

УДК 330.4

Косарєв В.М.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПЕРЕВІРКИ СТАТИСТИЧНИХ ГІПОТЕЗ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВАРІАНТІВ ВКЛАДЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙ В СФЕРУ ВИРОБНИЦТВА

Університет імені Альфреда Нобеля, м. Дніпро, Україна

Використання іноземних і внутрішніх фінансових і матеріальних ресурсів є однією зі складових сучасної концепції економічного і соціального розвитку. Ефективному використанню цих ресурсів, як відомо, перешкоджає не тільки традиційна розбіжність обсягів наявних і потрібних ресурсів, але і неефективне управління їх використанням. Це управління спрямоване на вирішення задач: організації робіт; контролю над цільовим використанням коштів; обґрунтованого розподілу ресурсів; планування вкладення ресурсів; науково обґрунтованого прогнозування реалізації рішень, прийнятих на етапі планування. Стаття присвячена вирішенню останньої з зазначених задач. У даній роботі, за допомогою принципу компромісу і методу мінімаксу, пропонується варіант застосування методу перевірки статистичних гіпотез для оцінки реалізації варіантів вкладення інвестицій у сферу виробництва для більш обґрунтованого прийняття рішення на етапі планування розвитку підприємства в умовах невизначеності. Завданням моделювання є визначення та оцінка ймовірностей реалізації планових обсягів інвестицій, що спрямовані на сприяння стратегічного розвитку підприємства у випадку перетинання гіпотез про фактичні розподіли варіантів державних і приватних джерел інвестування в умовах невизначеності випадкового та антагоністичного характеру. Досліджено, що для оцінювання можливості реалізації варіантів вкладення інвестицій, що знаходяться в розпорядженні органів управління економічним розвитком, а також у відповідних статистичних управліннях, наявна інформація про заплановані розподіли наявних або очікуваних обсягів інвестування, тобто статистична інформація про ознаки, є інформаційною основою для вирішення зазначеного завдання. Вірогідність прогнозування реалізації кожного зі спостережуваних варіантів оцінюються шляхом обчислення ймовірності прийняття правильних рішень і помилок прийняття рішень при розгляді розподілу обсягів інвестицій, які намічаються з кожного варіанту їх використання. Результати отримані методом перевірки статистичних гіпотез за допомогою застосування принципу компромісу і методу мінімаксу. Результати застосування методу сприяють удосконаленню управління реалізацією інвестицій у сферу виробництва в складних реальних умовах.

Ключові слова: розподіл обсягів інвестицій, метод перевірки статистичних гіпотез, стохастична модель прогнозування явищ, вірогідність реалізації планових обсягів інвестицій, компромісне визначення.

DOI: 10.32434/2521-6406-2020-1-7-10-19

Постановка проблеми

Оцінки вірогідності реалізації варіантів вкладення інвестицій у виробничу сферу в рамках міждержавного партнерства в різних за обсягом поєднаннях інвестицій при фактичному розподілі обсягів інвестування (нерідко зустрічається в реальних умовах) виявляються особ-

ливо актуальними в умовах пересічних гіпотез про ці обсяги. Використання іноземних і вітчизняних фінансових і матеріальних ресурсів є однією зі складових сучасної концепції економічного і соціального розвитку. Ефективному використанню цих ресурсів, як відомо, перешкоджає не тільки традиційна розбіжність обсягів

наєвних і потрібних ресурсів, але і неефективне управління їх використанням. Це управління спрямоване на вирішення завдань: організації робіт; контролю над цільовим використанням коштів; обґрунтованого розподілу ресурсів; планування вкладення ресурсів; науково обґрунтованого прогнозування реалізації рішень, прийнятих на етапі планування. Стаття присвячена вирішенню останнього з зазначених завдань. Саме ці обставини спричиняють доцільність компромісного визначення ймовірності реалізації обсягу фінансування виробничої сфери після розв'язання задачі прогнозування ймовірностей реалізації варіантів інвестування із джерел вітчизняних і джерел іноземних. Необхідно ураховувати, що рівень цих джерел, як правило, є суттєво розмитим за обсягом через дію факторів випадкового типу. Більш того, з метою збільшення гарантованості кінцевого результату прогнозування реалізації інвестицій, доцільно далі, під час розв'язання наукового завдання визначення можливостей реалізації планового обсягу фінансування виробничої сфери, застосовувати не тільки принцип компромісного усереднення, але також і метод мінімаксного визначення гарантованого результату реалізації інвестицій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сучасному етапі розвитку методів обґрунтування рішень та моделей прогнозування розвитку процесів економічного розвитку суттєву роль відіграють фундаментальні роботи відомих вчених Т.Л. Сааті, П. Фішберна, С.А. Саркісяна, Д. Марсі, Е.С. Вентцеля, що присвячені проблемі об'єктивного обліку інформаційних ознак із сукупності вихідних даних і практичного застосування їх в задачах прийняття управлінських рішень. Вони спрямовані на аналіз, визначення корисності та ризику дослідження операцій, прийняття рішень та прогнозування їх наслідків [1,2]. Відомими є роботи академіків НАН України та вчених Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Однак задачі прогнозування реалізації планів і визначення оцінок вірогідності прогнозування (реалізації варіантів одночасного інвестування) по обмеженому числу ознак при пересічних гіпотезах про обсяги інвестування для реалізації цих варіантів, на жаль, приділяється мало уваги й в сучасних публікаціях. В той самий час, як показує аналіз, поєднання в повному обсязі ознак, що збігаються, характерних для типових варіантів вкладення інвестицій, дозволяє досягати прийнятної для практики вірогідності [3,4]. Зокрема, на-

