -1 + 3\sigma \quad (2.17)$$

звичайно, якщо інвестора задовольняє рівень ймовірності (ризик банкрутства $P_H < 1/9$). Тобто величину P_H треба обирати в кожному окремому випадку.

2.2.2. Неокласичний підхід до оцінювання ризику

Підхід, що спирається на варіацію чи середньоквадратичне відхилення, вважається класичним. У варіації та середньоквадратичному відхиленні ризик визначається через відхилення відповідних показників випадкової величини від їхнього сподіваного значення (математичного сподівання). Причому, чим більшим буде це відхилення, тим більшим буде ступінь ризику, пов'язаного з певною стратегією. Необхідно зауважити, що при такому визначенні міри ризику однаково трактуються як додатні (сприятливі), так і від'ємні (несприятливі) відхилення від сподіваної величини.

Тобто використовується гіпотеза, що коливання прибутку (ЧПВ) в обидві сторони однаково небажані. В ряді випадків це не так і цю гіпотезу доводиться відкидати.

Коли має місце від'ємне відхилення, то ясно, що відповідна оцінка прибутку як реалізація випадкової величини є нижчою, ніж сподівана величина. Це означає, взагалі кажучи, несприятливу ситуацію. В той же час додатне відхилення вказує на те, що реалізація випадкової величини (прибутку) є вищою, ніж сподівана величина. Для менеджера (інвестора) це, очевидно, краща ситуація.

Ризик перш за все пов'язаний з несприятливими для менеджера (інвестора) ефектами, і для його оцінювання можна брати до уваги лише від'ємні відхилення від сподіваної величини (наприклад, при інвестуванні в цінні папери). При цьому оцінкою ризику може бути так звана семіваріація, яку і обирають в ряді праць, зокрема, в [19, 119], за міру ризику. Цю оцінку для дискретної випадкової величини X можна подати за формулою:

$$SV = \sum_{j=1}^n p_j d_j^2, \quad (2.18)$$

де: n — обсяг вибірки;

d_j — від'ємні відхилення реалізації випадкової величини від її сподіваного значення, тобто :

$$d_j = \begin{cases} 0, & x_j \geq M\{x\}, \\ x_j - M\{x\}, & x_j < M\{x\}, \end{cases} \quad (2.19)$$

де

x_j — реалізація випадкової величини, $j=1, \dots, n$;

p_j — відповідні ймовірності;

$m\{x\}$ — математичне сподівання випадкової величини X .

Для неперервної величини X :

$$SV = \int_{-\infty}^{M\{x\}} (x - M\{x\})^2 \varphi(x) d(x), \quad (2.20)$$

де $\varphi(x)$ — щільність розподілу ймовірності.

З практичної точки зору зручніше (беручи до уваги вимірність величин) застосувати так зване семіквадратичне відхилення, яке можна подати за формулою:

$$SSV = \sqrt{SV}. \quad (2.21)$$

В неокласичній теорії портфеля цінних паперів використовують середню геометричну (RG) випадкових значень норми прибутку. Виявляється, що портфель, сформований на підставі максимізації середньої геометричної норми прибутку, характеризується найвищою очікуваною вартістю в кінці середньо- і довготермінового періоду (найвищим кінцевим багатством) [127].

Середня геометрична відповідних оцінок може бути обчислена за формулою:

$$RG = -1 + \prod_{j=1}^n (1 + x_j)^{p_j}, \quad (2.22)$$

де RG — середня геометрична випадкової величини X (норми прибутку);

x_j — значення випадкових величин (норми прибутку);

p_j — відповідні ймовірності;

n — обсяг вибірки.

На нашу думку, було б також доцільним впровадження такого показника оцінки ступеня ризику, як семіквадратичне відхилення від значення середньгеометричної випадкової величини (норми прибутку):

$$SSRG = \left(\sum_{j=1}^n p_j d_j^2 \right)^{0.5}, \quad (2.23)$$

де $SSRG$ — семіквадратичне відхилення від середньгеометричної норми прибутку,

p_j — відповідні значення ймовірності;
 n — обсяг вибірки;

$$d_j = \begin{cases} 0, & x_j \geq RG, \\ x_j - RG, & x_j < RG, \end{cases} \quad j = 1 \dots n \quad (2.24)$$

2.3. Ризик у відносному вираженні

У відносному вираженні ризик визначається як, скажімо, величина можливих збитків, віднесена до деякої бази, за яку найбільш зручно приймати або майно підприємця, або загальні витрати ресурсів на даний вид підприємницької діяльності, або ж очікуваний дохід (прибуток) від даного підприємства.

Для підприємства (корпорації) за базу визначення відносної величини ризику беруть вартість основних фондів та оборотних засобів або плановані сумарні затрати на даний вид ризикованої діяльності, маючи на увазі як поточні затрати, так і капіталовкладення чи розрахунковий дохід тощо.

Якщо під ризиком розуміти ризик банкрутства, то він визначається не лише коливанням курсу цінних паперів, але й власним (наязним) капіталом. Співвідношення максимально можливого обсягу збитків та обсягу власних фінансових ресурсів інвестора є мірою (оцінкою) ризику, який веде до банкрутства. Ризик вимірюється за допомогою коефіцієнта:

$$W = x/K, \quad (2.25)$$

де W — коефіцієнт ризику,

x — максимально можливий обсяг збитків (крб.),

K — обсяг власних фінансових ресурсів з врахуванням точно відомих надходжень коштів (крб.).

У формулі (2.25) за міру ризику взята відносна величина: відношення можливих збитків до певної бази — обсягу власних ресурсів. Необхідно підкреслити, що в залежності від ситуації за базу можуть слугувати також або майновий стан інвестора (підприємства), або загальні затрати, пов'язані з певним видом діяльності, або ж очікуваний дохід (ефективність) тощо.

З формальної точки зору в формулі (2.25) величини, які стоять у знаменнику, не повинні дорівнювати нулеві ($K \neq 0$). Якщо таке трапляється, то, проводячи оцінку ризику на базі відносних

показників, слід перенести початок координат по осі абсцис в ліву сторону, тобто додати до знаменника, певну константу C (додатне число).

Коефіцієнт сподіваних збитків (l_1) являє собою показник, що враховує сьбг сподіваних збитків по відношенню до певної величини, яка характеризує прибуток (ЧПВ) об'єкта (прсекту), як випадкову величину, тобто це частка від ділення абсолютної величини сподіваних збитків на суму сподіваних вигід та плюс абсолютного значення сподіваних збитків. Коефіцієнт цей обчислюється за формулою:

$$l_1 = \frac{\left| \int_{-\infty}^0 x \varphi(x) dx \right|}{\int_0^{+\infty} x \varphi(x) dx + \left| \int_{-\infty}^0 x \varphi(x) dx \right|} \quad (2.26)$$

де $\varphi(x)$ — щільність імовірності.

Кефіцієнт l_1 є модифікацією коефіцієнта z , поданого в [105].

Значення коефіцієнта сподіваних збитків l_1 можуть знаходитися в межах від нуля (що означає відсутність сподіваних збитків) до одиниці (що означає відсутність сподіваних вигод), тобто $0 \leq l_1 \leq 1$.

Коефіцієнт ризику l_1 інтегрально враховує як форму, так і розташування (на осі абсцис) закону розподілу випадкової величини (прибутку, ЧПВ) відносно граничної відмітки, за яку приймається нульове значення цієї величини. Зауважимо, що за точку відліку не обов'язково брати нульову відмітку, для дещо змодифікованого коефіцієнта, за таку точку може бути обране, скажімо, математичне сподівання.

У відносному виразі ризик також вимірюють за допомогою коефіцієнта варіації, тобто відношення середньоквадратичних відхилень доходів до відповідних величин сподіваних доходів.

У випадку, коли сподівані доходи одного проекту відрізняються від таких іншого проекту, недостатньо порівнювати лише показники варіації. Необхідно визначити (або виміряти) ризикованість проекту відносно сподіваних доходів. Мірою цього є коефіцієнт варіації CV , який обчислюється за формулою:

$$CV = \sigma(x) / M(x) \quad (2.27)$$

де: $\sigma(x)$ — обчислюється за формулою (2.9).

Якщо, наприклад, у двох альтернативних проєктів А і Б виявиться, що $CV_A < CV_B$, то перевагу слід надати проєкту А, який обтяжений меншим ризиком.

У випадку, коли $m_A > m_B$ та $\sigma_A > \sigma_B$, або $m_A < m_B$ та $\sigma_A < \sigma_B$, і при цьому $CV_A = CV_B$, то слід враховувати схильність (несхильність) суб'єкта прийняття рішень (менеджера, управлінської команди) до ризику. Для цього необхідні знання з теорії корисності чи прийняття додаткових гіпотез (додаткових критеріїв).

В [25, 26] як оцінку ступеня ризику запропоновано відносну величину, яку (по аналогії з коефіцієнтом варіації) можна було би назвати коефіцієнтом семиваріації та обчислити за формулою:

$$CSV = SSV(x) / M(x), \quad (2.28)$$

де:

$SSV(x)$ — семіквдратичне відхилення випадкової величини X (обчислюється за формулою (2.21)),

$M(x)$ — математичне сподівання.

Коефіцієнт семіваріації у ряді випадків дає можливість, вникаючи в суть проблеми, краще оцінити ступінь ризику. Це доцільно, зокрема, тоді, коли зовнішнє економічне середовище, чинники ризику, характерні для аналізованого об'єкта (проєкту), відзначаються динамізмом (існує тенденція середнього рівня часового ряду).

На нашу думку, можна використовувати як оцінку ступеня ризику, пов'язаного з середньгеометричним значенням випадкової величини, коефіцієнт семівідхилення від середньгеометричної величини, який обчислюється за формулою:

$$CSRG = SSRG / RG, \quad (2.29)$$

де величина $SSRG$ обчислюється за формулою (2.23),

а RG — за формулою (2.22).

Як неважко помітити, у випадку асиметричного закону розподілу певних показників ефективності (ЧПЗ) аналіз лише середньоквдратичного відхилення як міри ризику може бути недостатнім. Особливо, коли ці значення збігаються для кількох альтернативних об'єктів (проєктів). В цьому випадку варто аналізувати, як параметр ризику таку числову характеристику

випадкової величини, як коефіцієнт асиметрії, про що йдеться, зокрема, в [119]. Його обчислюють за формулою:

$$a = \sum_{j=1}^n p_j (x_j - M\{x\})^3 / \sigma(x)^3, \quad (2.30)$$

де: a — коефіцієнт асиметрії,

n — розмір вибірки,

x_j — значення випадкових величин,

p_j — відповідні ймовірності,

$M\{x\}$ — математичне сподівання,

$\sigma(x)$ — середньоквадратичне відхилення.

Якщо $a = 0$, то графік випадкової величини розташований симетрично відносно математичного сподівання. Якщо $a > 0$, то відповідна випадкова величина має правосторонній скіс (рис. 2.2), "хвіст" розподілу виступає праворуч.

$\varphi(x)$

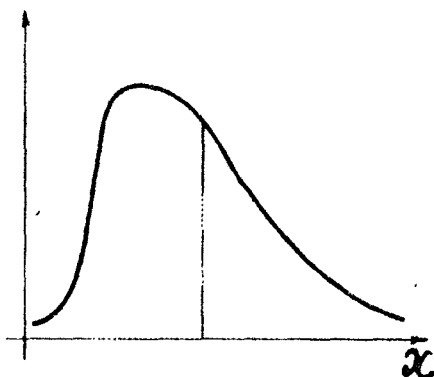


Рис. 2.2. Диференційна функція (щільність) розподілу випадкової величини, яка має додатне значення коефіцієнта асиметрії

Коли $a < 0$, випадкова величина має лівосторонній скіс (рис.2.3), "хвіст" розподілу виступає ліворуч.

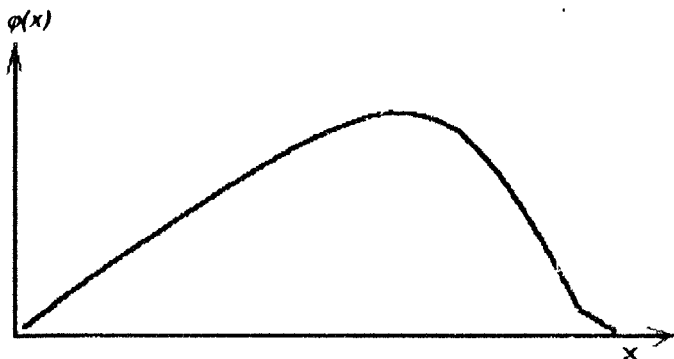


Рис. 2.3. Диференційна функція (щільність) розподілу випадкової величини, яка має від'ємне значення коефіцієнта асиметрії

Зрозуміло, що серед m різних альтернативних об'єктів (проектів, стратегій) є сенс обрати той, для якого має місце:

$$\sigma_{k_0} = \max_{k=1 \dots m} \sigma_k, \quad (2.31)$$

оскільки несприятливі відхилення від сподіваного значення з відносно великою ймовірністю розташовані для обраного об'єкта k_0 зліва найближче до сподіваного значення (менше відхиляються від нього в несприятливий бік), в порівнянні з іншими, а відповідні (сприятливі) значення значно віддалені від сподіваної величини (ці значення "хвіст" розташовані праворуч). За міру ризику можна було б запропонувати величину l [25, 26], що обчислюється за формулою:

$$l = \begin{cases} 1 / (a + 1), & a \geq 0, \\ 1 - a, & a < 0, \end{cases} \quad (2.32)$$

де величина a обчислюється згідно з виразом (2.30). Як кількісна оцінка ризику може виступати й наступний коефіцієнт [26]:

$$W = l / M(\bullet), \quad (2.33)$$

де величина l обчислюється за формулою (2.32) а $M(\bullet)$ — математичне сподівання.

Систему кількісних оцінок ризику можна будувати далі, використовуючи такі числові характеристики випадкових величин, як ексцес, мода, медіана тощо.

Необхідно зазначити, що коли йдеться про ряд показників (коефіцієнтів) ступеня ризику у відносному вираженні, зокрема, про коефіцієнт варіації, коефіцієнт семиваріації, коефіцієнт W , які обчислюються відповідно за формулами (2.27)—(2.28), (2.33), то вони мають сенс лише тоді, коли доцільно максимізувати відповідний показник, математичне сподівання якого знаходиться в знаменнику відповідної формули. Коли ж йдеться про затрати (втрати), то чим меншим є їхнє сподіване значення, з яким пов'язаний відповідний об'єкт (проект) з ряду альтернативних, тим він кращий.

В цьому випадку відносні оцінки ризику, обчислювані за формулами (2.27), (2.28), (2.33) втрачають сенс, і в цьому випадку необхідно застосувати інші оцінки. Можна, зокрема, застосувати такі оцінки ризику:

$$W = \alpha w_1 + \beta |w_2|, \quad (2.34)$$

або

$$W = \alpha w_1 - \beta |w_2|, \quad (2.35)$$

де W — показник ризику,

w_1 — чисельник однієї з формул (2.27), (2.28), (2.33);

w_2 — знаменник відповідної формули (математичне сподівання);

α, β — коефіцієнти, які повинні задовольняти наступним умовам:

$$\alpha \geq 0, \beta \geq 0, \quad (2.36)$$

$$\alpha + \beta = 1. \quad (2.37)$$

Ясна річ, що чим меншим буде значення показника W , тим меншим ризиком обтяжений даний об'єкт (проект). Добір конкретних значень коефіцієнтів α та β пов'язаний з певним суб'єктивізмом. Тут необхідно вводити додаткові гіпотези, будувати відповідні функції корисності тощо.

2.4. Коефіцієнт чутливості бета

Аналіз та оцінка співвідношення ризику та доходу відіграють ключову роль при прийнятті обґрунтованих рішень щодо інвестиції у цінні папери тощо. Одним з основних показників, який широко використовуються на Заході при аналізі фінансових ризиків, є показник недиверсифікованого ризику, чи коефіцієнт чутливості бета (β) [73].

Систематичний ризик CP акції пов'язаний з імовірністю подій які впливають на весь фондовий ринок у цілому, і його неможливо уникнути шляхом диверсифікації портфеля цінних паперів.

Показник β характеризує змінюваність доходів по певній акції відносно доходів по "середньому", повністю диверсифікованому портфелеві, яким в ідеальному випадку є весь ринок цінних паперів.

Вважають, що показник CP для "середньої" акції, динаміка доходів по якій збігається з динамікою ринку цінних паперів у цілому (вимірюється по будь-якому фондовому індексу), дорівнює одиниці ($\beta=1$).

Величина β_i — коефіцієнт ризику i -го активу характеризує тисоту зв'язку між біржовим курсом акцій i -ої компанії та загальним станом ринку і визначається за формулою:

$$\beta_i = \frac{\text{cov}(R_i, R_m)}{\sigma^2(R_m)} = \frac{\rho(R_i, R_m)\sigma(R_i)}{\sigma(R_m)}, \quad (2.38)$$

де R_i — норма доходу i -го капітального активу (акції);

R_m — загальноринковий середній рівень норми доходу;

$\sigma(R_i)$, $\sigma(R_m)$ — середньоквадратичне відхилення від сподіваної величини відповідно i -го капітального активу та загальноринкової норми доходу;

$\text{cov}(R_i, R_m)$ — коваріація норми доходу i -го активу та доходності ринку;

$\rho(R_i, R_m)$ — коефіцієнт кореляції норми доходу i -х цінних паперів та середньоринкової норми доходу.

Показник β регулярно публікується у західній фінансовій періодиці, він широко використовується для аналізу якості інвестиційних проектів, зокрема, для оцінки того, наскільки споді-

ваний дохід компенсує ризикованість вкладень у певний вид цінних паперів.

Обчисленням показників ризику активно займаються зокрема консалтингові та інвестиційні компанії, фінансово-кредитні установи тощо.

Зазначимо, що в теорії ризику та на практиці використовують ще цілий ряд показників (параметрів) ризику. З деякими з них можна ознайомитися, зокрема, в [26, 58, 130].

Зазначимо, що у відповідних випадках ризик оцінюють на підставі декількох його параметрів, наприклад, двох його показників — коефіцієнта ризику W (формула (2.33)), пов'язаного з асиметрією, та середньоквадратичного відхилення (формула (2.9)). У прийнятті рішень, обтяжених ризиком, одні показники кількісної оцінки ризику використовуються як критерії, а інші — як обмеження (наприклад, $\sigma \leq C$, де C — константа), ряд обмежень подані виразами (2.5) — (2.7)).

2.5. Елементи теорії корисності в кількісній оцінці ризику

2.5.1. Концепція корисності та ризик

Можливо, найбільш загальний підхід щодо оцінки ступеня (міри) ризику полягає у введенні функції корисності. Концепція корисності є одним з важливих елементів будь-якої сучасної економічної теорії. Вона дозволяє здійснити порівняння споживчих товарів, взагалі кажучи, фізично несумірних.

Корисність виражає ступінь задоволення, яке одержує суб'єкт від споживання товару чи виконання будь-якої дії.

Корисність включає важливу психологічну компоненту, тому що люди досягають корисності, одержуючи речі, які приносять їм задоволення. В економічному аналізі корисність часто використовується для того, щоб описати пріоритет при ранжуванні наборів споживчих товарів і послуг. Якщо людина одержала більше задоволення від купівлі декількох книжок, ніж від придбання сорочки, то кажуть, що книжки мають для цієї людини більшу корисність, ніж сорочка. Порівнянність цінних паперів, які також є товаром, на перший погляд, простіше здійснити, бо всі вони мають ціну. Але ризиковані цінні папери - це документи, що засвідчують можливість одержання грошей у майбутньо-

му, і тут сумірність проблематична: не можна сказати, яка з випадкових величин, якою є ефективність (норма доходу) кожного з цінних паперів, буде більшою чи меншою, а отже, не можна сказати, який з цінних паперів чи який портфель цінних паперів є пріоритетнішим.

Встановлення будь-якої міри ризику є спробою подолати цю суперечність, характеризуючи випадкову величину одним показником (параметром). Застосовуючи різні функції корисності, можна описати будь-які варіанти оцінки випадкової економічної ситуації у вигляді сподіваного значення такої функції. Природно, що будь-які підходи такого роду є суб'єктивними, але без цього не обійтись, якщо намагатися ввести певну єдину міру ризику.

Із основних аксіом досконалої нестрогої впорядкованості та неперервності [18, 50, 54, 71, 114] випливає, що існує неперервна дійсна функція $U(\cdot)$, визначена на елементах множини X , яку називають функцією корисності і для якої

$$U(x) \geq U(y), \text{ якщо } x \succcurlyeq y. \quad (2.39)$$

$x \succcurlyeq y$ означає, що елемент x "не гірший", ніж елемент y .

Функція корисності співвідносить кожному наборові споживчих товарів певне число в такий спосіб, що число, яке відповідає набору A , буде більшим, ніж те, що відповідає набору B , якщо набір A пріоритетніший ніж набір B ($A \succ B$).

Процес побудови функції корисності описується, зокрема, в [29, 60].

2.5.2. Сподівана корисність

Для визначення корисності розглядається вибір особи в умовах ризику, який формалізується за допомогою поняття лотереї.

Для цього необхідно з множини пред'явлених експертам значень певного економічного показника (об'єкта) виділити два x_0 та x^* таких, що $x_0 \prec x$ для всіх $x \in X$ та $x^* \succ x$ для всіх $x \in X$, тобто найменш пріоритетне, в певному сенсі, значення економічного показника (це буде "нуль" даної шкали інтервалів) і найбільш пріоритетне, у певному сенсі, значення показника (разом з "нулем" воно визначить масштаб даної шкали). Власне, так побудована функція корисності Дж. фон Неймана і

О.Моргенштерна [71]. Експерту пропонують порівнювати альтернативу:

1) значення показника x , (детерміноване);

2) лотерею: одержати x^* з імовірністю $(1-p)$ чи x_* з імовірністю (p) . Величину ймовірності p змінюють доти, доки, на погляд експерта, значення показника x і лотерея $L(x_*, p, x^*)$ не стануть еквівалентними. Максимальному та мініимальному значенням x^* та x_* приписують довільні числові значення $U^* = U(x^*)$ та $U_* = U(x_*)$, але так, щоб $U^* > U_*$.

Під лотереєю $L(x_*, p(x), x^*)$ розуміють ситуацію, в якій особа може отримати x_* з імовірністю $p(x)$, або x^* з імовірністю $1-p(x)$.

Корисність варіанту x визначається ймовірністю $p(x)$, при якій особі байдуже, що обирати: x — гарантовано, чи лотерею $L(x_*, p(x), x^*)$, де x^* , x_* — вектори, більш-менш пріоритетні порівняно з x .

Нехай L — лотерея, що приводить до виграшів (подій) x_1, x_2, \dots, x_N з відповідними ймовірностями p_1, p_2, \dots, p_N . Позначимо сподіваний виграш (математичне сподівання виграшу) через \bar{x} :

$$\bar{x} = M\{x\} = \sum_{s=1}^N p_s x_s. \quad (2.40)$$

Справедлива головна формула теорії сподіваної корисності:

$$M\{U(x)\} = \sum_{s=1}^N p_s U(x_s), \quad (2.41)$$

тобто корисність ансамблю результатів збігається з математичним сподіванням корисності результатів.

Поняття детермінованого еквівалента лотереї L є одним з основних при розгляді різних характеристик ризику і їх взаємозв'язку з функціями корисності.

Детермінований еквівалент лотереї L — це гарантована сума, \hat{x} отримання якої еквівалентна участі в лотереї, тобто $\hat{x} \sim L$. Отже, \hat{x} визначається з рівняння:

$$U(\hat{x}) = M\{U(x)\}, \text{ або } \hat{x} = U^{-1} M\{U(x)\} \quad (2.42)$$

Сподіваний виграш та детермінований еквівалент, визначені згідно з формулами (2.40) та (2.42) відповідно, стосуються лотереї з скінченним числом можливих виграшів. Якщо можливі виграші, які приймають значення на відрізку $a \leq x \leq b$, описуються щільністю розподілу $\varphi(x)$, то сподіваний виграш у цій лотереї дорівнює :

$$\bar{x} = M\{x\} = \int x \varphi(x) dx, \quad (2.43)$$

а детермінований еквівалент \hat{x} є розв'язком рівняння

$$U(\hat{x}) = M\{U(x)\} = \int_a^b U(x) \varphi(x) dx. \quad (2.44)$$

Згідно з теорією сподіваної корисності, суб'єкт керування, що приймає рішення в умовах невизначеності та ризику, повинен максимізувати математичне сподівання корисності результатів. Отже, якщо $f(x, \omega)$ — вектор результатів, які залежать від вектора плану x та елементарної події ω , то ефективність плану x для значень ω , які містяться у множині Ω , $\omega \in \Omega$ з імовірнісною мірою $P(d\omega)$, має вигляд [114]:

$$F(x) = \int_{\Omega} U(f(x, \omega)) p d(\omega) = M_{\omega}\{U(f(x, \omega))\}. \quad (2.45)$$

Величина $P(d\omega)$ визначається або статистичними методами, при наявності необхідної кількості спостережень (вибірки), або з допомогою спеціальних експертних процедур.

2.5.3. Різне відношення до ризику та корисність

Особу, яка приймає рішення, називають несхильною до ризику, якщо для неї більш пріоритетною є можливість одержати гарантовано сподіваний виграш у лотереї, аніж брати в ній участь.

З попереднього відомо, що корисність лотереї збігається з математичним сподіванням корисності її випадкових результатів. Отже, умова несхильності до ризику записується [114]:

$$U(M\{x(\omega)\}) > M\{U(x(\omega))\}, \quad (2.46)$$

де $M(\bullet)$ — символ (оператор) математичного сподівання,

$x(\omega)$ — випадкова величина, що залежить від елементарної події ω .

Для зростаючих функцій корисності, премією $\pi(x)$ за ризик в лотереї L є різниця між сподіваним виграшем та детермінованим еквівалентом

$$\pi(x) = \bar{x} - \hat{x}. \quad (2.47)$$

За своїм фізичним змістом премія за ризик (надбавка за ризик) — це сума (в одиницях виміру показника x , якою суб'єкт керування (особа, що приймає рішення) згоден знехтувати (уступити її) з середнього виграшу (тобто ця сума менша, ніж математичне сподівання виграшу) за те, щоб уникнути ризику, пов'язаного з лотереєю.

Страховою сумою (СС) називають величину детермінованого еквівалента з протилежним знаком, тобто

$$CC(x) = -\hat{x} = -U^{-1}(M\{U(x(\omega))\}). \quad (2.48)$$

Умову схильності до ризику записують

$$U(M\{x(\omega)\}) < M\{U(x(\omega))\} \quad (2.49)$$

Умову байдужості до ризику запишемо так:

$$U(M\{x(\omega)\}) = M\{U(x(\omega))\} \quad (2.50)$$

2.5.4. Міра несхильності до ризику

Локальна несхильність до ризику у точці x визначається за допомогою функції несхильності $r(x)$:

$$r(x) = -U''(x)/U'(x) \quad (2.51)$$

де $U'(x)$, $U''(x)$ — відповідно перша і друга похідні функції $U(x)$.

Користуються також формулою:

$$r(x) = - (d/dx) [\log U'(x)] \quad (2.52)$$

МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКУ

Приймаючи рішення в умовах ризику, зумовленого невизначеністю, розпливчастістю, конфліктністю, відсутністю повної (зокрема, числової) інформації, неможливо повністю уникнути певного суб'єктивізму. При прийнятті оптимальних (раціональних) економічних рішень обмаль (брак) інформації ніколи не є перевагою, але завжди доцільно подати наявні варіанти в такій формі, щоб зробити певний суб'єктивізм у прийнятті рішення (вибору) меншим, а ризик — оптимальним (найбільш прийнятним).

Аналіз, оцінка ризику збільшують можливість отримати оптимальне (раціональне) рішення при вдало побудованих та використуваних економіко-математичних моделях.

Дослідження у цьому напрямку, як правило, ведуться шляхом виділення варіантів прояву чинників невизначеності, для чого застосовуються математичні моделі, методи аналізу та оптимізації, зокрема, математичний апарат теорії ігор, стохастичного програмування тощо.

Множинність показників (критеріїв) ефективності (цінності), одні з яких бажано максимізувати, а інші зробити мінімальними, теж є характерним явищем для економіки. У цьому і полягає основна проблема багатокритеріальності, невизначеності мети (суперечливість цілей) і зумовлений цим ризик, який треба звести до раціонального рівня.

3.1. Ризик і моделі та методи стохастичного програмування

3.1.1. Загальні положення. Елементи класифікації задач стохастичного програмування

Стохастичним програмуванням називають розділ математичного програмування, який вивчає теорію, моделі й методи розв'язування умовних екстремальних задач за неповної інформації щодо параметрів умов задачі.

Предметом стохастичного програмування є умовні екстремальні задачі, в яких параметри умов, чи складові розв'язку, або і перші, і другі є випадковими величинами.

Постановка задач стохастичного програмування суттєво залежить від цільових засад та інформаційної структури задачі (див., зокрема, [44, 51, 66, 67, 79, 111, 114]).

Одна з постановок задачі керування і, зокрема, планування в умовах невизначеності та ризику така.

Нехай вектор x позначає можливі рішення (альтернативи) із деякої апріорно допустимої множини X . Раціональний вибір рішень здійснюють, маючи на увазі ті наслідки, до яких призводять ці рішення. Але наслідки залежать не лише від обраного вектора $x \in X$, але також від випадкових чинників (параметрів) ω . Значення ω заздалегідь не відомі. Вважають, що відома множина Ω , до якої належить вектор ω . Відносно розподілу ω на множині Ω можуть бути різні гіпотези. У кращому випадку відомий точний закон розподілу ω , у гіршому — лише те, що $\omega \in \Omega$.

Зв'язок між рішенням x та наслідками (модель) записують у вигляді функціональної залежності $f(x, \omega)$, для якої необхідно знайти екстремум при врахуванні обмежень: $q_i(x, \omega) \leq 0$, $i = 1, \dots, m$; $x \in X$.

Моделями можуть виступати алгебраїчні співвідношення з випадковими параметрами, стохастичні диференційні рівняння, марковські процеси тощо.

Становить інтерес класифікація задач стохастичного програмування, які виникають в умовах ризику та невизначеності, за показником якості (ефективності) розв'язку.

Природно розглядати такі показники якості розв'язку стохастичних задач, зокрема лінійних:

- 1) математичне сподівання величини лінійної форми;

- 2) дисперсія лінійної форми;
- 3) лінійна комбінація математичного сподівання та дисперсії лінійної форми;
- 4) ймовірність перевищення лінійною формою певного фіксованого порогу;
- 5) математичне сподівання корисності лінійної форми;
- 6) максимум лінійної форми (причому максимум береться на множині планів X , а мінімум — за допустимими значеннями $\omega \in \Omega$ набору параметрів, визначаючих реалізацію випадкових елементів умов задачі тощо).

Задачі стохастичного програмування розподіляються також на статичні та динамічні.

Для того, щоб задача стохастичного програмування мала сенс, необхідно відповісти на такі три запитання:

1. Як розуміти вектор x — чи повинен він також бути випадковим (тобто кожному ω відповідає своє рішення $x(\omega)$), що визначається, скажімо, стандартними правилами лінійного програмування) чи детермінованим, що не змінюється при випадкових варіаціях параметрів моделі?

2. Як розуміти максимізацію цільової функції $f(x, \omega)$? Як максимізацію абсолютну, для всіх $\omega \in \Omega$, чи максимізацію її математичного сподівання, чи максимізацію деякої іншої її ймовірнісної характеристики?

3. Як розуміти виконання обмежень? Абсолютно для всіх $\omega \in \Omega$, чи у середньому, чи допускати їхнє порушення з малою ймовірністю тощо.

При вирішенні цих питань доводиться виходити не лише з математичних міркувань, а й з економічного змісту та евристичних міркувань, якими необхідно керуватися при дослідженні та моделюванні систем з ризиком.

Постановки задач стохастичного програмування, що виникають при моделюванні економічного ризику, суттєво залежать від того, чи є можливість при виборі (прийнятті) рішень уточнювати стан економічного середовища шляхом певних спостережень чи ні.

Відзначимо, що у загальному випадку спостереження не повністю визначають стан економічного середовища, тому етапи вибору рішень можуть чергуватися з етапами спостережень за станом економічного середовища. Тобто мають місце багатетапні процеси вибору рішень, кожен з яких може розвиватися у вигляді таких двох низок [111]:

рішення — спостереження — рішення — ...

... спостереження — рішення;
 спостереження — рішення — спостереження — ...
 ... спостереження — рішення.

Низка називається M -етапною, якщо в ній слово "рішення" зустрічається N разів.

У більшості випадків розв'язок задачі розуміють як мінімізацію математичного сподівання $f(x, \omega)$, тобто необхідно відшукати такий вектор x , за якого досягається екстремум функції $Mf(x, \omega)$, розв'язавши задачу:

$$\begin{aligned} F^0(x) &= Mf(x, \omega) = \\ &= \int_{\Omega} f(x, \omega) d\varphi(\omega) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (3.1)$$

за умов

$$F^i(x) = Mq_i(x, \omega) \leq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (3.2)$$

$$x \in X \quad (3.3)$$

Функцію $F^0(x)$ називають функцією ризику, а $F^i(x)$, $i = 1, \dots, m$ — функціями регресії, $\varphi(\omega)$ — щільність розподілу випадкових чинників $\omega \in \Omega$.

Як вже відзначалося, математичне сподівання функції $f(x, \omega)$ не єдина ймовірнісна характеристика. Розглядають також дисперсію функції $f(x, \omega)$, чи моменти вищих порядків випадкової величини $f(x, \omega)$, їхні алгебраїчні суми, зважені за допомогою деяких коефіцієнтів, зокрема:

$$F^{\nu}(x) = M\{f(x, \omega)\} + kDf(x, \omega) \rightarrow \min \quad (3.4)$$

де k — ціна ризику тощо.

3.1.2. Одноетапні статичні задачі управління виробництвом в умовах ризику

Під статичними розуміють такі моделі, всі параметри яких на протязі всього періоду управління залишаються незмінними або ж їхньою зміною можна знехтувати. Вивчення статичних моделей доцільно, зокрема, коли необхідно встановити початковий рівень виробництва нових товарів, і є відправним етапом для подальшого розв'язку динамічних задач управління виробництвом.

В одноетапних задачах нехтують також динамікою надходження інформації, рішення приймаються на основі інформації, яка існує на момент прийняття рішення на початку інтервалу (періоду) управління (планування).

Рішення в цих умовах є детермінованим.

Розглянемо виробничо-економічну систему з певною потужністю (тут термін "потужність" можна замінити допустимим обсягом виготовлюваної продукції за одиницю часу), в якій треба визначити рівень (обсяг) виробництва деяких продуктів (набору продуктів) — x , попит на які на ринку (у споживача) заздалегідь не відомий і вважається випадковою величиною $\omega \in \Omega$.

Позначимо через $q(x)$ — величину загальних затрат при виробництві продукції. Позначимо також через $f^1(x, \omega)$ збитки, яких зазнає виробництво від недовипуску продукції, коли $\omega \geq x$, а через $f^2(x, \omega)$ — збитки, які виникають у тому разі, коли виробництво перевищує величину випадкового попиту, тобто, коли $x > \omega$. Ці випадки відображує функція виду

$$f(x, \omega) = \begin{cases} f^1(x, \omega), & x \leq \omega, \\ f^2(x, \omega), & x > \omega. \end{cases}$$

Нехай функції f^1 та f^2 при кожному $\omega \in \Omega$ є опуклими вниз та неперервно диференційовними по x .

Таким чином, задача полягає у знаходженні такої кількості товару x , яка мінімізує сумарні затрати, що складаються з вартості виробництва, тобто

$$F(x) = q(x) + Mf(x, \omega) \rightarrow \min \quad (3.5)$$

при обмеженні:

$$x \in X \quad (3.6)$$

Тут X — деяка множина n -мірного простору, яка може бути утворена обмеженням, пов'язаним з потужністю підприємства, обсягами продукції. У випадку, коли максимізується прибуток від реалізації продукції, що виробляється:

$$F(x) = q(x) - Mf(x, \omega) \rightarrow \max \quad (3.7)$$

Типові труднощі, які виникають при розв'язуванні одноетапної задачі (3.5), (3.6), полягають у складності (або неможливості) точного обчислення значень функції сподіваних витрат $F(x)$ та її градієнта, що пов'язане з обчисленням інтегралу виду

$$F(x) = q(x) + \int_{\Omega} f(x, \omega) d\varphi(\omega),$$

де $\varphi(\omega)$ — щільність розподілу випадкового параметра.

Додаткові труднощі виникають при недиференційованості функції $f(x, \omega)$.

Ці особливості обумовлюють необхідність створення спеціальних методів, орієнтованих на розв'язання задач виду (3.5), (3.6), які звичайно поділяються на два класи:

непрямі методи, полягають у зведенні до задачі, яку можна розв'язати відомими методами класичного аналізу та нелінійного програмування;

прямі методи, що дозволяють розв'язати задачу звичайним способом з використанням доступної інформації про спостереження реалізації $f(x, \omega)$ в деяких фіксованих точках $\omega \in \Omega$.

1. Непрямі методи розв'язання одностановної задачі

В залежності від того, чи зводиться одностанова стохастична задача управління виробництвом (3.5), (3.6) до еквівалентної чи до задачі, розв'язання якої в деякому сенсі близьке до *вихідної*, непрямі методи розв'язування стохастичних задач управління виробництвом можуть ґрунтуватися на застосуванні необхідних та достатніх умов екстремуму, та параметризації рішення, або наближеній заміні закону розподілу випадкового параметра, на використанні детермінованого аналога стохастичної моделі.

Непрямі методи, як правило, дають непогані результати для вузького класу задач, специфіку яких вони враховують. Зупинимось на деяких з них нижче.

Застосування класичного аналізу. Нехай в задачі (3.5), (3.6) функція цілі $F(x)$ опукла, $f(x, \omega)$ — диференційовна майже при всіх $\omega \in \Omega$, $x \in X$. Необхідною та достатньою умовою того, щоб точка x^* була рішенням такої задачі, буде:

$$F_x(x^*) = q_x(x^*) + Mf_x(x^*, \omega) = 0 \quad (3.8)$$

де $q_x(x^*)$ — градієнт функції $q(x)$ в точці x^* ; $f_x(x^*, \omega)$ — градієнт функції $f(x, \omega)$ по x в точці (x^*, ω) ; $F_x(x^*)$ — градієнт функції $F(x)$.

