

УДК 330.4

Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев, П.С. Литвиновська

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЙМОВІРНОСТІ ІНВЕСТУВАННЯ У БЕЗПЕКУ КРАЇНИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ

Запропоновано методика оцінки ймовірностей реалізації планових обсягів інвестицій, що спрямовані, наприклад, на сприяння енергетичній безпеці країни у випадку перетинання гіпотез про фактичні розподіли варіантів державних і приватних джерел інвестування та в умовах невизначеності випадкового і антагоністичного характеру. Результати отримані методом перевірки статистичних гіпотез за допомогою застосування принципу компромісу і методу мінімакса. Результати застосування методики сприяють удосконаленню управління реалізацією інвестицій у найважливіші завдання країни в реальних складних умовах.

Ключові слова: розподіл обсягів інвестицій, метод перевірки статистичних гіпотез, стохастична модель прогнозування явищ, достовірність реалізації планових обсягів інвестицій, компромісне визначення ймовірності реалізації інвестицій, невизначеність випадкового і антагоністичного характеру.

Постановка проблеми. Ефективному управлінню інвестиціями у найважливіші потреби країни з державних і приватних джерел перешкоджає, як відомо, традиційна розбіжність планових і фактичних (реалізованих) обсягів інвестицій, насамперед через «ініціативу на місцях». Тому можлива розбіжність через систематичну неузгодженість наявних і потрібних ресурсів. Але ця розбіжність можлива й через неефективне управління проектами в умовах невизначеності випадкового, а також антагоністичного характеру через різні сили, що протидіють у країні.

Управління реалізацією інвестицій у розвиток, наприклад, енергетики країни (з урахуванням наявних ресурсів сил і засобів для цього) включає завдання: планування обсягів фінансування і коригування рівня цих обсягів; матеріально-технічного забезпечення реалізації інвестицій за допомогою промислової бази країни; організації процесу реалізації інвестицій; контролю за цільовим їх використанням; виконання календарного плану реалізації вкладених ресурсів; науково-обґрунтованого визначення (в умовах дії випадкових і перешкоджаючих антагоністичних факторів) ймовірності реалізації важливих рішень, що прийняті на етапі планування. Саме останнє завдання є предметом цього дослідження.

Необхідно враховувати, що збільшення витрат із державних джерел, які плануються на потреби досягнення енергетичної безпеки країни, згідно з досвідом, іноді сприяють не збільшенню безпеки країни, а, скоріше, розширенню центрального апарата держави, що мало сприяє зміцненню енергетичної безпеки країни.

З іншого боку, суттєве збільшення подібних витрат із приватних джерел, які плануються на збільшення безпеки країни, на практиці нерідко спри-

яють потребам децентралізаційного розвитку регіонів, що також не гарантує зміцнення енергетичної безпеки країни, тому що ці турботи завжди є прерогативою центру на основі державних втрат. Таким чином, доцільним є припущення про практично однаковий вплив джерел державного і приватного фінансування на кінцевий обсяг інвестицій у заходи, що сприяють енергетичній безпеці країни.

Саме ці обставини спричиняють доцільність компромісного визначення ймовірності реалізації обсягу фінансування заходів для зміцнення безпеки країни після вирішення завдання прогнозування ймовірностей реалізації варіантів фінансування витрат із джерел державних і джерел приватних. Необхідно враховувати, що рівень цих джерел, як правило, суттєво розмитий 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 енергетичного розвитку, застосовувати не тільки *принцип компромісного усереднення*, але також і метод *мінімаксного визначення гарантованого результату* реалізації інвестицій.

Аналіз останніх досягнень у дослідженнях і публікаціях. В Україні набуває актуальності питання удосконалення системи державного та муніципального управління фінансовими витратами з метою узгодження наявних обсягів витрат фінансів у країні з потрібними обсягами витрат як у центрі, так і на місцях. Існуючий зараз переважний обсяг фінансування заходів центру і брак обсягів фінансування заходів розвитку регіонів не йде на користь ні країні, ні регіонам, прирікає країну на роль країни з обмеженим рівнем розвитку економіки, а саме рівнем безпеки в умовах світового технічного розвитку, економічної конкуренції і рівнем безпеки країни в цілому.