бувають актуальності публікації результатів рішення задач прогнозування реалізації планів і визначення оцінок вірогідності прогнозування реалізації варіантів фінансування і різного їх рівня за умов обмеженого числа ознак при пересічних гіпотезах про фактичні розподіли обсягів через безліч випадкових факторів, що впливають на цю реалізацію обсягів інвестицій. Подібні результати вже публікували автори в [5–7]. Для оцінки можливості реалізації варіантів вкладення інвестицій, що знаходяться в розпорядженні органів управління економічним розвитком, а також у відповідних статистичних управліннях, є інформація про заплановані розподіли наявних або очікуваних обсягів інвестування, тобто статистична інформація про ознаки, які є інформаційною основою для вирішення зазначеного завдання. У даній роботі пропонується й обґрунтовується варіант застосування методу перевірки статистичних гіпотез для оцінювання реалізації варіантів вкладення інвестицій у сферу виробництва для більш обґрунтованого прийняття рішень на етапі планування розвитку підприємства в умовах невизначеності. «Перевірка статистичних гіпотез – клас базових задач в математичній статистиці, що полягають у перевірці статистичних гіпотез на основі даних спостереження за процесом, який моделюється за допомогою множини випадкових величин» [8]. Теорія перевірки статистичних гіпотез, основи якої заклали Егон Пірсон та Єжи Нейман майже століття тому, є основним математичним базисом, що застосовується для синтезу методів та алгоритмів, призначених для розв'язання задач виявлення і розпізнавання сигналів та образів. Не менш важливою прикладною сферою застосування цього математичного апарату є розроблення методик статистичного аналізу економічних, біомедичних та соціальних даних. Нині існує значний доробок у цьому напрямі та велика кількість різноманітних методів перевірки статистичних гіпотез. Аналіз ситуації вказує на те, що найпоширенішим є так званий байесовий підхід, відповідно до якого синтез статистичних критеріїв узгодження та правил прийняття рішень ґрунтується на формуванні відношення правдоподібності. Такий підхід потребує повного опису статистичних даних у вигляді щільності розподілу ймовірностей та в загальному випадку вимагає достатньо складних аналітичних викладень, необхідних для визначення якісних характеристик вирішених правил, які часто вдається отримати лише для асимптотичного випадку, коли обсяг вибірки прямує до

нескінченності. Розв'язання подібних задач значно спрощується, якщо статистичні дані можуть бути адекватно описані Гаусовим розподілом. Використання подібної моделі дає змогу синтезувати доволі прості та ефективні вирішні правила, які, залежно від конкретної ситуації, можна легко оптимізувати за певним ймовірнісним критерієм (Байеса, Неймана—Пірсона, мінімаксом тощо) [9].

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є вирішення науково-економічної управлінської задачі прогнозування можливостей (тобто ймовірностей) реалізації кожного з обсягів (варіантів) інвестицій із різних джерел. Задача вирішується за допомогою методу перевірки статистичних гіпотез на основі стохастичної моделі для оцінки ймовірностей реалізації рішень, що прийняті на етапі планування розвитку підприємства в умовах невизначеності та отримання адекватної моделі для процесів інвестування без наслідків, яка найбільш вірно зображає систему. Оцінювання вірогідності реалізації цих обсягів в умовах неточних даних про фактичний розподіл обсягів (який нерідко зустрічається в реальних умовах) виявляються особливо актуальними й корисними в умовах пересічення гіпотез і застосування методу мінімаксу подолання невизначеності антагоністичного характеру.

Постановка завдання

Рішення завдання прогнозування ймовірності реалізації варіантів вкладення інвестицій доцільно шукати методом перевірки статистичних гіпотез. Рішення такого завдання має багато додатків. Для визначеності розглянемо рішення задачі на прикладі сфери виробництва [10–15]. Побудуємо модель для прогнозування реалізації намічених варіантів вкладення вітчизняних та іноземних інвестицій в умовах конкурентних гіпотез про розрізнення за двома ознаками кожного, наприклад, з чотирьох запланованих варіантів використання інвестицій [16]. Будемо вважати, що ознаки у вигляді наявних обсягів P_1 й P_2 інвестицій визначають реалізацію варіантів і мають такий вигляд: ознака P_1 — обсяг внутрішніх (вітчизняних) інвестицій у сферу виробництва в рамках іноземного й внутрішнього партнерства. Ознака P_2 — обсяги зовнішніх (іноземних) інвестицій у виробничу сферу в рамках зовнішнього и внутрішнього партнерства. Очікувані варіанти реалізації інвестицій з урахуванням розподілу ознак P_1 , P_2 представимо у вигляді наступного переліку:

1. Низький рівень як вітчизняного, так і

іноземного інвестування у виробничу сферу.

2. Низький рівень вітчизняного і великий рівень іноземного інвестування у виробничу сферу.

3. Великий рівень як вітчизняного, так і іноземного інвестування в виробничу сферу.

4. Великий рівень вітчизняного і малий рівень іноземного інвестування в виробничу сферу.

З такого переліку варіантів слідує, що задача оцінювання ймовірностей реалізації кожного з варіантів інвестування повинна бути вирішена в умовах пересічних гіпотез. Із зазначеного переліку також випливає, що характеристики кожного з варіантів мають хоча б одну відмінність від характеристик будь-якого з варіантів. Кількісні відмінності кожного з чотирьох варіантів інвестування є наступними:

1. Низькому рівню вітчизняного та низькому рівню іноземного інвестування у виробничу сферу відповідає низький рівень ознак P_1 , і P_2 .

2. Низькому рівню вітчизняного і великому рівню іноземного інвестування у виробничу сферу відповідає низький рівень ознаки P_1 і великий рівень ознаки P_2 .

3. Великому рівню вітчизняного і великого рівню іноземного інвестування у виробничу сферу відповідає великий рівень ознаки P_1 і великий рівень ознаки P_2 .