У випадку, коли функція розподілу випадкових параметрів ω відома, система (3.8) може бути розв'язана аналітичними методами.

Вказаний підхід, як правило, використовується для розв'язування задач малої вимірності і в тому випадку, коли необхідно знайти безумовний мінімум функції затрат $F(x)$. Його застосу-

вання для розв'язування одноетапної задачі управління виробництвом нашоухується на такі труднощі.

По-перше, не в усіх прикладних задачах можлива точна побудова щільності розподілу $\varphi(\omega)$. В ряді задач, наприклад, коли вона являє собою функцію випадкових параметрів, котрі спостерігаються вперше, така побудова практично не можлива. Інколи перепоною для побудови $\varphi(\omega)$ стає малий обсяг статистичної вибірки.

По-друге, цільова функція (3.5) в загальному випадку негладка.

Відмічені труднощі звужують область застосування даного підходу.

Детермінований аналог. Часто замість стохастичної задачі розв'язують детерміновану, вибрану так, щоб її розв'язок або збігався з розв'язком вихідної задачі (тоді така модель називається детермінованим аналогом), або був близьким до нього.

Якби в задачі (3.5), (3.6) була точна інформація про попит під час періоду управління виробництвом (на цей період), тоді оптимальний рівень виробництва x^* дорівнював би відомому попиту, тобто $x^* = \omega$.

Але величина попиту попередньо не відома, вона випадкова.

Нерідко на практиці рівень виробництва розраховують на основі середнього попиту $\bar{\omega} = M\{\omega\}$, тобто мінімізують функцію $f(x, \bar{\omega})$, в ній $x^* = \bar{\omega}$, іншими словами, задача виявляється тривіальною.

При такому підході не враховуються основні особливості проблем управління виробництвом, зв'язані з перевиробництвом або недовиробництвом продукції у порівнянні з попитом.

Таким чином, задача (3.5), (3.6) має сенс тільки в стохастичній постановці, коли необхідно визначити рівень виробництва, найбільш стійкий до можливих змін випадкового попиту.

Наближене інтегрування. Припустимо, що обчислення функції ризику $Mf(x, \omega)$ пов'язано з обчисленням n -кратного інтеграла:

$$G(x) = \int \int \dots \int f(x, \omega) d\varphi(\omega),$$

де $\varphi(\omega)$ — щільність спільного розподілу випадкового вектора ω . Розв'язати цю задачу аналітичними методами не завжди вдається.

При обчисленні даного інтеграла можна використати детерміновані наближені числові методи інтегрування, але для великого n цей підхід неприйнятний. В такому випадку оцінки інтеграла можна одержати за допомогою методу Монте-Карло згідно з формулою :

$$\bar{G}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x, \omega_i), \quad (3.9)$$

де $\omega_i, i=1, \dots, n$ — незалежні, однаково розподілені випадкові величини, тобто згенеровані у відповідності з заданою функцією розподілу $\varphi(\omega)$.

Дійсно, $\bar{G}(x)$ — середнє значення функції, тобто останній вираз є оцінкою цього середнього значення на підставі спостережень над величиною попиту $\omega \in \Omega$, тобто, воно може слугувати наближеним значенням. Тому застосування методу Монте-Карло для наближеного обчислення значень функцій ризику з наступним застосуванням їх в обчислювальних схемах методів нелінійного програмування призводить до розгляду принципово нових методів математичного програмування, де використовуються статистичні оцінки значень та градієнтів тієї функції, яку мінімізують. Саме вони лягли в основу прямих методів стохастичного програмування для розв'язування задач управління виробництвом.

2. Прямі методи розв'язування одноетапної задачі

Прямі методи рішення стохастичної задачі управління виробництвом (3.5), (3.6) оперують лише значеннями $f(x, \omega)$, їх принципові алгоритми не змінюються зі зміною закону розподілу попиту ω , не потрібно знання цих законів в явному вигляді, тобто вони застосовуються при розв'язуванні складних задач, в яких випадковість задається лише імітаційною моделлю.

Ці методи відносно прості для числової реалізації, економно використовують оперативну пам'ять ЕОМ. Вони дозволяють виконувати обчислення в режимі діалога та враховувати специфіку задачі, що розв'язується [44, 66, 67, 111, 114]. Широкий клас прямих методів стохастичного програмування побудований на

основі ітеративних методів, які використовують узагальнений квазіградієнт (субградієнт, узагальнений градієнт) [44].

Найбільш поширеним методом стохастичної оптимізації є метод стохастичних квазіградієнтів з проектуванням та стохастичної лінеаризації. Стосовно задачі (3.5), (3.6) ці методи являють собою алгоритм побудови послідовності $\{x^s\}$ — наближення до оптимального розв'язання задачі.

Алгоритм 1 [66]. Нехай на s -му кроці (ітерації) одержано наближене x^s , $s=0,1,\dots$, (x^0 — задане довільне початкове наближення).

Тоді:

1. У відповідності з апіорним розподілом $\varphi(\omega)$ одержуємо спостереження ω^s — реалізацію випадкової величини ω . Зауважимо, що для цього можна використати імітаційну модель.

2. Побудуємо вектор стохастичного квазіградієнта функції $q(x, \omega) + f(x, \omega)$:

$$\xi^s = q_x(x^s) + \hat{f}_x(x^s, \omega^s),$$

де $q_x(x^s)$ — градієнт функції $q(x)$ в точці x^s ; $\hat{f}_x(x^s, \omega^s)$ — узагальнений градієнт функції $f(x, \omega)$ в точці (x^s, ω^s) . Інші види, обчислення вектора ξ^s приводяться в [44].

3. Нове наближення знаходимо відповідно до рекурентних правил:

а) в методі стохастичних квазіградієнтів з проектуванням:

$$x^{s+1} = \pi_x(x^s - \rho_s \xi^s), \quad s=0,1,\dots, \quad (3.10)$$

де $\pi_x(y^s)$ — операція проектування:

$$\pi_x(y^s) = \operatorname{argmin}\{\|x - y^s\| \mid x \in X \subseteq E^n\}; \quad (3.11)$$

б) в методі стохастичної лінеаризації:

$$x^{s+1} = x^s + \rho_s(\bar{x}^s - x^s), \quad 0 \leq \rho_s \leq 1, \quad (3.12)$$

$$z^{s+1} = z^s + \nu_s(\xi^s - z^s), \quad (3.13)$$

$$\bar{x}^s = \operatorname{argmin}\{z^s, x \mid x \in X\}, \quad s=0,1,\dots \quad (3.14)$$

$$x \in X$$

Тут

ρ_s — величина кроку на s -й ітерації;

ν_s — коефіцієнти, що вибираються;

можна покласти: $x^0 = 0$ та $z^0 = 0$.

Важливою особливістю цих простих і легко реалізовуваних на ЕОМ методів є той факт, що напрямок "спуску" в них будується на основі випадкового вектора — стохастичного квазі-градієнта ξ^s , який є незміщеною оцінкою узагальненого градієнта функції $F(x)$.

Іншими словами, умовне математичне сподівання

$$M(\xi^s / \rho_s) = F_x(x^s),$$

де вектор $F_x(x^s)$ задовольняє нерівність:

$$F(x) - F(x^s) \geq (F_x(x^s), x - x^s), \quad (3.15)$$

для будь-яких $x \in E^n$.

У більш загальному випадку

$$M(x^s / \rho_s) = F_x(x^s) + b^s \quad (3.16)$$

де b^s — зміщення, яке для збіжності методів повинно прямувати до 0 при $s \rightarrow \infty$.

3.1.3. Загальна модель прийняття адаптивних рішень в умовах ризику

Прийняття рішень в умовах ризику, яке здійснюється за схемою "рішення — спостереження — рішення", є найбільш розповсюдженим у науковій літературі з стохастичного програмування. За цієї схеми будуються двохетапні стохастичні моделі планування.

У ряді праць, зокрема в [114], відзначається, що ця схема включає в себе такі вимоги до плану, як необхідність жорсткості певних його параметрів, та можливість часткової пристосовуваності (адаптації) плану до внутрішніх та зовнішніх випадкових змін.

Програмна частина обирається з урахуванням того, що необхідно створювати найкращі умови для майбутньої адаптації, і розрахована на ймовірні зміни випадкових ситуацій. Адаптивна частина реалізується після спостереження, тобто враховується вплив реалізації випадкового стану економічного середовища (ситуації). Використовуючи позначення: x — програмна частина плану, ω — параметри випадкової ситуації, y — адаптивна частина плану, схему можна подати у вигляді:

$$x - \omega - y(x, \omega). \quad (3.17)$$

Нехай (x, y) — план певної економічної системи, який обирається з допустимої множини планів $X(\omega)$, де ω — випадкова

ситуація (елементарна подія певного ймовірнісного простору (Ω, A, ρ)). Суб'єкт керування (прийняття рішень) зацікавлений у певних результатах, які залежать від невизначеної (випадкової) ситуації і можуть бути представлені вектор-функцією

$$f(x, y, \omega) = (f_1(x, y, \omega), \dots, f_m(x, y, \omega)).$$

Припустимо, що для будь-якої пари планів $[x^1, y^1]$ та $[x^2, y^2]$ суб'єкт керування може надати перевагу одному з розподілів $L(f, x^1, y^1, \Omega, \rho)$, $L(f, x^2, y^2, \Omega, \rho)$ або визначити їхню еквівалентність, тобто на множині розподілів задано відношення пріоритетності (\succsim — не гірше ніж). Тут через $L(f, x, y, \Omega, \rho)$, позначений розподіл $f(x, y, \omega)$, який залежить від (x, y) на множині елементарних подій $\omega \in \Omega$ та ймовірнісної міри ρ .

Якщо обраний певний план-програма x і відбулось спостереження над реалізацією випадкової ситуації $\omega \in \Omega$, то задача вибору найефективнішої адаптації для даної ситуації ω полягає в знаходженні такого y , при якому

$$(x, y) \in X(\omega)$$

та

$$(x, y) \succsim (x, z) \quad \forall z \exists (x, z) \in X(\omega).$$

Введемо позначення розв'язку задачі знаходження найефективнішої адаптації [114]:

$$(x, y) \rightarrow \text{pref}, (x, y) \in X(\omega). \quad (3.18)$$

y

Тут символ під стрілкою означає групу змінних, за якими відбувається вибір.

Розв'язок (3.18) залежить як від обраного раніше (на попередній стадії) x , так і від ω , тобто $y = y(x, \omega)$.

У свою чергу, на першій стадії рішення двохетапної задачі, тобто при виборі плану-програми x , необхідно серед допустимих розв'язків знайти таке x , при якому розподіл f , залежний від x та найкращої адаптації $y(x, \omega)$ для кожної реалізації ситуації $\omega \in \Omega$, був би найбільш пріоритетним для суб'єкта керування. Тобто, необхідно знайти $x^* \in X^* = \{x / \text{з імовірністю } 1 \text{ існує } y \exists (x, y) \in X(\omega)\}$, при якому

$$L(f, x^*, y(x^*, \omega), \Omega, \rho) \succsim L(f, x, y(x, \omega), \Omega, \rho) \quad \forall x \in X^* \quad (3.19)$$

Задачу знаходження x позначають так:

$$L(f, x, y(x, \omega), \Omega, \rho) \rightarrow \text{pref} \quad (3.20)$$

$$x \in X^*$$

3.2. Моделювання ризику та теорія ігор

3.2.1. Теоретико-ігрова модель

У межах теорії прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності можливі різні концепції в залежності від того, які поняття вважаються основними при аналізі процесу прийняття рішень.

Широковідомою моделлю прийняття рішень в умовах невизначеності є статична модель, що породжена теоретико-ігровою концепцією [10,18,56,60,100].

Згідно з концепцією теорії ігор визначають основні елементи теоретико-ігрових статичних моделей прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.

Ситуація прийняття рішень характеризується множиною $\{X, \Theta, F\}$, де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ — множина рішень об'єкту керування, $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ — множина станів економічного середовища, котре може знаходитися в одному з станів $\theta_j \in \Theta, j=1, \dots, n$, $F = \{f_{kj}\}$ — функціонал оцінювання (матриця) визначений на $\Theta \times X$ і такий, що приймає значення з простору R^1 , при цьому $f_{kj} = f(x_k, \theta_j)$.

В розгорнутій формі ситуація прийняття рішень характеризується матрицею, елементами якої є f_{kj} — кількісні оцінки прийнятого рішення $x_k \in X$ за умови, що середовище знаходиться у стані $\theta_j \in \Theta$.

$$F = \begin{pmatrix} & \theta_1 & \dots & \theta_j & \dots & \theta_n \\ x_1 & f_{11} & \dots & f_{1j} & \dots & f_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_k & f_{k1} & \dots & f_{kj} & \dots & f_{kn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_m & f_{m1} & \dots & f_{mj} & \dots & f_{mn} \end{pmatrix} .$$

Під інформаційною ситуацією / розуміють певний ступінь градації невизначеності вибору середовищем своїх станів у момент прийняття рішення.

Класифікатор інформаційних ситуацій, пов'язаних з невизначеністю середовища, можна побудувати таким чином [100]:

I_1 — перша інформаційна ситуація. Характеризується заданим законом розподілу апріорних імовірностей на елементах множини Θ ;

I_2 — друга інформаційна ситуація. Характеризується заданим розподілом імовірностей з невідомими параметрами;

I_3 — третя інформаційна ситуація. Характеризується заданою системою лінійних співвідношень на компонентах апріорного розподілу станів середовища;

I_4 — четверта інформаційна ситуація. Характеризується невідомим розподілом імовірностей на елементах множини Θ ;

I_5 — п'ята інформаційна ситуація. Характеризується антагоністичними інтересами середовища у процесі прийняття рішень;

I_6 — шоста інформаційна ситуація. Характеризується як проміжна між I_1 та I_5 при виборі середовищем своїх станів.

Отже, наведені інформаційні ситуації є глобальними характеристиками рівнів невизначеності станів середовища.

Під критерієм прийняття рішень $G \in K$ розуміють певний показник та алгоритм, які визначають для кожної ситуації прийняття рішення $\{X, \Theta, F\}$ та інформаційної ситуації I єдине оптимальне рішення (розв'язок) $x^* \in X$, або множину таких розв'язків

$\bar{X} \subset X$, що називаються еквівалентними відносно даного критерію.

Кожна інформаційна ситуація I може також характеризуватися сукупністю критеріїв

$$K_i = \{G_{s_i}\},$$

$$i = 1, \dots, 6, s_i \in S.$$

Для дослідження статичних моделей в умовах ризику та невизначеності користуються схемою, яка передбачає наявність:

1) у суб'єкта керування — множини взаємовиключних рішень (стратегій) $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, одне з яких йому необхідно вибрати;

2) в економічному середовищі — множини взаємовиключних станів $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$, однак суб'єктові керування невідомо, в якому стані буде знаходитися середовище;

3) у суб'єкта керування - функціоналу оцінювання $F = \{f_{kj}\}$, що характеризує "виграш" чи "програш" при виборі рішення $x_k \in X$, якщо середовище знаходиться (буде знаходитися) в стані $\theta_j \in \Theta$.

Творча складова прийняття рішень в умовах ризику має вирішальне значення і містить такі основні кроки:

1) формування множини рішень X та множини станів середовища Θ ;

2) визначення та формалізація основних показників ефективності та корисності, які входять до функціоналу оцінювання $F = \{f_{kj}\}$;

3) визначення інформаційної ситуації, яка характеризує "стратегію" поведінки економічного середовища;

4) вибір критерію прийняття рішень з множини критеріїв, які є характерними для обраної (ідентифікованої) інформаційної ситуації;

5) прийняття оптимального рішення за обраним критерієм.

Формальна складова процесу прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності полягає в проведенні за існуючими алгоритмами розрахунків за показників ефективності, які входять у визначення функціоналу оцінювання $F = \{f_{kj}\}$, та у розрахунках для знаходження оптимального розв'язку $x^* \in X$ (чи множини таких розв'язків $\bar{X} \subset X$), згідно з обраним критерієм прийняття рішень.

Так, наприклад, для першої інформаційної ситуації найбільш важливими є такі критерії: Байєса, модальний, мінімальної дисперсії; для четвертої — критерії Джейнса, Лапласа тощо; для п'ятої — критерії Вальда, Севіджа та інші; для шостої — критерії Гурвіца, Ходжеса-Лемана тощо.

Вважають, що функціонал оцінювання F має додатний інгредієнт, якщо намагаються досягнути

$$\max_{x_k \in X} \{f_{kj}\} \quad (3.21)$$

Для цих випадків записують

$$F = F^+ = \{f_{kj}^+\}$$

Для від'ємного інгредієнта, якщо намагаються досягнути

$$\min_{x_k \in X} \{f_{kj}\}, \quad (3.22)$$

відповідно записують

$$F = F^- = \{f_{kj}^-\}.$$

Визначення функціоналу оцінювання у формі $F = F^+$, як правило, використовується для оптимізації категорій корисності, виграшу, ефективності, ймовірності досягнення цільових подій тощо. У формі $F = F^-$ використовують для оптимізації збитків, ризику тощо.

3.2.2. Функція ризику

Так звана функція ризику визначається як лінійне перетворення додатно чи від'ємно заданого інгредієнта функціоналу оцінювання до відносних одиниць вимірювання. Таке перетворення встановлює початок відліку функціоналу оцінювання для кожного стану економічного середовища $\theta_j \in \Theta$.

1) для F^+ , коли мають (допускають) зафіксований стан середовища $\theta_j \in \Theta$, знаходять величину

$$l_j = \max_{x \in X} f_{kj}^+ \quad (3.23)$$

$j=1, \dots, n; k=1, \dots, m,$

а функція ризику визначається у вигляді:

$$r_{kj} = r_j(x_k) = l_j - f_{kj}^+, \quad (3.24)$$

$j=1, \dots, n; k=1, \dots, m;$

2) для F^- при фіксованих $\theta_j \in \Theta$ знаходять

$$L_j = \min_{x \in X} f_{kj}^-, \quad j=1, \dots, n; k=1, \dots, m, \quad (3.25)$$

а функція ризику визначається як :

$$r_{kj} = r_j(x_k) = f_{kj}^- - L_j, \quad j = 1, \dots, n; k = 1, m. \quad (3.26)$$

Матриця ризику дозволяє оцінити кількісно відмінні рішення та встановити, наскільки вигідно реалізуються в них існуючі можливості досягнення успіху за наявності ризику.

3.2.3. Критерії прийняття рішень при заданому розподілі ймовірностей

Як вже відзначалося, перша інформаційна ситуація I_1 має місце тоді, коли є апіорний розподіл імовірностей

$$P = (p_1, \dots, p_j), \quad p_j = p(\Theta = \theta_j), \quad \sum_{j=1}^n p_j = 1. \quad (3.27)$$

на елементах $\theta_j \in \Theta$.

Ця ситуація, є, мабуть, найбільш поширеною в більшості практичних задач прийняття рішень в умовах ризику. При цьому ефективно використовуються конструктивні методи теорії ймовірностей та математичної статистики.

Розглянемо деякі з основних критеріїв прийняття рішень у цій ситуації.

1. Критерій Байєса

Суть критерію — максимізація математичного сподівання функціоналу оцінювання. Назва критерію пов'язана з перетворенням формул апіорних імовірностей в апостеріорні. Критерій Байєса часто називають критерієм середніх (сподіваних) затрат (критерієм ризику при $F = F^-$).

Згідно з критерієм Байєса оптимальними розв'язками

$$x_{k_0} \in X$$

(або множиною таких оптимальних рішень) вважаються ті, для яких математичне сподівання функціоналу оцінювання досягає найбільшого можливого значення.

$$B^+(x_{k_0}, p) = \max_{x \in X} \left[\sum_{j=1}^n p_j f_{kj}^+ \right] \quad (3.28)$$

Якщо максимум досягається на декількох рішеннях з X , множину яких позначимо через \bar{X} , то такі рішення називають еквівалентними.

Величина

$$B^+(x_k, p) = \sum_{j=1}^n p_j f_{kj}^+$$

називається байєсівським значенням функціоналу оцінювання для рішення $x_k \in X$. Критерій Байєса є найбільш поширеним в інформаційній ситуації I_j . Цей критерій тісно пов'язаний з аксіомами теорії корисності (аксіома фон Неймана та Моргенштерна), в якій сумарна сподівана корисність визначається як математичне сподівання корисностей окремих результатів.

Якщо функціонал оцінювання задано у формі F^- , то замість оператора \max математичного сподівання використовується \min математичного сподівання. Якщо функціонал оцінювання задано в ризиках, то відповідну величину $B^-(x_k, p)$ називають байєсівським ризиком для розв'язку $x_k \in X$.

2. Критерій мінімуму дисперсії функціоналу оцінювання

Для кожного рішення $x_k \in X$ визначимо середнє (сподіване) значення функціоналу оцінювання та дисперсію у вигляді

$$\sigma_k^2 = \sigma^2(x_k, p) = \sum_{j=1}^n [f_{kj} - B^+(x_k, p)]^2 p_j, \quad (3.29)$$

Дисперсія характеризує величину ризику, розкид випадкової величини значень функціоналу оцінювання для розв'язку x_k відносно середнього значення $B^+(x_k, p)$.

Суть критерію мінімізації дисперсії полягає у знаходженні розв'язку x_{k_0} для якого

$$\sigma^2(x_{k_0}, p) = \max_{x_k \in X} \sigma^2(x_k, p). \quad (3.30)$$

Основним недоліком цього критерію є те, про що йшлося в розділі 2 (п.2.2.2), а також те, що дисперсія на розв'язку

$$x_{k_1} \in X$$

може виявитися меншою, ніж на розв'язку

$$x_{k_2} \in X$$

тобто

$$\sigma_{k_1}^2 \leq \sigma_{k_2}^2,$$

в той час, коли $B^+(x_{k_1}, p) < B^+(x_{k_2}, p)$. Це свідчить про те, що критерій мінімуму дисперсії (ризик) необхідно довізначити, децю змінивши його вигляд наприклад, так:

$$\sigma^2(x_k, p) = \sum_{j=1}^n [f_{kj}^+ - \max B^+(x_j, p)]^2 p_j, \quad (3.31)$$

або

$$\sigma^2(x_k, p) = \sum_{j=1}^n [f_{kj}^+ - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m B^+(x_i, p)]^2 p_j, \quad (3.32)$$

3. Критерій мінімуму семіваріації, коефіцієнта семіваріації та коефіцієнта, пов'язаного з асиметрією

На наш погляд, доцільним є використання наведених в розділі 2 цієї праці показників кількісної оцінки ризику: семіваріації, коефіцієнта семіваріації та коефіцієнта, пов'язаного з асиметрією (формула (2.33)) тощо. Це особливо доцільно при асиметричних законах розподілу відповідних економічних показників ефективності.

Згідно з критерієм мінімуму семіваріації оптимальним розв'язком (варіантом) $x_k \in X$ вважається той, для котрого семіваріація досягає найменшого значення, тобто:

$$x_k = \underset{x_k \in X}{\operatorname{argmin}} SV(x_k, p), \quad (3.33)$$

де: $SV(x_k, p)$ обчислюється за формулою (2.18).

Коли функціонал оцінювання має додатний інгредієнт, згідно з критерієм мінімуму коефіцієнта семіваріації оптимальним розв'язком $x_k \in X$ вважається той, для якого коефіцієнт семіваріації досягає свого найменшого значення на множині альтернативних об'єктів (проектів) $x_k \in X$, тобто:

$$x_k = \underset{x_k \in X}{\operatorname{argmin}} CSV(x_k, p), \quad (3.34)$$

де $SCV(x_k, p)$ обчислюється згідно з формулою (2.28).

Якщо за критерій обирається коефіцієнт, пов'язаний з асиметрією a , то оптимальним розв'язком вважається той, для яко-

го цей коефіцієнт (W) буде мінімальним на множині $x_k \in X$, тобто:

$$x_k = \operatorname{argmin} W(x_k, p), \quad (3.35)$$

де $W(x_k, p)$ обчислюють згідно з формулою (2.33).

Коли функціонал оцінювання має від'ємний інгредієнт, доцільно за критерії ризику обрати відносні оцінки, які обчислюються за формулами відповідно (2.34) або (2.35) тощо.

3.2.4. Критерії прийняття рішень, коли не відомий розподіл імовірностей

Інформаційна ситуація I_4 характеризується невідомим розподілом

$$P = (p_1, \dots, p_n), \quad p_j = p\{\theta = \theta_j\},$$

$$\sum_{j=1}^n p_j = 1$$

на елементах Θ , з одного боку, та відсутністю активної прогидії середовища цілям по прийняттю рішень суб'єктом керування — з іншого. У деякому відношенні таке поводження еквівалентне поводженню "пасивної природи", що досліджується в теорії статистичних рішень. Іншими словами, ситуація I_4 характеризується цілковитим незнанням суб'єктом керування того, що стосується поводження середовища.

На практиці такі ситуації виникають, коли впроваджуються на підприємствах зразки нової техніки, якщо мова йде про реалізацію нових зразків товарів народного споживання, коли полит повністю невідомий, а також при відпрацюванні у виробництві нових технологічних способів, транспортних маршрутів тощо.

1. Критерій Бернуллі-Лапласа.

В основу цього критерію покладено відомий "принцип недостатніх підстав". Він вперше був сформульований Бернуллі і в загальних рисах означає: якщо немає даних для того, щоб вважати один стан середовища з множини Θ більш імовірним, ніж будь-який інший стан середовища з множини Θ , то апріорні ймовірності p_j станів середовища треба вважати рівними між собою, тобто згідно з принципом недостатніх підстав точкові оцінки визначаються у вигляді:

$$p_j = 1/n, \quad j=1, \dots, n \quad (3.36)$$

Ці оцінки розподілу апіорних імовірностей дозволяють застосовувати критерії першої інформаційної ситуації I_I .

Критерій Бернуллі-Лапласа, що ґрунтується на застосуванні критерію Байєса та принципу недостатніх підстав для одержання оцінок апіорних ймовірностей p_j , формулюється таким чином.

Оптимальним згідно з критерієм Бернуллі-Лапласа є те рішення

$$x_{k_0} \in X$$

яке задовольняє таку умову:

$$B^+(x_{k_0}, p) = \max_{x_k \in X} B^+(x_k, p),$$

де

$$B^+(x_k, p) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_{kj}^+. \quad (3.37)$$

Таким чином, можливі стани розглядаються як рівноймовірні, якщо немає жодних знань про умови, за яких кожний стан може відбутися.

Зверхність розв'язку x_k над розв'язком x_i можна гарантувати в тому і лише в тому випадку, коли

$$B^+(x_k, p) - B^+(x_i, p) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (f_{kj}^+ - f_{ij}^+) \geq 0. \quad (3.38)$$

Тому, необхідною та достатньою умовою пріоритету розв'язку x_k з множини X є виконання нерівності

$$\min_{x_i \in X} \sum_{j=1}^n (f_{kj}^+ - f_{ij}^+) \geq 0 \quad (3.39)$$

2. Принцип максимуму Гіббса-Джейнса

Згідно з принципом Гіббса-Джейнса найбільш характерними розподілами імовірностей станів невизначеного середовища є такі розподіли, які максимізують вибрану міру невизначеності при заданій інформації про поведження середовища.

Тут використовують формалізм відтворення невідомих законів розподілу випадкової величини за наявності обмежень умов максимуму ентропії Шеннона

$$H(p) = -\sum_{j=1}^n (p_j \ln p_j). \quad (3.40)$$

Необхідно зазначити, що $H(p)$ являє собою міру невизначеності, яку знаходять з розподілу апіорних імовірностей p станів середовища.

Ентропія Шеннона є широковідомою мірою невизначеності та задовольняє такі властивості (аксіоми):

1) $H(p)$ неперервно диференційована по $p \in \Delta n$

тут Δn — плоска множина:

$$\Delta n = \{p / 0 \leq p_j \leq 1, j = 1, \dots, n, \sum_{j=1}^n p_j = 1\};$$

2) $H(p) \geq 0$ для, $p \in \Delta n$

$H(p) = 0$ для виродженого розподілу;

3) $H(p)$ унімодальна по $p \in \Delta n$, причому максимум $H(p)$ на Δn , досягається за умови, що

$$p_1^0 = p_2^0 = \dots = p_n^0 = 1/n;$$

4) $H(p^0) = \ln n$ — монотонно зростає при збільшенні n ;

5) $H(p)$ симетрична відносно p^0 по $p \in \Delta n$

6) $H(p)$ вгнута по $p \in \Delta n$

7) $H(p)$ адитивна на станах $\theta_j \in \Theta$.

Формалізм Джейнса постулює: найменш сумнівним розподілом імовірностей буде такий, що максимізує невизначеність при врахуванні всієї заданої інформації.

Застосування принципу максимальної невизначеності Гіббса-Джейнса в умовах інформаційної ситуації I_2 дозволяє визначити точкову оцінку за умов

$$H(p) = \max_{\hat{p} \in \Delta n} H(\hat{p}) = \max \left\{ -\sum_{j=1}^n \hat{p}_j \ln \hat{p}_j \right\} \quad (3.41)$$

у вигляді $p_j = 1/n$, $j=1, \dots, n$. Однак точкова оцінка апріорного розподілу станів середовища постулюється також принципом Бернуллі-Лапласа.

Суттєвою перевагою принципу максимальної невизначеності Гіббса-Джейнса є те, що існує можливість одержати оцінки апріорного розподілу, стосовно яких суб'єктом керування можуть бути накладені обмеження на розподіл апріорних імовірностей станів середовища, наприклад, у формі задання середніх та дисперсій (ризик) характеристик значень функціоналу оцінювання F .

3. Критерій мінімуму коефіцієнта варіації

При відповідній системі аксіом, спираючись на "принцип недостатніх підстав", оптимізувати ризик можна, беручи за основу коефіцієнт варіації. В цьому випадку мінімальний ризик буде мати те рішення $x_k \in X$, для котрого :

$$x_{k_0} = \operatorname{argmin}_{x_k \in X} CV(x_k, p), \quad (3.42)$$

де CV обчислюється за формулою (2.27).

Аналогічно попередньому, коли функціонал оцінювання має негативний інгредієнт, за критерій ризику обирають оцінки, що обчислюються за формулами (2.34), чи (2.35).

3.2.5. Критерій прийняття рішень у ситуації, що характеризується антагоністичними інтересами середовища

1. Критерій Вальда

На відміну від "пасивного" середовища чи середовища, стан якого реалізується згідно з заданим розподілом ймовірностей, активне середовище прагне до вибору таких станів з множини Θ , для яких функціонал оцінювання $F = F^+$ набув мінімальне значення з множини своїх можливих значень. Основною тенденцією для суб'єкта керування буде при цьому забезпечення собі гарантованих (максимінних) рівнів значень функціоналу оцінювання, тобто зведення ризику до нуля.

Аналіз процесу прийняття рішень тут аналогічний основним правилам та елементам теорії антагоністичних ігор.

Таким чином, у ситуації I_5 невизначеність цілком обумовлена тим, що суб'єктові керування невідомо, в якому стані з множини Θ знаходиться економічне середовище, та, окрім того, в

теоретичній моделі ступінь невизначеності зменшений через припущення, що економічне середовище активно протидіє досягненню найбільшої ефективності рішень, що приймаються, шляхом вибору таких своїх станів, які зводять до мінімуму максимальну ефективність процесу управління.

Коли $F=F^+$, то згідно з принципом максимуму кожному рішенням $x_k \in X$ надають як показник його гарантований рівень, який визначається найменшим по станах середовища значенням функціоналу

$$\tilde{f}_k^+ = \min_{y_j \in \Theta} \{f_{kj}^+\}. \quad (3.43)$$

Оптимальним називають таке рішення $x_{k_0} \in X$ для якого

$$\tilde{f}_{k_0}^+ = \max_{x_k \in X} \{\tilde{f}_k^+\}, \quad (3.44)$$

Тобто критерій Вальда ґрунтується на максимумному принципі для $F=F^+$, що полягає у прийнятті такого рішення x_{k_0} , яке задовольняє умови

$$\tilde{f}_{k_0}^+ = \max_{x_k \in X} \min_{y_j \in \Theta} f_{kj}^+. \quad (3.45)$$

Як відзначають Льюїс і Райфа [60], критерій Вальда має ту перевагу, що він надзвичайно консервативний, тобто безризиковий у такій ситуації, де недоцільно ризикувати.

2. Критерій мінімального ризику Севіджа

Цей критерій був запропонований у 1951 році і тепер є одним з основних критеріїв, що задовольняє принцип мінімаксу.

У критерії Севіджа функціонал оцінювання виражається в формі ризику $F=F^-$. Згідно з цим критерієм оптимальним рішенням x_{k_0} є таке, що задовольняє умову

$$\tilde{f}_{k_0}^- = \min_{x_k \in X} \tilde{f}_k^- = \min_{x_k \in X} \max_{y_j \in \Theta} f_{kj}^-. \quad (3.46)$$

Доречним обмеженням у критерії Севіджа є обмеження виду

$$B(x_k, \frac{1}{n}) \leq B_0^-, \quad (3.47)$$

для всіх $x_k \in X$.

3.3. Ризик у прийнятті багатоцільових рішень

3.3.1. Невизначеність цілей та компроміс Парето

До цих пір розглядалися дещо спрощені випадки, коли вважалося, що певним чином обрано єдиний критерій, згідно з яким проводять оцінку ефективності, і треба лише відшукати максимум (мінімум) деякого показника ефективності, чи чистої приведеної вартості (ЧПВ). На жаль, практично такі задачі зустрічаються далеко не завжди.

Розглянемо приклад. Організується (реорганізується) діяльність підприємства. За яким критерієм (функціоналом) суб'єкт керування повинен обирати рішення? З одного боку, бажано було б максимізувати очікуваний валовий обсяг продукції, одержати максимальний інтегрований дисконтований очікуваний доход, мінімізувати очікувану собівартість продукції. З другого боку, дуже бажано мати мінімальний ризик, пов'язаний з відхиленням планових результатів від тих, що реалізуються, тощо.

Питанням прийняття рішень в умовах невизначеності цілей (багатокритеріальності) присвячено багато праць, зокрема [17, 18, 36, 68, 71, 90, 100].

Для того, щоб звести задачу прийняття рішень до стандартної задачі оптимізації, необхідно сформулювати додаткові гіпотези, які безпосередньо не впливають із умов задачі.

В багатокритеріальних задачах природно намагатися відшукати способи зведення їх до задач з одним критерієм, бо для однокритеріальних задач існує ряд добре відпрацьованих методів розв'язку будь-якої строго сформульованої математичної задачі.

У [68] розглядається багатокритеріальний метод оптимізації, запропонований італійським економістом В.Парето.

Нехай знайдено деякий розв'язок задачі. Позначимо його через x^* і вважатимемо, що існує інший розв'язок x такий, що для всіх критеріїв $w_i(x)$ мають місце нерівності

$$w_i(x) \geq w_i(x^*), \quad i=1, \dots, n, \quad (3.48)$$

при цьому хоча б одна з нерівностей — строга. Очевидно, що розв'язок x пріоритетніший, ніж розв'язок x^* . Тому всі вектори

x^* , що задовольняють умову (3.48), слід відразу виключити з подальшого розгляду, тобто далі є сенс аналізувати лише ті вектори x^* , для яких не існує такого $x \in X$, щоб виконувалась умова (3.48). Множина таких значень x^* називається множиною Парето.

Проілюструємо метод виділення розв'язків Парето на прикладі задачі з двома критеріями w_1 та w_2 (обидва треба максимізувати)[68], тобто

$$w_1(x) \rightarrow \max_{x \in X}, w_2(x) \rightarrow \max_{x \in X}. \quad (3.49)$$

Кожній точці $x \in X$ співвідношення

$$w_1 = w_1(x), w_2 = w_2(x) \quad (3.50)$$

ставлять у відповідність деяку точку $w \in W$ в площині критеріїв (рис.3.1). Співвідношенням (3.50) визначають відображення множини X на W .

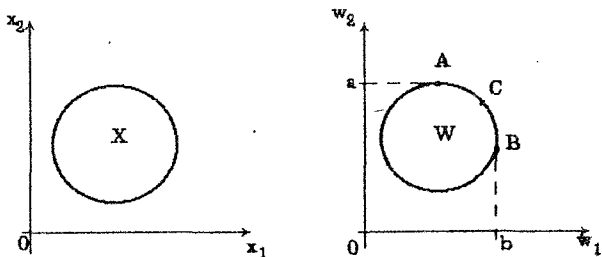


Рис. 3.1. Відображення множини X на множину досягнутості W

Множина W носить назву множини досягнутості чи множини граничних можливостей.

Множина Парето являє собою лише частину меж множини досягнутості, тобто до неї належать ті значення критеріїв, над якими не домінують інші варіанти.

На рис.3.1 множиною Парето буде дуга ACB .

Опишемо одну з схем побудови множини Парето. Фіксують певні бажані значення критеріїв w_1 та w_2 :

$$w_1 = c_1, w_2 = c_2.$$

Величини c_1 та c_2 слід вибрати так, щоб вони належали до множини досягнутості.

Розв'язують дві оптимізаційні задачі.

$$\text{I: } w_1(x) \rightarrow \max_{x \in X}$$

$$\text{II: } w_2(x) \rightarrow \max_{x \in X}$$

$$w_2(x) = c_2$$

$$w_1(x) = c_1$$

Розв'язавши ці задачі, визначають точки a та b (рис.3.2).