На сучасному етапі розробки методів обґрунтування рішень та моделей прогнозування процесів економічного розвитку суттєву роль відіграють фундаментальні праці відомих вчених С.А. Саркісяна, П. Фішберна, Д. Марси, Г. Райфа, Е.С. Вентцель [1, 2, 4, 5], що присвячені проблемі об'єктивного урахування інформаційних ознак із сукупності вихідних даних та практичному застосуванню їх у завданнях прийняття управлінських рішень і оцінки наслідків цих рішень.

Відомими є праці академіків НАН України та вчених Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.

Зокрема набувають актуальності публікації результатів вирішення завдань прогнозування реалізації планів і визначення оцінок достовірності прогнозування реалізації варіантів фінансування і різного їх рівня за умов обмеженого числа ознак при гіпотезах, що перетинаються, про фактичні розподіли обсягів через безліч випадкових факторів, що впливають на цю реалізацію обсягів інвестицій. Подібні результати вже публікували автори в [6–8].

Як показує аналіз, за умов, коли під час поєднання вихідні ознаки варіантів фінансування для наукового вирішення завдання збігаються не повністю, це дозволяє досягати (методом перевірки статистичних гіпотез) прийнятної для практики достовірності прогнозування наслідків вирішення актуальних науково-економічних завдань.

Для оцінки ймовірностей реалізації обсягів бюджетного і приватного фінансування енергетичної безпеки країни в розпорядженні органів виконавчої влади, а також у відповідних Головних управліннях статистики завжди є інформація про заплановані розподіли наявних або очікуваних обсягів фінансування важливих заходів країни, тобто статистична інформація про ознаки, які є інформаційною основою для вирішення зазначеного тут завдання.

Метою цієї роботи є вирішення науково-економічного управлінського завдання прогнозування можливостей (тобто ймовірностей) реалізації кожного з обсягів (варіантів) інвестицій із різних джерел за допомогою методу перевірки статистичних гіпотез на основі стохастичної моделі для оцінки ймовірностей реалізації рішень, що прийняті на етапі планування та аналізу статистичної інформації про наявні або очікувані розподіли цих обсягів фінансування з подальшим використанням цих оцінок для застосування принципу компромісу і методу мінімакса для визначення гарантованого результату у вигляді ймовірності реалізації інвестицій у досягнення безпеки країни на прикладі її важливої складової, а саме енергетичної безпеки.

Оцінки достовірності реалізації цих обсягів в умовах неточних даних про фактичний розподіл обсягів (який нерідко зустрічається в реальних умовах) виявляються особливо актуальними і корисними в умовах перетину гіпотез та застосування методу перевірки статистичних гіпотез і мінімаксного методу подолання невизначеності антагоністичного характеру.

Виклад основного матеріалу. Побудова моделі для прогнозування ймовірності реалізації варіантів, що заплановані в умовах конкуруючих гіпотез про розрізнення за двома ознаками кожного, доцільно починати з визначення ознак, наприклад, коли маємо чотири запланованих варіанти сукупності обсягів джерел фінансування. Нехай ознаки є у вигляді наявних обсягів джерел фінансування, що перетинаються попарно. Визначимо ознаки, тобто планові розміти обсяги, залучення джерел фінансування.

Побудуємо модель для прогнозування реалізації кожного з варіантів вкладення державних і приватних інвестицій в умовах конкуруючих гіпотез про розрізнюваність за двома ознаками кожного, наприклад, з чотирьох планованих варіантів використання інвестицій. Вважатимемо, що ознаки у вигляді обсягів P_1 і P_2 інвестицій, що розташовуються, визначають ті варіанти, що підлягають реалізації і мають такий вигляд: ознака P_1 – обсяг державних інвестицій у сферу розвитку енергетики. Ознака P_2 – обсяг приватних інвестицій у цю сферу у рамках внутрішнього державно-приватного партнерства. Очікувані варіанти реалізації інвестицій з урахуванням розподілу ознак P_1 , P_2 подамо у вигляді такого переліку:

1. Малому рівню державних і малому рівню приватних інвестицій в енергетичну сферу відповідає малий рівень ознак P_1 і P_2 .
2. Малому рівню державних і великому рівню приватних інвестицій відповідає малий рівень ознаки P_1 і великий рівень ознаки P_2 .
3. Великому рівню державних і великому рівню приватних інвестицій відповідає великий рівень ознаки P_1 і великий рівень ознаки P_2 .
4. Великому рівню державних і малому рівню приватних інвестицій в енергетичну сферу відповідає великий рівень ознаки P_1 і малий рівень ознаки P_2 .