4. Великому рівню вітчизняного та низькому рівню іноземного інвестування у виробничу сферу відповідає великий рівень ознаки P_1 і низький рівень ознаки P_2 .

В результаті задача зводиться до визначення значень ймовірності реалізації й умовних ймовірностей помилок прогнозу реалізації кожного із зазначених чотирьох варіантів вкладення інвестицій (за результатами реальної розмитості ознак, тобто за результатами зазвичай неточних даних про обсяг очікуваних інвестицій у сферу виробництва).

Викладення основного матеріалу дослідження

В силу недостатньої розрізненості варіантів з кожним з ознак спостережуване значення ознаки P_1 дозволяє висловити лише дві гіпотези:

A_1 (P_1 — низького рівня): реалізується варіант 1 (випадок 1.1) або варіант 2 (випадок 1.2);

A_2 (P_1 — великого рівня): реалізується варіант 3 (випадок 2.2) або варіант 4 (випадок 2.1).

Аналогічно спостережуване значення ознаки P_2 дозволяє судити про справедливність однієї з двох наступних гіпотез:

B_1 (P_2 — низького рівня): реалізується варі-

ант 1 (випадок 1.1) або варіант 4 (випадок 2.1);

B_2 (P_2 – великого рівня): реалізується варіант 2 (випадок 1.2) або варіант 3 (випадок 2.2).

Умовні щільності ймовірностей значень ознак через велику кількість випадкових факторів, які впливають на їх величину, за умов справедливості введених гіпотез вважатимемо відомими функціями.

Для гіпотез A_1, A_2 та B_1, B_2 позначимо умовні щільності ймовірностей в вигляді

$$f_1\left(\frac{P_1}{A_1}\right), f_2\left(\frac{P_1}{A_2}\right); \varphi_1\left(\frac{P_2}{B_1}\right), \varphi_2\left(\frac{P_2}{B_2}\right).$$

Неважко переконатися, що ці щільності ймовірностей ознак мають вигляд розподілу Релея. Дійсно, з досвіду відома експоненціальна залежність рівня зниження ймовірності прийняття неправильного рішення про реалізацію варіанту інвестування. З ростом абсолютного значення ознаки реалізованості в умовах випадкових факторів, що заважають прийняттю рішень, ця ймовірність монотонно зменшується, тобто мають місце формули ймовірностей наступного вигляду:

$$F_1(P_1) = \exp\left[-\frac{P_1^2}{2a_i^2}\right], i = 1, 2;$$

$$\Phi_j(P_2) = \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j = 1, 2, \quad (1)$$

де $1/(2a^2), 1/(2\beta^2)$ – швидкості зниження вірогідності прийняття неправильних рішень про реалізацію варіантів інвестування. Отже, ймовірності прийняття правильних рішень мають вигляд:

$$1 - F_1(P_1) = 1 - \exp\left[-\frac{P_1^2}{2a_i^2}\right], i = 1, 2;$$

$$1 - \Phi_j(P_2) = 1 - \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j = 1, 2.$$

Звідси (в результаті диференціювання ймовірностей) отримуємо щільності ймовірностей в вигляді розподілу Релея (рис. 1, 2):

$$f_1\left(\frac{P_1}{A_j}\right) = \frac{P_1}{a_j^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2a_j^2}\right], j = 1, 2;$$

$$\varphi_j\left(\frac{P_2}{B_j}\right) = \frac{P_2}{\beta_j^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j = 1, 2. \quad (2)$$

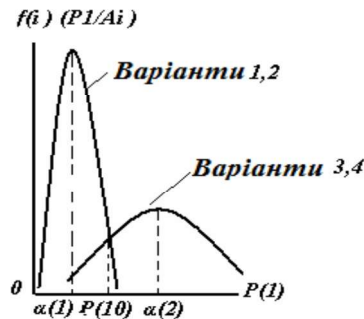


Рис. 1. Щільності ймовірностей реалізації обсягів інвестицій для 1-го, 2-го та 3-го, 4-го варіантів

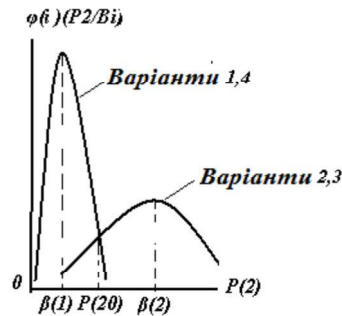


Рис. 2. Щільності ймовірностей реалізації обсягів інвестицій для 1-го, 4-го та 2-го, 3-го варіантів

Кожна з гіпотез $A_i, B_j (i=1,2; j=1,2)$ є об'єднанням двох гіпотез, які обирають з наступної множини гіпотез (випадків):

C_{11} – випадок 1.1 (рішення про реалізацію варіанту-1);

C_{12} – випадок 1.2 (рішення про реалізацію варіанту-2);

C_{21} – випадок 2.1 (рішення про реалізацію варіанту-4);

C_{22} – випадок 2.2 (рішення про реалізацію варіанту-3).

При цьому мають місце такі об'єднання гіпотез у вигляді

$$A_1 = C_{11} \cup C_{12}; A_2 = C_{21} \cup C_{22};$$

$$B_1 = C_{11} \cup C_{21}; B_2 = C_{12} \cup C_{22}.$$

Спостережувані значення ознак P_1, P_2 вважаються статистично незалежними, що справедливо при слабкому впливі, спотворюють загальних випадкових факторів на результати спостереження ознак.