Провівши через них пряму 1, одержують найбільш просту апроксимацію множини Парето. Для уточнення цієї апроксимації розв'язують наступні задачі III та IV і знаходять дві точки c та d , які належать цій множині.

$$\text{III: } w_1(x) \rightarrow \max_{x \in X}$$

$$\text{IV: } w_2(x) \rightarrow \max_{x \in X}$$

$$w_2(x) = c_4$$

$$w_1(x) = c_3$$

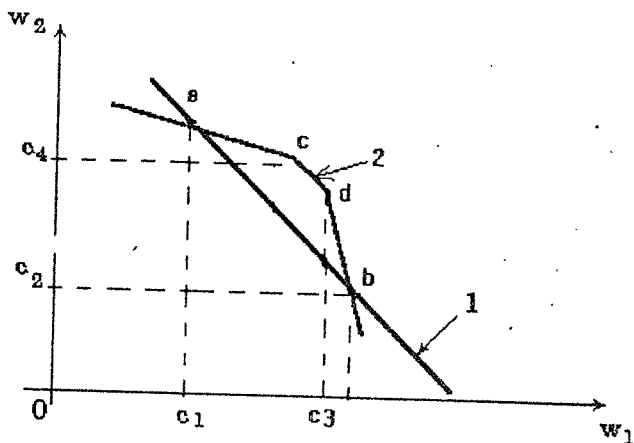


Рис. 3.2. Апроксимація множини Парето

Значення c_3 та c_4 теж повинні належати до множини досягнутості. Через точки a , c , d , b проводять ламану 2, яка і вважається наступним наближенням. Цієї інформації про структуру множини Парето буває вже достатньо для розв'язку практичних задач, якщо ж ні, то будуть подальші наближення.

В [68] наводиться й інший спосіб апроксимації множини Парето.

3.3.2. Класи задач прийняття багатоцільових рішень в умовах невизначеності та ризику

Під ситуацією прийняття багатоцільових рішень будемо розуміти пару $\{X, F\}$, де $X = \{x_1, \dots, x_m\}$ — множина рішень органу (суб'єкта) керування (прийняття рішень),

$$F = \{F^1, \dots, F^Q\} = \{f_k^q\}_{q,k=1}^{Q,m}$$

— вектори Q функціоналів оцінювання, що визначені на X і приймають рішення з R^1 . При заданій ситуації прийняття рішень $\{X, F\}$ проблема прийняття багатоцільових рішень полягає в тому, що суб'єкт керування повинен обрати одне рішення — оптимальне за обраним критерієм згортки.

Проблема прийняття багатоцільових рішень характеризується трьома чинниками $\{v, u, w\}$, де v — метод нормалізації; u — співвідношення пріоритету; w — критерій згортки [100].

Нормалізація застосовується для переходу до порівняльних шкал в значеннях функціоналу оцінювання.

Деякі види методів нормалізації наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1

Метод нормалізації :	Математичний запис
Зміна інгредієнта	$-f_k^q, 1 / f_k^q$
Відносна	$(f_k^q / \max_k f_k^q), (f_k^q / \min_k f_k^q)$
Порівняльна	$(f_k^q - \min_k f_k^q), (\max_k f_k^q - f_k^q);$
Природна	$[f_k^q - \min_k f_k^q] / [\max_k f_k^q - \min_k f_k^q]$
Севіджа	$[\max_k f_k^q - f_k^q] / [\max_k f_k^q - \min_k f_k^q]$

Під відношенням пріоритету u будемо розуміти вектор оцінок $\{u_1, \dots, u_Q\}$ на компонентах $F = \{F^1, \dots, F^Q\}$.

Деякі з принципів врахування пріоритету наведені в табл.3.2.

Таблиця 3.2

Принцип
врахування пріоритету

Математичний
запис

Лінійний

$$u_q \cdot f_k^q$$

Показниковий

$$(f_k^q)^{u_q}$$

Під критерієм згортки w будемо розуміти синтезований показник та алгоритм, згідно з якими визначається оптимальне рішення. Як правило, критерій згортки являє собою функцію, що відображає R^q в R^1 .

Деякі з критеріїв наведені в табл.3.3.

Таблиця 3.3.

Критерій згортки

: Математичний запис

Гарантованого результату

$$\max_k \min_q f_k^q$$

Домінуючого результату

$$\max_k \max_q f_k^q$$

Рівності

$$f_{k_0}^1 = f_{k_0}^2 = \dots = f_{k_0}^Q$$

Сумарної ефективності

$$\max_k \sum_q f_k^q$$

Рівномірності

$$\max_k \prod_q f_k^q$$

3.4. Нечітка багатокритеріальна ієрархічна модель підтримки прийняття рішень в умовах ризику

3.4.1. Сутність проблеми

Майже кожна більш-менш складна практична задача прийняття рішення (й індивідуального, й, тим паче, колективного) є задачею прийняття рішень в умовах ризику за наявності багатьох критеріїв.

Задача оцінки скінченної множини варіантів та векторної оптимізації пов'язана з невизначеністю при спробі виявити взаємну відносну важливість різних аспектів щодо прийняття рішень.

Тепер особливу вагу набувають системи, призначені для підтримки процесів прийняття рішень, зокрема, дорадчі та експертні системи. Назви цих систем повністю відповідають їхньому призначенню: "давати" на запит користувача поради щодо його поведінки у ризиковій ситуації, роблячи це на рівні досвідченого фахівця.

Для побудови моделей управління та прийняття рішень необхідна інформація. Але наявної статистичної кількісної інформації, як правило, буває обмаль, великого досвіду теж ніколи не буває забагато. Основним джерелом інформації є люди (суб'єкти прийняття рішень, користувачі). Як правило, людині легше подати необхідні дані у неформалізованому вигляді, на вербальному рівні, на рівні якісного опису та оцінок (так звана м'яка інформація).

В [46] подано аналіз різних нечітких моделей, які можуть бути використані в експертних та дорадчих системах і які доцільно застосовувати в умовах неповноти, недовизначеності, розпливчастості вхідної інформації та зумовленого цим ризику. При побудові нечітких моделей важливу роль відіграють лінгвістичні змінні. З їхньою допомогою можна формалізувати якісну інформацію щодо об'єкту прийняття рішень, представлену у вербальній (словесній) формі фахівцями-експертами.

В багатьох наукових публікаціях щодо прийняття рішень сполучення термінів "багатокритеріальний" та "нечіткий" зустрічаються досить часто. Однак, як зазначається в [46],

більшість авторів, сформулювавши спочатку задачу прийняття рішень як нечітку та багатокритеріальну, вже на першому ж кроці дослідження використовують певну згортку критеріїв і надалі вивчають скалярну нечітку задачу прийняття рішень. Згортки, як правило, вводяться інтуїтивно, на ґрунті здорового глузду, в залежності від конкретної задачі та предметної області.

В [19, 25, 26] запропонований дещо інший підхід — модифікація методу АНР (Analytic Hierarchy Process), розробленого Т.Л.Сааті для підтримки прийняття рішень при багатокритеріальному виборі одного з множини об'єктів (варіантів) [124, 125].

Розроблений Т.Л. Сааті метод ще називають, зокрема, в [41], методом аналізу ієрархій (МАІ). МАІ — це математична процедура для ієрархічного подання елементів, які визначають суть певної економічної проблеми. Метод полягає в декомпозиції проблеми на все більш прості складові частини та подальшій обробці суджень особи, яка приймає рішення. Ці судження можуть бути відображені в кількісну оцінку. Першим кроком у МАІ є процес структурування проблеми у вигляді ієрархії. Існує декілька видів ієрархій: найбільш прості — домінантні, схожі на перекинуте дерево з основою (стовбуром) у вершині; холархії — домінантні дерева з оберненим зв'язком; модулярні ієрархії (китайські ящики) тощо. Подальший розгляд обмежимо лише домінантними ієрархіями.

Метод МАІ знайшов вже багато практичних застосувань. В літературі описані алгоритми цього методу, які з метою подолання браку кількісних даних використовують інформацію (оцінки) на базі спеціально прийнятих штучних шкал оцінювання [41, 124, 129].

Однак, як підкреслюється зокрема в [129], застосування такого підходу, що будується на описовому характері даних, не завжди дає бажані результати.

Запропонована в [19] модифікація МАІ полягає в застосуванні понятійного та математичного апарата теорії нечітких (розпливчастих) множин, який вперше був запропонований в працях Л.А.Заде [47, 128].

Завдяки цьому стає можливим безпосереднє оперування різного роду вербальними (лінгвістичними) даними без того, щоб на їх базі будувати кількісні дані.

3.4.2. Розпливчасті множини

У ряді праць, зокрема, в [64], дається поняття нечіткої (розпливчастої) множини. Нехай X — довільна непуста множина. Нечіткою підмножиною \bar{A} множини X називається множина пар

$$\bar{A} = \{(\mu_A(x)/x)\},$$

де

$$x \in X, \mu_A(x) \in [0,1]. \quad (3.51)$$

Функція $\mu_A(x)$: $x \in [0;1]$ називається функцією належності нечіткої множини \bar{A} , а X — базовою множиною, чи базовою шкалою. Тут та далі нечіткі множини позначаються великими латинськими літерами з тильдою. Для кожного конкретного значення $x \in X$ величина $\mu_A(x)$ набуває певного значення з замкнутого інтервалу $[0,1]$, яке називається ступенем належності елемента x до нечіткої множини. Приймається, що множина \bar{A} не містить елементів $(\mu_A(x)/x)$, для яких $\mu_A(x) = 0$. Носієм нечіткої множини називається підмножина \check{A} множини X , яка містить ті елементи з X , у яких значення функції належності $\mu_A(x)$ є більшими від нуля.

Нехай X — множина натуральних чисел. Тоді її нечітка підмножина \bar{M} "дуже малих чисел" може бути такою:

$$\bar{M} = \{(1/1), (0,8/2), (0,7/3), (0,6/4), (0,5/5), (0,3/6), (0,1/7)\}.$$

Носієм нечіткої множини \bar{M} є множина $M = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$. Відзначимо, що носій нечіткої множини — звичайна "чітка" підмножина множини X .

Функції належності однієї й тієї ж множини можуть бути різними при визначенні їх як різними людьми, так і однією людиною в залежності від настрою останньої, схильності до ризику, від мети побудови нечіткої підмножини, розв'язуваної задачі, методики побудови тощо.

Щодо визначення нечітких та лінгвістичних (вербальних) змінних, то згідно з [47, 64] нечіткою змінною будемо називати трійку

$$(\alpha, x, \tilde{c}(\alpha)),$$

де

α — назва нечіткої змінної,

$X = \{x\}$ — область її визначення (базова множина),

$\tilde{C}(x) = \{(\mu_{c(\alpha)}(x) / x)\}$ — нечітка підмножина множини X ,

що описує обмеження на можливі значення нечіткої змінної α .

Лінгвістична змінна характеризується набором

$$(B, T(\beta), X, G, M),$$

у якому

B — назва лінгвістичної змінної;

$T(\beta)$ — терм-множина лінгвістичної змінної β , тобто множина лінгвістичних (вербальних) значень змінної, кожне з цих значень є нечіткою змінною з областю визначення X ;

G — синтаксичне правило (має звичайну форму граматики), породжує назви (імена) $\alpha \in T(\beta)$ вербальних значень лінгвістичної змінної β ;

M — семантичне правило, яке ставить у відповідність кожній нечіткій змінній $\alpha \in T(\beta)$ нечітку множину

$\tilde{C}(\alpha)$ — зміст нечіткої змінної α .

Для спрощення запису формул позначають множину

$$\tilde{C}(\alpha) = \tilde{C},$$

а множину $T(\beta)$ як T , якщо йтиметься про певні нечіткі змінні α і лінгвістичні змінні β . Окрім цього, використовують спрощене визначення лінгвістичної змінної як трійки (β, T, X) , вкладаючи у позначення те ж розуміння, що й вище.

Підкреслимо, що *лінгвістичною змінною називається змінна, яка задана на деякій шкалі і приймає значення, що є словами та словосполучками природної чи штучної мови*. Значення лінгвістичної змінної описуються нечіткими змінними.

Ступінь належності $\mu_A(x)$ елементів x до нечіткої множини \tilde{A} інтерпретується, зокрема, в [64] як суб'єктивна міра того, наскільки елемент $x \in X$ відповідає поняттю, суть якого формалізується нечіткою множиною.

Під суб'єктивною мірою розуміють, як правило, визначений опитуванням експертів ступінь відповідності елемента x поняттю, яке формалізується нечіткою множиною.

Існує два класи методів побудови функції належності нечіткої множини — прями та опосереднені.

Найбільш просто функція належності нечіткої множини, що відповідає значенню лінгвістичної змінної β , будується **прямими методами** для одного експерта.

По суті, в цьому випадку застосовується лише один метод: експерт кожному елементу множини X ставить у відповідність

певний ступінь належності $\mu_A(x)$, який, на його думку, найкращим чином узгоджується зі змістовним навантаженням (інтерпретацією) множини \bar{A} .

Відповідність між ступенями належності з інтервалу $[0;1]$ та елементами множини X може бути задана у вигляді таблиці, прикладу, графіка, у вигляді формули, що задає аналітичну форму функції належності нечіткої множини \bar{A} .

Опосереднені методи ґрунтуються на більш "обережному" використанні особи як вимірювального приладу. Найбільш використовуваним з цієї групи є метод попарних порівнянь, суть якого полягає в такому.

Функція належності μ_A визначається, зокрема, за матрицею попарних порівнянь $M = ||m_{ij}||$, елементи якої m_{ij} являють собою деякі оцінки інтенсивності належності елементів $x_i \in X$ до нечіткої множини \bar{A} у порівнянні з елементами $x_j \in X$. Якщо припустити, що значення функції належності μ_A відомі для всіх $x \in X$, наприклад, $\mu_A(x) = r_i$, ($i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$), то попарні порівняння можна представити матрицею відношень $M(m_{ij})$, де $m_{ij} = r_i / r_j$. Якщо відношення точні, то маємо співвідношення $Mr = nr$, $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, де n — власне значення матриці M , знаючи яке можна відшукати вектор r (з ура-

хуванням умови $\sum_{i=1}^n r_i = 1$)

В [123] показано, що в загальному випадку емпіричний вектор $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ повинен задовольняти задачу знаходження власного значення $Mr = \lambda_{max} r$, де λ_{max} — найбільше власне значення, і задача зводиться до знаходження вектора r , який задовольняє рівнянню :

$$Mr = \lambda_{max} r \quad (3.52)$$

Оскільки відомо, що це рівняння має єдиний розв'язок, то значення координат власного вектора, що відповідає максимальному власному значенню, поділені на їхню суму, будуть шуканими ступенями належності. Щодо одержання матриці попарних порівнянь, то проводиться опитування експерта відносно того, наскільки, на його думку, величина $\mu_A(x_i)$ перевищує величину $\mu_A(x_j)$, тобто наскільки елемент x_i є більш значущий для поняття, що описується нечіткою множиною, ніж елемент x_j .

Поняття, якими може оперувати експерт, та інтерпретація цих понять величинами m_{ij} наведені у табл.3.4 [1].

Таблиця 3.4

Інтенсивність важливості	Якісна оцінка (терм лінгвістичної змінної)	Пояснення
0	Непорівняльність	Немає сенсу в порівнюванні елементів
1	Однаково важливі	Елементи, рівні за своїми значеннями
3	Ненабагато важливіше	Існують вербальні висловлювання щодо пріоритету одного елемента над іншим, але ці висловлювання досить непереконливі
5	Суттєво важливіші	Існують добрі докази та логічні критерії, які можуть показати, що один з елементів є більш важливий (вагоміший)
7	Значно важливіше	Існує переконливий доказ великої значущості одного елемента в порівнянні з іншим
9(10)	Абсолютно важливіше	Усвідомлення пріоритету одного елемента над іншим максимально підтверджується
2,4,6,8	Проміжні оцінки Обернені значення ненульових оцінок	Потрібен певний компроміс Якщо оцінка m_{ij} має ненульове значення, яке надано на підставі порівняння елементів r_i з елементами r_j , то m_{ji} має обернене значення $1/m_{ij}$
	Нормування	Нормування виникає з описаної шкали

Як виходить з таблиці, для покращення узгодженості оцінок вважається, що $m_{ij}m_{jk} = m_{ik}$, звідки $m_{ii} = 1$ для діагональних елементів і $m_{ij} = 1/m_{ji}$ для елементів, симетричних відносно головної діагоналі.

Припустимо, що опитування експертів проведено бездоганно і матриця парних порівнянь побудована абсолютно точно.

Тоді матриця M має такий вигляд :

$$M = \begin{pmatrix} r_1/r_1 & r_1/r_2 & \dots & r_1/r_n \\ r_2/r_1 & r_2/r_2 & \dots & r_2/r_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_n/r_1 & r_n/r_2 & \dots & r_n/r_n \end{pmatrix}$$

У цьому випадку для визначення j -го елемента вектора r ($j \in I$) можна скористатися такою процедурою. Обчислимо суму елементів i -го стовпчика матриці M . Нехай ця сума є якесь число k_j , тобто:

$$\sum_{i=1}^n m_{ij} = k_j. \quad (3.53)$$

Одержимо, що

$$\sum_{i=1}^n m_{ij} = \sum_{i=1}^n r_i/r_j = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{r_j} = \frac{1}{r_j}.$$

таким чином, $r_j = 1/k_j$.

Здійснюючи процедуру по всіх стовпчиках матриці M , будемо шуканий вектор r .

Тепер припустимо, що як це завжди і має місце, матриця парних порівнянь побудована неточно. Тоді описану процедуру щодо визначення вектора r можна використати для визначення лише початкового значення в ітераційному методі розв'язку рівняння (3.52).

При цьому відхилення λ_{max} від n може бути використано для оцінки точності розв'язку рівняння на якомусь кроці.

В [12] сформульовано ряд додаткових умов, які повинні задовольняти функції належності нечітких множин, що описують терми лінгвістичних змінних.

3.4.3. Розпливчастий метод аналізу ієрархій

Запропонований в [19, 26] алгоритм складається з п'яти основних кроків. Їхня черговість та спектр основних операцій на кожному з кроків узгоджується із загальною методикою МАІ, враховуючи, звичайно, вербальний характер вхідних даних.

Отже маємо такі основні кроки:

КРОК 1. Формування багаторівневої ієрархічної структури, яка містить інтегрований критерій, часткові критерії та об'єкти (проекти) досліджування та впорядкування;

КРОК 2. Побудова матриць порівнянь з нечіткими оцінками для елементів, які знаходяться на окремих рівнях ієрархії;

КРОК 3. Обчислення значень вагових коефіцієнтів (векторів) \tilde{r}_i кожного із елементів ієрархічної структури з точки зору елемента, який знаходиться на безпосередньо вищому рівні ієрархії.

КРОК 4. Обчислення вектора пріоритетів \tilde{r}_k , який визначає нечіткі оцінки \tilde{r}_{ki} аналізованих об'єктів (проектів) з точки зору інтегрованого критерію;

КРОК 5. Впорядкування досліджуваних об'єктів (проектів) відносно величини нечітких оцінок \tilde{r}'_{onm}

Коротко опишемо суть операцій, здійснюваних на окремих кроках запропонованого алгоритму.

1. (Крок 1). Формування багаторівневої ієрархічної структури критеріїв.

Загальний вигляд ієрархічної багатокритеріальної структури зображено на рис.3.3. На верхньому рівні цієї структури (рівень 0) знаходиться лише один елемент — інтегрований критерій оцінювання, який можна розкласти (деталізувати) на декілька елементів (часткових критеріїв) — рівень 1, що йде безпосередньо за даним рівнем ієрархії. Кожний елемент цього рівня ієрархії, в свою чергу, деталізується на декілька елементів наступного рівня і т.д. На найнижчому рівні ієрархічної структури знаходяться об'єкти (проекти), які необхідно аналізувати та впорядковувати (елементи досліджуваної множини).

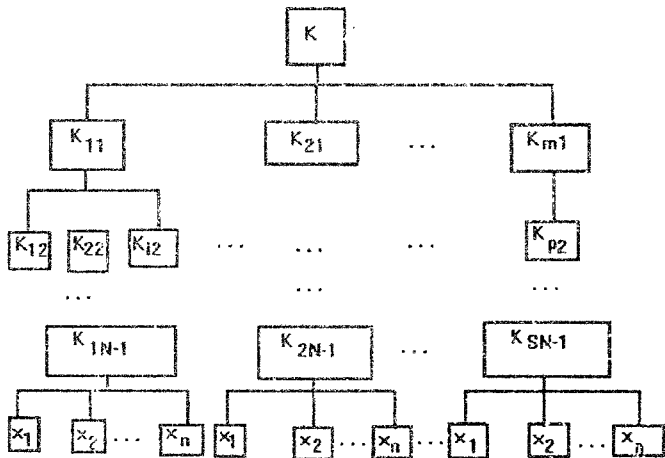


Рис.3.3. Загальний вигляд багаторівневої ієрархічної структури

Тут прийнято такі позначення:

K — інтегрований критерій оцінювання;

K_{ij} — i -й критерій j -го рівня;

$i=1, \dots, m$ на рівні 1;

$i=1, \dots, p$ на рівні 2;

$i=1, \dots, s$ на рівні $N-1$;

x_i — i -й об'єкт (проект), що аналізується, $i=1, \dots, n$;

m, p, s, n — кількість елементів відповідно на рівнях 1, 2, $N-1, N$.

Побудована в такий спосіб ієрархічна багаторівнева структура дозволяє обмежитися відносно невеликою кількістю елементів на кожному рівні ієрархії та подолати проблеми, що спричинені складністю інтегрованого критерію [124, 125].

2 (Крок 2). Побудова матриці порівнянь з нечіткими оцінками.

З метою аналізу критеріїв оцінювання, що містяться на певних рівнях ієрархічної структури, пропонується побудова матриці парних порівнянь елементів у вигляді

$$A = \begin{array}{c|cccc} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ \hline A_1 & r_1/r_1 & r_1/r_2 & \dots & r_1/r_n \\ A_2 & r_2/r_1 & r_2/r_2 & \dots & r_2/r_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_n & r_n/r_1 & r_n/r_2 & \dots & r_n/r_n \end{array}$$

де

A_1, A_2, \dots, A_n — порівнювані елементи;

r_1, r_2, \dots, r_n — вагові коефіцієнти (пріоритети) порівнюваних елементів,

n — кількість порівнюваних елементів.

Так побудовані матриці порівнянь дають можливість здійснити попарне порівняння елементів на певному рівні ієрархічної структури з точки зору їх важливості відносно критерію, який знаходиться на безпосередньо вищому рівні ієрархії і який є, власне, їхнім агрегованим критерієм. При аналізі числових критеріїв (заданих на відповідних числових шкалах) можна обчислити окремі вагові коефіцієнти r_j і їхнє взаємне попарне відношення (r_i/r_j) у вигляді числових величин.

Враховуючи нестачу (відсутність) кількісних даних щодо оцінки відношення r_i/r_j , $i, j = 1, \dots, n$, пропонується відійти від прийнятого в МАІ кількісного підходу, шляхом введення та застосування лінгвістичного підходу, який ґрунтується на теорії нечітких множин [12, 64, 124].

Для того щоб одержати матрицю попарних порівнянь, проводять опитування експерта відносно того, наскільки, на його думку, величина $\mu_A(x_i)$ перевищує величину $\mu_A(x_j)$, тобто наскільки елемент x_i є більш вагоміший (значущий) для поняття, яке описується нечіткою множиною \tilde{A} ніж елемент x_j .

У таблиці 3.4 наводяться поняття, якими оперує експерт, інтерпретація цих понять — нечіткі (розпливчасті) величини

$$\tilde{m}_{ij} = r_i / r_j.$$

Отже, для лінгвістичних змінних, які оцінюють відношення певного критерію щодо іншого критерію цього ж рівня ієрархії з точки зору критерію з безпосередньо вищого рівня ієрархії,

можуть бути нечіткі множини, які відповідають термам: однаково важливі, набагато важливіший, суттєво важливіший, абсолютно важливіший.

Визначення нечітких множин, які репрезентують використання значення лінгвістичної змінної, досягається шляхом експертизи. Техніка визначення функції належності для нечітких (розпливчастих) множин дається, зокрема, в [64]. За допомогою цієї техніки стає можливим визначення нечіткої множини, що відповідає введеним термам лінгвістичної змінної. Після цього можна здійснювати необхідні логічні та алгебраїчні операції з нечіткими множинами.

Отже, матриця попарних порівнянь (використовувана в [14]) може бути модифікованою. Замість числових попарних відношень r_i / r_j вводяться вербальні (розпливчасті) відношення

$$r_i \tilde{r}_j, i, j = \overline{1, n}$$

тут символом $\tilde{}$ (тильда) позначено усі нечіткі категорії, тобто такі, які визначено за допомогою нечітких множин. Маючи вербальні оцінки, можна сконструювати ряд матриць попарних порівнянь. Для ієрархічної структури, представленої на рис. 3.3, це матриці порівнянь: на першому рівні — одна матриця для порівняння часткових критеріїв $K_{11}, K_{21}, \dots, K_{m1}$; на другому рівні — m матриць для порівняння часткових критеріїв $K_{12}, K_{22}, \dots, K_{m2}$; на рівні $N - S$ матриць для порівняння n об'єктів з точки зору кожного з критеріїв безпосередньо вищого рівня, тобто рівня $N-1$.

3 (Крок 3). Обчислення нечітких ваг елементів ієрархічної структури.

Для наведеної на рис. 3.3 ієрархічної структури визначимо, наприклад, вагові коефіцієнти критеріїв $K_{11}, K_{21}, \dots, K_{m1}$ з точки зору інтегрованого критерію K , чи критеріїв $K_{12}, K_{22}, \dots, K_{m2}$ з точки зору, наприклад, критерію K_{11} тощо. З метою визначення цих вагових коефіцієнтів \tilde{r}_i використовується техніка середньої геометричної нечіткої множини [118].

Визначення вагових коефіцієнтів полягає в обчисленні середньої геометричної \tilde{c}_i для елементів матриці $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$ у такий спосіб:

$$c_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{1/n} = (\tilde{a}_{i1} \dots \tilde{a}_{in})^{1/n}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3.54)$$

а також визначенні вагових коефіцієнтів

$$\tilde{r}_i = \tilde{c}_i / (\tilde{c}_1 + \tilde{c}_2 + \dots + \tilde{c}_n), \quad i = 1, \dots, n. \quad (3.55)$$

Вони утворюють для кожної матриці порівнянь \tilde{A} певний вектор

$$\tilde{r} = (\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_n).$$

4 (Крок 4). Обчислення вектора пріоритетів об'єктів(проектів) найнижчого рівня з точки зору інтегрованого критерію.

Обчислення такого вектора пріоритетів

$$\tilde{r}_k = (\tilde{r}_{1k}, \tilde{r}_{2k}, \dots, \tilde{r}_{nk}),$$

який визначає оцінки досліджуваних об'єктів x_1, x_2, \dots, x_n з точки зору інтегрованого критерію K згідно з методикою МАІ можна одержати шляхом множення матриць, стовпчиками яких є вектори пріоритетів ряду поруч розташованих рівнів ієрархічної структури, відповідно з їхніми зв'язками, вказаними на рис.3.3.

Нехай розглядається деякий l -ий рівень ієрархічної структури, елементи котрого знаходяться на безпосередньо вищому рівні щодо елементів рівня $l+1$, і одночасно вони знаходяться на один рівень нижче, ніж елементи рівня $l-1$.

Нехай маємо:

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{m_l}\}, \quad \text{на рівні } l;$$

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{m_{l+1}}\}, \quad \text{на рівні } l+1;$$

y_j -- j -тий елемент l -го рівня;

x_i -- i -тий елемент $l+1$ -го рівня;

z -- елемент рівня $l-1$, якому безпосередньо підпорядковані усі елементи множини Y .

Нехай на рівні $l-1$ маємо певну функцію пріоритетів r_z для відповідних елементів з рівня l :

$$r_z: Y \rightarrow \{\tilde{r}_z(y_j)\}$$

на рівні K маємо функцію пріоритетів для елементів $l+1$ рівня, які підпорядковані окремим елементам l -го рівня

$$r_{y_j}: X \rightarrow \{\tilde{r}_{y_j}(x_i)\}, \quad j = 1, \dots, m_l.$$

З точки зору відповідних елементів множини X для елементів z можна записати:

$$\tilde{r}(x_i) = \sum_{j=1}^{m_l} \tilde{r}_{y_j}(x_i) \cdot \tilde{r}_z(y_j), \quad i = 1, \dots, m_{l+1}.$$

Якщо позначити через \tilde{M}_{l+1} матрицю з елементами $\tilde{m}_{ij} = \tilde{r}_{y_j}(x_i)$, то маємо для тривірневої ієрархічної структури, згідно з [118], $\tilde{r} = \tilde{M}_{l+1} \tilde{r}'$, де \tilde{r}' — вектор, що складається з елементів $\tilde{r}_z(y_j)$, а \tilde{r} — вектор, що складається з елементів $\tilde{r}(x_i)$.

Користуючись методом математичної індукції, одержимо для N -рівневої ієрархічної структури, зображеної на рис.3.3, вектор пріоритетів найнижчого N -го рівня з точки зору елемента (інтегрованого критерію K) найвищого рівня ієрархічної структури, у вигляді:

$$\tilde{r}_K = \tilde{M}_N \tilde{M}_{N-1} \dots \tilde{M}_2 \tilde{r}^1, \quad (3.56)$$

де

$$\tilde{r}_K = (\tilde{r}_{1K}, \tilde{r}_{2K}, \dots, \tilde{r}_{NK}).$$

5 (Крок 5). Впорядкування досліджуваних об'єктів щодо величини нечітких оцінок \tilde{r}_{iK}

Після реалізації третього та четвертого кроків алгоритму маємо оцінки \tilde{r}_{iK} $i=1, \dots, n$, які являють собою оцінки аналізованих об'єктів з точки зору інтегрованого критерію K .

На даному кроці необхідно порівняти оцінки \tilde{r}_{iK} з метою впорядкування об'єктів x_1, x_2, \dots, x_n відповідно до величин цих оцінок. Але, поскільки одержані оцінки є лише нечіткими множинами, впорядкування об'єктів не є очевидним.

Таке впорядкування не можна виконати, якщо спиратися лише на максимальні величини носіїв нечітких множин \tilde{r}_{iK} , або лише на ті величини носіїв, яким відповідають максимальні ступені належності.

Впорядкування лише у відношенні до максимальних значень носіїв нечіткої множини не завжди призводить до вірного результату, бо великі значення носіїв можуть виступати з малими ступенями належності і навпаки

Впорядкування лише на підставі тих значень носіїв, які мають максимальний ступінь належності, теж не завжди дає добрий результат, бо при цьому не враховуються всі інші елементи носія без урахування їх величин та відповідних їм значень функції належності. Умовою вірного впорядкування об'єктів є врахування як величин носіїв, так і їхнього ступеня належності у нечітких множинах \tilde{F}_{iK}

Для цього в модифікованому алгоритмі доцільно використати концепцію максимізуючої множини по Йену [116].

Максимізуючою множиною є така нечітка множина :

$$\tilde{\pi}(S) = \{(\mu_x(t) / t)\}, \quad t \in T, \quad (3.57)$$

де

$$\mu_x(t) = t / t_{\max}, \quad t_{\max} = \sup S, \quad (3.58)$$

S — множина всіх носіїв множин, які представляють оцінки аналізованих об'єктів x_1, x_2, \dots, x_n .

Ступінь належності в максимізуючій множині $\mu_x(t)$ визначає просто ступінь, близькості кожної величини носія до максимальної величини носія у множині S , тобто в множині всіх носіїв нечітких множин \tilde{F}_{iK} , які представляють оцінки об'єктів, що аналізуються з точки зору інтегрованого критерію.

У межах кроку 5 виконуються такі етапи:

- 1) утворення максимізуючої множини;
- 2) формування для кожного об'єкта $x_i, i=1, \dots, n$, розплив-

частої множини \tilde{F}'_{iK} яка є модифікованою оцінкою \tilde{F}_{iK}

тобто

$$\tilde{F}'_{iK} = \{(\mu_{r_{iK}}(t) / t)\}, \quad (3.59)$$

де

$$\mu_{r_{iK}} = \mu_{r_{iK}}(t) \wedge \mu_x(t), \quad (3.60)$$

\wedge — оператор мінімуму, що відповідає логічній операції "і";

- 3) формування нечіткої множини $\tilde{F}_{\text{ОПТ}}$ такої, що

$$\tilde{r}_{\text{OPT}} = \{(\mu_{r_{\text{OPT}}}(x_i) / x_i)\}, \quad (3.61)$$

де

$$\mu_{r_{\text{OPT}}}(x_i) = \bigvee_t \mu_{r_{iK}}, \quad (3.62)$$

\bigvee — оператор максимуму (логічне "або"), застосування якого призводить до того, що кожен об'єкт порівнюватиметься з іншими на підставі максимального ступеня належності в множині \tilde{r}'_{iK}

4) формування нечіткої множини \tilde{r}'_{OPT} шляхом нормалізації елементів нечіткої множини \tilde{r}'_{OPT}

$$\tilde{r}'_{\text{OPT}} = \{(\mu_{r'_{\text{OPT}}}(x_i) / x_i)\}, \quad (3.63)$$

де

$$\mu_{r'_{\text{OPT}}}(x_i) = \mu_{r'_{\text{OPT}}}(x_i) / \max \mu_{r_{\text{OPT}}}(x_i), \quad (3.64)$$

$$i=1, \dots, n$$

5) впорядкування досліджуваних об'єктів(проектів) x_i , $i=1, \dots, n$ за величиною ступеня належності у множині \tilde{r}'_{OPT} (від більшого значення

$$\mu_{r'_{\text{OPT}}}(x_i), \quad i=1, \dots, n$$

до меншого).

Зазначимо, що отримані таким чином результати обчислень справедливі лише в межах досліджуваної групи об'єктів (проектів). За величиною ступеня належності в нечіткій множині \tilde{r}'_{OPT} можна вибрати серед досліджуваних об'єктів той, для якого $\mu_{r'_{\text{OPT}}}(x_i) = 1$, а решту розташувати відповідно до спадання величини функції належності

$$\mu_{r_{\text{OPT}}}(x_i), \quad i=1, \dots, n.$$

Проілюструємо запропонований алгоритм на умовному прикладі, суть якого полягає у необхідності вибору одного з трьох однотипних агрегатів, призначених для використання в фермерських господарствах.

Приклад. Нехай спілка сусідських фермерських господарств вважає за необхідне придбати один з трьох запропонованих однотипних агрегатів, одержавши для цього пільговий кредит.

Ці агрегати виготовляються різними фірмами і відрізняються один від одного за рядом характеристик. Перший агрегат пропонує фермерам вітчизняна фірма (1), другий — іноземна фірма (2), третій — спільне підприємство (3). Агрегати позначимо відповідно x_1, x_2, x_3 .

Розв'язання. Відповідно до наведеного алгоритму (крок 1) формуємо спочатку ієрархічну структуру критеріїв. Для даного прикладу прийнято, що за інтегрований критерій K обрано ефективність агрегату. Цей критерій можна деталізувати на два часткові критерії, які будуть знаходитись на першому рівні ієрархії. В ході експертизи за такі критерії обрано ремонтпридатність агрегату K_{11} та його багатофункціональність (кількість виконуваних ним операцій) K_{21} .

Відповідна ієрархічна структура зображена на рис.3.4.

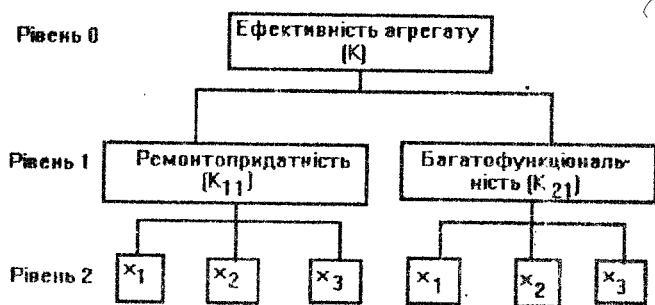


Рис.3.4. Багаторівнева ієрархічна структура для оцінки ефективності агрегатів

Для кожного з елементів цієї структури, що знаходяться на першому та другому рівнях ієрархії (рис.3.4), визначають матриці попарних порівнянь (згідно з кроком 2 алгоритму). Брак кількісних даних унеможливорює точне визначення відношення r_i/r_j для елементів матриць попарних порівнянь. Приймаючи гіпотезу, що ці відношення є лінгвістичними змінними, оцінки елементів матриць визначають на вербальному рівні. Приймемо для визначення нечітких множин спосіб, представлення їх — згідно з [12].

Використовувані якісні (вербальні) оцінки разом з їх нечіткими множинами представлені у табл.3.5.

Таблиця 3.5

інтен-сивність (терм)	Якісна оцінка	Позна-чення якісної оцінки	Нечітка пов'язана з відповідною якісною оцінкою множина, відповід-
1	Однаково важливо	ОВ	$\{(1,0/1)\}$
3	Ненабагато важливіше	НВ	$\{(0,5/1),(0,75/2), (1,0/3), (0,75/4),(0,5/5)\}$
5	Суттєво важливіше	СВ	$\{(0,5/3),(0,75/4), (1,0/5), (0,75/6),(0,5/7)\}$
7	Значно важливіше	ЗВ	$\{(0,5/5),(0,75/6), (1,0/7), (0,75/8),(0,5/9)\}$
10	Абсолютно важливіше	АВ	$\{(0,5/9),(1,0/10)\}$

На підставі аналізу наявної документації, зразків техніки, а також результатів експертних оцінок, які дали члени даної спілки сусідських фермерських господарств, користуючись при цьому таблицею 3.5, отримаємо такі матриці порівнянь:

1) матриця попарних порівнянь якісних показників на рівні 1 з точки зору інтегрованого критерію (ефективності агрегату):

Ефективність агрегату

	Ремонто- придатність	Багато- функціональність
Ремонто- придатність	ОВ	СВ
Багатофункці- ональність	(СВ) ⁻¹	ОВ

2) дві матриці попарних порівнянь щодо аналізу трьох агрегатів з точки зору кожної ознаки (якісних оцінок), що розглядаються на рівні 1:

Ремонтопридатність

	x_1	x_2	x_3
x_1	ОВ	ЗВ	АВ
x_2	(ЗВ) ⁻¹	ОВ	СВ
x_3	(АВ) ⁻¹	(СВ) ⁻¹	ОВ

Багатофункціональність

	x_1	x_2	x_3
x_1	ОВ	НВ	ЗВ
x_2	(НВ) ⁻¹	ОВ	(АВ) ⁻¹
x_3	(ЗВ) ⁻¹	АВ	ОВ

Далі для кожної з поданих вище матриць порівнянь обчислюються вагові коефіцієнти (крок 3 алгоритму). Визначається значення кожного з елементів ієрархічної структури з точки

зору відповідного елемент, який знаходиться на безпосередньо вищому рівні ієрархії.

Обчислення проводяться за наведеними в табл.3.5 значеннями нечітких множин, використовуючи техніку середньої геометричної та правилами, описаними, зокрема в [1, 64], правилами щодо виконання логічних та алгебраїчних операцій на нечітких множинах.

Одержані в результаті вагові коефіцієнти наведено в табл.3.6, 3.7, 3.8.

Таблиця 3.6

Ефективність агрегату

Ремонтпридатність K_{11}

$$\bar{r}_1 = \{(0,5 / 0,54), (1,0 / 0,83), (0,75 / 0,73), (0,75 / 0,89), (0,5 / 1,25)\}$$

Багатофункціональність K_{21}

$$\bar{r}_2 = \{(0,5 / 0,12), (1,0 / 0,17), (0,75 / 0,15), (0,75 / 0,17), (0,5 / 0,27)\}$$

Таблиця 3.7

Ремонтпридатність

$$x_1 \quad \bar{r}_{11} = \{(0,5 / 0,60), (1,0 / 0,78), (0,94 / 0,76), (0,87 / 0,78), (0,5 / 1,00)\}$$

$$x_2 \quad \bar{r}_{21} = \{(0,5 / 0,12), (1,0 / 0,17), (0,94 / 0,17), (0,94 / 0,18), (0,5 / 0,24)\}$$

$$x_3 \quad \bar{r}_{31} = \{(0,5 / 0,04), (1,0 / 0,05), (0,94 / 0,05), (0,87 / 0,05), (0,5 / 0,07)\}$$

Таблиця 3.8

Багатофункціональність

$$x_1 \quad \bar{r}_{12} = \{(0,5 / 0,08), (1,0 / 0,14), (0,87 / 0,13), (0,87 / 0,15), (0,5 / 0,23)\}$$

$$x_2 \quad \bar{r}_{22} = \{(0,5 / 0,05), (1,0 / 0,06), (0,75 / 0,56), (0,87 / 0,06), (0,5 / 0,11)\}$$

$$x_3 \quad \bar{r}_{32} = \{(0,5 / 0,60), (1,0 / 0,79), (0,75 / 0,75), (0,87 / 0,80), (0,5 / 1,04)\}$$

Дані з табл.3.6, 3.7, 3.8 дають можливість обчислити вектор пріоритетів для трьох агрегатів з точки зору інтегрованого критерію — ефективності (крок 4).

Ці оцінки

$$r_{iK}, i = 1, \dots, n$$

знаходять на підставі даних, з вищенаведених таблиць за формулою:

$$\begin{pmatrix} \tilde{r}_{1k} \\ \tilde{r}_{2k} \\ \tilde{r}_{3k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{r}_{11} & \tilde{r}_{12} \\ \tilde{r}_{21} & \tilde{r}_{22} \\ \tilde{r}_{31} & \tilde{r}_{32} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \tilde{r}_1 \\ \tilde{r}_2 \end{pmatrix}$$

В результаті отримуємо нечіткі оцінки (нечіткі множини) (див.табл.3.9).

Таблиця 3.9

Ефективність агрегату

x_1	$\tilde{r}_{1k} = \{(0,5 / 0,33), (1,0 / 0,67), (0,94 / 0,66), (0,87 / 0,67), (0,5 / 1,31)\}$
x_2	$\tilde{r}_{2k} = \{(0,5 / 0,07), (1,0 / 0,15), (0,94 / 0,15), (0,94 / 0,16), (0,5 / 0,34)\}$
x_3	$\tilde{r}_{3k} = \{(0,5 / 0,09), (1,0 / 0,18), (0,94 / 0,17), (0,87 / 0,18), (0,5 / 0,38)\}$

З метою порівняння одержаних (табл.3.9) нечітких оцінок $\tilde{r}_{1k}, \tilde{r}_{2k}, \tilde{r}_{3k}$ окремих агрегатів (крок 5) використовуємо техніку максимізуючої множини, користуючись формулами (3.57), (3.58). Максимізуюча нечітка множина $\tilde{\pi}(s)$ має вигляд:

$$\begin{aligned} \tilde{\pi}(s) = \{ & (0,25 / 0,33), (0,51 / 0,67), (0,50 / 0,66), (0,51 / 0,67), (1,0 / 1,31), \\ & (0,05 / 0,07), (0,12 / 0,15), (0,11 / 0,15), (0,13 / 0,16), (0,26 / 0,34), \\ & (0,07 / 0,09), (0,13 / 0,18), (0,13 / 0,17), (0,13 / 0,18), (0,29 / 0,3) \}. \end{aligned}$$

На цьому ж кроці, користуючись формулами (3.59), (3.60), знаходимо модифіковані нечіткі оцінки ефективності окремих агрегатів $\tilde{r}'_{1k}, \tilde{r}'_{2k}, \tilde{r}'_{3k}$

$$\begin{aligned} \tilde{r}'_{1k} &= \{(0,25 / 0,33), (0,51 / 0,67), (0,5 / 0,66), (0,51 / 0,67), (0,5 / 1,31)\}; \\ \tilde{r}'_{2k} &= \{(0,05 / 0,07), (0,12 / 0,15), (0,11 / 0,15), (0,13 / 0,16), (0,26 / 1,34)\}; \\ \tilde{r}'_{3k} &= \{(0,07 / 0,09), (0,13 / 0,18), (0,13 / 0,17), (0,13 / 0,18), (0,29 / 0,38)\}. \end{aligned}$$

Наступна операція дозволяє сформувати нечітку множини $\tilde{r}_{опт}$ за формулами (3.61), (3.62):

$$\tilde{r}_{опт} = \{(0,51 / x_1), (0,26 / x_2), (0,29 / x_3)\}$$

Остаточню (користуючись формулами (3.63), (3.64)) одержимо нормалізовану множини нечітких оцінок $\tilde{r}'_{опт}$ яка має вигляд:

$$\tilde{r}'_{опт} = \{(1,0 / x_1), (0,51 / x_2), (0,57 / x_3)\}.$$

Одержаний результат вказує на те, що агрегатом з найвищою оцінкою ефективності є агрегат x_1 . Він одержав найвищу оцінку, незважаючи на те, що з точки зору багатofункціональності має якісну оцінку значно нижчу, ніж x_3 і небагато вищу, ніж x_2 . Але він одержав значну перевагу, з точки зору критерію ремонтпридатності — абсолютно важливіший (кращий) від агрегату x_3 і значно важливіший (кращий) від x_2 . Очевидно, що вірне рішення полягає в тому, що спілка сусідських фермерських господарств придбала перший агрегат (x_1), який пропонує фермерам вітчизняна фірма (1).

Перевагою наведеного підходу є те, що за його допомогою незважно проаналізувати причини отриманих тих чи інших оцінок, використовуючи сформовану на кроці 1 ієрархічну структуру (рис.3.3 та рис.3.4), та аналізуючи (змінюючи), при необхідності, відповідні матриці якісних попарних порівнянь.

Наведений алгоритм, який можна було б назвати розпливчастим методом аналізу ієрархії (РМАІ), ефективний при розв'язуванні проблем прийняття рішень, які вимагають багатовимірних (багатокритеріальних) порівнянь, коли складно чи неможливо одержати необхідні кількісні дані чи процес отримання кількісних даних потребує багато часу та зусиль, а натомість є можливість відносно просто одержати вербальні (описові) дані.

Не останньою перевагою РМАІ є можливість представлення вербальних даних у вигляді, зручному для комп'ютерної обробки інформації в системах підтримки процесів прийняття рішень пов'язаних з ризиком. Алгоритм зручний для створення інтерактивної інформаційної системи багатокритеріального аналізу, що дозволяє залучити кінцевого користувача (суб'єкта прийняття рішень) безпосередньо до процесу та процедур оцінювання варіантів.

3.5. Ігровий розпливчастий метод аналізу ієрархій (IPMAI) в прийнятті рішень

Враховуючи динамічний характер економічного середовища, можна зробити, зокрема, висновок, що умовою стратегічної ефективності є адаптивність, стійкість економічних рішень (стратегій), що сприяє зниженню ступеня ризику. Це виражається в переході від стратегічного планування до стратегічного менеджменту, який містить елементи маневрування, адаптації та гнучкості стратегії і завдяки цьому забезпечує зниження ступеня ризику.

Економічна ефективність виробничо-господарської діяльності підприємства (компанії) може визначатися комплексом оцінок, які характеризують різні аспекти його (її) функціонування. В нових умовах, як відзначається зокрема в [91], є сенс враховувати:

- * розширення можливостей менеджерів по управлінню виробництвом, а отже і зростанням потреби в аналітичній інформації, необхідній для прийняття рішень;
- * вибір маркетингової стратегії в умовах ризику (стохастичної чи розпливчастої природи використовуваної інформації) щодо процесів розвитку ситуації на ринку в цілому і ринку конкретних товарів та послуг зокрема;
- * підвищення ролі ситуаційного аналізу, прогнозування наслідків прийняття рішень, оцінки перспектив зміни загальної ситуації у країні (політичного ризику);
- * проведення аналізу та моніторингу обраної стратегії управління і порівняння результатів господарської діяльності підприємства з показниками конкурентів для оцінки перспектив щодо схиляння на свій бік акціонерів та інвесторів тощо.

Значну роль відіграє також аналіз перспективності товарного асортименту підприємства та розробка переліку основних даних відносно товарів (послуг), що використовуються в процесі цього аналізу, який доцільно здійснювати у відповідності з вимогами ринку, з одного боку, і можливостями підприємств — з

іншого. Умови щодо перспективності товарного асортименту можуть мати багатокритеріальний підхід і обиратися підприємством (менеджером) в залежності від різних обставин.

Для обрання оптимальної (раціональної) стратегії є важливою наявність всебічної інформації щодо інноваційної та інвестиційної діяльності підприємства, зокрема показників капіталовкладень, стану балансу, які визначають альтернативи стратегії, тактики тощо. В тому разі, коли продукція підприємства (фірми) виявиться неконкурентоздатною, для виходу з такого становища важливо обрати вірну стратегію санації.

В зв'язку з вищевикладеним важливо поглибити процес обрання рішення, ширше використовувати апарат математичного моделювання з залученням чинників невизначеності та ризику.

Як вже зазначалося, для обрання одного з альтернативних варіантів (проектів) за допомогою багатьох показників необхідно приймати рішення на підставі декількох критеріїв, з орієнтацією на множину цілей, що теж підвищує ступінь невизначеності та конфліктності (цілі нерідко суперечать одна одній). Окрім того, невизначеною (нечіткою, розпливчастою) є й інформація щодо розвитку у майбутньому зовнішнього (для підприємства) економічного середовища (загальноринкова кон'юнктура, попит, ціни тощо), яку зручно подати у формі множини різних, взаємовиключаючих сценаріїв (станів) економічного середовища.

Розрізняють кілька типів невизначеності та зумовленого ними економічного ризику:

- * невизначеність цілей;
- * невизначеність наших знань щодо стану економічного середовища (його розвитку в майбутньому);
- * невизначеність майбутніх дій конкурентів і партнерів.

Наприклад в [77] наводиться одна з модифікацій методу МАІ, де чинники невизначеності відносно проблеми, що розв'язується пропонується оцінювати у формі різних сценаріїв щодо розвитку зовнішнього економічного середовища.

Проводиться попарне порівняння цих сценаріїв за допомогою порядкової шкали для встановлення суб'єктивних імовірностей здійснення того чи іншого сценарія. Як відзначається в [77], рішення тут приймаються без достатньо глибокого враху-

вання ризику. Так, загальні вагові коефіцієнти, які відносяться до всієї цільової системи, представлені тут сподіваними величинами, а зважені пріоритети ринкових стратегічних варіантів визначаються як добуток загальної ваги підцелей і сподіваної величини незважених пріоритетів.

Запропонований в [25, 26] підхід можна було б назвати "ігровий розпливчастий метод аналізу ієрархій" (IPMAI), що враховувало б як невизначеність цілей, так і невизначеність множини станів економічного середовища та пов'язаного з цим ризику при обранні об'єкта (проекту, стратегії) з оптимальним (раціональним) ступенем ризику.

Алгоритм РМАІ, поданий у попередньому матеріалі (див. 3.4), дає змогу впорядковувати досліджувані стратегії (об'єкти) $x_k \in X$ за величиною функції належності до певної розпливчастої множини. На підставі величини функції належності $\mu_k, k=1, \dots, n$ ($0 \leq \mu_k \leq 1$) можна обрати серед досліджуваних стратегій $x_k \in X$ таку x_{k_0} , що $\mu_{k_0} = 1$, а решту розташувати відповідно до спадання величини функції належності.

Для класу проблем, що розглядаються в [25, 26, 77], комбінація припущень щодо невизначеності наших знань про розвиток у майбутньому економічного середовища (загальноринкової кон'юнктури, попиту, цін, податкової політики, темпів інфляції тощо) може бути представлена множиною сценаріїв (станів економічного середовища). Оскільки поведінка людини в процесі прийняття рішення залежить від ситуації, в якій воно приймається, то зрозуміло, що в загальному випадку менеджери (експерти) надають у кожному стані економічного середовища (сценарії) різні попарні оцінки щодо важливості різних підцелей на різних рівнях ієрархічної структури, яка містить інтегрований критерій, часткові критерії і стратегії дослідження та впорядкування, необхідні для застосування методу IPMAI.

Статична теоретико-ігрова модель, розглянута в 3.2, є досить ефективною в даному випадку. Ситуація прийняття рішень згідно з концепцією теорії ігор характеризується множиною

$$\{X, \Theta, \mu\},$$

$$(3.65)$$

де

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ — множина альтернативних стратегій (рішень) суб'єкта управління,

$\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ — множина сценаріїв (станів) економічного середовища, яке може знаходитися лише в одному з станів

$\theta_j \in \Theta$, $\mu = \{\mu_{kj} = \mu(x_k, \theta_j)\}$ — функціонал оцінювання (матриця), визначений на $X \cdot \Theta$.

В розгорнутій формі ситуація прийняття рішень характеризується матрицею, елементами якої є величини

μ_{kj} — значення оцінок функції належності стратегії $x_k \in X$ за умови, що середовище знаходиться в стані $\theta_j \in \Theta$,

Якщо скористатися методом РМАІ, то можна одержати відповідні оцінки функції належності для кожної стратегії $x_k \in X$ для кожного сценарію $\theta_j \in \Theta$, тобто побудувати функціонал оцінювання.

Необхідно зазначити, що коли для всіх виділених сценаріїв θ_j , $j = 1, \dots, n$ існує домінуюча стратегія $x_{k_0} \in X$, тобто така, для якої при всіх $j = 1, \dots, n$

$$\mu_{k_0j} = 1, \quad (3.66)$$

то її й необхідно вибирати. Ця стратегія забезпечить мінімальний ризик.

Існує також ще один підхід, який дає математично строгу оцінку (безризикова стратегія) (див. 3.2). Це так званий принцип максимуму (гарантованого результату), який одержують завдяки критерію Вальда для п'ятої інформаційної ситуації (див. 3.3). Але, як відзначається в ряді праць, цей підхід надзвичайно консервативний, ним користуються у випадках, коли необхідна абсолютна гарантія, що пов'язана з цим рішенням.

Можна обрати інші інформаційні ситуації, застосувавши один з можливих підходів для оцінки ймовірності кожного із множини сценаріїв (станів) економічного середовища.

Зокрема, за допомогою методу IPMAІ можна провести парне зіставлення всіх виділених сценаріїв, використавши порядкові шкали й одержати суб'єктивні ймовірності.

Перша інформаційна ситуація (I_1) є, мабуть, найбільш розповсюдженою в практичних задачах прийняття рішень в умовах ризику. Для неї розроблено цілий ряд критеріїв, найбільш відомим серед них є критерій Байєса — критерій мінімуму варіації, чи середньоквадратичного відхилення — як оцінок ступеня ризику.

Як ми вже відзначали, моделювання ризику є ключовою проблемою в теорії та практиці стратегічного менеджменту (при обранні інноваційної, інвестиційної політики, при формуванні оптимального портфеля цінних паперів тощо), при виборі тактичних та оперативних рішень у бізнесі.

Приклад. Припустимо, що йдеться про санацію певного підприємства, яке потрапило в скрутне становище.

Вважають доцільним розглянути три стратегії щодо проведення санації (x_1, x_2, x_3). На період її здійснення стан економіки може знаходитися в досить широкому діапазоні значень певних параметрів. Для подолання цієї невизначеності обирають три сценарії стану економічного середовища (стагнація, незначна рецесія, велика рецесія).

Розв'язання. Спочатку проводять усі необхідні розрахунки згідно з правилами, користуючись методом РМАІ. Одержані в результаті розрахунків дані наведені в табл. 3.10. Для спрощення приймемо, що ймовірності сценаріїв щодо можливого розвитку економіки однакові, тобто $p_1 = p_2 = p_3 = 1/3$.

Таблиця 3.10

Стратегія санації	Значення функцій належності на станах економічного середовища [сценаріяж]		
	Сценарій 1 [стагнація]	Сценарій 2 [незначна рецесія]	Сценарій 3 [велика рецесія]
x_1	$\mu_{11}=0.5$	$\mu_{12}=1.0$	$\mu_{13}=0.9$
x_2	$\mu_{21}=1.0$	$\mu_{22}=0.7$	$\mu_{23}=0.7$
x_3	$\mu_{31}=0.6$	$\mu_{32}=0.3$	$\mu_{33}=1.0$

Обчислимо сподівані значення (математичні сподівання) оцінок функції належності для кожного з трьох сценаріїв:

$$m_1 = p_1 \mu_{11} + p_2 \mu_{12} + p_3 \mu_{13} = 1/3 (0.5 + 1.0 + 0.9) = 0.8$$

$$m_2 = p_1 \mu_{21} + p_2 \mu_{22} + p_3 \mu_{23} = 1/3 (1.0 + 0.7 + 0.7) = 0.8$$

$$m_3 = p_1 \mu_{31} + p_2 \mu_{32} + p_3 \mu_{33} = 1/3 (0.6 + 0.3 + 1.0) = 0.63$$

Тепер можна обчислити відповідні значення семіваріації, користуючись формулами (2.18), (2.19):

$$SV_1 = 1/3 (0.5 - 0.8)^2 = 0.03;$$

$$SV_2 = 1/3 (0.7 - 0.8)^2 + 1/3 (0.7 - 0.8)^2 = 0.0067;$$

$$SV_3 = 1/3 (0.6 - 0.63)^2 + 1/3 (0.3 - 0.63)^2 = 0.0366.$$

Нарешті обчислимо відповідні значення коефіцієнтів семіваріації, використовуючи формули (2.21), (2.28):

$$CSV_1 = \frac{\sqrt{0.03}}{0.8} = 0.216;$$

$$CSV_2 = \frac{\sqrt{0.0067}}{0.8} = 0.102;$$

$$CSV_3 = \frac{\sqrt{0.0366}}{0.63} = 0.304.$$

Отже, маємо, що найменший ступінь ризику ($\text{argmin}\{CSV_1, CSV_2, CSV_3\} = x_2$) щодо проведення санації пов'язаний зі стратегією x_2 . Її й необхідно вибрати.

Рациональним, на нашу думку, і тут, уже вдруге в IPMAI, є застосування методу PMAI. Це зручно робити, коли при використанні теоретико-ігрової концепції прийняття рішення *вибір стратегії відбувається на підставі кількох критеріїв ризику і є сенс будувати ієрархію цілей*. Головна ціль виступає тут як інтегрована оцінка ризику. На безпосередньо нижчому рівні ієрархії виступають як підцілі інформаційні ситуації із множини $I_i, i=1, \dots, 6$, пов'язані з відповідними гіпотезами щодо рівня невизначеності множини станів економічного середовища, вибраними для аналізу і полярного порівняння. На ще нижчому рівні ієрархії обираються окремі критерії (чи класи критеріїв) щодо

оцінки ризику, які є характерними для відповідної інформаційної ситуації щодо множини сценаріїв (станів економічного середовища) тощо.

Отже IPMAI можна подати такою послідовністю основних його кроків:

Крок 1. Формування множини альтернативних об'єктів (проектів, стратегій) X ;

Крок 2. Формування множини сценаріїв (множини взаємовиключних станів економічного середовища Θ);

Крок 3. Формування багаторівневої ієрархічної структури, яка містить інтегрований критерій, часткові критерії й об'єкти, з яких необхідно вибрати найкращий, в певному сенсі;

Крок 4. Побудова для кожного сценарію матриць попарних порівнянь з нечіткими оцінками для елементів, які знаходяться на окремих рівнях ієрархії;

Крок 5. Обчислення для кожного сценарію значень вагових коефіцієнтів кожного з елементів ієрархічної структури з точки зору елемента, який знаходиться на безпосередньо вищому рівні ієрархії;

Крок 6. Обчислення для кожного сценарію вектора пріоритетів, який визначає нечіткі оцінки з точки зору інтегрованого критерію, об'єктів (стратегій);

Крок 7. Впорядкування для кожного сценарію досліджуваних об'єктів (проектів) за величиною ступеня функції належності в множині нечітких оцінок та побудова функціоналу оцінювання;

Крок 8. Визначення ймовірності (суб'єктивної ймовірності) для кожного з альтернативних сценаріїв (множини взаємовключаючих станів економічного середовища);

Крок 9. Визначення підмножини інформаційних ситуацій (з множини $I_i, i = 1, \dots, \theta$), які характеризують стратегію поведінки економічного середовища (множини його альтернативних станів);

Крок 10. Вибір критерію прийняття рішення на підставі теоретико-ігрової моделі (чи формування багатокритеріальної, багаторівневої ієрархічної структури);

Крок 11. Побудова матриць порівнянь з нечіткими оцінками для елементів, які знаходяться на окремих рівнях ієрархії;

Крок 12. Обчислення значень вагових коефіцієнтів кожного з елементів ієрархічної структури з точки зору елемента, який знаходиться на безпосередньо вищому рівні ієрархії;

Крок 13. Обчислення вектора пріоритетів, який визначає нечіткі оцінки, з точки зору інтегрованого критерію, об'єктів, що аналізуються.

Крок 14. Впорядкування та вибір оптимального (раціонального) об'єкта (рішення).

Зазначимо, що кроки **11-13** виконуються лише в тому випадку, коли на підставі теоретико-ігрової моделі рішення приймаються не за одним, а за багатьма критеріями (оцінками) ризику.

Наявність ефективного програмно-методичного комплексу для виконання відповідних розрахунків за допомогою ПЕОМ згідно з запропонованим методом IPMAI дозволяє широко використовувати його в бізнесі (менеджменті), проводити розрахунки на підставі одержаної вербальної (числової чи змішаної) інформації. Це, в свою чергу, дає можливість періодично здійснювати аналіз обраного рішення на підставі нової інформації, адаптуватися до нової, як зовнішньої, так і внутрішньої, ситуації у фірмі, робити процес прийняття та адаптації рішень менш волонтаристським та всебічно обґрунтованим. Метод зручний тим, що дозволяє залучити кінцевого користувача до ефективного діалога. Користуючись цим методом, зручно будувати відповідну експертну систему, яка поєднує в собі можливості широкого викорисгання різних джерел інформації, зокрема мова може йти про нечітку вербальну (м'яку) інформацію. До складу такої системи входять відповідні бази: знань, даних, моделей. Використовуються також відповідні пакети прикладних програм, зокрема, імітаційного моделювання, прогнозування, обробки експертних оцінок, теорії ігор.

Реалізована на ПЕОМ система повинна мати сприятливий (дружній) інтерфейс для ведення діалога з користувачем (бізнесменом, менеджером, аналітиком), для оцінювання варіантів та для відносно простої зміни (при необхідності, в разі одержання додаткової інформації) вхідних суджень суб'єкта ризику.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ

4.1. Основні засади управління ризиком

Розсудливий підприємець (менеджер) завжди визнає фундаментальну істину, що сама природа економічної діяльності (бізнесу) нерозривно зв'язана з чинниками випадковості, розпливчастості, неповноти інформації (невизначеності), тобто з ризиком. Він змушений знаходити практичні шляхи (способи) зменшення загрози збитків (банкрутства), пов'язаної з певними ризиками, обирати найефективніший спосіб дій, які забезпечать прийнятний ступінь ризику.

Кожний суб'єкт керування (менеджер, управлінська команда) вибирає конкретний спосіб (суперпозицію способів) управління ризиками (менеджмент ризику) залежно від специфіки своєї діяльності, вибраної маркетингової стратегії тощо.

Проте існують загальні (інваріантні) підходи до процесу управління ризиком у бізнесі (менеджменті).

Зокрема управління ризиком передбачає:

- * використання всіх можливих (допустимих з морально-етичної та правничої точок зору) засобів для того, щоб уникнути ризику, пов'язаного зі значними (катастрофічними) збитками чи знизити його ступінь;
 - * контроль ризику, коли немає змоги уникнути його цілком (якщо це істотний ризик), оптимізацію ступеня
-

ризикі чи максимально можливе зменшення обсягів та ймовірності можливих збитків;

- * свідоме прийняття (збереження) чи навіть збільшення ступеня ризику в разі, коли це має сенс.

Процес управління ризиком (менеджмент ризику) покликаний забезпечити відповідний механізм розв'язання (подолання) проблеми ризику.

Обираючи певний спосіб розв'язання економічного ризику, яким обтяжена певна діяльність, бізнесмен (менеджер) повинен керуватися такими *основними принципами*:

- * недоцільно ризикувати більшим заради меншого;
- * недоцільно ризикувати більше, ніж це дозволяють власні засоби (капітал тощо);
- * необхідно заздалегідь піклуватися про можливі (ймовірні) наслідки ризику.

На підставі аналізу доступних літературних джерел та в процесі власних досліджень розроблена [32] узагальнена блок-схема процесу управління ризиком (див.рис.4.1).

Подана на рис.4.1 блок-схема є одним з важливих елементів в спектрі проблем, пов'язаних з теорією та практикою управління ризиком у бізнесі (менеджменті).

Зупинимося коротко на окремих способах управління ризиком.

1. *Уникнення ризику* означає просте ухилення від певного заходу, обтяженого надмірним (катастрофічним) ризиком. Проте уникнути ризику для менеджера (інвестора) нерідко означає відмовитися від прибутку, а це пов'язано з ризиком невикористаних можливостей.

Приклад. Валютного (трансляційного) ризику можна уникнути, відмовившись від створення іноземних дочірніх підприємств.

2. *Попередження ризику* — це досить ефективний засіб, який, однак, лише в окремих випадках дає змогу зменшити ризик (уникнути його) в бізнесі (менеджменті). Існує багато шляхів щодо цього.

Так, зокрема, для банків (менеджерів) існує декілька способів підтримування на прийнятному рівні обсягів безнадійних боргів, тобто попередження ризику банку. Це:

- * ненадання кредитів ризикованим клієнтам, а також керівництву банку;

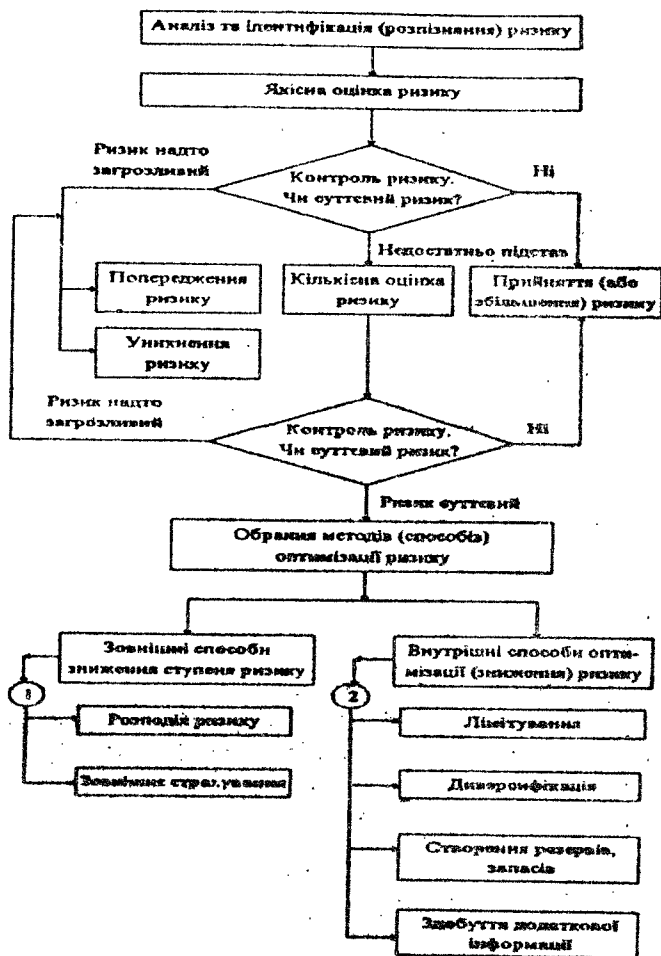


Рис. 4.1. Узагальнена блок-схема процесу управління ризиком

* контроль за сплатами по кредитах;

* перегляд умов кредитування.

Першою 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* — це залишення ризику за менеджером (інвестором), тобто на його відповідальність. Вкладаючи кошти в певну справу, менеджер має бути впевненим, що є змога покрити можливі збитки або що вони йому не загрожують.

Приклад. Нехай деяка американська компанія вважає, що економіка Японії є стабільнішою, ніж вітчизняна і єна напевне посилюватиметься, тоді вона може прийняти рішення про недоцільність страхування постійного потоку надходжень в єнах, бо розраховує одержати прибуток від цього посилення єни.

Зовнішні способи зниження ризику (передача ризику) свідчать про те, що менеджер (інвестор) передає відповідальність за економічний ризик (повністю чи частково) комусь іншому, прагне розподілити ризик серед головних суб'єктів справи, чи, наприклад, передати його страховій компанії.

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 наміри обтяжити інвесторів, тим важче буде залучити досвідчених інвесторів до цього проекту [107]. Тому безпосереднім учасникам проекту рекомендується, зокрема при проведенні переговорів, виявити максимальну гнучкість щодо того, яку частку ризику вони згодні взяти на себе. Готовність обговорити питання про прийняття на себе головними учасниками реального проекту більшої частки (питома вага) ризику відкриває простір для залучення до цього проекту широкого кола інвесторів і може переконати досвідчених інвесторів дещо знизити свої вимоги щодо премії за ризик. До способу розподілу ризику відносяться, зокрема, ф'ючерси [106].

5. *Суть зовнішнього страхування ризику* полягає в тому, що інвестор готовий відмовитися від частини доходів, аби уникнути ризику, тобто він готовий заплатити за зниження до прийнятної величини рівня ризику. Фактично, коли вартість страховки дорівнює можливим збиткам (тобто страховий поліс з очіку-

ваними збитками 1 млн.крб. буде коштувати не більше, 1млн.крб.), інвестор, несхильний до ризику, захоче застрахуватися так, щоб забезпечити повне повернення будь-яких фінансових втрат, яких він імовірно зможе зазнати. Страхування — це особливі економічні відносини. Для них обов'язковою є наявність двох сторін: страховика та страхувальника, перший створює за рахунок платежів другого грошовий фонд (страховий чи резервний).

Страхова премія, або страховий внесок, — це плата страхувальника за ризик страховика. Страхова сума — це грошова сума, на яку застраховано матеріальні цінності (чи цивільну відповідальність, життя й здоров'я страхувальника). Ризик не повинен бути утриманим, коли розмір можливих (випадкових) збитків відносно великий у порівнянні з затратами на страхуванні (придбанні полісу).

Так, зокрема, більшість будь-яких проектів (особливо великих) містить певні елементи (підмножини подій), затримка у реалізації яких може стати причиною істотного зростання обсягів затрат.

Це може статися, наприклад, в результаті запізнення з підключенням електроенергії. Вихід з подібних ситуацій полягає в тому, щоб до участі в проекті залучити страхову компанію.

Страхування ризику — це, по суті, передача певних ризиків страховій компанії. Страхування, як правило, відбувається двома способами: страхування майна та страхування від нещасних випадків тощо [13, 35, 57, 88, 98].

До методів, що за суттю близькі до страхування, можна віднести опціони тощо [106].

Внутрішні способи оптимізації (зниження) ризику досить різноманітні. Основними серед них є: лімітування; диверсифікація; створення резервів і запасів; добування додаткової інформації тощо.

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), за дорожніми чеками та єврочеками тощо; інвесторами — при визначенні суми вкладення капіталу в певний проект тощо [6].

7. *Диверсифікація* є 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 в різноманітні цінні папери, які обертаються на фондовому ринку і дають стійкий середній прибуток [28, 80].

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 і відповідно в три рази знижує рівень ризику.

8. *Створення резервів, запасів на покриття ймовірних витрат* являє собою спосіб зниження ступеня ризику. Теорії запасів і резервів, методам їхнього моделювання присвячена велика кількість досліджень, видано багато праць, зокрема, [22, 30, 43, 66, 108, 114].

Основною проблемою при створенні запасів та резерву на покриття ймовірних затрат є 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. Що ж до заходів, які плануються, особливо інноваційних проектів (технічних новинок), та потрібно з'ясувати: чи необхідно терміново почати їхнє впровадження, чи є сенс провести ще якийсь додатковий експеримент для уточнення економічних показників. З одного боку, додатковий експеримент дав би змогу знизити економічний ризик, яким обтяжений певний інноваційний проект, зменшити можливі збитки. Але, з іншого боку, експеримент, у свою чергу, пов'язаний з певними витратами та збитками, і якщо впровадження інноваційного проекту відкладається, то збитки збільшуються. Вони особливо великі в разі проведення довгострокового експерименту. Тоді впровадження заходу і одержання від цього економічного ефекту відсуваються. Отже, для оцінювання доцільності здобування додаткової інформації достатньо порівняти економічні результати по обох варіантах.

Нагадаємо принагідно відому тезу: "Рішення коштує не більше того, чого варта інформація, на базі якої воно прийняте".

Правильне встановлення цілей на кожному рівні ієрархії дає змогу точно визначити потребу в інформації і водночас базу для спостереження (здобування інформації). Природно, що, коли б у бізнесмена (менеджера) була повніша інформація, він міг би зробити кращий прогноз та знизити ступінь ризику. *Це робить інформацію товаром, за який менеджери (інвестори) згодні платити великі гроші. А коли так, то вкладення капіталу в інформацію необхідно оцінювати.*

Зрозуміло, що в багатьох випадках кількісна оцінка доцільності здобування додаткової інформації може бути досить наближеною.

Байєсівський підхід припускає гіпотезу про наявність апріорних імовірностей реалізації економічного ефекту від заходу (наприклад, інноваційного проекту), ці ймовірності коректуються внаслідок додаткової інформації, перетворюючись на точніші — апостеріорні ймовірності. Але для коректування необхідно прогнозувати умовні ймовірності реалізації експерименту залежно від фактичного стану економічного середовища. Може бути запропонований та використаний спрощений небайєсівський підхід[42].

Якщо говорити про те, коли та які способи оптимізації (зменшення) ризику доцільно вибирати, то можна навести таку спрощену схему, так звану таблицю рішень (табл. 4.1).

Зрозуміло, що кожна компанія (фірма) може прийняти свою градацію щодо рівнів збитків, свою градацію рівнів імовірностей збитків на підставі досліджень та експертних оцінок і будувати свою таблицю рішень. Наведена таблиця 4.1 розкриває лише сутність методичного підходу. Про роботу з таблицями рішень йдеться, зокрема, в[16]. Зауважимо, що на практиці доцільно застосовувати не окремий з наведених способів зниження ризику, а їхню комбінацію, застосовуючи як зовнішні, так і внутрішні способи (методи) оптимізації (зниження) ризику.

Зазначимо також, що вибір комбінації способів оптимізації (зниження) ступеня ризику, побудову відповідних таблиць рішень, в залежності від величини можливих збитків, їхньої ймовірності, ступеня ліквідності тощо, можна здійснити за допомогою класифікаційних економіко-статистичних моделей, кластерного аналізу [96] та IPMAI, на базі нечіткої розплив-

частої вербальної інформації. Тут, на нашу думку, відкривається широкий простір для подальших досліджень.

Таблиця 4.1

Градація рівня збитків (крб.)	Градація рівня ймовірностей					
	Близька до нуля:	Низька:	Невелика:	Середня:	Велика:	Близька до одиниці:
Незначні (від 0 до A_1)		Прийняття ризику				Прийняття ризику (створення резервів)
Малі (від A_1 до A_2)		Створення резервів,	запасів			Уникнення ризику
Помірні (від A_2 до A_3)	Створення резервів	Зовнішнє страхування	або/і розподіл ризику			Уникнення ризику
Середні (від A_3 до A_4)	Зовнішнє страхування - або/і розподіл ризику (диверсифікація)					Уникнення ризику
Великі (від A_4 до A_5)	Зовнішнє страхування або/і розподіл ризику (диверсифікація)					Уникнення ризику
Катастрофічні ($> A_5$)	Зовнішнє страхування або/і розподіл ризику (створення резервів, запасів. Диверсифікація)					Уникнення ризику

4.2. Диверсифікація діяльності як спосіб зниження ступеня ризику

4.2.1. Сутність диверсифікації

Менеджерам, переважній більшості економістів (промисловців, фінансистів) 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, зокрема, на ринку цінних паперів в країнах з розвинутою ринковою економікою основний принцип раціонального поведіння відповідає побутовій мудрості: "Ніколи не клади всі яйця до одного кошика". Стосовно до ринку це означає, зокре-

ма, що інвестор не повинен вкладати гроші в цінні папери лише одного виду (однієї фірми). Необхідна певна різноманітність диверсифікація вкладень. В протилежному випадку інвестор приречений або на низьку ефективність (норму прибутку), або на надто високий ступінь ризику.

Власне, тому досвідчений інвестор є власником не одного виду цінних паперів, а декількох (векселя, акції різних корпорацій, контракти, опціони тощо). Сукупність цінних паперів складає їхній портфель.

Під портфелем цінних паперів інвестори розуміють розподіл коштів між цілим рядом різних активів (акції, облігації тощо) в найбільш вигідній та безпечній пропорції.

Такий розподіл інвестицій за різними "адресами" знижує ризик, забезпечує більшу стійкість доходів (прибутків) за будь-яких коливань дивідендів і ринкових цін на цінні папери.

Економіко-математична модель задачі вибору оптимальної структури портфеля вперше була запропонована Г. Марковіцем. Інший відомий американський вчений-економіст Д. Тобін узагальнив цю задачу, показавши, що оптимальна структура портфеля цінних паперів не залежить від схильності (несхильності) інвестора до ризику [116, 120]. Ці вчені були відзначені Нобелівськими преміями з економіки, що свідчить про важливість проблеми оптимального портфеля для економічної науки й практики в цілому.