З введених чотирьох гіпотез A_i, B_j ($i=1,2; j=1,2$) можна отримати гіпотези C_{ij} як перетин відповідних гіпотез A_i, B_j , а саме:

$$C_{ij}=A_i \cap B_j, \quad i=1,2; j=1,2$$

з двовимірними умовними щільностями ймовірностей ознак P_1 та P_2 в вигляді:

$$\Psi_{ij}\left(\frac{P_1}{A_i}, \frac{P_2}{B_j}\right) = f_i\left(\frac{P_1}{A_i}\right) \varphi_j\left(\frac{P_2}{B_j}\right), \quad i=1,2; j=1,2. \quad (3)$$

Вірогідності прогнозування реалізації кожного зі спостережуваних варіантів неважко оцінити, обчислюючи ймовірності прийняття правильних рішень і помилок прийняття рішень при розгляді розподілу обсягів інвестицій, що є намічуваними, по кожному з варіантів їх використання. Для цього необхідно порівняти спостережувані значення ознак P_1 та P_2 з відповідними порогоми P_{10} та P_{20} , обраними, наприклад, за критерієм «ідеального спостерігача». Умовні щільності ймовірностей правильних і помилкових рішень про реалізацію інвестування при цьому утворюють матрицю в наступному вигляді:

$$F = \begin{pmatrix} F_{11}^{11} & F_{12}^{11} & F_{21}^{11} & F_{22}^{11} \\ F_{11}^{12} & F_{12}^{12} & F_{21}^{12} & F_{22}^{12} \\ F_{11}^{21} & F_{12}^{21} & F_{21}^{21} & F_{22}^{21} \\ F_{11}^{22} & F_{12}^{22} & F_{21}^{22} & F_{22}^{22} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Елементи цієї матриці F є кількісною оцінкою відповідних умовних щільностей ймовірності реалізації інвестицій:

F_{11}^{11} – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту-1, яка кількісно дорівнює ймовірності спільної справедливості гіпотез A_1 та B_1 ;

F_{12}^{11} – ймовірність помилкового прогнозування реалізації варіанту-1, яка кількісно дорівнює ймовірності спільної справедливості гіпотез A_1 як для варіанту-1, так і для варіанту-2, що дорівнює ймовірності справедливості гіпотези A_1 і несправедливості гіпотези B_1 ;

F_{21}^{11} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-1, через спільності гіпотези B_1 як для варіанту-1, так і для варіанту-4, що дорівнює ймовірності справедливості гіпотези B_1 й несправедливості гіпотези A_1 ;

F_{22}^{11} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-1, що дорівнює ймовірності спільної несправедливості й гіпотези A_1 , і гіпотези B_1 ; ця подія спільної несправедливості

доповнює події, перераховані вище, до повної групи подій з гіпотезами A_1 та B_1 ;

F_{11}^{12} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-2, що дорівнює ймовірності спільної події, а саме, справедливості гіпотези A_1 і несправедливості гіпотези B_2 ;

F_{12}^{12} – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту-2, яка кількісно дорівнює ймовірності спільної справедливості і гіпотези A_1 , і гіпотези B_2 ;

F_{21}^{12} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-2, що дорівнює ймовірності несправедливості й гіпотези A_1 , і гіпотези B_2 ;

F_{22}^{12} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-2, що дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези A_1 і справедливості гіпотези B_2 ;

F_{11}^{21} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-4, що дорівнює ймовірності справедливості гіпотези B_1 і несправедливості гіпотези A_2 ;

F_{12}^{21} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-4, що дорівнює ймовірності спільної несправедливості і гіпотези A_2 , і гіпотези B_1 ;

F_{21}^{21} – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту-4, що дорівнює ймовірності спільної справедливості й гіпотези A_2 , і гіпотези B_1 ;

F_{22}^{21} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-4, що дорівнює ймовірності справедливості гіпотези A_2 і несправедливості гіпотези B_1 ;

F_{11}^{22} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-3, що дорівнює ймовірності несправедливості й гіпотези A_2 , і гіпотези B_2 ;

F_{12}^{22} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-3, що дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези A_2 і справедливості гіпотези B_2 ;

F_{21}^{22} – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанту-3, що дорівнює ймовірності справедливості гіпотези A_2 і несправедливості гіпотези B_2 ;

F_{22}^{22} – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту-3, що дорівнює ймовірності спільної справедливості й гіпотези A_2 , і гіпотези B_2 .

При цьому, в силу незалежності реалізацій ознак P_1 та P_2 , кожен елемент матриці F являє собою добуток ймовірностей в вигляді:

$$F_{kl}^{ij} = R_k^i N_l^j, \quad i, j, k, l \in \{1, 2\}, \quad (5)$$

де R_k^1 – ймовірність справедливості гіпотези A_1 , яка дорівнює

$$R_1^1 = \int_0^{P_{10}} f_1 \left(\frac{x}{A_1} \right) dx,$$

де N_1^1 – ймовірність справедливості гіпотези B_1 , яка дорівнює

$$N_1^1 = \int_0^{P_{20}} \varphi_1 \left(\frac{y}{B_1} \right) dy;$$

де R_2^1 – ймовірність несправедливості гіпотези A_1 , яка дорівнює $R_2^1 = 1 - R_1^1$;

N_2^1 – ймовірність несправедливості гіпотези B_1 , яка дорівнює $N_2^1 = 1 - N_1^1$;

R_1^2 – ймовірність несправедливості гіпотези A_2 , яка дорівнює

$$R_1^2 = \int_0^{P_{10}} f_2 \left(\frac{x}{A_2} \right) dx,$$

де R_2^2 – ймовірність справедливості гіпотези A_2 , яка дорівнює $R_2^2 = 1 - R_1^2$;

N_1^2 – ймовірність несправедливості гіпотези B_2 , яка дорівнює

$$N_1^2 = \int_0^{P_{20}} \varphi_2 \left(\frac{y}{B_2} \right) dy,$$

де N_2^2 – ймовірність справедливості гіпотези B_2 , яка дорівнює $N_2^2 = 1 - N_1^2$.