Аналізові та методам розрахунку оптимального портфеля, найбільш вигідному плану розподілу та перерозподілу інвестицій присвячена велика кількість досліджень, зокрема, [80, 101, 116, 120], об'єднані під назвою "Теорія портфеля".

Підкреслимо, що *теорія портфеля надзвичайно широко використовується в економіці*. Теорію "селекції портфеля цінних паперів" широко використовують банки при підготовці фінансових операцій. За допомогою теорії портфеля на підприємствах менеджерами (управлінськими командами) створюється "портфель надійності" матеріальних запасів, визначається їхній оптимальний обсяг та ступінь ризику. Вона дає можливість здійснити багатостадійне планування, що забезпечує надійність і ефективність розподілу матеріальних запасів в загальній системі виробництва (обсяг, терміни зберігання на складах і поставок безпосередньо в цехи) з урахуванням затрат на складування, постачання, транспортування тощо. Ця теорія дозволяє менеджерам, керівництву підприємств свідомо йти на певний ризик, прогнозувати кінцевий результат, знижувати собівартість продукції. На підставі економіко-математичних моделей і методів з використанням графіків і схем детально

аналізують такі питання, як "портфель надійності" в системі забезпечення виробництва, ризик і затрати, ефективні структури надійності. Теорія портфеля базується на принципах менеджменту ризику.

Погодження максимізації норми прибутку та мінімізації ризику не є простим процесом, бо на досить ефективному ринку ціни папери з високою нормою прибутку характеризуються відповідно високим ступенем ризику. Розсудливий інвестор шукає такі можливості для розміщення капіталу, при яких зі збільшенням норми прибутку одночасно зменшувався би ступінь ризику.

Припустимо, що портфель утворюють дві різні акції А та В, позначені відповідно номерами 1 та 2. Приймається гіпотеза, що їхні норми прибутку є випадковими величинами R_1 і R_2 . Позначимо сподівані норми прибутку цих акцій відповідно через m_1 та m_2 , варіації — відповідно через V_1 та V_2 , а середньоквадратичні відхилення — через σ_1 та σ_2 . За міру ризику прийmemo варіацію, чи середньоквадратичне відхилення.

Очевидно, що частка кожної акції в портфелі є деякою величиною з інтервалу $(0 \leq x \leq 1)$. Причому

$$x_1 + x_2 = 1. \quad (4.1)$$

Частки можна трактувати як частини від одиниці капіталу (грошей), що вкладені у відповідний вид цінних паперів. Знаючи сподівані величини норми прибутку кожної з цих акцій та їхні частки в портфелі, легко визначити сподівану норму прибутку портфеля з двох акцій за формулою:

$$m_p = x_1 m_1 + x_2 m_2 \quad (4.2)$$

де:

m_p — норма прибутку портфеля з двох різних акцій.

Як бачимо з (4.2), норма прибутку портфеля з двох акцій є середньозваженою нормою прибутку кожного виду акцій, причому ваговими коефіцієнтами виступають частки цих акцій (в грошовому обсязі) в портфелі.

Необхідно зазначити, що норма прибутку портфеля з двох акцій завжди знаходиться в інтервалі, обмеженому нормами прибутку акцій, які входять до складу портфеля.

Перейдемо тепер до визначення ризику портфеля з двох акцій, умовно позначених номерами 1 і 2. Виявляється, що

варіацію такого портфеля можна обчислити за допомогою формули:

$$V_p = x_1^2 \sigma_1^2 + x_2^2 \sigma_2^2 + 2x_1 x_2 \sigma_1 \sigma_2 \rho_{12}, \quad (4.3)$$

де:

V_p — варіація портфеля з двох акцій;

ρ_{12} — коефіцієнт кореляції двох акцій.

Середньоквадратичне відхилення портфеля з двох акцій визначається за формулою:

$$\sigma_p = \sqrt{V_p} \quad (4.4)$$

Як видно з (4.3), варіація (а отже ризик) портфеля з двох акцій залежить не лише від ризику кожного виду залучених до його складу, акцій, але також від кореляції цих акцій, тобто від ступеня взаємозалежності (взаємозв'язку) між їхніми нормами прибутку

З (4.1) маємо:

$$x_2 = 1 - x_1 \quad (4.5)$$

Підставивши (4.5) в (4.3) одержимо:

$$V_p = x_1^2 \sigma_1^2 + (1 - x_1)^2 \sigma_2^2 + 2x_1(1 - x_1) \sigma_1 \sigma_2 \rho_{12} \quad (4.6)$$

Мінімум V_p можна знайти, якщо прирівняти до нуля першу похідну по x_1 від V_p .

$$\frac{dV_p}{dx_1} = 2x_1 \sigma_1^2 - 2(1 - x_1) \sigma_2^2 + \quad (4.7)$$

$$+ 2\sigma_1 \sigma_2 \rho_{12} - 4x_1 \sigma_1 \sigma_2 \rho_{12} = 0$$

звідси одержимо, що це виконується тоді, коли:

$$x_1^* = \frac{\sigma_2(\sigma_2 - \sigma_1 \rho_{12})}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_1 \sigma_2 \rho_{12}} \quad (4.8)$$

$$x_2^* = 1 - x_1^* \quad (4.9)$$

З метою пояснення впливу кореляції між акціями на ризик сформованого портфеля візьмемо за основу формулу (4.3) і проаналізуємо деякі основні (крайні) випадки (коли ρ_{12} дорівнює або 1, або -1 , або 0).

Випадок 1 ($\rho_{12} = 1$).

Це один з екстремальних випадків, який означає абсолютну додатну кореляцію (функціональну залежність) між нормами прибутку двох акцій. Він має місце тоді, коли, наприклад, розглядаються акції підприємств, що виготовляють взаємодоповнюючі товари (автомобілі — шини, черевики — шнурки до

них, тощо), і отже норми прибутків від однієї акції змінюються прямо пропорційно нормам прибутків від другої.

Підставляючи це значення коефіцієнта кореляції в формулу (4.3), отримаємо:

$$V_p = x_1^2 \sigma_1^2 + x_2^2 \sigma_2^2 + 2x_1 x_2 \sigma_1 \sigma_2,$$

або

$$V_p = (x_1 \sigma_1 + x_2 \sigma_2)^2.$$

Отже, ризик портфеля, виражений як середньоквадратичне відхилення, в цьому випадку дорівнює:

$$\sigma_p = x_1 \sigma_1 + x_2 \sigma_2 \quad (4.10)$$

Як бачимо, у випадку абсолютної додатної кореляції між нормами прибутків певних акцій ризик портфеля є середньозваженою величиною ризику окремих видів акцій, які входять до його складу. А ваговими коефіцієнтами є частки цих акцій в портфелі.

Випадок абсолютної додатної кореляції акцій не дозволяє досягнути якогось істотного ефекту: зменшуючи ризик, ми одержуємо прямо пропорційне зменшення сподіваної норми прибутку і навпаки. Цей випадок не викличе зацікавленості в інвестора, бо тут дуже обмежене поле для маневру.

Випадок 2 ($\rho_{12} = -1$).

Цей екстремальний випадок означає абсолютну від'ємну кореляційну залежність (функціональну залежність) між нормами прибутку двох акцій.

Підставляючи це значення коефіцієнта кореляції в (4.3), отримаємо:

$$V_p = x_1^2 \sigma_1^2 + x_2^2 \sigma_2^2 - 2x_1 x_2 \sigma_1 \sigma_2,$$

або

$$V_p = (x_1 \sigma_1 - x_2 \sigma_2)^2.$$

Ризик портфеля, виражений як середньоквадратичне відхилення, в цьому випадку дорівнюватиме:

$$\sigma_p = |x_1 \sigma_1 - x_2 \sigma_2| \quad (4.11)$$

Аналіз рівняння (4.11) показує, що ризик портфеля в цьому особливому випадку можна істотно зменшити, тобто σ_p дорівнюватиме нулю, а цього можна досягти за умови, коли:

$$x_1^* = \frac{\sigma_2}{(\sigma_1 + \sigma_2)}; \quad (4.12)$$

$$x_2^* = 1 - x_1^* = \frac{\sigma_1}{(\sigma_1 + \sigma_2)}.$$

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

Приклад. Розглянемо дві акції *A* та *B*, позначені номерами 1 та 2, нехай їхні сподівані норми прибутку дорівнюють $m_1=12\%$, $m_2=16\%$ і ризик — відповідно $\sigma_1=6\%$, $\sigma_2=9\%$. Коефіцієнт кореляції між нормами прибутку цих акцій дорівнює $\rho_{12}=-1$.

Розв'язання. Підставляючи ці значення в рівняння (4.2) і (4.11) відповідно отримаємо:

$$m_p = x_1 \cdot 12\% + x_2 \cdot 16\%,$$

$$\sigma_p = |x_1 \cdot 6\% - x_2 \cdot 9\%|.$$

Проілюструємо цей приклад графічно (рис.4.2).

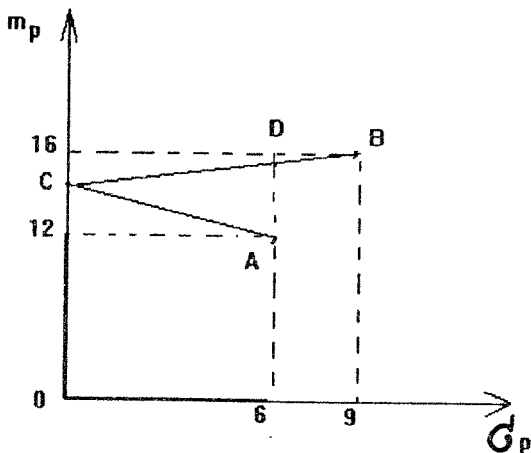


Рис.4.2. Множина портфелів з двох абсолютно від'ємно корельованих акцій

Множина всіх допустимих портфельів складається з точок ламаної ACB . Точки A та B відповідають портфелям, які складаються лише з одного виду акцій (A та B відповідно). Слід зауважити, що, виходячи з точки A і збільшуючи в портфелі частку акції B , отримуємо зростання норми прибутку і одночасна зменшення ступеня ризику. В точці C маємо портфель з нульовим ступенем ризику.

Підставляючи відповідні значення в (4.12), одержимо, що $x_1^* = 0,6$, $x_2^* = 0,4$, а ризик портфеля дорівнює нулю ($\sigma_p = 0$). При цьому в точці C : $m_p = 13,6$.

Коли ж частка акції B і далі зростатиме, то маємо подальший ріст норми прибутку портфеля. Однак ризик тепер теж зростає до величини σ_2 .

З рис.4.2 маємо, що розсудливий менеджер (інвестор), напевне, не вибере жодного портфеля, який розташований на відрізку AC . Для кожного такого портфеля знайдеться кращий (з іншою структурою), якому відповідають точки відрізка CD . Кращий тому, що при тому ж ступені ризику дає більшу величину норми прибутку. Відрізок CB називають множиною ефективних портфельів.

Випадок 3 ($\rho_{12} = 0$).

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

Підставляючи це значення коефіцієнта кореляції в формулу (4.3) отримаємо:

$$V_p = x_1^2 \sigma_1^2 + x_2^2 \sigma_2^2 .$$

Ризик портфеля, виражений як середньоквадратичне відхилення, визначається за формулою:

$$\sigma_p = \sqrt{x_1^2 \sigma_1^2 + x_2^2 \sigma_2^2} \quad (4.13)$$

З формули (4.13) випливає, що є можливість часткової редукації ризику портфеля двох акцій. Підставляючи в (4.13) значення $x_2 = (1 - x_1)$, обчислимо першу похідну функції σ_p :

$$\frac{d\sigma_p}{dx_1} = \frac{x_1 \sigma_1^2 - (1 - x_1) \sigma_2^2}{\sqrt{x_1^2 \sigma_1^2 + (1 - x_1^2) \sigma_2^2}} .$$

Величина σ_p досягає свого мінімуму за умови:

$$\frac{d\sigma_p}{dx_1} = 0, \quad (4.14)$$

а це можливо, коли

$$x_1^* = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad x_2^* = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}. \quad (4.15)$$

Мінімальне значення ризику дорівнює:

$$\sigma_p^* = \frac{\sigma_1 \sigma_2}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{0,5}}.$$

Приклад. Нехай маємо дві різні звичайні акції *A* та *B*. Позначимо їх номерами 1 та 2. Нехай сподівані норми прибутку від цих акцій дорівнюють відповідно $m_1=40\%$, $m_2=60\%$, а ризик $\sigma_1=5\%$, $\sigma_2=8\%$.

Коефіцієнт кореляції між нормами прибутку по цих акціях $\rho_{12}=0$. Необхідно обчислити та проаналізувати сподівану норму прибутку та ризик множини допустимих портфельів, які можливо сформувати з цих акцій.

Розв'язання. Користуючись формулами (4.2) і (4.13), отримаємо:

$$m_p = x_1^* 40\% + x_2^* 60\%, \\ \sigma_p = (x_1^2 \cdot 25 + x_2^2 \cdot 64)^{0,5}.$$

Проілюструємо цей приклад графічно (рис. 4.3). Цього разу всі допустимі портфелі розташовані на кривій *AB*. Точки *A* та *B* відповідають портфелям, в які входять лише акції виду *A* та *B* відповідно.

Відзначимо, що, виходячи з точки *A* і збільшуючи частку акцій *B* в портфелі отримуємо ріст норми прибутку та зниження ступеня ризику. Доходячи до точки *C* отримуємо портфель з мінімально можливим ступенем ризику. За формулою (4.15) легко відшукати частки акцій *A* та *B* в цьому портфелі:

$$x_1^* = \frac{64}{64 + 25} = 0,72; \quad x_2^* = 0,28.$$

Ризик цього портфеля (точка *C*) знаходимо за формулою (4.13), він дорівнює 4,24%, а норма прибутку буде рівною:

$$m_p = 0,72 \cdot 40\% + 0,28 \cdot 60\% = 28,8 + 16,8 = 45,6\%.$$

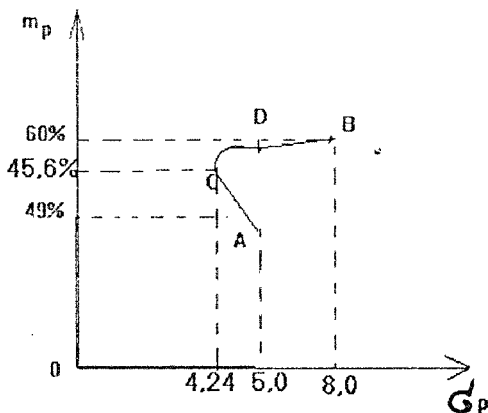


Рис. 4.3. Множина портфельів з двох некорельованих видів акцій

Збільшуючи надалі частку акцій B в портфелі ($x_2 > 0,28$), отримуємо подальший ріст норми прибутку портфеля. При цьому ризик теж зростає відносно своєї мінімальної величини.

З рис.4.3 видно, що розсудливий інвестор напевне не обере жодного з портфельів, які знаходяться на відрізку AC кривої. Для кожного такого портфеля знайдеться кращий, що знаходиться на відрізку кривої CD . Він кращий, бо при такому ж ступені ризику дає більше значення норми прибутку. **Відрізок CB кривої є множиною ефективних портфельів.**

Розрізняють "наївну" диверсифікацію та "розсудливу". "Наївна" диверсифікація спирається на максимальну різноманітність залучених до портфеля різних видів цінних паперів без точного використання ступеня кореляції (зв'язку) між ними. Така диверсифікація, як правило, рідко призводить до значної редукції ризику на відміну від того, як це показано у випадку зі звичайними акціями з великим від'ємним (близьким до -1) коефіцієнтом кореляції. "Розсудлива" диверсифікація повинна враховувати кореляцію між цінними паперами. **Не мають рації ті, хто вважає, що для формування портфеля не є конче потрібним використовувати економіко-математичні методи та моделі.**

Нехай ми маємо n різних цінних паперів, кожна пара яких пов'язана між собою певною кореляційною залежністю.

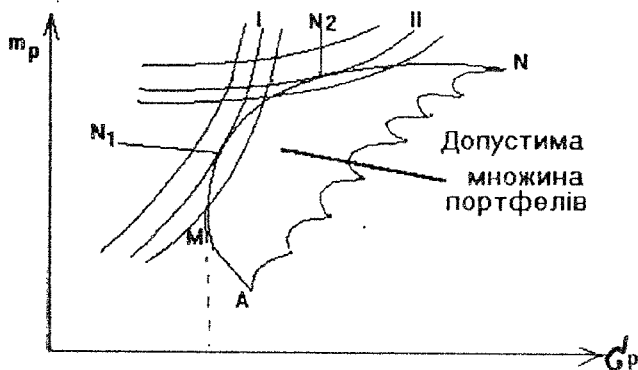


Рис.4.4. Вибір портфеля менеджерами, що мають різні функції корисності

Допустима множина портфельів, сформованих з цих цінних паперів, зображена на рис.4.3. Відрізок кривої *MN* на рис.4.4 характеризує ефективну множину портфельів.

Зазначимо, що випуклість кривої *MN*, яка характеризує ефективну множину, впливає з тих міркувань, що лінійна комбінація двох портфельів також є портфелем.

Якщо, наприклад, для двох менеджерів (управлінських команд, інвесторів) побудовані відповідні функції корисності, криві ліній байдужості яких зображені на рис.4.4 (*I* — для першого менеджера, *II* — для другого), вибір найкращого портфеля з ефективної множини, що відповідає множині точок кривої *MN*, як видно з рис.4.4, буде залежати від функцій корисності (схильності чи несхильності до ризику).

Менеджер *I* обере портфель, позначений точкою *N₁*, яка відповідає найбільшому значенню його корисності на ефективній множині портфельів. Менеджер *II*, що більш схильний до ризику, обере портфель з ефективної множини, позначений точкою *N₂*.

4.2.2. Загальні засади теорії портфеля.

Оптимізація його структури

Подано класичну постановку та розв'язок задачі.

Нехай R_{it} — норма прибутку від i -го цінного паперу (виражена у відсотках) за період t , $i = 1, \dots, n$, $t = 1, \dots, T$,

де n — кількість видів цінних паперів, що розглядаються;

T — обсяг вибірки (кількість спостережень).

Тоді норма прибутку портфеля у періоді t дорівнює:

$$R_{pt} = \sum_{i=1}^n x_i R_{it} \quad , \quad (4.16)$$

де x_i — постійний коефіцієнт, частка (питома вага) інвестицій в i -й цінний папір, залучений до портфеля. Сума всіх часток дорівнює одиниці

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (4.17)$$

Сподіване значення (математичне сподівання) норми прибутку портфеля також є середньозваженою очікуваною норми прибутку від окремих цінних паперів:

$$\begin{aligned} m_p &= M\{R_p\} = \\ &= M\left\{\left(\sum_{i=1}^n x_i R_{it}\right)\right\} = \sum_{i=1}^n x_i m_i \quad , \end{aligned} \quad (4.18)$$

де

$$m_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{it}$$

Ступінь ризику портфеля оцінюється середньоквадратичним відхиленням σ_p , яке обчислюється на основі варіації (дисперсії) його норми прибутку:

$$\begin{aligned} V_p &= \sigma_p^2 = M\{(R_{pt} - m_p)^2\} = \\ &= \sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \sigma_{ij} \end{aligned} \quad (4.19)$$

де

$$V_i = \sigma_i^2$$

— дисперсія (варіація) норми прибутку i -го цінного паперу:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (R_{it} - m_i)^2 \quad (4.20)$$

σ_{ij} — коваріація між нормами прибутку i -го та j -го цінних паперів:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (R_{it} - m_i)(R_{jt} - m_j) \quad (4.21)$$

або

$$\sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j. \quad (4.22)$$

Нехай норма прибутку цінних, майже безризикових (державних) паперів з фіксованим відсотком R_F . Для цих портфельів сподівана норма прибутку m_F теж дорівнює R_F , а ризик дорівнює нулеві, тобто $m_F = R_F$, $\sigma_F = 0$. Інвестуючи капітал у цінні папери, які можуть зазнати на собі випадкові коливання (ризик), прагнуть отримати найкраще співвідношення між додатковим прибутком та зростаючим ступенем ризику.

У площині $m_p - \sigma_p$ (рис.4.5) візьмемо на осі ординат точку, яка характеризує цінний папір з фіксованим прибутком R_F .

Зрозуміло, що найкраще співвідношення між приростом норми прибутку та зростанням ризику забезпечує портфель цінних паперів, позначений на рис.4.4 точкою E , через яку проходить дотична з початком у точці R_F до лінії ефективних портфельів.

Отже, оптимальною структурою портфеля буде та, яка відповідає точці E .

Її можна знайти, максимізуючи функцію (див. [26, 58, 80]):

$$\varphi = (m_p - R_F) / \sigma_p \quad (4.23)$$

за умови (4.17), тобто

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1;$$

де x_i — частка капіталу, інвестована в i -й цінний папір.

Введемо до цільової функції (4.23) обмеження (4.17). Для цього запишемо R_F як

$$R_F = 1 \cdot R_F = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) R_F = \sum_{i=1}^n x_i R_{Fi}. \quad (4.24)$$

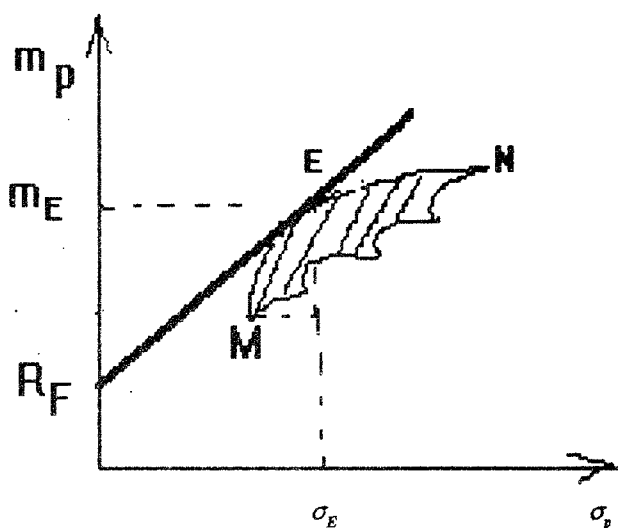


Рис.4.5. Геометрична інтерпретація оптимального портфеля

Зробивши підстановку, одержимо:

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n x_i (m_i - R_F)}{(\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \sigma_{ij})^{0,5}} \quad (4.25)$$

Отже, необхідно визначити коефіцієнти x_i^* , які максимізують функцію (4.25).

Цього можна досягти за допомогою звичайних засобів математичного аналізу, прирівнявши до нуля перші часткові похідні функції φ за шуканими параметрами x_s , $s=1, \dots, n$. Одержимо систему рівнянь.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} = & \left[\sum_{i=1}^n x_i (m_i - R_F) \right] \times \\ & \times \left[- \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \sigma_{ij} \right)^{-\frac{1}{2}} \cdot \left(x_i \sigma_i^2 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_j \sigma_{ij} \right) \right] + \\ & + \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \sigma_{ij} \right)^{-\frac{1}{2}} \cdot (m_i - R_F) = 0. \end{aligned} \quad (4.26)$$

Помноживши ліву та праву частини (4.26) на

$$\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \sigma_{ij} \right)^{\frac{1}{2}},$$

одержимо:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i (m_i - R_F)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \sigma_{ij} \right)} \right] \times \\ & \times \left(x_i \sigma_i^2 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_j \sigma_{ij} \right) + (m_i - R_F) = 0. \end{aligned} \quad (4.27)$$

Позначимо вираз у квадратних дужках через λ і перепишемо (4.27) у вигляді:

$$-\lambda \left(x_s \sigma_s^2 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq s}}^n x_j \sigma_{sj} \right) + (m_s - R_F) = 0, \quad (4.28)$$

$$s = 1, \dots, n$$

Ця система складається з n неоднорідних рівнянь з $(n+1)$ невідомими: $\lambda, x_s, s=1, \dots, n$.

Введемо нові змінні

$$y_s = \lambda x_s, \quad s=1, \dots, n \quad (4.29)$$

Підставивши їх в (4.28) одержимо систему n лінійних неод-

норідних рівнянь відносно невідомих y_s . Розв'язавши її, визначимо y_s^* , $s=1, \dots, n$, а знаючи їх, обчислимо x_s^* :

$$x_s^* = \frac{y_s^*}{\sum_{s=1}^n y_s^*}, \quad s = 1, \dots, n, \quad (4.30)$$

використовуючи (4.17).

Величини x_s^* визначають оптимальну, структуру портфеля при заданому наборі цінних паперів і нормі прибутку R_p .

Але може так статися, що в результаті розв'язку системи (4.28) частина коефіцієнтів x_i^* набере від'ємні значення.

Що ж робити в цьому випадку?

Якщо коефіцієнти x_i підкорити умовам невід'ємності, тобто:

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n, \quad (4.31)$$

то задачу знаходження максимуму (4.25) за умов (4.17), (4.31) можна розв'язати одним з методів квадратичного програмування. Це пов'язано з тим, що цільова функція (4.25), яку необхідно максимізувати, — нелінійна, вона містить члени з x_i^2 і $x_i x_j$. Рішення легко знаходиться за наявності відповідного програмно-технічного комплексу. Якщо ж умови (4.31) не накладено, то від'ємне значення будь-якого з x_i^* означає, що відповідні цінні папери необхідно продати на термін без покриття (to sell short), тобто продати при їхній відсутності у продавця на час продажу. Іншими словами, йдеться про гру на зниження. Необхідно зазначити, що за кордоном більшість інституційних інвесторів не торгують цінними паперами на термін без покриття. А багатьом інституціям ця операція просто заборонена законом. Та все ж вона широко використовується, зокрема на Нью-Йоркській та деяких інших фондових біржах, і, по суті, є однією з форм позички.

В загальному вигляді задача оптимального інвестування в цінні папери допускає як позичку, так і надання кредитів. Позичка збільшує ресурси для інвестування, а надання кредиту рівнозначно (в певному значенні) інвестуванню за фіксованим відсотком. Для спрощення задачі вважають, що одержання та надання кредиту здійснюються за тим же фіксованим відсотком R_p .

Припустимо, що інвестор вирішив вкласти частину своїх коштів у певний портфель E і, окрім цього, надати кредит чи взяти в борг зафіксованим відсотком R_F . Дослідимо ці ситуації.

Нехай x частка від позичкового капіталу, котру інвестор розмістив у вигляді портфеля E . Величина x може бути більшою за одиницю, бо не важко допустити, що інвестор зможе скористуватися позичкою та інвестувати більше, ніж величина його власного початкового капіталу. Якщо x — частка, вкладена у портфель E , то $(1-x)$ повинно дорівнювати частці коштів, розміщених за фіксованим відсотком.

Сподівана норма прибутку від комбінації з позичково-кредитною операцією може бути визначена так:

$$m_p = (1-x)R_F + xm_E \quad (4.32)$$

Ризик такої комбінації характеризується величиною:

$$\sigma_p = [(1-x)^2\sigma_F^2 + x^2\sigma_E^2 + 2x(1-x)\sigma_{EF}]^{1/2}, \quad (4.33)$$

де $\sigma_F=0$ і, отже, $\sigma_{EF}=0$, тобто

$$\sigma_p = x\sigma_E \quad (4.34)$$

Розв'язуючи рівняння (4.34) відносно x одержимо:

$$x = \frac{\sigma_p}{\sigma_E} \quad (4.35)$$

Підстановлення (4.35) у (4.32) дає:

$$m_p = \left(1 - \frac{\sigma_p}{\sigma_E}\right)R_F + \frac{\sigma_p}{\sigma_E}m_E.$$

Після перетворення одержимо:

$$m_p = R_F + \left(\frac{m_E - R_F}{\sigma_E}\right)\sigma_p. \quad (4.36)$$

Рівняння (4.36) є рівнянням прямої в двовимірному просторі $(\sigma_p - m_p)$. Ця пряма називається лінією ринку капіталів і характеризує портфелі, які містять цінні папери як безризикові папери, так і обтяжені ризиком.

Необхідно зауважити, що при $x^*=1$ (тобто коли відсутня позичково-кредитна операція) маємо: $m_p = m_E$, $\sigma_p = \sigma_E$.

На рис.4.6 точка E лежить на лінії MN (множина ефективних портфелів). Ця точка також належить до прямої $R_F L$, що є додочною до множини ефективних портфелів (кривої MN).

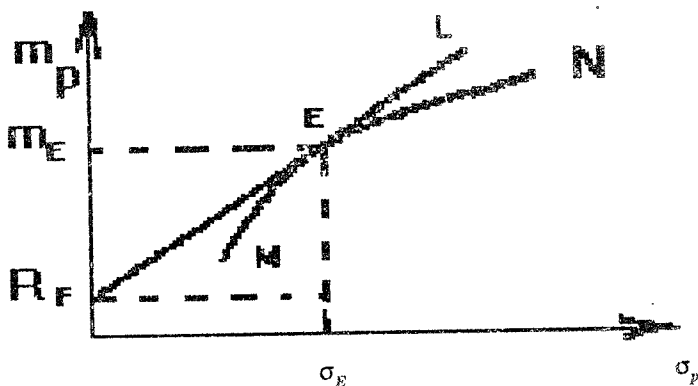


Рис.4.6. Комбінація оптимального ринкового портфеля E з кредитно-позичковими операціями

Точку E з координатами (σ_E, m_E) називають ринковим портфелем.

Всі комбінації ринкового портфеля E із позичково-кредитними операціями за фіксованим відсотком лежать вздовж прямої $R_F L$ у просторі ризик — норма прибутку. Пряма перетинає вісь ординат на рівні R_F під кутом α

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m_E - R_F}{\sigma_E},$$

проходячи через точку $E(\sigma_E, m_E)$, яка репрезентує ринковий портфель

На рис.4.6 пряма $R_F L$ являє собою множину оптимальних (ефективних) розв'язків, що характеризуються пропорційним (сталим) відношенням приросту норми прибутку до зростання ступеня ризику.

Вибір залишається за менеджером (інвестором) в залежності від його схильності до ризику.

Відрізок $R_F E$ відображає рішення інвестувати певну частку власних коштів в портфель E , а іншу частку віддати у вигляді позики за фіксованим відсотком R_F . Вздовж відрізка EL розташовані рішення позички додаткових коштів, а весь сумарний капітал інвестується в портфель E . Таким чином, в будь-якому випадку пошук точки E на множині ефективних портфелів є розв'язком проблеми щодо оптимізації структури портфеля.

4.2.3. Неокласичний підхід до управління портфелем

В межах класичної теорії портфеля спираються, зокрема, на статистичну (вибіркову) сукупність даних, які характеризують динаміку відповідних економічних показників ефективності (наприклад, норми доходу, прибутку). Класичний підхід ґрунтується на гіпотезі стаціонарності норми доходу. Тобто що випадкова величина, якою вважається норма доходу (прибуток чи інший базовий показник), має незмінне в часі математичне сподівання, а також що коливання норми доходу відносно сподіваної величини теж є стаціонарною величиною. Але ці гіпотези в загальному випадку далеко не завжди є правомірними, про це йдеться в ряді праць, зокрема в [24, 26, 28, 58, 116, 122, 127].

Рівень часового ряду постійно змінюється, постійних в часі дисперсії, коваріації також немає. Крім того, використовується в класичній теорії портфеля гіпотеза, що коливання норми доходу портфеля в обидві сторони від сподіваної величини однаково небажані, теж не є незаперечною. Насправді ж власник певного портфеля цінних паперів зовсім не заперечуватиме проти того, щоб норма доходу залучених до його портфеля паперів зростала. Його не влаштовує лише її зниження відносно сподіваної величини (чи відносно іншої величини, обраної за базу). І, власне, це є одним з видів ризику, яким обтяжений інвестор. В літературі пропонується ряд альтернативних оцінок (мір) ризику, деякі з них запропоновані та подані в [20, 24, 26]. Якщо, зокрема, за міру ризику i -го цінного паперу обирається семікватратичне відхилення SSV_i , яке обчислюється за формулою:

$$SSV_i = \frac{1}{T-1} \left[\sum_{t=1}^T d_{it}^2 \right]^{1/2}, \quad i = 1, \dots, n \quad (4.37)$$

де:

$$d_{it} = \begin{cases} 0, & R_{it} \geq m_i, \\ R_{it} - m_i, & R_{it} < m_i, \end{cases} \quad (4.38)$$

$$i = 1, n; \quad t = 1, \dots, T.$$

$$m_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{it}, \quad i = 1, \dots, n,$$

то оптимальну структуру портфеля можна обчислити, мак-

симізуючи функцію:

$$w_1 = (m_p - R_F) / SSV_p \quad (4.39)$$

при виконанні обмежень (4.17) і (4.31), де:

m_p — сподівана величина норми доходу (прибутку) портфеля,

R_F — норма доходу цінних паперів з фіксованим відсотком,

SSV_p — семіквадратичне відхилення норми доходу портфеля.

Оптимізувати структуру портфеля можна, мінімізуючи також показник W , пов'язаний з асиметрією, який обчислюється за формулою:

$$W = l_i / m_p \quad (4.40)$$

на базі величини l_i , де l_i обчислюється за формулою:

$$l_i = \begin{cases} 1 / (a_i + 1), & a_i \geq 0, \\ 1 - a_i, & a_i < 0, \\ & i = 1, \dots, n \end{cases}$$

Тут a_i — коефіцієнт асиметрії розподілу випадкової величини $R_{i,t}$.

Використовується також середня геометрична RG_i норми доходу i -го цінного паперу [24, 26]. А оптимальну структуру портфеля можна обчислити, максимізуючи функцію:

$$\varphi_2 = \frac{(RG_p - R_F)}{SSRG_p}, \quad (4.41)$$

при врахуванні обмежень (4.17) і (4.31), де:

RG_p — середня геометрична норми доходу портфеля,

$SSRG_p$ — семіквадратичне відхилення норми доходу портфеля відносно середньгеометричної.

В [58] запропоновано декілька альтернативних підходів.

Ризик пропонується оцінювати квадратним коренем з середнього квадрата сукупної (загальної) вартості (цінності) портфеля. Цей показник більш об'єктивно характеризує нестаціонарні коливання вартості портфеля, ніж середньквадратичне відхилення від сподіваного значення, що притаманне для класичного

підходу. Тут не використовується гіпотеза про відсутність тренду.

Середній квадрат збільшень норми доходу портфеля W^2 можна подати за формулою:

$$\begin{aligned}
 & \sigma_p^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_{pt} - R_{p,t-1})^2 = \\
 & = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\sum_{i=1}^n x_i (R_{it} - R_{i,t-1})^2 \right] = \\
 & = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 (\Delta R_{it})^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \Delta R_{it} \Delta R_{jt} \right] = \\
 & = \sum_{i=1}^n x_i^2 \Delta \bar{R}_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \Delta \bar{R}_i \Delta \bar{R}_j \quad (4.42)
 \end{aligned}$$

де:

T — кількість періодів, що минули (роки, місяці, дні),

R_{it} — норма доходу від i -го виду цінних паперів, що мала місце у t -му періоді.

$$\Delta R_{it} = R_{it} - R_{i,t-1},$$

риска зверху означає усереднення за часом.

Функція, яку в [58] пропонується максимізувати, має вигляд:

$$\varphi_3 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i (\bar{R}_i - R_p)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 \Delta \bar{R}_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_i x_j \Delta \bar{R}_i \Delta \bar{R}_j}^{0,5} \quad (4.43)$$

де: x_i , ($i=1, \dots, n$) — шукані структурні параметри оптимального портфеля.

Функція (4.43) аналогічна, за своєю структурою, функції (4.25), і пошук оптимальної структури портфеля (ендогенних змінних x_i , $i=1, \dots, n$) здійснюється аналогічно тому, як це робилося в підрозділі 4.2.2.

Показник ризику портфеля W_p^2 , який обчислюється за формулою (4.42), не пов'язаний з математичним сподіванням норми

доходу, але він спирається на операцію усереднення за часом. В ряді випадків немає даних відносно стійкості (стаціонарності) середніх величин з плином часу.

Якщо усереднення квадратів приростів норми доходу та їхніх попарних добутків відбувається на певному часовому інтервалі, то при переміщенні по часовій осі цей інтервал можна зсувати, відкидаючи найстарші значення, залишаючи його ширину (вікно) постійною. Очевидно, буде логічним, якщо поступово та невпинно знижувати питому вагу даних з урахуванням старіння, мов би дисконтуючи їх. Величина, обчислювана за формулою:

$$\bar{R}_{it}(\alpha) = \alpha \sum_{m=0}^{t-1} \beta^m R_{i,t-m}, \quad (4.44)$$

є середньозваженою норми доходу i -го цінного паперу на момент t . Тут приймається, що $0 < \alpha < 1$, $\beta = 1 - \alpha$.

З [96] відомо, що експоненційну середню можна обчислити за формулою:

$$\bar{R}_{it}(\alpha) = \beta \bar{R}_{i,t-1}(\alpha) + \alpha R_{it} \quad (4.45)$$

За міру ризику портфеля в [58] пропонується обрати корінь квадратний з експоненційної середньої квадратів приростів норми доходу на момент t , яка обчислюється за формулою:

$$W_t^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 \tilde{\Delta} R_{it}^2(\alpha_1) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \tilde{\Delta} R_{it}(\alpha_1) \quad (4.46)$$

де: $0 < \alpha_1 < 1$, $\beta_1 = 1 - \alpha_1$

В [58] пропонується параметр α , який фігурує в (4.44) та (4.45), і параметр α_1 , що фігурує в (4.46), пов'язати таким співвідношенням:

$$(1 - \alpha_1) = (1 - \alpha)^2. \quad (4.47)$$

Функція, яку необхідно максимізувати при оптимізації структури портфеля, має вигляд:

$$\varphi_t(\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i (\bar{R}_{it}(\alpha) - R_p)}{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 \tilde{\Delta} R_{it}(\alpha_1) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \tilde{\Delta} R_{it}(\alpha_1) \tilde{\Delta} R_{jt}(\alpha_1) \right]^{0.5}} \quad (4.48)$$

Якщо параметр адаптації (коефіцієнт дисконтування) α задано, то функція (4.48) залежить лише від коефіцієнтів x_i ($i=1, \dots, n$).

На відміну від попереднього, позитивним в (4.48) є те, що експоненційні середні можна коректувати (оновлювати) при кожному збільшенні t на одиницю і цільова функція (4.48) оновлюється на кожному кроці при просуванні по осі часу (наявності нових даних). Відповідно модифікуються і оцінки структурних параметрів x_i . Розглянуту процедуру можна назвати адаптивною оптимізацією структури портфеля.

Залишається проблема з вибором параметра згладжування α . Англійський вчений Р.Г.Браун, як задовільний для практичних цілей компроміс, пропонує обирати α на відрізку $0,1 \leq \alpha \leq 0,3$ [96].

Вважаємо за доцільне вибирати ряд значень α з цього відрізка і, надаючи їм відповідні вагові коефіцієнти на підставі м'якої (експертної) інформації (або приймаючи їхні вагові коефіцієнти однаковими), обчислювати сподіване значення відповідних структурних параметрів. Або ж, обчислюючи ряд значень α на відрізку $0,1 \leq \alpha \leq 0,3$, можна застосувати описаний в 3.5 IPMAI, застосовуючи при цьому різні доречні критерії, і таким способом обчислювати раціональну структуру портфеля.

Критерії оцінки вибору оптимального портфеля можуть вибиратися, виходячи з інших систем гіпотез.

Можна сформулювати загальне правило для інвестора, який має можливість розподілити кошти серед декількох активів (видів діяльності).

Треба прагнути розподілити вкладення між різними видами активів, власне, такими, що показали за минулі роки, по-перше, різну тісноту (щільність) зв'язку (корреляцію) з загальноринковими цінами (індексами) і, по-друге, протилежну фазу коливань норми прибутку між собою (цін) в середині портфеля.

З таким портфелем цінних паперів ризик несподіваних (імовірних) збитків буде мінімальним. Але при цьому питання про одержання максимально можливих прибутків залишається відкритим.

Управління портфелем цінних паперів це — планування, аналіз і регулювання структури портфеля, діяльність по його формуванню та підтримці з метою досягнення поставлених цілей при збереженні допустимого рівня його ризику та

мінімізації затрат, пов'язаних з ним.

Конкретний перелік операцій, які входять в поняття "управління портфелем", наведений, зокрема, в [75, 101].

Основними цілями інвестування в цінні папери в класичному аналізі є:

- 1) одержання прибутку;
- 2) збереження капіталу;
- 3) забезпечення приросту капіталу (на базі зростання курсової вартості цінних паперів).

Цілі ці можуть бути, в певній мірі, альтернативними (суперечити одна одній) та відповідати різним типам портфелів цінних паперів. Наприклад, якщо метою є одержання відсотка, то пріоритет віддають "агресивним" портфелям, які складаються з низьколіквідних та високоризикованих цінних паперів молодих компаній і які здатні, якщо цьому сприятимуть обставини, принести високі відсотки. І навпаки, якщо найважливішим для інвестора (менеджера) є забезпечити збереження і приріст капіталу, то в портфель будуть залучені цінні папери, що мають вищу ліквідність, випущені відомими фірмами та державою, з невеликими ризиками й заздалегідь очікуваними сподіваними (середніми), хоча й невеликими відсотковими сплатами.

В умовах сучасного економічного стану в Україні, що характеризується дефіцитною інфляційною економікою зі спадаючим обсягом виробництва, процесом зміни структури власності, який поглиблюється, система цілей портфеля може бути іншою. Вона може бути, зокрема, такою:

- 1) збереження та приріст капіталу (по відношенню до цінних паперів зі зростаючою курсовою вартістю);
- 2) придбання цінних паперів, які за умовами обертання можуть замінити готівку;
- 3) доступ через придбання цінних паперів до дефіцитної продукції (сировини) та послуг, майнових та немайнових справ;
- 4) розширення сфери впливу та перерозподіл власності, створення холдингових та ланцюгових структур;
- 5) спекулятивна гра на коливаннях курсів в умовах нестабільного, ненасиченого ринку цінних паперів;
- 6) похідні цілі (зондування ринку, страхування від надлишкових ринків тощо).

Ліквідність цінних паперів розглядають з двох позицій:

- можливість швидкого перетворення всього портфеля цінних паперів чи його частки у грошові кошти (з

певними, відносно невеликими затратами на реалізацію та при відсутності значних збитків у курсовій вартості);

— здатність своєчасно погасити зобов'язання перед кредиторами, повернення позичених у них грошей, за рахунок яких був сформований портфель цінних паперів (його частка). В цьому випадку на перший план висувається завдання щодо відповідності термінів залучення джерел, з одного боку, та сформованих за їхній рахунок вкладень, з іншого боку.

Ризик портфеля — це міра (ступінь) можливості того, що настануть обставини, за яких інвестор може понести збитки, спричинені інвестиціями в портфель, а також нераціональними операціями по залученню ресурсів до формування портфеля.

Портфельний ризик — агреговане об'єктивно-суб'єктивне поняття, яке, в свою чергу, містить багато видів конкретних ризиків: ліквідності, кредитний, капітальний, селекції тощо.

Зрозуміло, що кінцевою метою управління є прибутковість портфеля, тобто перевищення доходів від інвестицій в цінні папери над затратами на залучення грошових ресурсів, необхідних для цих вкладень, за умови забезпечення певного (оптимального) ступеня ліквідності та ризику портфеля.

Як зазначається в ряді праць, зокрема, в [28], однією з перших ознак збільшення ступеня ризику та руху до банкрутства є зниження прибутковості підприємства (компанії), яка стає нижчою від вартості його (її) капіталу. Може виникнути криза ліквідності, і компанія ввійде в стан "технічної неплатоспроможності". Цей рівень спаду може розглядатись як банкрутство. Зниження норми доходу, яка стає нижчою від суми зобов'язань перед кредиторами, означає, що акціонерний капітал зникає. Може статися, що ліквідація компанії стане доцільнішою, ніж її експлуатація. Таким чином, рух, який починається з відносного зниження норми доходу, може призвести певну компанію до банкрутства.

Динаміка рядів економічних показників в загальному випадку складається з чотирьох компонентів в [96]:

- * тенденції, яка характеризує довготривалу основну закономірність і яку можна подати у вигляді певної функції часу $f(t)$, що зветься трендом;
- * періодичного компонента, пов'язаного з впливом сезонності розвитку досліджуваних об'єктів (проектів, процесів);

- * циклічного компонента, котрий характеризує циклічні коливання, що притаманні багатьом економічним процесам (об'єктам);
- * випадкового компонента — наслідку впливу множини випадкових чинників.

Тенденцію норми доходу від i -го виду цінних паперів (діяльності) можна подати у вигляді функції $f_i(t)$, навколо якої розкидані фактичні значення норми доходу R_{it} . Існує ряд способів перевірки гіпотези щодо існування тенденції, найбільш відомий серед них метод, розроблений Ф.Фостером і А.Стюартом.

Запропоновано також ряд способів, які дозволяють обрати криву, досить добре апроксимуючу дійсний розвиток. Це можуть бути поліноми різних степенів, експоненційні криві тощо.

Формуючи портфель, доречно розглядати його норму доходу в контексті майбутнього. Існує цілий ряд методів прогнозування. Класифікація цих методів подана, зокрема, в [96]. Одним з найбільш розповсюджених методів короткострокового прогнозування економічних показників (процесів) є екстраполяція, тобто поширення на майбутнє минулих і теперішніх закономірностей розвитку, зв'язків і співвідношень.

Екстраполяцію норми доходу можна подати у вигляді функції:

$$R_{t+L} = f(R_j, L, a_k), \quad (4.49)$$

де:

R_{t+L} — значення ряду динаміки, яке прогнозується

L — період випередження,

R_j — рівень ряду, взятий за базу екстраполяції,

a_k — параметр рівняння тренду.

Найбільш ефективними, на нашу думку, є адаптивні методи прогнозування, в яких значущість рівнів динаміки спадає в міру їхнього віддалення від теперішності. Послугуючись наведеними вище міркуваннями, можна обчислити відповідні параметри й одержати модель прогнозу, тобто аналітичний вираз функції (4.49), на підставі якого, власне, здійснюється прогноз. Як міру відхилення використовують довірче значення δ відхилень від середнього прогнозованого значення тренду:

$$\delta = +k_v(\gamma)\sqrt{V} \quad , \quad (4.50)$$

де:

V — вибіркова варіація (дисперсія);

$k_v(\gamma)$ — значення коефіцієнта, пов'язане з критерієм Стьюдента, яке вибирається з відповідних таблиць, поданих, зокрема, в [96] і яке залежить від кількості ступенів свободи V визначається обсягом вибірки, величиною періоду випередження, а також заданих рівнів ризику $(1 - \gamma)$ (довірчої ймовірності). Як правило, γ вибирають рівним 0,9, або 0,95, або 0,99, зважаючи на несхильність до ризику.

Таким чином, для кожного i -го виду цінних паперів, який може бути залучений до портфеля, визначаються згладжене значення теперішньої величини норми доходу $\bar{R}_{i,T}$ та спрогнозоване значення (норми доходу) $\bar{R}_{i,T+L}$, $i=1, \dots, n$ на L періодів (кроків) вперед, а також відповідні нижні і верхні довірчі інтервали.

Далі можна діяти, послуговуючися кількома способами. Наприклад, як в [24], користуючись обраним рівнянням тренду та довірчими інтервалами, можна обчислити песимістичні теоретичні (згладжені) та прогнозовані значення норм доходу цінних паперів $\bar{R}_{i,T}$, $\bar{R}_{i,T+L}$, $i=1, \dots, n$.

У двовимірному просторі (рис.4.7), де по осі абсцис відлічують час, а на осі ординат відкладають теоретичні (згладжені) та спрогнозовані значення норми доходу $\bar{R}_{i,T}$, $\bar{R}_{i,T+L}$ розглядати величину, приймаючи довжину періоду прогнозування (L років, місяців, діб) рівною Δ_L :

$$\operatorname{tg} \alpha_i = (\bar{R}_{i,T+L} - \bar{R}_{i,T}) / \Delta_L, \quad i = 1, \dots, n, \quad (4.51)$$

де:

α_i — кут нахилу градієнта між сусідніми в часі прогнозованими та згладженими теоретичними значеннями норми доходу i -го виду цінних паперів.

Очевидно, що компанія (фірма) прагнучиме (див.рис.4.7), щоб для сформованого портфеля кут нахилу градієнта α_p був би не меншим, ніж α_0 (задане значення). Тобто, щоб виконувалась умова:

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg} \alpha_p &= \sum_{i=1}^n x_i \operatorname{tg} \alpha_i = \sum_{i=1}^n x_i (\tilde{R}_{i,T+L} - \tilde{R}_{i,T}) / \Delta_L = \\
 &= 1 / \Delta_L \sum_{i=1}^n (x_i \tilde{R}_{i,T+L} - x_i \tilde{R}_{i,T}) = \\
 &= (\tilde{R}_{p,T+L} - \tilde{R}_{p,T}) \Delta_L \geq \operatorname{tg} \alpha_0
 \end{aligned}
 \tag{4.52}$$

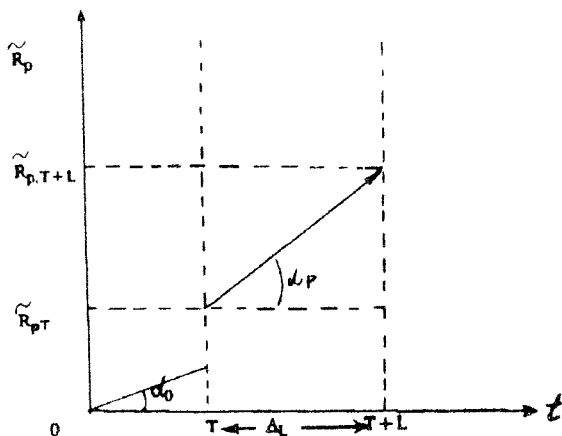


Рис.4.7. Кут нахилу градієнта між сусідніми в часі нормами доходу портфеля

Далі, виключаючи значення тренду з відповідних збіркових значень, можна розглядати несприятливіші відхилення d_{it} від згладжених значень:

$$d_{it} = \begin{cases} 0, & R_{it} \geq \tilde{R}_{it}, \\ \tilde{R}_{it} - R_{it}, & R_{it} < \tilde{R}_{it}, \\ i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, T \end{cases}$$

За міру ризику можна обрати для кожного i -го виду цінних паперів величину SSV_i :

$$SSV_i = \frac{1}{T-1} \left[\sum_{t=1}^T d_{it}^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Оптимальну (раціональну) структуру портфеля, в цьому випадку, можна знайти, максимізуючи функцію:

$$\phi_V = (R_{pT} - R_F) / SSV_p \quad (4.53)$$

при виконанні умов (4.17), (4.31) та (4.52)

Формування структури портфеля цінних паперів можна моделювати також за допомогою спектрального аналізу часових рядів, розкладаючи величини $(R_{it} - \bar{R}_{i,T})$ в ряд Фур'є. Тут додатково ще враховується циклічна компонента тощо.

Раціональну структуру портфеля доцільно обирати, використовуючи сценарний підхід щодо станів зовнішнього економічного середовища (його параметрів), при врахуванні кількох критеріїв оптимальності та коли частково відсутня необхідна числова інформація, але є можливість використовувати м'яку (вербальну) інформацію на базі нечітких (розпливчастих) оцінок [19, 24, 26].

Це можна здійснити, використовуючи, зокрема, подану нижче багатокрокову процедуру [24].

Крок 1. Відбір (залучення) до портфеля тих видів цінних паперів, для яких:

$$q_i > q, i=1, \dots, n, \quad (4.54)$$

$$\text{tg } \alpha_i \geq \text{tg } \alpha_0, i=1, \dots, n \quad (4.55)$$

де:

$$q_i = (m_i - R_F) / \left(\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \Delta R_{it} \right), \quad i=1, \dots, n, \quad (4.56)$$

$$\Delta R_{it} = R_{it} - R_{i, t-1}, i=1, \dots, n, t=1, \dots, T \quad (4.57)$$

q — гранична величина (поріг), вибір якої здійснюється на підставі вербальних оцінок,

$\text{tg } \alpha_i, i=1, \dots, n$ обчислюються за формулою (4.51),

α_0 — задане значення кута нахилу, вибір якого теж здійснюється на підставі вербальних (евристичних) правил.

Крок 2. Побудова множини ефективних портфелів за допомогою однієї з вище наведених моделей і критеріїв (без урахування безризикових паперів R_F).

Крок 3. Розподіл множини ефективних портфелів на кілька підмножин (типів) [101]. Тут слушно застосувати один з методів багатовимірної класифікації, описаних, зокрема, в [96], а також запропонований в [26] ігровий розпливчастий метод аналізу ієрархій (IPMAI).

Крок 4. Відбір кількох портфелів, (на підставі відповідних критеріїв, зокрема, подібних до тих, що застосовуються на кроці 1), з вибраних на попередньому кроці підмножин ефективних портфелів.

Крок 5. Вибір оптимальної (раціональної) структури портфеля цінних паперів (видів діяльності, товарів) з множини альтернативних варіантів, одержаних на попередньому кроці, за допомогою відповідно побудованої ієрархічної структури критеріїв, застосовуючи методологію та алгоритм, запропоновані в [26].

Необхідно зазначити, що існує широке поле для подальшої розбудови неокласичної теорії портфеля та її використання в різних сферах фінансово-економічної діяльності, розбудови аксіоматичної неокласичної теорії портфеля.

4.3. Запаси та резерви як способи зниження ступеня ризику

4.3.1. Структура та види резервів, запасів на непередбачувані витрати

Через нестабільне економічне середовище, несвоєчасність виконання прийнятих рішень (зобов'язань), помилки в обґрунтуванні оптимального рівня рішень тощо виникає істотний (навіть катастрофічний) рівень ризику. В зв'язку з цим менеджерам доцільно вживати відповідних заходів, створюючи резервні фонди (фонди ризику) 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, скажімо, рівня обслуговування споживачів продукції (послуг) даного підприємства.

До запасів, крім предметів і продуктів праці, належать запаси виробничих потужностей, основних фондів і оборотних коштів, незавершене будівництво, кваліфіковані кадри тощо [108].

Матеріальні запаси можна умовно розділити на три види [6].

Перший вид — страховий запас готової продукції на складі, призначений для компенсації коливань попиту на ринку. В умовах ринкової економіки більшість виробників користується по-

слугами дилерів, доход же останніх залежить від того, чи вдасться їм знайти споживачів продукції та у найкоротший термін забезпечити їх усім необхідним. Враховуючи, що ринок в нашій країні є в стадії формування і характеризується істотними га важко передбачуваними коливаннями попиту, підприємства (фірми) змушені формувати страхові запаси готової продукції для компенсації цих коливань, тобто для зниження ступеня ризику. Запаси позитивно впливають на стимулювання попиту, оскільки дилерам гарантують швидке одержання в будь-який момент необхідного обсягу певного товару. Проте необхідно враховувати і негативний вплив запасу на фінансовий стан компанії (підприємства), бо в запасах підприємство фактично "заморожує" частину коштів, вилучаючи їх з обороту. Надмірні запаси, резерви обтяжують фірму (підприємство) великими затратами.

Другий вид — страховий виробничий запас сировини, матеріалів і комплектуючих виробів.

Під страховим виробничим запасом розуміють запас, призначений для запобігання ризику раптової зупинки виробництва внаслідок несвоєчасної доставки сировини, матеріалів і комплектуючих виробів.

Величина цього запасу залежить лише від того, наскільки гарантованим є стабільне забезпечення підприємства.

Третій вид — динамічний виробничий запас, що являє собою запас матеріалів і комплектуючих виробів, який формується з певною періодичністю і в певних обсягах. Головною метою створення динамічно сформованих запасів є зниження прямих виробничих затрат (збитків) при стабільному забезпеченні виробництва необхідним обсягом сировини, матеріалів і комплектуючих виробів.

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

Якщо придбати матеріали і комплектуючі в запас на всю виробничу програму, скажімо, на початку року і 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 (постійні) затрати, які можуть бути обтяжені значним ризиком.

Отже, 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 (які задокументовані) від встановлених (обумовлених) термінів постачання. Величина цього резерву, який служить для зменшення ступеня ризику, встановлюється шляхом множення величини, наприклад, добового споживання даної сировини на кількість днів, визначених як середньоквадратичне відхилення фактичного періоду постачання від обумовленого за контрактом. Це забезпечить зниження ризику, що пов'язаний із зупинкою виробництва через нестачу сировини.

4.3.2. Резервування грошових коштів на покриття випадкових затрат

Створення резерву грошових коштів на покриття випадкових затрат — це один із способів боротьби з ризиком, передбачаючих встановлення співвідношення між потенційним ризиком і величиною затрат, які необхідні для подолання зривів у виконанні зобов'язань (проекту).

Основною проблемою при створенні резерву на покриття випадкових затрат є оцінка потенційних наслідків (збитків) від ризиків.

Для визначення обсягів грошей на покриття випадкових затрат (збитків), переоцінки їх в процесі роботи над проектом і для уточнення суми резерву на основі фактичних даних можуть бути використані всі викладені у попередніх розділах методи якісного та кількісного аналізу ризику.

Як зазначалося в літературі, зокрема в [37], при визначенні суми резерву на покриття непередбачених (випадкових) затрат необхідно враховувати точність початкової оцінки вартості проекту та його елементів в залежності від етапу виконання проекту. Ця точність впливає на обсяг резерву на покриття випадкових витрат.

Відзначається, що коли оцінка не враховує реального впливу на проект потенційного ризику, то можна з великою

ймовірністю сподіватися значних перевитрат коштів (збитків).

Ретельно виконана оцінка ймовірних затрат, що непередбачувалися значно зменшує ризик майбутніх збитків.

Визначення структури резерву на покриття ймовірних затрат, що передбачувалися затрат проводиться за допомогою одного з двох можливих способів [37].

Згідно з першим способом (рис. 4.8) резерв ділять на загальний і спеціальний.

Загальний резерв повинен покривати зміни в кошторисі, добавки до загального обсягу грошей за контрактом й інші елементи.

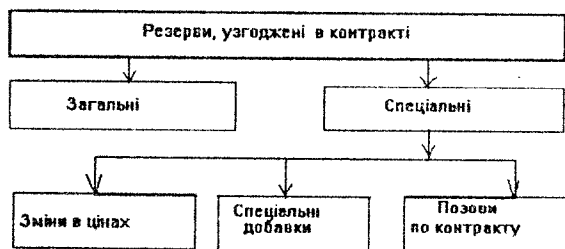


Рис. 4.8. Резерви, узгоджені в контракті, на покриття ймовірних затрат (збитків)

Спеціальний резерв складається з надбавки на покриття зростання цін і затрат по окремих позиціях, а також на сплату позовів по контрактах.

Згідно з другим способом структура резервів передбачає визначення ймовірних затрат (збитків) по видах затрат, наприклад, на заробітну платню, матеріали, субконтракти.

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

Резерв на затрати, що непередбачувалися (ймовірні), визначається лише по тих видах затрат, які ввійшли до початкового кошторису.

Резерв не повинен бути використаним для компенсації збитків, зазнаних внаслідок незадовільної роботи.

Резерв, зокрема, може бути використаним для:

- * асигнування додаткової, що з'явилася, роботи по проекту;
- * збільшення асигнувань на роботу, для виконання якої було виділено недостатньо коштів;
- * компенсації непередбачених змін трудовитрат, накладних витрат тощо, які можуть виникнути в процесі виконання проекту.

Непередбачені ймовірні затрати включаються в бюджет як самостійна стаття затрат і затверджуються вищим керівництвом компанії (фірми).

4.3.3. Управління запасами та ризик

Різноманітність задач управління запасами та їхня складність призвели до створення великої кількості математичних моделей, ефективно 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 використання 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 є заздалегідь відомою детермінованою величиною. Однак в переважній більшості реальних задач попит є випадковою величиною, розподіл імовірності якої може бути як відомим, так і невідомим. У зв'язку з цим виникає економічний ризик, зумовлений невизначеністю, стохастичністю величини попиту.

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

1. Утримування певного обсягу грошових коштів на банківському рахунку, або ж у формі готівки в касі компанії (фірми) є важливим для нормального функціонування її. Грошові кошти потрібні компаніям (підприємствам), головним чином, для регулювання різного роду зобов'язань. Окрім цього, підприємства утримують сальдо грошових коштів в касі чи на банківському рахунку в цілях протидії наслідкам браку готівки тощо.

Утримання надмірного обсягу грошових коштів може бути чинником, який знижує загальну ефективність господарювання компанії (підприємства).

Оптимізація величини грошових коштів реалізується за допомогою різних методів.

Розглянемо, зокрема, модель М.Міллера та Д.Орра. Дана модель має ймовірнісний характер — потоки чистих доходів і видатків трактуються як випадкові змінні величини, закон розподілу яких може бути описаний двома параметрами: математичним сподіванням (середньою величиною) та дисперсією (варіацією). Приймається також гіпотеза, що функція розподілу даного потоку чистих грошових надходжень і видатків навколо їхнього середнього рівня має нормальний закон розподілу [130].

В моделі головними є три величини: оптимальна величина сальдо грошових коштів (x^*), їхній максимальний ($x^{(1)}$) і мінімальний ($x^{(2)}$) рівень. Причому мінімальний рівень ($x^{(2)}$) задають менеджери підприємства, а величини x^* і $x^{(1)}$ визначають за допомогою моделі. Опускаючи тут виведення відповідних формул, наведемо лише остаточні результати. Отже, при заданому рівні величин $x^{(2)}$, x^* та $x^{(1)}$ можна обчислити за формулами:

$$x^* = \left[\frac{3K_s \sigma^2}{4k_M} \right]^{\frac{1}{3}} + x^{(2)} \quad (4.58)$$

та

$$x^{(1)} = 3 \left[\frac{3K_s \sigma^2}{4k_M} \right]^{\frac{1}{3}} + x^{(2)} = 3x^* - 2x^{(2)}, \quad (4.59)$$

де:

K_s — стала величина (обсяг однієї угоди по продажу цінних паперів чи отримана позика);

k_M — величина втрачених можливостей, яка пов'язана з утриманням сальдо грошових коштів (дорівнює нормі відсотка, яку можна було отримати, купивши цінні папери);

σ — середньоквадратичне відхилення потоку чистих грошових надходжень.

2. Стратегія управління запасами при невизначеному (стохастичному) попиті ця стратегія вимагає створення певного резерву заздалегідь визначеного обсягу K , а потім здійснюються чергові поставки запасів. Якщо в певний момент загальний запас знижується до розмірів резерву, терміново оформляють заявку на постачання нової партії. Якщо ж виконання

заявки вимагає певного часу, то заявка на поповнення запасу подається тоді, коли запас знизиться до рівня $K+L$.

Задача управління запасами в умовах невизначеності та зумовленого нею ризику стосується проблеми відносно визначення оптимального резерву.

Одним з простих способів, який дозволяє вирішити проблему резерву, є застосування принципу гарантованого результату — обрання досить великого резерву, гарантуючого мінімальний ризик, тобто компенсацію будь-яких випадкових відхилень, що вимагає великих затрат щодо зберігання резерву тощо. Це теж веде до так званого ризику невикористаних можливостей, тому що великі резерви пов'язані з відволіканням значних коштів. 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 коефіцієнта ризику, який виражає ймовірність того, що потреби у запасах виявляться незадовільними через недостатність резерву, перевищать його обсяг. Значення коефіцієнту ризику приймаються рівними 5% чи 1%.

Позначимо через V потребу в продукції між двома поставками і 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_2 , тобто

$$P(V > q + K) \leq p_2 \quad (4.60)$$

або

$$P((V - q) > K) \leq p_2$$

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 та σ^2 , де

q — математичне сподівання,

σ — середньоквадратичне відхилення.

Ввівши позначення

$$u = (V - q) / \sigma \quad (4.61)$$

можна записати вираз для щільності ймовірностей:

$$p(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}. \quad (4.62)$$

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

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{u_{p_z}}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du = p_z. \quad (4.63)$$

За змістом прийнятих допущень, резерв K повинен бути таким, щоб імовірність появи дефіциту дорівнювала p_z .

Тоді з $(V - q)/\sigma = u_{p_z}$ витікає, що резерв, який відповідає коефіцієнту ризику p_z , повинен дорівнювати щонайменше:

$$K = (V - q) = u_{p_z} \sigma. \quad (4.64)$$

Тому, якщо, наприклад, $p_z = 0.05$, то $K = 1.64\sigma$.

Таким чином, обсяг резерву K визначаються прийнятим коефіцієнтом ризику та коливаннями (розкидом) потреби в запасах, які характеризуються середньоквадратичним відхиленням σ . Величину σ можна наближено визначити з статистичної обробки значень попиту в попередні періоди.

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

$$B(q) = c_1 b / q + c_2 (q/2 + u_{p_z} \sigma), \quad (4.65)$$

де

c_1 — затрати на оформлення замовленої партії, що не залежать від розміру (обсягу) партії і виникають кожен раз при його розміщенні;

c_2 — затрати на зберігання одиниці запасу в одиницю часу;

$B(q)$ — сумарні затрати на утримання запасу в одиницю часу.

Ці затрати будуть мінімальними, якщо

$$dB(q)/dq = -c_1 b / q^2 + c_2 / 2 = 0 \quad (4.66)$$

Звідси можна визначити величину оптимального розміру партії:

$$q = \sqrt{\frac{2c_1 b}{c_2}} \quad (4.67)$$

З (4.67) видно, що на розмір партії не впливає розмір резерву.

Оптимальний запас разом з резервом дорівнює величині:

$$W = \sqrt{\frac{2c_1 b}{c_2}} + u_{p_z} \cdot \sigma, \quad (4.68)$$

де

W — необхідний запас разом з резервом.

Вище наведено один з простих методів врахування ризику.

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 до ризику тощо.

ВРАХУВАННЯ РИЗИКУ ПРИ ПРИЙНЯТТІ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ

Знати про існування ризику, враховувати його лише на якісному рівні, інтуїтивно необхідно, але недостатньо. Важливо виявити його причини, ступінь, причому слід оцінити спочатку ймовірність того, що певна подія дійсно відбудеться, а потім — як це може вплинути на ситуацію. При оптимальному (раціональному, допустимому) ступені ризику керівники (бізнесмени, менеджери, управлінські команди) приймають рішення щодо вибору будь-якого проекту з дещо меншою нормою доходу (прибутку), але з значно більшими шансами на реалізацію цього проекту, щодо його стійкості, маневреності тощо.

При прийнятті будь-якого більш-менш суттєвого рішення необхідно враховувати ризик. Це дозволяє впорядковувати процес опрацювання рішення, формуючи ряд альтернативних проектів (стратегій), визначаючи діапазон імовірних станів (сценаріїв) розвитку у майбутньому економічного середовища. Маючи репрезентативний спектр можливих наслідків, подаючи їх у систематизованому вигляді, можна прийняти якщо не оптимальне, то все ж значно більш раціональне рішення з допустимим рівнем ризику, чого важко досягти лише при застосуванні інтуїтивного підходу для ефективного розв'язання відповідних фінансово-економічних проблем.

Ідентифікувати, аналізувати, враховувати та управляти ризиком необхідно, зокрема:

- * перед прийняттям стратегічних, тактичних, оперативних рішень щодо відповідних об'єктів (проектів);
- * при необхідності стабілізації портфеля та здійсненні відповідних угод;
- * при проведенні профілактичної діагностики певного виду діяльності, яка проводиться одночасно з інвентаризацією, аудитом тощо;
- * при необхідності одержання (надання) кредитів та залучення інвестиційних коштів для реалізації будь-яких проектів;
- * при прогнозуванні кон'юнктури та поводження зацікавлених сторін;
- * при маркетингових дослідженнях щодо виробництва та реалізації товарів, послуг (прогноз попиту, врахування смаків споживачів);
- * при пошуках аргументів в конфліктних ситуаціях;
- * при управлінні чужим портфелем (трастові компанії);
- * при здійсненні аудиторської, консалтингової діяльності тощо.

5.1. Вартість, час та ризик

5.1.1. Вартість і час

Співвідношенню "гроші — час" приділяють виключно велику увагу [73, 82, 101]. Фінансові менеджери часто розв'язують задачу визначення теперішньої вартості грошових коштів (*Present Value — PV*) та їхньої майбутньої вартості (*Future Value — FV*), тобто вартості грошей з врахуванням добавлених відсоткових сплат. Розроблено зручні моделі, які дозволяють орієнтуватись у справжній ціні можливих майбутніх прибутків.

Вирішення проблеми щодо вартості грошей з часом ґрунтується на аналізі зв'язку між чотирма змінними. Це: теперішня вартість *PV*, майбутня вартість *FV*, норма дисконту (чи норма відсотка) *R*, час *t*. Зв'язки між цими чотирма змінними можна виразити за допомогою наступного рівняння:

$$A = B \cdot C \quad (5.1)$$

Якщо *A* означає теперішню вартість грошей; *B* — майбутня

вартість, то C є коефіцієнтом дисконтування $1/(1+R)^t$.

Якщо ж A означає майбутню вартість, а B є теперішньою вартістю, то C є складним відсотком $(1+R)^t$.

Важливим етапом в таких розрахунках є визначення норми відсотку (дисконту) R , за допомогою якої зіставляються різночасні затрати та доходи.

Інвестування капіталу, зокрема в цінні папери, є прийняттям рішення, обтяженого ризиком. Тобто йдеться про необхідність визначення ефективності рішень щодо майбутнього, порівняння ефектів, які відносяться до різних моментів (періодів) часу.

Для цього необхідно розглянути зміну вартості грошей з часом. Зробити це можливо при застосуванні техніки дисконтування.

Техніка дисконтування спирається на математичні методи обчислення складного відсотка.

При цьому, відсотки приєднуються до початкової бази (початкового капіталу), отже, база для визначення нарощеної суми змінюється. Механізм нарощування грошей по складних відсотках називають також капіталізацією відсотка.

Введемо позначення: P — початковий капітал, R — норма відсотка, FV_t — вартість капіталу через t років.

Використовуючи той факт, що вартість капіталу через певний період дорівнює сумі вартості капіталу на початку цього періоду та відсотка, отриманого на протязі цього періоду, одержимо таку схему для обчислень вартості інвестованого капіталу:

з початку — P ;

через рік — $FV_1 = P + RP = P(1+R)$;

через два роки — $FV_2 = P(1+R) + [P(1+R)] \times$

$$\times R = P(1+R)(1+R) = P(1+R)^2;$$

через t років — $FV_t = P(1+R)^t$. (5.2)

Тобто майбутня вартість — це вартість інвестованого в даний час капіталу в майбутньому.

Формула (5.2) показує, що майбутня вартість теперішньої суми грошей залежить від трьох чинників:

* початкової вартості (суми капіталу);

* інвестиційного періоду, на протязі якого капітал приносить дохід (відсоток);

* величині норми відсотка.

Чим більший початковий капітал, тим більша майбутня вартість. Чим довший період інвестування, тим більша майбутня вартість. Чим більша норма відсотка, тим більша майбутня вартість.

Майбутня вартість виявляє сталий темп зростання капіталу з часом, причому цей темп дорівнює нормі відсотка.

При застосуванні гіпотетичної неперервної капіталізації відсотків одержимо таку формулу для обчислення майбутньої вартості:

$$FV_t = Pe^{rt}, \quad (5.3)$$

де: e — константа, основа натуральних логарифмів ($e=2,7183$).

Методом, який дозволяє привести видатки і доходи, затрачені й отримані в різні моменти періоду, що розглядається, до порівняння на початок цього періоду, є метод дисконтування, який базується на перемножуванні номінальної вартості потоків видатків і доходів в різні періоди (роки) та відповідного коефіцієнта дисконтування.

Фінансовому менеджерові необхідно аналізувати теперішню вартість майбутніх доходів в таких, зокрема, випадках:

- 1) одноразові сплати, які сподіваються отримати у визначений момент у майбутньому;
- 2) потоки доходів (сплат), які надіються отримувати періодично (щорічно) на протязі певного (обмеженого) періоду (років);
- 3) потоки доходів (сплат), котрі надіються отримувати щорічно, теоретично на протязі нескінченного терміну (довічна рента).

Теперішня вартість грошей визначається за такою формулою:

$$PV = FV_t / (1+R)^t, \quad (5.4)$$

де

PV — теперішня (поточна) вартість;

FV_t — майбутній доход, який сподіваються отримати через t років;

R — річна ставка дисконту;

t — кількість років.

Вартість очікуваного потоку доходів залежить від розподілу щодо отримання цих доходів в часі, а також норми дисконту. Якщо є такі дані: FV_t — суми, які сплачуються в t -му проміжку часу в майбутньому; R — ставка дисконту; T — кількість періодів (років), то теперішню вартість майбутнього потоку доходів можна обчислити за формулою:

$$PV = \sum_{t=1}^T \frac{FV_t}{(1+R)^t} \quad (5.5)$$

Обчислення теперішньої вартості потоку грошових доходів за формулою (5.5), які очікують у майбутньому на протязі певної кількості років, найчастіше використовується у фінансовому менеджменті для врахування чинників часу та ризику. Більшість рішень, які приймаються інвесторами, стосується порівняння обсягів сьгоднішніх затрат з потоком сподіваних доходів на протязі певної кількості років (у майбутньому).

Однак часто фінансовому менеджереві доводиться визначати теперішню вартість ануїтету.

Ануїтет — послідовність однакових за обсягом виплат за певні проміжки часу.

Ануїтетом можуть бути виплати грошей (щорічні, щопівроку, щоквартальні, щомісячні). Кожна окрема виплата, яка входить до складу ануїтету, зветься його членом. Теперішню вартість T -річного ануїтету можна обчислити за формулою:

$$PV = \sum_{t=1}^T \frac{FV}{(1+R)^t} \quad (5.6)$$

де:

PV — теперішня вартість;

FV — сума, яка сплачується за певний проміжок часу (рік);

R — ставка дисконту;

T — кількість років.

Вартість звичайної акції обчислюють як теперішню вартість потоку дивідендів, отримуваних, починаючи з періоду t_1 до нескінченності:

$$P_0 = \sum_{t=t_1}^{\infty} \frac{D_t}{(1+R)^t} \quad (5.7)$$

де:

P_0 — теперішня вартість звичайної акції;

D_t — очікувані дивіденди від звичайної акції;

R — встановлена інвестором норма прибутків від звичайної акції (норма дисконту) з урахуванням ризику.

5.1.2. Модель рівноваги ринку капіталів (САРМ)

В обчисленнях важливу роль відіграє встановлення науково-обгрунтованої норми (ставки) дисконту.

Під нормою дисконту розуміють норму доходу на альтернативні та доступні на ринку інвестиційні можливості з приблизно таким же рівнем ризику.

Це та норма віддачі на вкладений капітал, яка може стимулювати інвесторів до відповідних внесків.

Існує просте правило: високий ризик означає високу ставку дисконту (капіталізації), малий ризик — низьку дисконтну ставку [73].

Загалом для оцінки дисконтних ставок використовують такі принципи:

- 1) з двох майбутніх надходжень вищу дисконтну ставку має те, що надійде пізніше;
- 2) чим нижчий очікуваний рівень ризику, тим нижчою може бути ставка дисконту;
- 3) якщо загальні відсоткові ставки на ринку зростають, то зростають і дисконтні ставки.

Інвестори досить часто визначають ставки дисконту (норму відсотка) R шляхом додавання до ставки (норми) безризикової віддачі R_F (наприклад, норми річного доходу по державних цінних паперах) так званої "премії за ризик" [74, 93, 104].

Спрощені методи врахування ризику при обчисленні норми дисконту дає, зокрема, модель рівноваги ринку капіталів (САРМ). Важливу роль щодо визначення величини норми відсотка (норми дисконту) відіграють інші чинники.

В цій моделі ринок цінних паперів розглядається з точки зору двох головних характеристик кожного портфеля: сподіваної норми прибутку та ризику портфеля.

Як міра (ступінь) ризику портфеля тут приймається коефіцієнт бета (β).

Кожен портфель можна подати графічно в двовимірному просторі, де на осі абсцис відкладатимемо значення коефіцієнта бета портфеля, а на осі ординат — їхні очікувані норми прибутку.

Ця лінія називається лінією ринку капіталів. Знаючи координати двох точок, через які вона проходить, легко подати рівняння:

$$m = m_F + \beta (m_M - m_F), \quad (5.8)$$

де:

m — сподівана норма прибутку цінного паперу;

β — коефіцієнт бета цінного паперу;

m_M — сподівана норма прибутку ринкового портфеля;

m_F — норма прибутку, яка відповідає цінному паперові, не обтяженому ризиком.