Отже, матрицю F можна представити в остаточному вигляді:

$$F = \begin{pmatrix} R_1^1 N_1^1 & R_1^1 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^1) N_1^1 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^1) \\ R_1^1 N_1^2 & R_1^1 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^1) N_1^2 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^2) \\ R_1^2 N_1^1 & R_1^2 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^2) N_1^1 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^1) \\ R_1^2 N_1^2 & R_1^2 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^2) N_1^2 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Видно, що матриця (6) (назвемо її матрицею вірогідності прогнозування можливості бути реалізованим варіантом інвестування) є стохастичною; сума елементів кожного її рядку дорівнює одиниці, оскільки зображає сукупність ймовірностей подій, що становлять їх повну групу [1].

З огляду на конкретний вид (2) функцій f_i й φ_j , отримуємо умовні ймовірності у вигляді

$$R_1^1 = \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{a_1^2} \exp \left[-\frac{P_1^2}{2a_1^2} \right] dP_1 = 1 - \exp \left[-\frac{P_{10}^2}{2a_1^2} \right];$$

$$R_2^1 = \exp \left[-\frac{P_{10}^2}{2a_1^2} \right];$$

$$N_1^1 = \int_0^{P_{20}} \frac{P_2}{\beta_1^2} \exp \left[-\frac{P_2^2}{2\beta_1^2} \right] dP_2 = 1 - \exp \left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2} \right];$$

$$N_2^1 = \exp \left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2} \right];$$

$$R_1^2 = \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{a_2^2} \exp \left[-\frac{P_1^2}{2a_2^2} \right] dP_1 = 1 - \exp \left[-\frac{P_{10}^2}{2a_2^2} \right];$$

$$R_2^2 = \exp \left[-\frac{P_{10}^2}{2a_2^2} \right]. \quad (7)$$

При застосуванні критерію «ідеального спостерігача» значення порогів P_{10} та P_{20} , згідно щільності ймовірності ознак (обсягів) інвестування (рис. 1, 2) можуть бути знайдені шляхом розв'язання рівнянь

$$f_1 \left(\frac{P_{10}}{A_1} \right) = f_2 \left(\frac{P_{10}}{A_2} \right); \quad \varphi_1 \left(\frac{P_{20}}{B_1} \right) = \varphi_2 \left(\frac{P_{20}}{B_2} \right).$$

Ці розв'язки мають вигляд:

$$P_{10} = 2a_1 a_2 \left[\frac{\ln a_1 - \ln a_2}{a_1^2 - a_2^2} \right]^{0,5}; \quad (8)$$

$$P_{20} = 2\beta_1 \beta_2 \left[\frac{\ln \beta_1 - \ln \beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right]^{0,5}.$$

Таким чином, якщо параметри розподілів f_i й φ_j , $i=1,2$; $j=1,2$ відомі, то елементи матриці вірогідності теж відомі. Це дозволяє взяти з неї повну інформацію про можливості правильного прогнозування можливості бути реалізованим кожного з варіантів інвестування міждержавного партнерства, а також інформацію про помилки прогнозування. Ймовірності правильного прогнозування можливості бути реалізованим кожного з чотирьох варіантів обчислимо за допомогою простих співвідношень:

1. Для варіанту-1 отримуємо $R_1^1 N_1^1$.
2. Для варіанту-2 отримуємо $R_1^1 (1 - N_1^2)$.
3. Для варіанту-3 отримуємо значення ймо-

вірності, що дорівнює $(1-R_1^2)(1-N_1^2)$.

4. Для варіанту-4 знаходимо ймовірність правильного прогнозування його реалізації у вигляді $(1-R_1^2)N_1^1$.

Безумовна вірогідність правильного прогнозування реалізації всіх варіантів інвестування дорівнює сумі діагональних елементів матриці вірогідності реалізації варіантів інвестування. При рівноможливих апіорних ймовірностях розгляду цих варіантів вона дорівнює:

$$D = \frac{1}{4} [R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1-N_1^2) + (1-R_1^2) N_1^1 + (1-R_1^2) (1-N_1^2)], \quad (9)$$

а безумовна ймовірність помилки прогнозування реалізації всіх варіантів інвестування дорівнює

$$Q = 1 - D. \quad (10)$$

Неважно переконатися, що вірогідність прогнозування визначається лише двома факторами: ступенем перекриття щільності ймовірності (рис. 1, 2), тобто дисперсіями ознак (розмитістю інформації про фактичні можливі середні обсяги інвестування у сферу виробництва), та рівнем розрізнення пересічних гіпотез хоча б за однією ознакою. Останнє, у свою чергу, залежить від кількісного співвідношення між числом K варіантів, які підлягають реалізації, та числом n ознак, які забезпечують вирішення завдання вірогідного прогнозування. У всякому разі, вимога розрізнення пересічних гіпотез хоча б за однією ознакою з n використовуваних, як можна в цьому переконатися, зазвичай виконується в тому випадку, якщо кількість до розглянутих K варіантів не перевищує число 2^n . Отже, умова нормального розрізнення варіантів при прогнозуванні їх реалізації, в умовах пересічних гіпотез і розрізнення хоча б за однією ознакою, має вигляд:

$$K_{\max} \leq 2^n. \quad (11)$$

Приклад. Розглянемо на прикладі запропонований метод перевірки статистичних гіпотез для визначення та оцінки ймовірностей реалізації планових обсягів інвестицій, що спрямовані на сприяння стратегічного розвитку підприємства у випадку перетинання гіпотез про фактичні розподіли варіантів вітчизняних і іноземних джерел інвестування в умовах невизначеності випадкового та антагоністичного характеру. Нехай встановлено, що найбільш ймовірні значення ознак, тобто очікуваних обсягів інвес-