Лінія ринку цінних паперів показує залежність сподіваної норми прибутку звичайної акції від коефіцієнта бета цієї акції для ринку цінних паперів, який знаходиться в рівновазі.

Ця лінійна залежність означає, що в міру зростання коефіцієнта бета сподівана норма прибутку зростає пропорційно.

Лінію ринку цінних паперів можна подати в дещо зміненому вигляді, а саме:

$$m - m_F = (m_M - m_F)\beta. \quad (5.9)$$

5.1.3. Вплив ризику та інфляції на величину норми відсотка

Умови, при яких підприємства (фірми) можуть скористатися зовнішніми джерелами капіталу, залежать від ситуації, яка складається на ринку капіталів. Важливим параметром цього ринку є норма відсотка.

Норма відсотка є ціною, яку боржник сплачує кредиторіві за позичку, тобто за одержані грошові фонди.

Норма відсотка є одним з найважливіших параметрів ринкової економіки. Теорії відсотка присвячені праці відомих вчених-економістів. Про деякі з теорій відсотків йдеться, зокрема, в [104].

Розглянемо лише окремі питання, які мають відношення до аналізу величини норми відсотка.

Охарактеризуємо, зокрема, такі чинники, як інфляція та ризик, які найбільш істотно впливають на рівень норми відсотка (норми дисконту).

Згідно з класичною теорією норми відсотка, започаткованою Ірвінгом Фішером, **реальна норма відсотка** — це така норма, яка врівноважує попит та пропозицію на ринку капіталу. Пропозиція заощаджень залежить від того, в якій мірі люди схильні

тримуватися від сьогоднішнього споживання на користь майбутнього споживання. Попит на заощадження залежить, в основному, від ефективності продуктивного використання матеріальних засобів в господарській (перш за все виробничій) діяльності. Норма ефективності використання засобів визначає верхню межу величини норми відсотка. В цьому розумінні норма відсотка може трактуватися як чинник, що впливає на величину пропорції заощаджень та на розміри попиту як певний параметр, величина якого визначається співвідношенням між попитом та пропозицією на заощадження. Так, збільшення норми відсотка стимулює приріст заощаджень і зменшення величини попиту на гроші. Зменшення норми відсотка стимулює зменшення заощаджень (зменшує пропозицію), одночасно стимулює кредит (збільшує попит). З другого боку, зростання попиту на заощадження є чинником, що стимулює ріст норми відсотка. Спад попиту є чинником, що зменшує норму відсотка. В зворотньому напрямку діє зростання пропозиції заощаджень, воно призводить до зниження норми відсотка.

Номінальна норма відсотка — це та норма, згідно з якою кредитор отримує винагороду за надані ним фонди (винагорода за утримання від теперішнього споживання). Номінальна норма відсотка складається з двох елементів:

- 1) реальної норми відсотка;
- 2) інфляційної премії.

Необхідно підкреслити, що величина інфляційної премії залежить від інфляційних сподівань, а не від реальної норми інфляції, яка існує в даний час в економіці. Існуюча норма інфляції теж в значній мірі залежить від інфляційних сподівань [104].

Зазначимо, що й ті, хто надають кредит і ті, хто його бере, враховують в розрахунках (обчисленнях) норму (темпи) інфляції, яка, на їхню думку, буде мати місце протягом періоду, на який надається кредит (грошові фонди). В момент, коли беруть позику та обговорюють величину відсотка, обидві сторони діють в умовах невизначеності щодо рівня реальної норми (темнів) інфляції та відповідної норми відсотка. Кредитодавець може домагатися додаткової премії за ризик інфляції. Враховуючи це можна стверджувати, що номінальна норма відсотка буде дорівнювати сумі, що складається з реальної норми відсотка, інфляційної премії (очікуваної норми інфляції), а також премії за інфляційний ризик (ризик того, що норма (темпи) інфляції

буде вищою ніж очікувана).

Можливо подати це наступною формулою:

$$R = R_r + R_i + R_{i,r} \quad (5.10)$$

де:

R — номінальна норма відсотка;

R_r — реальна норма відсотка;

R_i — інфляційна премія;

$R_{i,r}$ — премія за інфляційний ризик.

Численні дослідження свідчать про те, що ризиком обтяжені всі види цінних паперів (інвестицій), як ті, що дають статус власника (акції), так і ті, що підтверджують існування стосунків кредиту (облігації).

Ризик власника облігації певного підприємства дещо менший, ніж ризик, яким обтяжений власник акції. Величина доходу від облігації обумовлена в момент її купівлі. В цьому випадку ризик пов'язаний передусім із небезпекою можливого банкрутства емітента, що призводить до втрати капіталу, вкладеного в цей вид цінних паперів.

Найменш ризикованою формою вкладення заощаджень є купівля державних цінних паперів (облігацій). Власник цих облігацій не лише знає, який (сталий) доход він одержуватиме, але й впевнений в тому, що не втратить інвестованого в їх купівлю капіталу. Тобто ризик, пов'язаний з даним видом цінних паперів, є близький до нуля. Але і тут існує ризик, пов'язаний з тим, що з часом зростатиме середній рівень норми відсотка, а це призведе до того, що куплені раніше державні облігації, відповідно з старим рівнем норми відсотка, будуть відносно менш прибутковими, ніж нові, випущені пізніше. В цьому відношенні короткострокові державні цінні папери є менш ризикованими, ніж довгострокові. Необхідно також зазначити, що власник облігацій (державних та емітованих певним підприємством) має детерміновану, обумовлену норму доходу в номінальних цінах, а темпи інфляції (які можуть бути значними) призводять до того, що доход в реальних цінах є невизначеною величиною.

Суб'єкти ринку капіталів характеризуються різними пріоритетами і схильністю до ризику. Досить широко розповсюджена комерційна діяльність дає підстави вважати, що багато осіб схильні брати участь у починаннях із досить невизначеними результатами щодо рівня прибутку. Великий інтерес до державних цінних паперів свідчить, у свою чергу, що є чималий відсо-

ток осіб, які замість цінних паперів, що мають високу норму сподіваних доходів, але обтяжені високим ступенем ризику, готові задовольнитися нижчою нормою доходу, але певного (детермінованого) доходу, тобто цей дохід в дійсності не буде істотно відрізнятись від очікуваного. Незважаючи на те, що пріоритети окремих суб'єктів прийняття рішень суттєво відрізняються, в економічній літературі поширена думка, що усереднений інвестор є несхильним до ризику (спадаюча гранична корисність).

З цього виходить, що такий інвестор буде купувати цінні папери, обтяжені високим ризиком, лише тоді, коли цей ризик буде компенсовано відповідним чином, тобто коли сподівана норма доходу цього паперу буде теж високою.

Отже, можна стверджувати, зокрема, що серед різних доступних вкладень, раціонально діючий інвестор вибере ті, які:

- * при заданому ступені ризику характеризуються вищою нормою очікуваного доходу;
- * при заданій нормі очікуваного доходу характеризуються нижчим ступенем ризику.

Враховуючи вищевикладене, можна стверджувати, що рівень норми відсотка, якого прагне інвестор буде визначатися таким рівнянням:

$$R = R_r + R_l + R_{lr} + R_p, \quad (5.11)$$

де R_p — ризик інвестиційного проекту.

Визначення складових, які входять до формули (5.11), проводять різними способами.

Якщо є дані для оцінки коефіцієнта бета щодо інвестиційного проекту, то, використовуючи модель рівноваги ринку капіталів (5.8), можна записати:

$$R = R_F + \beta(R_M - R_F), \quad (5.12)$$

де

R — необхідна норма відсотка;

R_F — безпечна норма відсотка;

β — коефіцієнт систематичного ризику, пов'язаного з дааним видом інвестиційних проектів;

R_M — середньоринкова норма відсотка.

Реальна норма відсотка повинна містити в собі, як про це йшлося в попередньому матеріалі, так звану інфляційну премію

— надбавку до реальної норми відсотка, яка компенсує інфляційне знецінення грошей.

Обчислення номінальної норми відсотка R необхідно проводити за допомогою формули, виведеної відомим економістом І.Фішером. Одержати цю формулу можна з таких міркувань. Якщо інвестована сума дорівнює одиниці, то через певний період (рік) ця сума дорівнюватиме $1+R_r$, внаслідок приросту вартості, що відповідає реальній нормі відсотка (R_r). Але, через інфляцію, річний (прогнозований) темп якої дорівнює величині i , потік доходів повинен бути збільшений в $(i+1)$ разів. Отже, маємо формулу І.Фішера, яка (зокрема) наведена в [97]:

$$1+R=(1+R_r)(1+i)=1+R_r+i+iR_r$$

а звідси одержимо:

$$R=R_r+i+iR_r \quad (5.13)$$

Для обчислення номінальної норми відсотка, яка враховує і премію за ризик, і премію за інфляцію, вчиняючи аналогічно [21], тобто використовуючи формулу (5.13), одержимо:

$$R_M=R_{rM}+i+iR_{rM} \quad (5.14)$$

$$R_F=R_{rF}+i+iR_{rF} \quad (5.15)$$

де

R_M — номінальна середньоринкова норма відсотка;

R_{rM} — реальна середньоринкова норма відсотка;

i — прогнозований темп інфляції;

R_F — номінальна безпечна норма відсотка;

R_{rF} — реальна безпечна норма відсотка.^а

Підставляючи R_M та R_F з (5.14) та (5.15) у формулу (5.12), одержимо:

$$R=R_{rF}+i+iR_{rF}+\beta(R_{rM}-R_{rF})+\beta i(R_{rM}-R_{rF}). \quad (5.16)$$

На практиці ж здебільшого використовують спрощену формулу, наведену, зокрема, в [97, 101]:

$$R=R_{rF}+i+\beta(R_{rM}-R_{rF}) \quad (5.17)$$

Формула (5.17) дає досить вірні (наближені) результати лише тоді, коли реальні норми (ставки) відсотка R_{rF} , R_{rM} та, особливо, темпи інфляції (i) малі, що характерно в останні роки для промислово розвинутих країн з ринковою економікою.

Коли ж рівень інфляції значний, формула (5.17), яку широко

використовують у ряді праць, дає невірні (занижені) результати. У ряді підручників, зокрема в [97], наводиться така формула:

$$R = R_{rF} + i + iR_{rF} + \beta(R_{rM} - R_{rF}), \quad (5.18)$$

яка дає дещо кращі, але теж занижені результати при високих темпах інфляції.

Приклад. Нехай отримана такі дані: безпечна реальна норма відсотка становить 6% ($R_{rF}=0,06$), прогнозований темп інфляції складає 300% річних ($i=3,0$), реальна середньоринкова норма відсотка — 18% ($R_{rM}=0,18$), коефіцієнт систематичного ризику, пов'язаний із даним видом інвестиційних проектів, $\beta=1,2$.

Необхідно підрахувати номінальну норму відсотка, яка би врахувала ризик та інфляцію.

Розв'язання. Вірне рішення одержимо, користуючись формулою (5.16):

$$R = 0,06 + 3,0 + 3,0 \cdot 0,06 + 1,2(0,18 - 0,06) + \\ + 3,0 \cdot 1,2(0,18 - 0,06) = 3,816,$$

тобто $R = 381,6\%$.

Користуючись спрощеною формулою (5.17), вірною (наближено) лише при низьких темпах інфляції, одержимо:

$$R = 0,06 + 3,0 + 1,2(0,18 - 0,06) = 3,204,$$

тобто $R = 320,4\%$.

Отже, номінальна норма відсотка занижена на 61,2 відсотка. Похибка складає 16,04%.

За формулою (5.18) одержимо, що:

$$R = 0,06 + 3,0 + 3,0 \cdot 0,06 + 1,2(0,18 - 0,06) = 3,384,$$

тобто $R = 338,4\%$.

Отже номінальна ставка відсотка також занижена на 43,2%. Похибка складає 11,32%.

Розмірковуючи далі, можна стверджувати, що прогнозований темп інфляції це лише точкова оцінка, середнє значення прогнозованої величини. Як відомо, при прогнозуванні, якими б методами ми не користувалися, вірнішим буде інтервальний підхід [96].

Отже, як про це йшлося вище, використовуючи в умовах невизначеності щодо реальних темпів інфляції відповідні методи прогнозування, одержимо як очікувану величину темпів інфляції i , так і надбавку за інфляційний ризик Δi .

Модифікуючи формулу І.Фішера (5.13) можна записати:

$$(1+R) = (1+R_r)(1+i + \Delta i)$$

Звідси одержимо:

$$R = R_r + i + i \cdot R_r + \Delta i + R_r \cdot \Delta i. \quad (5.19)$$

В результаті міркувань, аналогічних [21], замість формули (5.16) одержимо модифіковану формулу для розрахунків номінальної норми відсотка з урахуванням ризику стосовно ризику відсотка інфляції:

$$R = R_{rF} + i(1 + R_{rF}) + \Delta i(1 + R_{rF}) + \beta(R_{rM} - R_{rF}) + \beta i(R_{rM} - R_{rF}) + \beta \Delta i(R_{rM} - R_{rF}). \quad (5.20)$$

Складові формули (5.20) для розрахунків номінальної, з урахуванням ризику, норми відсотка можна трактувати так:

R_{rF} — реальна безпечна норма відсотка;

$i(1 + R_{rF})$ — премія за інфляцію;

$\Delta i(1 + R_{rF})$ — премія за інфляційний ризик;

$\beta(R_{rM} - R_{rF})$ — премія за ризик інвестиційного проекту;

$\beta i(R_{rM} - R_{rF})$ — сенергетична премія за ризик інвестиційного проекту та інфляцію;

$\beta \Delta i(R_{rM} - R_{rF})$ — сенергетична премія за ризик інвестиційного проекту та інфляційний ризик.

Окрім того, в багатьох випадках при обчисленні норми відсотка необхідно враховувати також ризик ліквідності, яким обтяжені певні активи (об'єкти інвестування). За наявності такого ризику інвестор може вимагати додатковий доход (прибуток) у вигляді премії за ліквідність R_l . В цьому випадку формула для обчислення необхідної номінальної норми відсотка поповниться ще одним членом — премією за ліквідність R_l . Тобто замість формули (5.16) маємо:

$$R = R_{rF} + i + i R_{rF} + \beta(R_{rM} - R_{rF}) + \beta i(R_{rM} - R_{rF}) + R_l$$

Відповідно, на величину R_l зміниться і вираз (5.20):

$$R = R_{rF} + i(1 + R_{rF}) + \Delta i(1 + R_{rF}) + \beta(R_{rM} - R_{rF}) + \beta i(R_{rM} - R_{rF}) + \beta \Delta i(R_{rM} - R_{rF}) + R_l. \quad (5.21)$$

З тези про зниження граничної корисності грошових доходів виходить, як вже зазначалося, що більшість людей виявляють неохочість до ризику. Це, в свою чергу, призводить до того, що, купуючи різного роду активи, обтяжені ризиком, інвестори домагаються відповідної компенсації.

Активи, обтяжені вищим ступенем ризику, будуть придбані лише тоді, коли норма доходу буде відповідно вищою, тобто

компенсує високий ступінь ризику.

Зазначимо, що з точки зору підприємства, яке прагне накопичити необхідні фонди для фінансування будь-яких програм (проектів), спосіб їхнього накопичення впливає на затрати, які підприємство повинно понести, користуючись зовнішніми джерелами капіталу. А це, в свою чергу, впливає на ефективність відповідних проектів.

5.2. Врахування ризику в стратегічному (інвестиційному) менеджменті

5.2.1. Загальні засади стратегічного (інвестиційного) менеджменту

В умовах зростаючої конкуренції, науково-технічного прогресу, динамізму (нестационарності) й невизначеності зовнішнього по відношенню до компанії (фірми, підприємства) економічного середовища, тенденції до скорочення життєвого циклу продукції (послуг) та пов'язаної з цим гострої необхідності розвивати в країні інвестиційну (інноваційну) діяльність система стратегічного менеджменту може забезпечити компанії (підприємству) довгостроковий ринковий успіх.

Економічна ефективність виробничо-господарської діяльності компанії в середньо — та довгостроковому періоді може визначатися комплексом оцінок, які характеризують різні аспекти її функціонування у майбутньому. Є сенс враховувати, зокрема, таке:

- * вибір маркетингової стратегії в умовах стохастичної чи розпливчастої природи інформації, яка використовується, щодо процесів розвитку ситуації на ринку в цілому та в обраному сегменті ринку, зокрема;
- * підвищення ролі ситуаційного аналізу, прогнозування наслідків прийнятих рішень, оцінки перспектив можливої зміни загальної ситуації в країні (політичного ризику);
- * проведення аналізу та моніторингу обраної стратегії менеджменту і порівняння результатів господарської діяльності компанії (фірми) з показниками конкурентів для оцінки перспектив щодо схилення на свій бік потенційних акціонерів та інвесторів тощо.

Визначення стратегічних цілей спирається на вирішення таких задач: 1) виявлення перспектив щодо розвитку основної сфери діяльності компанії. Для багатопрофільних компаній (фірм) аналіз проводять по кожному виду діяльності окремо; 2) визначення положення та конкурентоспроможності компанії — також по кожній з сфер діяльності.

У кожному з цих випадків обрання раціональної стратегії компанії важливим є доступність всебічної інформації, зокрема, показників капіталовкладень, стану балансу, які визначають альтернативи стратегічної політики.

Бізнесменом (менеджером, управлінською командою), як правило, розробляється декілька альтернативних стратегій, з яких необхідно вибрати одну за допомогою багатьох критеріїв (цілей), зокрема, можна говорити про такі цілі, як розширення частки компанії (фірми) на ринку, мінімізація затрат на технічне переоснащення (впровадження новітніх технологій), створення іміджу виробника якісної продукції (послуг) тощо [101].

Цілі, на будь-якому рівні їхньої ієрархічної структури, нерідко суперечать одна одній, що теж обумовлює певний ступінь ризику. Окрім того, невизначеною (нечіткою, розпливчастою) є й інформація щодо прогнозованого розвитку зовнішнього (для компанії) економічного середовища (загальноринкова кон'юнктура, попит, ціни тощо), яку зручно подати як множину різних, взаємовиключних сценаріїв (станів економічного середовища).

Отже, необхідно розрізнити і враховувати декілька типів невизначеності та зумовленого ними економічного ризику: невизначеність цілей; невизначеність прогнозів розвитку в майбутньому економічного середовища (різні стани економічного середовища можна подати у вигляді сценаріїв); невизначеність дій конкурентів, а також нестача даних, зокрема числових (кількісних) даних, необхідних для обчислень в процесі економіко-математичного моделювання.

Необхідно зазначити, що формування програми розвитку компанії, її стратегії у середньо- та довгострокових періодах умовно розділяють на три етапи.

Перший етап охоплює діяльність, яка має на меті пошук ефективних інвестиційних проектів, збір необхідної інформації, оцінку їхньої ефективності та ризику і порівняння та вибір тих з них, які максимізують теперішню дисконтовану інтегровану вартість компанії (фірми). Тобто на цьому етапі приймаються рішення, що стосуються величини та структури активів з ураху-

занням їхнього ризику.

Другий етап стосується рішень про джерела фінансування інвестиційної програми, або, іншими словами, — рішень щодо структури капіталу компанії.

Предметом третього етапу є комплексний інвестиційний та фінансовий план. Аналізуючи зв'язки між інвестиційними та фінансовими рішеннями необхідно мати на увазі, що односторонній підхід до привабливих інвестиційних проектів як головного компонента, не завжди призводить до найкращих результатів, бо може привести до проблем з їхнім фінансуванням, які, в свою чергу, можуть навіть загрожувати банкрутством.

Не останньою ціллю для компаній повинно бути досягнення зрівноваженого довгострокового зростання їхньої вартості за умови оптимального ступеня ризику (допустимого ризику). Компанія, яка прагне уникнути фінансових клопотів, мусить дотримуватись відповідної політики, пов'язаної з досягненням допустимого (оптимального) ступеня ризику фінансування програми свого розвитку, і користуватись при цьому як внутрішніми, так і зовнішніми джерелами фінансування.

Необхідно виконувати детальні дослідження, зокрема, відносно можливих шляхів зниження (оптимізації) ризику, яким обтяжена певна інвестиційна стратегія.

Серед критеріїв, які враховуються при оцінюванні інвестиційних (інноваційних) програм та проектів, можна назвати, зокрема, відповідність проекту корпоративній та інноваційній стратегії фірми, адекватність рівня ризику прийнятим у фірмі уявленням тощо.

На стратегію фірми має вплив схильність (несхильність) до ризику керівництва фірми.

Найбільш часто використовують багатокритеріальні (багаточільові, багатофакторні) оцінки.

Оцінка інвестиційної стратегії компанії (фірми) може здійснюватись на підставі цілого ряду критеріїв, виходячи з її загальної стратегічної спрямованості. Зокрема, її здійснюють на основі таких критеріїв [8, 49]:

- * узгодженість інвестиційної стратегії з загальною стратегією економічного розвитку компанії. При цьому досліджується узгодженість цілей, спрямованості та етапів реалізації цих стратегій;
- * внутрішня збалансованість інвестиційної стратегії. Під час цієї оцінки визначається, наскільки узгоджені між

собою окремі стратегічні цілі та спрямованість інвестиційної діяльності, а також послідовність їх виконання;

- * узгодженість інвестиційної стратегії з зовнішнім середовищем. Оцінюється, наскільки інвестиційна стратегія відповідає прогнозованим змінам економічного розвитку, а також кон'юктурі інвестиційного ринку;
- * здійсненність інвестиційної стратегії з урахуванням наявного ресурсного потенціалу.

Отже в першу чергу розглядаються:

- * потенційні можливості компанії з формування фінансових ресурсів за рахунок власних джерел. Розглядається також можливість залучення до реалізації інвестиційної стратегії необхідних фінансових, технологічних, сировинних, енергетичних та інших ресурсів;
- * допустимість ступеня ризику, пов'язаного з реалізацією інвестиційної стратегії. Розглядаються ступені основних ризиків та можливі (випадкові) небажані фінансові наслідки для компанії;
- * результативність інвестиційної стратегії. Оцінка результативності інвестиційних програм базується, перш за все, на визначенні економічної ефективності їх реалізації. Оцінюються також і позаекономічні результати (зростання іміджу компанії; покращання умов праці її працівників; покращання обслуговування клієнтів тощо).

Таким чином, розробка інвестиційної стратегії дозволяє прийняти ефективне управлінське рішення, пов'язане з розвитком компанії в умовах динамічності та невизначеності зовнішніх та внутрішніх чинників (тобто в умовах ризику), які визначають цей розвиток.

5.2.2 Різні аспекти врахування ризику при прийнятті інвестиційних рішень

Ризик інвестиційних проектів можна розглядати з трьох точок зору, тобто застосовуючи три методичних підходи [20].

По-перше, ризик певного проекту можна аналізувати окремо, без врахування його зв'язків з рештою активів (майна), об'єктів, що їх посідає компанія (фірма), для якої проект, власне,

розробляється.

По-друге, ризик проекту можна аналізувати в контексті ризику тих засобів, які вже посідає ця фірма, та впливу проекту, що аналізується, на ризик фірми в цілому (ефект портфеля, що розглядається в межах активів, майна фірми).

По-третє, ризик проекту може бути аналізованим у контексті ризику ринку та можливостей формування окремих пакетів (портфелів) вкладень (активів) окремих інвесторів (акціонерів) фірми.

Необхідно зауважити, що окремі інвестиційні проекти можуть характеризуватися відносно високим ступенем ризику, якщо розглядати їх окремо. Водночас вони можуть бути проектами з прийнятним ступенем ризику з точки зору ризику фірми в цілому чи ризику ринку, якщо підійти до цього з точки зору диверсифікації.

Згідно з розглянутою вище моделлю рівноваги ринку капіталів, для акціонера суттєвим є лише систематичний (ринковий) ризик, бо ступінь специфічного ризику він може знизити, відповідним чином формуючи свій портфель активів. В зв'язку з цим можна поставити запитання. Чи доцільно аналізувати ризик фірми, якщо для акціонера важливим є лише ризик ринку?

Відповідь на це запитання, на нашу думку, може бути ствердною — оцінка ризику інвестиційних проектів та їхній вплив на ризик фірми є одним із найважливіших елементів в оцінці окупності цих проектів. Підкреслимо ще раз, що необхідність урахування ризику впливає з декількох міркувань.

Найважливіші з них розглянемо більш детально.

По-перше, доки фірма виступить на ринку капіталів з попитом на капітал, необхідний їй для фінансування своєї інвестиційної програми, аналіз та оцінка ступеня ризику є необхідною умовою для вірного обчислення грошового потоку доходів і затрат, що пов'язані з реалізацією відповідних інвестиційних проектів, і, відповідно, для визначення чистої теперішньої вартості цих починань. Якщо продаж і доходи фірми, які будуть мати місце у майбутньому, розглядати як випадкові змінні величини, то цей факт повинен бути врахований при обчисленні ефективності. Помилки в оцінці можливих величин цих доходів можуть призвести або до відхилення ефективних проектів, або

ж до прийняття таких, що мають значно нижчу (чи від'ємну) чисту теперішню вартість.

По-друге, акціонер фірми має можливість формувати портфель своїх вкладень (який складається з акцій різних фірм, товариств) в зв'язку з чим, ризик окремих акцій оцінюється не безпосередньо, а через їх вплив на загальний ризик портфеля. Акції кількох фірм, кожна з яких може характеризуватися відносно високим ступенем ризику, можуть бути інвестиціями з середнім або навіть низьким ступенем ризику, якщо вони входять до складу відповідно сформованого портфеля.

В дещо іншій ситуації знаходяться керівництво та працівники фірми, доходи яких залежать від поточних чинників, пов'язаних з її функціонуванням. Чим більшим ступенем ризику обтяжені інвестиції, тим більша небезпека, що доход буде меншим від очікуваного. В багатьох випадках керівництво фірми в більшій мірі зацікавлено в обмеженні ризику, ніж її акціонери.

По-третє, детальний аналіз інвестиційних проектів з точки зору ризику дає можливість побачити слабкі сторони цих проектів, якої можуть спричинити до значних збитків в ході їх реалізації і подальшого використання. Визначення цих чинників є обов'язковою умовою вірного визначення доходів та ефектів, що відповідно може впливати на величину чистої теперішньої ринкової вартості проекту (фірми). Якщо в результаті такого аналізу виявиться, що чиста теперішня вартість проаналізованого проекту є від'ємною величиною, то такий проект потрібно відхилити. Окрім того, такий аналіз може вказати на необхідність додаткових заходів з метою ліквідації певних недоліків (наприклад, необхідність кращої реклами, зміни споживчих якостей виробів, які можуть бути реалізовані в результаті виконання проекту, вибір більш стабільних джерел постачання матеріалами, напівфабрикатами, підвищення кваліфікації працівників тощо).

Ризик можна враховувати при оцінюванні інвестиційних проектів кількома методами.

Один з найбільш простих методів врахування ризику полягає в тому, щоб відкоректувати очікувані доходи, перемноживши їх на ймовірність того, що вони будуть досягнуті.

Інший спосіб врахування ризику полягає в тому, щоб скорегувати норму дисконту, яка приймається для обчислення чистої теперішньої вартості інвестиційних проектів, які аналізуються, (про це йшлося в 5.1).

Для проектів, котрі характеризуються високим ступенем ризику, норма дисконту повинна бути відповідно підвищена, що призводить, в свою чергу, до зниження чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту, обтяженого високим ступенем ризику.

Так, якщо маємо два альтернативних інвестиційних проекти, які відрізняються лише різним ступенем ризику, то ясно, що для реалізації слід обрати проект з нижчим ризиком, при цьому буде нижчою норма дисконту і відповідно - вищою чиста теперішня вартість.

На практиці для оцінки ризику інвестиційних проектів використовують різні методи, зокрема, описані в 1.3 та в другому розділі даної праці.

Способи зниження (оптимізації) ступеня ризиків, якими обтяжений інвестиційний проект, досить різноманітні, окремі з них описані у третьому та четвертому розділах цієї праці.

5.2.3. Оцінка інвестиційних проектів з урахуванням ризику

Оцінка інвестиційних проектів вимагає проведення детального аналізу, збирання великої кількості даних та проведення відповідних обчислень і має на меті, окрім всього іншого, знизити до прийнятних меж ступеня ризику інвестування, який завжди має місце в умовах динамічності, нестабільності, невизначеності.

Теорія та практика пропонують значну кількість різних методів оцінки ефективності інвестиційних проектів [8, 28, 33, 52, 55, 86, 99, 107].

Процес оцінювання інвестицій можна умовно розділити на три етапи:

перший етап — оцінюється обсяг інвестицій і майбутніх грошових надходжень;

другий етап — оцінюється ступінь ризику інвестицій, очікуваних грошових надходжень і визначається, ґрунтуючись на оціненому ступені ризику, відповідна величина вартості капіталу;

третій етап — очікувані грошові надходження приводяться до теперішньої (інтегрованої, дисконтованої) їхньої вартості (на певну дату), використовуючи обчислену вартість капіталу.

Порівнюючи теперішню вартість очікуваних грошових надходжень із затратами (дисконтованими), оцінюють реальну ефективність (цінність) інвестицій. Якщо теперішня (поточна) вартість надходжень від інвестицій вища, ніж затрати, то є підстави для реалізації даного інвестиційного проекту.

В процесі оцінки інвестиційних проектів використовуються, окрім загальноприйнятих показників ефективності, специфічні, притаманні оцінці інвестицій.

На практиці найбільш широко використовуються, зокрема, такі показники:

- * чистий потік грошових коштів;
- * період окупності інвестицій;
- * чиста (нетто) теперішня вартість;
- * внутрішня ставка (норма) доходу;
- * індекс прибутковості.

1. Чистий (нетто) потік грошових коштів — це різниця між очікуваними надходженнями за певний період та видатками.

Чистим (нетто) потоком грошових засобів від проекту (NCF) є потік, який визначається таким чином:

$$NCF = \text{нетто прибуток проекту} + \text{амортизаційні відрахунки.}$$

Інтерпретуючи економічну суть чистого (нетто) потоку грошових інвестиційних доходів, можна стверджувати, що він складається з тих грошей, якими можна вільно розпоряджатися в окремі відрізки часу (роки) аналізованого періоду (призначаючи їх на реінвестування в даній фірмі чи на інші реальні інвестиції та іншого виду інвестиції, наприклад, на купівлю цінних паперів).

2. Період окупності інвестицій — це кількість років T_0 , що необхідна для компенсації видатків, вкладених у реалізацію проекту, доходами, одержаними за період його експлуатації. Серед розглядуваних варіантів інвестування найбільш ефективним буде той варіант, для якого період окупності інвестицій є найкоротшим.

Для його розрахунку використовується такий вираз:

Період окупності T_0 = період до повної компенсації вкладень + неповернений залишок на початок наступного періоду, поділений на чистий потік доходів на протязі наступного за ним періоду.

Зазначимо, що ті проекти, по яких видатки повертаються

раніше, обтяжені меншим ризиком з точки зору непевності (невизначеності) поводження зовнішнього економічного середовища, ніж проекти, в яких видатки повертаються в більш віддалені періоди часу (точність прогнозів на більш тривалий період, як відомо, зменшується).

Цей показник, обчислений з використанням дисконтованої очікуваної величини потоку доходів (в грошовій формі), тобто з урахуванням вартості грошей у часі, ризику та інфляції, дає більш реальні показники відносно періоду окупності інвестицій.

Необхідно зауважити, що на практиці ці способи обчислень (недисконтованих та дисконтованих потоків доходів) можуть призводити до різних результатів, в зв'язку з чим слід підкреслити, що за умови, коли ставка (норма) дисконту вірно відображає вартість капіталу, необхідного для фінансування аналізованих інвестиційних проектів, *метод, який спирається на дисконтовані очікувані потоки доходів, є значно точнішим.*

3. Чиста (нетто) теперішня вартість дозволяє враховувати чинник часу і збігається з інтересами власників компанії (фірм). Якщо теперішня нетто-вартість інвестиційного проекту є додатною величиною, то цей проект призведе до зростання вартості фірми і в результаті цього до збільшення майнового стану, який посідатимуть власники фірми.

Чиста теперішня вартість інвестиційних проектів обчислюється за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^T CF_t / (1+R)^t, \quad (5.22)$$

де:

NPV — чиста (нетто) теперішня (поточна) вартість;

CF_t — очікуваний (нетто) потік доходів (видатків) в t -му році;

T — кількість років, що взята до розрахунку;

R — норма (ставка) дисконту (доходу) з урахуванням ризиків та інфляції [21].

Зазначимо, що для прийняття рішень (оптимальних) необхідно скористатися концепцією та інструментарієм теорії портфеля, якщо йде мова про інвестиційну програму, що складається з кількох інвестиційних проектів [28].

4. Внутрішня ставка (норма) доходу — це така норма відсотка (доходу), за якої чиста теперішня вартість розглядуваного інвестиційного проекту дорівнює нулеві. Іншими словами,

внутрішня норма доходу є така норма дисконту R , яка зрівнює дисконтований потік доходів (у грошовому виразі) з величиною інвестиційних витрат, тобто за якої виконується умова:

$$NPV = \sum_{t=0}^T CF_t / (1+R)^t = \sum_{t=0}^T CF_t / (1+IRR)^t = 0, \quad (5.23)$$

де IRR — внутрішня норма (ставка) доходу.

Згідно з цим критерієм до реалізації повинні бути допущені всі ті проекти, для яких величина внутрішньої ставки доходу є більшою, ніж вартість капіталу, необхідного для фінансування цих інвестиційних проектів.

Зазначимо, що в більшості випадків оцінки за допомогою цих двох показників (чистої теперішньої вартості та внутрішньої ставки доходу) дають однакові результати. Але, треба це підкреслити, в деяких випадках ці показники можуть призвести до різних оцінок.

Розбіжності результатів оцінки проектів за допомогою внутрішньої ставки доходу (відсотка) та чистої теперішньої вартості мають місце частіше всього в двох випадках, коли:

- * вартості реалізації (інвестування) окремих проектів суттєво відмінні;
- * існує істотна різниця відносно розкладу в часі потоків грошових доходів і видатків, пов'язаних з окремими інвестиційними проектами (варіантами).

Суть проблеми в обох цих випадках подібна. Призводить це до необхідності дати відповідь на запитання стосовно величини рівня норми доходу, згідно з якою фірма може (її це вигідно) інвестувати тимчасово вільні грошові кошти.

Можна, зокрема, стверджувати, що, коли маємо два проекти A та B (якщо, наприклад, $IRR_A > IRR_B$), а вартість капіталу, необхідного для фінансування проектів, є меншою від внутрішньої норми відсотка, тобто $R < \min\{IRR_A, IRR_B\}$, є сенс прийняти до реалізації проект з вищим значенням чистої теперішньої вартості, тобто проект A , якщо

$$\max\{IRR_A, IRR_B\} = IRR_A$$

Якби вартість капіталу, необхідного для фінансування проектів, що аналізуються, була вищою від рівня внутрішньої норми відсотка одного з проектів, то цей проект мав би тоді від'ємну чисту теперішню вартість, отже його треба було б відхилити, бо

він зменшував би вартість фірми.

5. Індекс прибутковості — це показник, який дозволяє оцінювати ефективність інвестиційних проектів, що розглядаються. Він дорівнює відношенню чистої теперішньої вартості потоку доходів, що будуть одержані, до теперішньої вартості потоку затрат, які необхідні для реалізації цього проекту, тобто:

$$KP = \sum_{t=0}^T CIF_t / (1+R)^t / \sum_{t=0}^T COF_t / (1+R)^t, \quad (5.24)$$

де

KP — індекс прибутковості;

CIF — чистий потік грошових доходів, що можуть бути одержані у випадку реалізації проекту (він складається з прибутків та амортизаційних відрахунків);

COF — затрати, необхідні для реалізації інвестиційного проекту;

T — розглядуваний період часу (роки);

R — норма дисконту (доходу) з урахуванням ризиків.

Ті проекти, для яких індекс прибутковості більший від одиниці ($KP > 1$), повинні бути допущені до реалізації. Серед взаємовиключних проектів до реалізації слід вибрати той проект, який характеризується більшою величиною показника прибутковості.

Аналізуючи різні показники та висуваючи різні гіпотези, які можуть мати місце на практиці у майбутньому, можна здійснити всебічний аналіз різних наявних альтернативних інвестицій (стратегій, варіантів).

Має сенс скористатися одним із методів багатокритеріального аналізу та оптимізації.

Зазначимо, що далеко не завжди на початкових етапах розгляду та аналізу інвестиційних проектів можна досить швидко та за прийнятну ціну одержати всі необхідні дані (числові).

З другого боку, прогноз на майбутнє не може дати детерміновану цифрову інформацію, він дає лише інтервал значень.

Оскільки необхідно обсяги майбутніх доходів та видатків оцінювати за ймовірнісними варіантами (необхідно мати також ймовірності цих варіантів, сценаріїв).

Відомий ряд методів, які дозволяють оцінити інвестиційні (інноваційні) проекти і за такої ситуації, коли використовується

"м'яка", вербальна інформація. Вони розглядалися, зокрема, в 3.4 та 3.5.

Для проектів, що характеризуються високим ступенем ризику, норма дисконту повинна бути відповідно підвищена, що призводить, в свою чергу, до зниження чистої (нетто) теперішньої вартості інвестиційного проекту, обтяженого високим ступенем ризику.

Так, якщо маємо два альтернативних інвестиційних проекти, які відрізняються лише різним ступенем ризику, то ясно, що до реалізації слід вибрати проект з нижчим ризиком, при цьому буде нижчою норма дисконту і відповідно — вищою чиста теперішня вартість.

Так, зокрема у 5.1, номінальну норму дисконту R з урахуванням ризику та інфляції пропонується обчислювати за формулою (5.16) чи (5.21).

На практиці, як правило, необхідно вибрати один з m попередньо сформованих альтернативних інвестиційних проектів (варіантів проекту). Позначимо їх через $\Pi_i, i=1, \dots, m$. Вибір цей обтяжений ризиком, зокрема, ризиком, зумовленим множинністю критеріїв (показників ефективності проектів), суперечністю результатів вибору проекту по кожному з цих показників.