тування по кожному з варіантів, відомі і дорівнюють:

– для варіанту 1 і варіанту 2 середній очікуваний рівень інвестування ресурсів із вітчизняного джерела (внутрішніх фінансових і матеріальних ресурсів) у виробничу сферу (що в даний час недалеко від істини) близький до нульового і дорівнює $\alpha_1 = 0,041$;

– для варіанту 3 і варіанту 4 середній очікуваний рівень інвестицій запланований із вітчизняного джерела у виробничу сферу істотно вище і дорівнює $\alpha_2 = 0,653$;

– для варіанту 1 і варіанту 4 середній очікуваний рівень інвестицій запланований із іноземного джерела є порівняно невисоким і дорівнює $\beta_1 = 0,301$;

– для варіанту 2 і варіанту 3 середній очікуваний рівень інвестицій запланований із іноземного джерела помітно вище і дорівнює $\beta_2 = 0,778$.

За результатами очікуваних розподілів обсягів інвестицій у виробничу сферу, в умовах, коли фактичне значення кожного очікуваного обсягу інвестицій зазвичай має відхилення від очікуваного і розподіленого згідно із законом Релея, потрібно визначити:

а) значення ймовірностей правильного прогнозування можливості реалізованості кожного з варіантів використання інвестицій і умовні ймовірності помилкових рішень про можливість бути реалізованим кожного з варіантів;

б) елементи матриці вірогідності, маючи на увазі реально можливий попарний збіг розподілів обсягів інвестування;

в) значення умовних ймовірностей помилок прогнозування можливості реалізованості кожного варіанта;

г) значення безумовної ймовірності правильного прогнозування можливості реалізованості варіантів використання інвестицій, якщо відомо, що апіорні ймовірності розгляду варіантів сумірні;

д) значення безумовної ймовірності помилкового прогнозування реалізації варіантів.

Рішення: згідно (8) порогові значення розподілів обсягів інвестицій дорівнюють:

$$P_{10} = 2\alpha_1\alpha_2 \left[\frac{\ln\alpha_1 - \ln\alpha_2}{\alpha_1^2 - \alpha_2^2} \right]^{0,5} = 0,14;$$

$$P_{20} = 2\beta_1\beta_2 \left[\frac{\ln\beta_1 - \ln\beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right]^{0,5} = 0,7.$$

Отримаємо шукані рішення згідно із заданими умовами прикладу.

Відповідно до (7) ймовірності правильного прогнозування можливості реалізованості варіантів інвестування характеризуються наступною сукупністю результатів.

1. $R_1^1 N_1^1 = 0,889$.
2. $R_1^1 (1 - N_1^2) = 0,870$.
3. $(1 - R_1^2) (1 - N_1^2) = 0,855$.
4. $(1 - R_1^2) N_1^1 = 0,873$.

Згідно (6) з урахуванням (7) матриця F ймовірностей прогнозування можливості реалізованості варіантів, тобто вірогідності її прогнозування, має вигляд:

$$F = \begin{pmatrix} 0,889 & 0,107 & 0,003 & 0,001 \\ 0,126 & 0,870 & 0,001 & 0,003 \\ 0,019 & 0,003 & 0,873 & 0,105 \\ 0,002 & 0,019 & 0,123 & 0,855 \end{pmatrix}$$

Відповідно до (9), з огляду на (7), знаходимо безумовну ймовірність правильного прогнозування можливості реалізованості всієї сукупності досліджуваних варіантів:

$$D = \frac{1}{4} \left[R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1 - N_1^2) + (1 - R_1^2) N_1^1 + (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) \right] = 0,87$$

Ймовірність помилкового прогнозування реалізації всієї сукупності варіантів інвестування відповідно до (10) дорівнює

$$Q = 1 - D = 0,13$$

Ймовірності помилкового прогнозування реалізації кожного з конкретних варіантів визначаються підсумовуванням ймовірностей помилок відповідного рядка матриці вірогідності (6), а саме, недіагональних елементів рядка. Отримуємо безумовні ймовірності помилок прогнозування реалізації варіантів.

1. Для варіанту-1 знаходимо величину у вигляді:

$$Q_1 = F_{12}^{11} + F_{21}^{11} + F_{22}^{11} = 0,111$$

2. Для варіанту-2 ця помилка (за умовами

прикладу) трохи вище і дорівнює

$$Q_2 = F_{11}^{12} + F_{21}^{12} + F_{22}^{12} = 0,130$$

3. Для варіанту-4 помилка практично не відрізняється від попередньої

$$Q_3 = F_{11}^{22} + F_{12}^{22} + F_{21}^{22} = 0,127$$

4. Для варіанту-3 отримуємо безумовну ймовірність помилки

$$Q_4 = F_{11}^{21} + F_{12}^{21} + F_{22}^{21} = 0,145$$

Висновки

1. Запропоновано метод перевірки статистичних гіпотез, який характеризується тим, що за допомогою застосування принципу компромісу і методу мінімаксу, стає можливою оцінка реалізації варіантів вкладення інвестицій у сферу виробництва для більш обґрунтованого прийняття рішення на етапі планування розвитку підприємства в умовах невизначеності.

2. Важливою є вимога розрізнення варіантів інвестування сфери виробництва хоча б за однією з ознак (обсягів використання інвестицій) для кожного з досліджуваних варіантів.

3. Розглянута модель для прогнозування можливості реалізованості варіантів інвестування в сферу виробництва, дозволяє отримати досить вірогідну інформацію і при попарній нерозрізненості очікуваних обсягів вкладення інвестицій в умовах конкуруючих варіантів інвестування.

4. Отримані аналітичні вирази, які описують розподіл вирішального правила при гіпотезі та альтернативі, що дає змогу визначати межі критичних областей та ймовірності помилок як для загальнішого двостороннього критерію, так і для модифікованого одностороннього.

5. Необхідно зазначити, що цей метод можна модифікувати для складніших випадків неоднаково розподілених та статистично залежних вибіркового даних, що і є завданням подальших досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Фишберн П.* Теория полезности для принятия решения. – М.: Знание, 1978. – 290 с.
2. *Марси Д.* Стохастическая модель для прогнозирования технологических изменений. // Реф. сб. «Экономика промышленности», 1980. – № 1 – С.22-27.
3. *Demianchuk B.A., Kosariev V.M.* The theory of decision-

making on the basis of the model of useful and risk in the conditions of countering the competitors // Structural transformations and problems of information economy formation: Scientific monograph. — New York, United States of America: Ascona Publishing, 2018. — P.204-223.

4. Інноваційний, фінансово-економічний та технічний аспекти діяльності підприємств: Монографія. / За заг. ред. Л.М. Савчук. — Дніпро: Пороги, 2017. — 384 с.

5. Розвиток фінансового менеджменту в умовах хаотичного структурування економіки: Монографія. / За заг. ред. С.А. Кузнецової. — Дніпропетровськ: Акцент ПП, 2015. — 277 с.

6. Овдій Л.І., Некрасова Я.А. Оцінка привабливості підприємств за допомогою статистичних моделей. // Економічні науки. — 2009. — № 4, — Т.2. — С.184-188.

7. Приймак І. Управління ризиком втраті фінансової стійкості підприємства в умовах невизначеності зовнішнього середовища // Формування ринкової економіки в Україні. — 2009. — Вип.19. — С.413-419.

8. Stuart A., Ord K., Arnold S. Kendall's Advanced Theory of Statistics: Volume 2A — Classical Inference & the Linear Model (Arnold) 1999, §20.2.

9. Леман Э. Проверка статистических гипотез. — М.: Наука, 1979. — 408 с.

10. Parshina M.Y. Conceptual approach to strategic management system of the region potential use // Socio-economic problem of management: Collectiv monograf. — Melbourne, Australia: Thorpe-Bowker, 2015. — P.299-306.

11. Управління інвестиційним проектуванням на промисловому підприємстві. В.П. Валіков, В.В. Македон, В.П. Бондар, І.Г. Курінна / Structural transformations and problems of information economy formation: Scientific monograph. — New York, United States of America: Ascona Publishing, 2018. — P.73-87.

12. Косячук Т.Ф. Теоретичні засади оцінки ефективності діяльності підприємства за сучасних умов // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. — 2014. — № 3(3). — С.113-116.

13. Городинська Д.М. Економічна стійкість підприємства // Актуальні проблеми економіки. — 2008. — № 10(42). — С.141-146.

14. Pearce J.A. Strategic Management: formulation, implementation and control // 8-th ed. — McGraw-Hill/Irwin, New York, 2008. — 1087 p.

15. Edvin J. Elton, Martin J. Gruber. Modern Portfolio Theory and Investment Analysis. — 7-th Edition. — USA: New York University, 2014. — 728 p.

16. Дем'янчук Б.О., Косарев В.М. Модель прогнозування реалізуємості варіантів інвестування у сферу виробництва // Європейський вектор економічного розвитку. — Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля, 2014. — № 2(17). — С.61-70.

Надійшла до редакції 11.05.2020

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ ВАРИАНТОВ ВЛОЖЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В СФЕРУ ПРОИЗВОДСТВА

Косарев В.М.

Использование иностранных и внутренних финансовых и материальных ресурсов является одной из составляющих современной концепции экономического и социального развития. Эффективному использованию этих ресурсов, как известно, препятствует не только традиционное расхождение объемов имеющихся и необходимых ресурсов, но и неэффективное управление их использованием. Это управление направлено на решение задач: организации работ; контроля за целевым использованием средств; обоснованного распределения ресурсов; планированию вложения ресурсов; научно обоснованного прогнозирования реализации решений, принятых на этапе планирования. Статья посвящена решению последней из указанных задач. В данной работе, с помощью принципа компромисса и метода минимакса, предлагается вариант применения метода проверки статистических гипотез для оценки реализации вариантов вложения инвестиций в сферу производства для более обоснованного принятия решения на этапе планирования развития предприятия в условиях неопределенности. Задачей моделирования является определение и оценка вероятности реализации плановых объемов инвестиций, направленных на содействие стратегическому развитию предприятия в случае пересечения гипотез о фактических распределениях вариантов государственных и частных источников инвестирования в условиях неопределенности случайного и антагонистического характера. Доказано, что для оценки возможности реализации вариантов вложения инвестиций, находящихся в распоряжении органов управления экономическим развитием, а также в соответствующих статистических управлениях, имеющаяся информация о запланированных распределениях имеющихся или ожидаемых объемов инвестирования, то есть статистическая информация о признаках, является информационной основой для решения указанного задания. Вероятность прогнозирования реализации каждого из наблюдаемых вариантов оценивается путем вычисления вероятности принятия правильных решений и ошибок принятия решений при рассмотрении распределения объемов инвестиций, которые намечаются по каждому варианту их использования. Результаты применения метода способствуют совершенствованию управления реализацией инвестиций в сферу производства в сложных реальных условиях.

Ключевые слова: распределение объемов инвестиций, метод проверки статистических гипотез, стохастическая модель прогнозирования явлений, достоверность реализации плановых объемов инвестиций, компромиссное определение.

APPLICATION OF STATISTICAL HYPOTHESES TEST METHOD FOR EVALUATION OF INVESTMENT INVESTMENT OPTIONS IN THE PRODUCTION FIELD

Kosariiev V.M.