Щоб зробити суб'єктивізм вибору менш грубим, а ризик — прийнятним, можна скористатися наведеним в 3.4 алгоритмом підтримки процесів прийняття рішень на підставі розпливчастих (нечітких) вербальних оцінок (розпливчастий метод аналізу ієрархій) [19, 33].

Багаторівнева ієрархічна структура, сформована згідно з правилами цього алгоритму, подан на рис. 5.1.

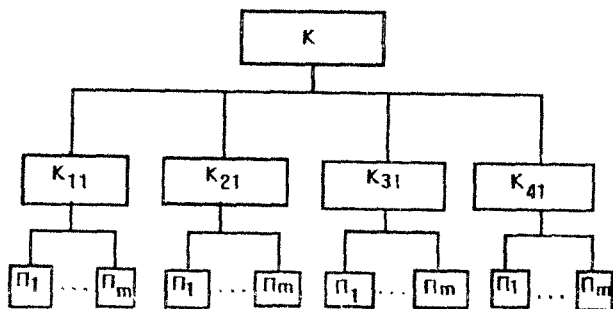


Рис. 5.1. Ієрархічна структура для вибору інвестиційного проекту

Тут введено такі позначення:

Рівень 0:

K — узагальнений (інтегрований) критерій ефективності інвестиційного проекту;

Рівень 1:

K_{11} — чистий потік грошових коштів;

K_{21} — період окупності інвестицій;

K_{31} — чиста (нетто) теперішня вартість;

K_{41} — індекс прибутковості;

Рівень 2:

$P_i, i=1, \dots, m$ — альтернативні інвестиційні проекти (варіанти проекту), один з яких необхідно вибрати для реалізації.

Зазначимо, що окрім наведених вище деталізованих критеріїв ($K_{j1}, j=1, \dots, 4$) можуть використовуватись й інші показники ефективності проектів, коли є сенс їхнього використання. Це вирішують в кожному конкретному випадку.

При застосуванні алгоритму, наведеного в 3.4, можливі різні методики.

1. Проводячи співставлення (порівняння) кожної пари деталізованих критеріїв ($K_{j1}, j=1, \dots, 4$) з точки зору узагальненого критерію ефективності інвестиційних проектів (K), та використовуючи для цього якісні (вербальні, лінгвістичні) оцінки разом з їхніми порядковими шкалами і розпливчастими множинами, згідно з методикою і алгоритмом, наведеним у 3.4, можна побудувати матрицю їхніх попарних порівнянь і зрештою впорядкувати критерії $K_{j1}, j=1, \dots, 4$ відповідно значень функції належності ($\mu(K_{j1}), j=1, \dots, 4$). Це дозволяє встановити суб'єктивні вагові коефіцієнти ($u_j, j=1, \dots, 4$) кожного з деталізованих критеріїв:

$$u_j = \mu(K_{j1}) / \sum_{j=1}^4 \mu(K_{j1}), \quad j=1, \dots, 4. \quad (5.25)$$

Проблема прийняття багатоцільових рішень характеризується, зокрема, трьома чинниками (V, u, W), де

V — метод нормалізації;

u — співвідношення пріоритету;

W — критерії згортки [100].

Деякі види методів нормалізації принципів врахування пріоритету, критеріїв згортки подані в [28]. Нормалізація застосовується для переходу до порівняльних шкал у значеннях критеріїв (показників) оцінювання.

Так, зокрема, зручно обрати природну нормалізацію, лінійний метод врахування пріоритету та критерій сумарної ефективності. Якщо $K_{j1}^i, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, 4$ — відповідні значення ефективності i -го інвестиційного проекту згідно з j -тим показником, то, застосувавши природну нормалізацію, перейдемо до нових показників ефективності, значення яких \hat{K}_{j1}^i обчислюється за формулою:

$$\hat{K}_{j1}^i = (K_{j1}^i - \min_{i=1, \dots, m} K_{j1}^i) / (\max_{i=1, \dots, m} K_{j1}^i - \min_{i=1, \dots, m} K_{j1}^i), \quad (5.26)$$

$$i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, 4$$

А значення критерію згортки (K_1^i) деталізованих критеріїв можна подати у вигляді:

$$K_1^i = \sum_{j=1}^4 u_j \hat{K}_{j1}^i, \quad i = 1, \dots, m \quad (5.27)$$

згідно з ними й вибирається найкращий Π_i інвестиційний проект з альтернативних варіантів $\Pi_i, i = 1, \dots, m$.

2. Найбільш зручним, на наш погляд, є перехід до якісної (вербальної, м'якої) інформації і порівняння інвестиційних проектів $\Pi_i, i = 1, \dots, m$ з точки зору кожного з деталізованих критеріїв (рис. 5.1), не дивлячись на те, що при цьому здійснюється перехід від кількісних значень кожного з показників до якісних оцінок (загрублюється наявна числова інформація).

Побудувавши відповідні матриці попарних порівнянь (здійснити це, маючи кількісну інформацію, не складає проблеми), можна за допомогою розпливчастого методу аналізу ієрархій [19] розташувати множину альтернативних проектів (варіантів проекту) відповідно до значень функції належності

кожного з них $\mu(\Pi_i)$, $i=1, \dots, m$ і обрати той проект Π_i , для якого $\mu(\Pi_i) = 1$.

3. Для більш повного врахування невизначеності та зумовленого цим ризику необхідно прийняти до уваги й те, що в процесі обчислень показників ефективності інвестицій, зокрема, згідно з відповідними формулами обраних показників, використовуються такі важко прогнозовані чинники, що спричинюють ризик, як темпи інфляції, ціни, попит тощо. На нашу думку, в цьому випадку є сенс скористатися методологією та інструментарієм сценарного підходу, описаного, зокрема, у [33, 110]. З кібернетичної точки зору тут пропонується таке формулювання задачі щодо побудови сценаріїв. Вивчається складна, динамічна, відкрита, керована, не повністю спостережувана економічна система. Необхідно описати можливі напрямки її змін кількома (бажано багатьма) варіантами так, щоб в межах поставленої змістовної задачі дати найбільш повне уявлення щодо можливих у майбутньому станів і траєкторій розвитку систем. Тобто сценарний підхід передбачає проведення множини альтернативних суджень і обчислень відповідних значень наведених вище показників ефективності інвестиційних проектів на підставі даних, що відповідають різним можливим (імовірним) варіантам розвитку економічного середовища розглядуваної множини проектів.

Використовуючи запропонований в [25] і поданий у 3.5 методологічний підхід та ігровий, розпливчастий метод аналізу ієрархій (IPMAI), можна здійснити відповідний вибір. Позначимо через Θ_s , $s=1, \dots, S$ — множини сценаріїв (станів економічного середовища), яке може знаходитись лише в одному з цих станів. Для встановлення суб'єктивної ймовірності здійснення того чи іншого сценарію можна скористатися судженнями експертів і, застосувавши розпливчастий метод аналізу ієрархій, отримати для кожного сценарію значення функції належності $\mu(\Theta_s)$, $s = 1, \dots, S$. А далі, встановити значення суб'єктивної ймовірності $P(\Theta_s)$ кожного зі сценаріїв:

$$P_s = p(\Theta_s) = \mu(\Theta_s) / \sum_{s=1}^S \mu(\Theta_s), \quad s=1, \dots, S \quad (5.28)$$

Оскільки поводження людини (експерта, суб'єкта прийняття рішення) в процесі прийняття рішення залежить від ситуації, в якій воно приймається, то зрозуміло, що в кожному сценарії можуть надаватися різні судження як при співставленні (порівнянні) кожної пари деталізованих критеріїв ($K_{j1}, j = 1, \dots, 4$) з точки зору узагальненого (інтегрального) критерію ефективності інвестиційних проектів K , так і при порівнянні кожної пари з множини інвестиційних проектів ($\Pi_i, i = 1, \dots, m$) з точки зору кожного з деталізованих критеріїв. Таким чином, для кожного з сценаріїв ($\Theta_s, s=1, \dots, S$) будуть отримані відповідні значення оцінок функції належності кожного з проектів, тобто

$$\mu_{is} = \mu(\Pi_i, \Theta_s), \quad i = 1, \dots, m; s = 1, \dots, S.$$

В розгорнутій формі, аналогічно [25] (3.5), ситуація прийняття рішень характеризується матрицею:

$$\mu = \begin{pmatrix} \Theta_1 & \Theta_2 & \dots & \Theta_s \\ \Pi_1 & \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{1s} \\ \Pi_2 & \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Pi_m & \mu_{m1} & \mu_{m2} & \dots & \mu_{ms} \end{pmatrix} \quad (5.29)$$

Коли для всіх виділених сценаріїв $\Theta_s, s=1, \dots, S$ існує домінуюча стратегія Π_j^* , тобто існує такий інвестиційний проект, для котрого:

$$\mu_{j_s} = 1 \text{ для усіх } s=1, \dots, S, \quad (5.30)$$

то його й необхідно вибрати. Ця стратегія забезпечує мінімальний ризик. Якщо ж такого проекту немає серед розглядуваної множини варіантів, то, маючи значення $\rho_s, s=1, \dots, S$, за допомогою теоретико-ігрової моделі, застосовуючи один з показників чи декілька показників кількісної оцінки ризику, можна здійснити впорядкування множини альтернативних інвестиційних проектів та обрання найкращого з них, використовуючи для цього методологію і алгоритм, наведений у 3.5.

Зазначимо, що суб'єктивну (наближену) оцінку коефіцієнта систематичного ризику (β), який фігурує у формулі (5.16) чи в (5.21), можна здійснити також шляхом застосування ігрового розпливчастого методу аналізу ієрархій на базі вербальної (м'якої) інформації, про це йдеться в [20].

Отже, якщо певна компанія (фірма, підприємство) прагне вибрати інвестиційний проект, то це необхідно здійснювати, враховуючи ризик та використовуючи, зокрема, алгоритм, узагальнена блок-схема якого подана на рис. 5.2 [33].

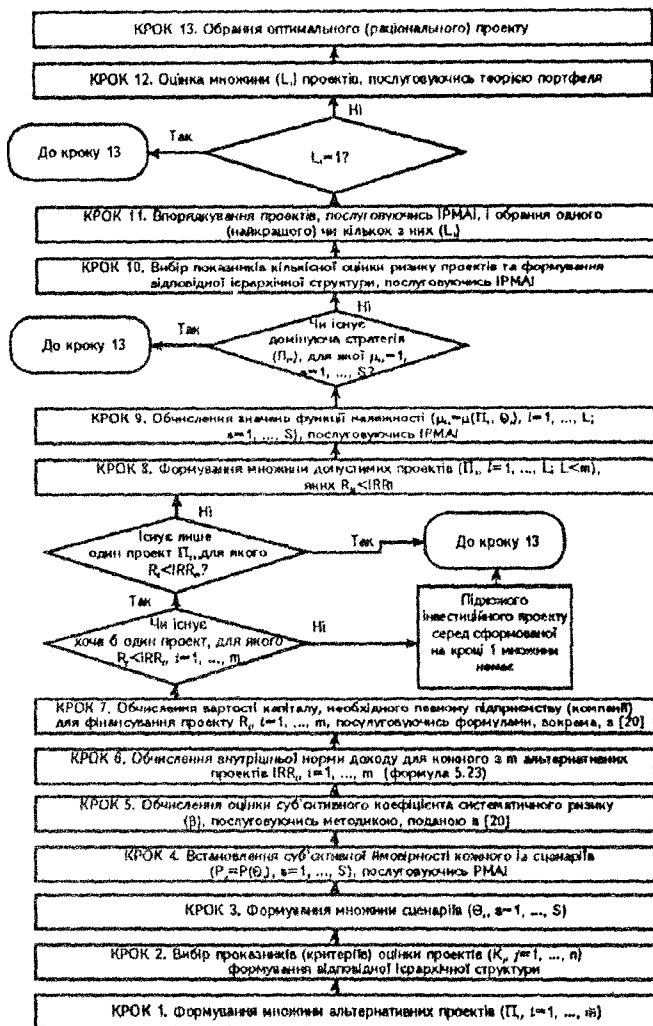


Рис.5.2. Узгальнена блок-схема формалізованої процедури обрання інвестиційного проекту з урахуванням ризику

5.2.4. Принципи формування інвестиційного портфеля з урахуванням ризику

Більшість інвесторів обирає більше ніж один об'єкт для реального чи фінансового інвестування, тобто формують певну їхню сукупність (множину). Цілеспрямований підбір таких об'єктів являє собою процес формування інвестиційного портфеля [101].

Головною метою формування інвестиційного портфеля компанії є забезпечення реалізації їхньої інвестиційної стратегії шляхом відбору найбільш ефективних і безпечних (з допустимим рівнем ризику) інвестиційних проектів і фінансових інструментів.

З урахуванням сформованої головної цілі будується система часткових цілей, беручи до уваги (обрану стратегію) та особливості здійснення інвестиційної діяльності.

Так, зокрема, в [8, 107] до основних цілей віднесені такі (рис.5.3).

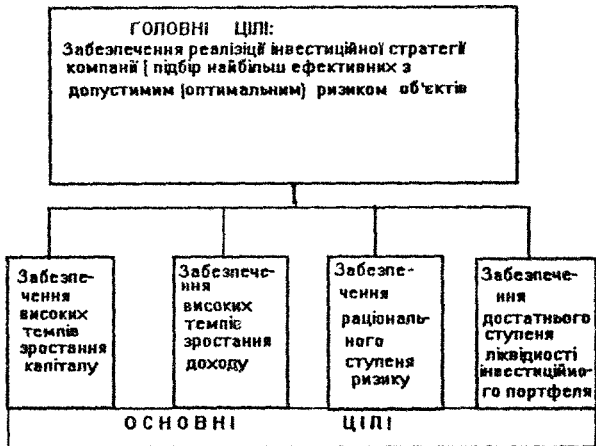


Рис.5.3. Система цілей формування інвестиційного портфеля

Коротко зупинимось лише на таких основних цілях, як забезпечення раціонального ступеня інвестиційного ризику та достатнього ступеня ліквідності вкладень інвестиційного портфеля.

1. Забезпечення раціонального ступеня інвестиційного ризику

Окремі інвестиційні проекти, особливо ті, які забезпечують високі темпи зростання доходу, можуть мати високий рівень ризиків. Однак в межах інвестиційного портфеля в цілому цей рівень повинен оптимізуватися з точки зору окремих напрямків інвестиційної діяльності. В процесі оптимізації загального рівня ризиків інвестиційного портфеля основну увагу необхідно приділяти мінімізації ризику можливої (ймовірної) втрати капіталу, а лише потім оптимізації ризику втрати доходів (прибутків). Окрім цього, ризик інвестиційного портфеля в цілому повинен бути контрольованим.

2. Забезпечення достатнього ступеня ліквідності вкладень інвестиційного портфеля

З метою досягнення ефективної керованості інвестиційним портфелем, забезпечення можливості швидко реінвестувати капітал в більш вигідні проекти певна частка портфеля інвестицій повинна мати високоліквідний характер. Рівень ліквідності інвестиційного портфеля визначається інвестиційною кон'юнктурою в країні, її динамізмом та специфікою інвестиційної діяльності компанії.

Наведена вище (рис.5.3) система цілей може бути значно розширена. Слід зазначити, що різні цілі формування інвестиційного портфеля в значній мірі є альтернативними, суперечать одна одній. Так, зокрема, забезпечення високих темпів збільшення капіталу в певній мірі досягається за рахунок зниження рівня поточної норми доходу (прибутку) інвестиційного портфеля. Зростання капіталу та збільшення доходів знаходяться в прямій залежності від рівня інвестиційних ризиків. Забезпечування достатньої ліквідності не дозволяє, в ряді випадків, залучити в портфель високоприбуткові інвестиційні проекти, а також проекти, що забезпечують значний приріст капіталу в довгостроковому періоді.

Враховуючи альтернативність (суперечність) цілей, можна говорити також про *ризик, породжуваний невизначеністю, конфліктністю цілей*. Враховуючи конфліктність цілей, формування інвестиційного портфеля, можна визначити їхні пріоритети, зокрема, експертним методом (питання щодо прийняття багатоцільових рішень в умовах ризику розглянуті вище, в третьому розділі).

Для врахування кількох типів невизначеності та зумовленого ними ризику — невизначеність цілей, невизначеність прогнозів розвитку економічного середовища у майбутньому, нестача кількісних даних, необхідних для обчислень тощо, в [19, 26, 31] запропоновані відповідні моделі та методи для прийняття рішення з оптимальним ступенем ризику (вони описані вище в 3.4, 3.5).

Основні цілі формування інвестиційного портфеля закладаються у відповідні критеріальні показники, які компанія повинна розробити, користуючись досконалою методикою та математичним апаратом. Зокрема, будь-яка компанія може розробити актуальні на певний період та прийнятні для неї нормативні показники: мінімально допустимі темпи зростання капіталу; мінімально допустимий рівень поточного доходу; максимально допустимий (оптимальний) ступінь інвестиційного ризику; мінімальну по капіталомісткості частку високоліквідних інвестиційних проектів. Ті чи інші конкретні значення критеріальних показників можуть застосовуватися не лише до портфеля в цілому, але й при оцінці окремих інвестиційних проектів (фінансових інструментів інвестування), з яких, власне, і повинен бути сформований портфель. Відмінність цілей (їхньої питомої ваги), видів об'єктів інвестування, що залучаються до портфеля, та інші умови визначають різноманітність варіантів спрямованості та складу портфелів окремих компаній.

Гіпізація інвестиційних портфелів за видами пов'язана зі спрямованістю та обсягом діяльності компанії [8]:

- * портфель реальних інвестиційних проектів формують, як правило, ті фірми, які здійснюють виробничу діяльність, для забезпечення свого розвитку. Він формується з певних об'єктів реального інвестування;
- * портфель цінних паперів, як правило, формується інвестиційними фондами та інвестиційними компаніями, трастовими компаніями тощо;
- * портфель решти об'єктів інвестування, як правило, доповнює інвестиційний портфель окремих компаній (наприклад, валютний портфель; депозитний портфель тощо). Може формуватися також змішаний інвестиційний портфель.

Можна також говорити про типізацію інвестиційних портфелів відносно пріоритетних цілей інвестування.

Портфель росту формують в основному з об'єктів інвесту-

вання, обтяжених, відповідно високим ступенем ризику.

Портфель доходу формується в основному з об'єктів інвестування, які забезпечують досягнення високих темпів зростання доходу та обтяжені досить значним ступенем ризику.

Консервативний портфель формується в основному з об'єктів інвестування з середнім та незначним ступенем ризику. Темпи росту доходу та капіталу таких об'єктів є значно нижчими. Існує ряд проміжних різновидностей. Застосовуються також інші принципи та критерії типізації проектів та інвестиційних портфельів.

Формування інвестиційних портфельів доцільно здійснювати, використовуючи, зокрема, неокласичний підхід, наведений в 4.2.

Формуючи інвестиційний портфель, важливо мати на увазі те, що закони ринкової економіки вимагають постійного обертання коштів (капіталу)[38], з урахуванням платоспроможності. В цих умовах визначення фінансової стійкості, маневреності компанії (фірми), допустимого (раціонального, оптимального) ступеня ризику, яким вона уобтяжена, (важливими ознаками чого є, зокрема, її платоспроможність), наявності ресурсів для стійкого розвитку — відноситься до найважливіших не лише фінансових, але й загальноекономічних проблем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Аверкин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф.* Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта //Под ред. Д.А.Поспелова. — М.: Наука, 1986. — 312с.
2. *Акофф Р.* Планирование в больших экономических системах. — М.: Советское радио, 1972. — 223с.
3. *Альгин А.П.* Риск и его роль в общественной жизни. — М.: Мысль, 1989. — 187с.
4. *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов. — М.: Мир, 1976. — 755с.
5. *Ансофф И.* Стратегическое управление. — М.: Экономика, 1989. — 519с.
6. *Балабанов И.Т.* Финансовый менеджмент. — М.: Финансы и статистика, 1994. — 224с.
7. *Банковское дело* //Под ред. О.Л.Лаврушина. — М.: Банковский и биржевой научно-консультационный центр, 1992. — 428с.
8. *Бланк И.А.* Инвестиционный менеджмент. — К.: МП "ИТЕМ" ЛТД, "Юнайтед Лондон Трейд Лимитед", 1995. — 448с.
9. *Бешелев С.Л., Гурвич Ф.Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. — М.: Статистика, 1980. — 159с.
10. *Блекуэлл Д., Гиршик М.А.* Теория игр и статистических решений. — М.: ИЛ, 1958. — 318с.
11. *Болч Б., Хуань К.Дж.* Многомерные статистические методы для экономики. — М.: Статистик, 1979. — 316с.
12. *Борисов А.Н., Алексеев А.В., Крумберг О.А.* Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. — Рига: Зинатне, 1982. — 256с.

13. *Бурроу К.* Основы страховой статистики. — М.: Анкил, 1994. — 96с.
14. *Бусленко В.Н.* Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. — М.: Наука, 1977. — 239с.
15. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1978. — 399с.
16. Введение в технику работы с таблицами решений (Фрайтаг Г.), Годе В., Якоби Х. и др. — М.: Энергия, 1979. — 88с.
17. *Вентцель Е.С.* Исследование операций: задачи, принципы, методология. — М.: Наука, 1980. — 208с.
18. *Вилкас Э.Й.* Оптимальность в играх и решениях. — М.: Наука, 1990. — 256с.
19. *Вітлінський В.В.* Алгоритм підтримки процесів прийняття рішень на базі нечітких оцінок //Машинна обробка інформації, 1995, №56. — С.99 — 106.
20. *Вітлінський В.В.* Аналіз та моделювання ризику проектів. — К.: КДЕУ, 1995. Деп. в ДНТБ України 13.12.95, № 2659 — Ук95. — 17с.
21. *Вітлінський В.В.* Врахування ризику та інфляції в моделюванні та оцінюванні інвестиційних проектів. — К.: КДЕУ, 1995. Деп. в ДНТБ України 20.02.1995, №497 — Ук95. — 11с.
22. *Вітлінський В.В.* Економічний ризик: системний аналіз, менеджмент. — К.: КДЕУ, 1995. Деп. в ДНТБ України 17.10.1994, №2035 — Ук94. — 245с.
23. *Вітлінський В.В.* Машинна обробка інформації по управлінню запасами з урахуванням ризику //Машинна обробка інформації, 1995, №56. — С.126-130.
24. *Вітлінський В.В.* Моделювання раціональної структури портфеля //Машинна обробка інформації, 1996, №58. — 13с. (у друці).
25. *Вітлінський В.В.* Моделювання ризику в трансформаційному менеджменті. — К.: КДЕУ, 1995. Деп. в ДНТБ України 5.10.1995, №753 — Ук95. — 14с.

26. *Вітлінський В.В.* Моделювання та оптимізація ризику в стратегічному менеджменті //Машинна обробка інформації, 1995, №57. — С.91-102.
27. *Вітлінський В.В., Наконечний С.І.* Економічний ризик і проблеми його моделювання. — К.: КДЕУ, 1993. Деп. в ДНТБ України 20.12.1993, №2499 — Ук93. — 8с.
28. *Вітлінський В.В., Наконечний С.І.* Ризик у менеджменті. — К.: Борисфен-М, 1996. — 336с.
29. *Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Соколов В.А.* Програма, методичні вказівки та навчальні завдання для проведення практичних занять і лабораторних робіт з курсу "Економічний ризик і методи його вимірювання". — К.: КДЕУ, 1995. — 109с.
30. *Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Шаратов О.Д.* Економічний ризик і методи його вимірювання: Підручник. — К.: ІСДО, 1996. — 406с.
31. *Вітлінський В.В.* Нечітка багатокритеріальна ієрархічна модель підтримки процесів прийняття рішень. — К.: КДЕУ, 1994. Деп. в ДНТБ України 14.12.1994, №2439 — Ук94. — 33с.
32. *Вітлінський В.В.* Основні засади управління ризиком в бізнесі //Машинна обробка інформації, 1995, №57. — С. 12-23.
33. *Вітлінський В.В.* Оцінка інвестиційних проектів з урахуванням ризику. — К.: КДЕУ, 1995. Деп. в ДНТБ України 13.12.1995, №2660 — Ук95. — 14с.
34. *Вітлінський В.В.* Риск — категория экономической. От стратегического планирования к стратегическому менеджменту //Деловая Украина, май 1995, №40. — С. 2.
35. *Внукова Н.Н.* Практика страхового бизнеса. — К.: Либра, 1994. — 176с.
36. *Гафт М.Г.* Принятие решений при многих критериях. — М.: Знание, 1979. — 64с.
37. *Грабовый П.Г., Петрова С.Н., Полтавцев С.И.* и др. Риски в современном бизнесе. — М.: Аланс, 1994. — 200с.

38. *Дамари Р.* Финансы и предпринимательство: Финансовые инструменты, используемые западными фирмами для роста и развития организаций. — Ярославль: Елень, 1993. — 223с.
39. *Драйпер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. Кн.1 и 2. — М.: Финансы и статистика, 1982. — 392с.
40. *Джонсон Дж.* Эконометрические методы. — М.: Статистика, 1980. — 446с.
41. Экономическая стратегия фирмы //Под ред. Градова А.П. — СПб.: Специальная литература, 1995. — 414с.
42. *Эннусте Ю.А., Матин А.В.* Стохастические экономические модели адаптивного оптимального планирования и проблемы их координации. — М.: Наука, 1989. — 96с.
43. Энциклопедія кібернетики. В 2-х томах. — К.: УРЕ, 1973.
44. *Ермольев Ю.М.* Методы стохастического программирования. — М.: Наука, 1976. — 234с.
45. *Жлуктенко В.І., Наконечний С.І.* Теорія ймовірності і елементи математичної статистики. — К: УМК ВО, 1991. — 251с.
46. *Жуковин В.Е.* Нечеткие многокритериальные модели принятия решений. — Тбилиси: Мецниереба, 1988. — 72с.
47. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 165с.
48. *Зельнер А.* Байесовские методы в эконометрии. — М.: Статистика, 1980. — 438с.
49. *Идрисов А.Б.* Планирование и анализ эффективности инвестиций. — М.: PRO-INVEST CONSULTING, 1995. — 160с.
50. *Интрилигатор М.* Математические методы оптимизации и экономическая теория. — М.: Прогресс, 1975. — 606с.
51. *Иозайтис В.С., Львов Ю.А.* Экономико-математическое моделирование производственных систем.— М.: Высшая школа, 1991. — 192с.

52. *Ирниязов Б.С.* Основные показатели финансовой оценки инвестиций в рыночной экономике // *Финансы*, 1994, № 11. — С.22-24.
53. *Кендалл М.Дж.* Временные ряды. — М.: Финансы и статистика, 1981. — 199с.
54. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Наука, 1981. — 560с.
55. *Коломина М.Е.* Сущность и измерение инвестиционных рисков // *Финансы*, 1994, №4. — С.19-26.
56. *Кононенко А.Ф., Холезов А.Д., Чумаков В.В.* Принятие решений в условиях неопределенности. — М.: ВЦ АН СССР, 1991. — 197с.
57. Кредитное страхование (По материалам Великобритании). — М.: Анкил, 1992. — 232с.
58. *Лукашин Ю.П.* Оптимизация структуры портфеля ценных бумаг // *Экономика и математические методы*, 1995. Том 31, Вып.1. — С. 138-150.
59. *Льюис Р.Д.* Методы прогнозирования экономических показателей. — М.: Финансы и статистика, 1986. — 130с.
60. *Льюис Р.Д., Райфа Х.* Игры и решения. — М.: ИЛ, 1961. — 642с.
61. *Максимей И.В.* Имитационное моделирование на ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1988. — 232с.
62. *Мармоза А.Т.* Практикум по математической статистике. — К.: Высшая школа, 1990. — 191с.
63. *Медведев А.Г.* Особенности оценки и отбора инновационных проектов // *Мировая экономика и международные отношения*, 1993, №7. — С. 119-127.
64. *Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я.* Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. — М.: Наука, 1990. — 272с.
65. *Месарович М., Такахара Я.* Общая теория систем: математические основы. — М.: Мир, 1978. — 311с.

66. *Мирзоахмедов Ф.М.* Математические модели и методы управления производством с учетом случайных факторов. — К.: Наукова думка, 1991. — 224с.
67. *Михалевич В.С., Ермольев Ю.М.* Пакет прикладных программ недифференцируемой и стохастической оптимизации // Исследование операций и АСУ. — Киев, 1986. Вып. 27. — С. 3-28.
68. *Моисеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. — М.: Наука, 1981. — 487с.
69. *Наконечний С.І., Лузан І.П.* Планування виробництва і використання кормів в районних агропромислових об'єднаннях. — К.: Урожай, 1986. — 168с.
70. Наука в современной капиталистической экономике /С.М. Никитин, Л.П. Ночевкин, А.А. Дынкин и др /; отв. ред. С.М. Никитин. — М.: Наука, 1987. — 236с.
71. *Нейман Дж., Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение. — М.: ИЛ, 1960. — 708с.
72. Нечеткие многокритериальные модели принятия решений. — Тбилиси: Мецниереба, 1988. — 72с.
73. *Нікбахт Е., Гроппеллі А.* Фінанси. — К.: Вік, Глобус, 1992. — 383с.
74. *Никешин С.Н.* Внешняя среда экономических систем. — СПб.: Изд-во "Два-три", 1994. — 101с.
75. *Обсянко Д.В., Чернова Г.В., Воронцовский А.Л.* Интересы-цели-показатели: взаимосвязи и согласования. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 1992. — 204с.
76. *Омаров А.М.* Предприимчивость и хозяйственный риск. Отраслевое и территориальное управление в условиях перестройки. — М.: Система, 1991. — 154с.
77. *Осадник В.* Выбор стратегии с помощью аналитико-иерархического процесса // Проблемы теории и практики управления, 1994. № 6. — С.112-118.
78. *Отнес Р., Энксон Л.* Прикладной анализ временных рядов. — М.: Мир, 1982. — 428с.

79. *Первозванский А.А.* Математические модели в управлении производством. — М.: Наука, 1975. — 616с.
80. *Первозванский А.А., Первозванская Т.Н.* Финансовый рынок: расчет и риск. — М.: Инфра — М, 1994. -- 192с.
81. *Петрович М.П., Давидович М.И.* Статистическое оценивание или проверка гипотез на ЭВМ. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 191с.
82. *Пиндайк Р., Рубинфельд Д.* Микроэкономика. — М.: Экономика, Дело, 1992. — 510с.
83. *Покропивний С.* Інноваційний менеджмент в ринковій системі господарювання //Економіка України, 1995. №2. — С. 24-31.
84. *Пригожин А.И.* Нововведения: стимулы, препятствия (социальные проблемы инноватики). — М.: Политиздат, 1989. — 271с.
85. *Райзберг Б.А.* Предпринимательский риск (система оценок) //Приборы и системы управления, 1991. № 9. — С. 1-7.
86. *Райс Т., Койли Б.* Финансовые инвестиции и риск // Пер. с нгл. — К.: Торгово-издательское бюро ВНУ, 1995. — 592 с.
87. *Растрюгин Л.А.* Этот случайный, случайный, случайный мир. — М.: Молодая гвардия, 1974. — 208с.
88. *Рийтман Л.И.* Практикум по государственному страхованию. — М.: Финансы и статистика, 1991. — 297с.
89. *Родионова В.М., Федотова М.А.* Финансовая устойчивость предприятия в условиях инфляции. — М.: Перспектива, 1995. — 98с.
90. *Рух Б.* Проблемы и методы принятия решений в задачах со многими целевыми функциями //Вопросы анализа и процедуры принятия решений. — М.: Мир, 1976. — С. 20-58.
91. *Румянцев В., Путятина Л.* Методологические проблемы адаптации товаропроизводителей к рынку //Проблемы теории и практики управления, 1994, №6. — С. 69-73.

92. *Себер Дж.* Линейный регрессионный анализ. — М.: Мир, 1980. — 456с.
93. *Смоляк С.А.* Учет риска при установлении нормы дисконта // Экономика и математические методы, 1992. Том 28, Вып. 5-6. — С. 794-801.
94. *Соколов В.Г., Смирнов В.А.* Исследование гибкости и надежности экономических систем. — Новосибирск: Наука, 1990. — 253с.
95. *Соловйов В.М.* Методи статистичної перевірки статистичних гіпотез: Навч. посібник. — К.: УСДО, 1993. — 112с.
96. Статистическое моделирование и прогнозирование: Учебн. пособие Г.М.Гамбаров, Н.М.Журавель, Н.М.Королев и др.; под ред. А.Г.Гранберга. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 382 с.
97. *Стойнова Е.С.* Финансовый менеджмент в условиях инфляции. — М.: Перспектива, 1994. — 61с.
98. Страхование подрядчиков от всех рисков (По материалам Великобритании). — М.: Анкил, 1992. — 56с.
99. *Телегина Е.А.* Об управлении риском при реализации долгосрочных проектов // Деньги и кредит, 1995, №1. — С.57-59.
100. *Трухаев Р.И.* Модели принятия решений в условиях неопределенности. — М.: Наука, 1981. — 258 с.
101. Финансовый менеджмент /Под ред. Е.С.Стойновой. — М.: Перспектива, 1993. — 268с.
102. *Фишер Ф.* Проблема идентификации в эконометрии. — М.: Статистика, 1978. — 352с.
103. *Хант Ч., Зартарьян В.* Разведка на службе Вашего предприятия. — К.: Укрзакордонвизасервис, 1992. — 159с.
104. *Хикс Дж.Р.* Стоимость и капитал. — М.: Прогресс, 1993. — 488с.
105. Хозяйственный риск и методы его измерения. Пер.с венгр /Т.Бачкаи, Д.Месена, Д.Мико и др. — М.: Экономика, 1979. — 183с.

106. *Чесноков А.С.* Инвестиционная стратегия, опционы и фьючерсы. — М.: НИИУ Минэкономики РФ, 1993. — 112с.
107. *Шапиро В.Д.* и др. Управление проектами. — СПб.: "Два-три", 1993. — 443с.
108. *Шарапов О.Д., Терехов Л.Л., Сиднев С.П.* Системний аналіз. — К.: Вища школа, 1993. — 303с.
109. *Шеннон Р.* Имитационное моделирование систем — искусство и наука. — М.: Мир, 1978. — 418с.
110. *Шибалкин О.Ю.* Проблемы и методы построения сценариев социально-экономического развития. — М.: Наука, 1992. — 176с.
111. *Юдин Д.Б.* Математические методы управления в условиях неполной информации. — М.: Советское радио, 1974. — 400с.
112. *Ютлер Х.* Линейная модель с несколькими целевыми функциями // Экономика и математические методы, 1967. Том 3, вып.3. — С. 397-406.
113. *Якокка Л.* Карьера менеджера. — М.: Прогресс, 1991. — 384с.
114. *Ястремський О.І.* Моделювання економічного ризику. — К.: Либідь, 1992. — 176с.
115. A methodology for developing dependable information systems / Walls J.G. Omega, 1992, v.20, №2. — P.139-148.
116. *Elton E.J., Gruber M.J.* Modern Portfolio Theory and Investment Analysis. №4. John Wiley and Sons, 1987.
117. *Harker P.T.* Derivatives of the Perron Root of a positive Reciprocal Matrix: With Application to the Analytic Hierarchy Process // Applied Mathematics and Computation, 1987, v.226. — P. 217-232.
118. *Jain R.* A Procedure for Multiple-aspect Decision Making Using Fuzzy Sets // "International of Systems Sciences", 1977, v.8. — P.1-7.
119. *Jajuga K., Jajuga T.* Jak inwestować w papiery wartościowe. — Warszawa: HWN, 1994. — 189s.

-
120. *Markowitz H.* Portfolio Selektion. Efficient Diversification of Investments. N.Y. John Wiley and Sons, 1959.
 121. *Moore P.G.* The business of risk — Cambridge, 1983.
 122. *Ruan T.M.* Theory of portfolio selection, Macmillan, London, 1978. — 279p.
 123. *Saaty N.T.* Measuring the fuzziness of Sets // Journl of Cybernetics. — 1974, v.4. — P.53-61.
 124. *Saaty N.T.* The Analytic Hierarchy Process //Mc Graw-Hill, New York. — 1980.
 125. *Saaty N.T., Vargas L.G.* Modeling behavior in Competition: The Analytic Hierarchy Process // Applied Mathematics and Computation. — 1995, v.16. — P.49-92.
 126. *Terry J.V.* Dictionary for business and finance. — London, 1989.
 127. *Vince R.* Portfolio management formulas, Wiley, New York, 1991.
 128. *Zadeh L.A.* Fuzzy sets. — Inform Control. — 1965, v.8. — P.338-353.
 129. *Zadehi F.* The Analytic Hierarchy Process — a. Survey of the Method and its Applications //Interfaces. — 1986, v.16. — P.96-108.
 130. *Zawadzka.* Ryzyko bankowe. — Warszawa, 1995. — 124s.
-

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
Розділ 1. ЕКОНОМІЧНИЙ РИЗИК ТА ОСНОВНІ ЗАСАДИ ЙОГО АНАЛІЗУ	5
1.1. Основні причини ризику	5
1.2. Класифікація ризику	16
1.3. Основні засади аналізу ризику	21
Розділ 2. СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ РИЗИКУ	42
2.1. Загальні підходи до кількісної оцінки ступеня ризику	42
2.2. Ризик в абсолютному вираженні	44
2.3. Ризик у відносному вираженні	53
2.4. Коефіцієнт чутливості бета	59
2.5. Елементи теорії корисності в кількісній оцінці ризiku	60
Розділ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКУ	65
3.1. Ризик і моделі та методи стохастичного програмування	66
3.2. Моделювання ризику та теорія ігор	76
3.3. Ризик у прийнятті багатоцільових рішень	88
3.4. Нечітка багатокритеріальна ієрархічна модель підтримки прийняття рішень в умовах ризику	93
3.5. Ігровий розпливчастий метод аналізу ієрархій (IPMAI) у прийнятті рішень	114

<i>Розділ 4. УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ</i>	122
4.1. Основні засади управління ризиком	122
4.2. Диверсифікація діяльності як спосіб зниження ступеня ризику.	129
4.3. Запаси та резерви як способи зниження ступеня ризику	157
<i>Розділ 5. УРАХУВАННЯ РИЗИКУ В ПРИЙНЯТТІ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ</i>	166
5.1. Вартість, час та ризик	167
5.2. Урахування ризику в стратегічному (інвестиційному) менеджменті	179
<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	200