Alfred Nobel University, Dnipro, Ukraine

The use of foreign and domestic financial and material resources is one of the components of the modern concept of economic and social development. The efficient use of these resources is known to be hampered not only by the traditional discrepancy between the amount of resources available and required, but also by the inefficient management of their use. This management is aimed at solving problems: organization of work; control over the targeted use of funds; reasonable allocation of resources; resource investment planning; scientifically sound forecasting of the implementation of decisions made at the planning stage. The article is devoted to solving the last of these problems. In this paper, using the principle of compromise and the minimax method, we propose a variant of applying the method of testing statistical hypotheses to assess the implementation of investment options in the field of production for more informed decision-making at the planning stage of enterprise development in uncertainty. The task of modeling is to determine and estimate the probabilities of implementation of planned investments aimed at promoting the strategic development of the enterprise in case of intersection of hypotheses about the actual distribution of public and private sources of investment in conditions of random and antagonistic uncertainty. It is investigated that to assess the feasibility of investment options available to economic development management bodies, as well as in the relevant statistical offices, available information on the planned distribution of existing or expected investment, i.e. statistical information on characteristics, is the information basis for solving this task. The probability of forecasting the implementation of each of the observed options is estimated by calculating the probability of making the right decisions and decision-making errors when considering the distribution of investments that are planned for each option of their use. The results of the method contribute to the improvement of management of investments in the sphere of production in difficult real conditions.

Keywords: distribution of investment volumes, method of testing of statistical hypotheses, stochastic model of forecasting of phenomena, reliability of realization of planned volumes of investments, compromise determination.

REFERENCES

1. Fishbern P. *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya resheniya* [Utility theory for decision making]. Moscow, Znanie, 1978, 290 p. (in Russian).
2. Marsi D. *Stokhasticheskaya model dlya prognozirovaniya tehnologicheskikh izmenenii* [Stochastic model for predicting technological change]. Ref. sbornic. *Ekonomika promyshlenosti* [Industrial Economics], 1980, no. 1, pp.22-27. (in Russian).
3. Demianchuk B.A., Kosariiev V.M. The theory of decision-making on the basis of the model of useful and risk in the conditions of countering the competitors. Structural transformations and problems of information economy formation: Scientific monograph. New York, United States of America: Ascona Publishing, 2018, pp.204-223.
4. *Innovacijni, finansovo-ekonomichni ta tekhnichni aspekti diyalnosti pidpriemstv* [Innovative, financial-economic and technical aspects of enterprise activity]: Monografy. Za zag. red. L.M. Savchuk. Dnipro: Porogi, 2017, 384 p. (in Ukrainian).
5. *Rozyitok finansovogo menedzhmentu v umovah haotichnogo strukturuvannya ekonomiki* [Development of financial management in the conditions of chaotic structuring of economy]: Monografy. Za zag. red. S.A. Kuznecovoi. Dnipropetrovsk: Akcent PP, 2015. 277 p. (in Ukrainian).
6. Ovdii L.I., *Ocinka privablivosti pidpriemstv za dopomogoyu statistichnykh modeley* [Estimation of attractiveness of enterprises by means of statistical models], *Economic sciences*. 2009, no. 4, vol.2, pp.184-188 (in Ukrainian).
7. Prijmak I. *Upravlinnya rizikom vtrati finansovoї stijkosti pidpriemstva v umovah neviznachenosti zovnishn'ogo seredovishcha* [Risk management of loss of financial stability of the enterprise in conditions of uncertainty of the external environment]. *Formuvannya rinkovoї ekonomiki v Ukraїni* [Formation of a market economy in Ukraine]. 2009, no. 19, pp.413-419.
8. Stuart A., Ord K., Arnold S. *Kendall's Advanced Theory of Statistics: 1999, Volume 2A—Classical Inference & the Linear Model (Arnold) §20.2.*
9. Leman E. *Proverka statistichnykh gipotez* [Testing statistical hypotheses]. Moscow, Nauka, 1979, 408 p. (in Russian).
10. Parshina M.Y. *Conceptual approach to strategic management system of the region potential use. Socio-economic problem of management: Collectiv monograf.* Melbourne, Australia: Thorpe-Bowker, 2015, pp.299-306.
11. Valikov V.P., Makedon V.V., Bondar V.P., Kurinna I.G. *Management of investment design at industrial enterprise. Structural transformations and problems of information economy formation: Scientific monograph.* New York, United States of America: Ascona Publishing, 2018, pp.73-87.
12. Kosyinchuk T.F. *Teoretichni zasadi ocinki efektyvnosti diyal'nosti pidpriemstva za suchasniy umov* [Theoretical bases of an estimation of efficiency of activity of the enterprise under modern conditions]. *Visnik Hmelnickogo nacionalnogo universitetu. Ekonomichni nauki* [Bulletin of Khmelnytsky National University. Economic sciences]. 2014, no. 3(3), pp.113-116 (in Ukrainian).
13. Gorodinska D.M. *Ekonomichna stijkist pidpriemstva* [Economic stability of the enterprise]. *Aktual'ni problemi ekonomiki* [Current economic problems]. 2008, no. 10(42), pp.141-146 (in Ukrainian).
14. Pearce J.A. *Strategic Management: formulation, implementation and control.* 8-th ed., McGraw-Hill/Irwin, New York, 2008, 1087 p.
15. Edvin J. Elton, Martin J. Gruber. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis.* 7-th Edition. USA: New York University, 2014, 728 p.
16. Dem'januchuk B.A., Kosarev V.M. *Model prognozuvannya realizuemoosti variantiv investuvannya u sferu vyrobnyctva* [Model prediction realizuemoosti investment options in manufacturing]. *Evropeiskii vector ekonomichnogo rozvytku* [European vector of economic development], 2014, no. 2 (17), pp.60-69. (in Russian).