Завдання на першому етапі зводиться до визначення ймовірності реалізації та умовних ймовірностей помилок прогнозу реалізації кожного з 4 варіантів з урахуванням результатів реальної розмитості ознак, тобто результатів зазвичай неточних даних про фактичні обсяги в умовах впливу невизначеності випадкового і антагоністичного типу в регіоні та в країні.

Через недостатню розрізняваність варіантів за кожною з ознак спостережуване значення ознаки P_1 дозволяє висловити лише дві гіпотези:

– A_1 (P_1 – малого 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 справедливість однієї з двох таких гіпотез:

– B_1 (P_2 – малого рівня): реалізується варіант-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 густини ймовірностей значень ознак через велику кількість випадкових факторів, які впливають на їх величину, при справедливості введених гіпотез будемо вважати відомими функціями. Для гіпотез A_1, A_2 та B_1, B_2 позначимо густини ймовірностей у виді:

$$f_1(P_1/A_1), \quad f_2(P_1/A_2); \quad \varphi_1(P_2/B_1), \quad \varphi_2(P_2/B_2).$$

Неважко переконатися, що ці густини ймовірностей мають вигляд розподілу Релея. Дійсно, з досвіду відоме зниження ймовірності прийняття неправильного рішення про реалізацію варіанта із зростанням абсолютного значення ознаки реалізованості в умовах випадкових факторів, що заважають прийняттю рішень.

Кожна така залежність ймовірності є експоненційною функцією такого виду:

$$F_i(P_1) = \exp\left[-\frac{P_1^2}{2a_i^2}\right], i = 1, 2; \quad \Phi_j(P_2) = \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j = 1, 2; \quad (1)$$

де $1/(2\alpha^2), 1/(2\beta^2)$ – швидкості зниження ймовірностей прийняття неправильного рішення про реалізацію варіантів інвестування під час збільшення ознак P_1, P_2 .

Отже, ймовірності прийняття правильних рішень мають такий вигляд:

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

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

Звідси, в результаті диференціювання цих ймовірностей за ознаками P_1, P_2 , отримуємо густини ймовірностей у вигляді розподілу Релея:

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

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

Достовірності прогнозування, тобто ймовірності реалізації кожного з 4 варіантів інвестицій, що досліджуються, неважко оцінити, обчислюючи ймовірності прийняття правильних рішень і помилок прийняття рішень з урахуванням розподілу обсягів інвестицій, що окреслюються, щодо кожного з варіантів інвестування за кожним із джерел інвестування. Для цього необхідно порівняти спостережувані значення ознак P_1 і P_2 з відповідними порогами P_{10} і P_{20} , обраними, наприклад, за критерієм «ідеального спостерігача».

Умовні ймовірності правильних і помилкових рішень про можливість реалізації варіантів інвестування за допомогою відповідних джерел утворюють матрицю [7]:

$$F = \begin{pmatrix} R_1^1 N_1^1 & R_1^1 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^1) N_1^1 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^1) \\ R_1^1 N_1^2 & R_1^1 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^1) N_1^2 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^2) \\ R_1^2 N_1^1 & R_1^2 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^2) N_1^1 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^1) \\ R_1^2 N_1^2 & R_1^2 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^2) N_1^2 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Видно, що матриця (3) (назвемо її *матрицею достовірності прогнозування на першому етапі реалізації* кожного з 4 варіантів інвестування у розвиток енергетичної сфери країни із державних і приватних джерел в умовах невизначеності випадкового типу) є *стохастичною*: сума елементів кожного її рядка дорівнює одиниці, тобто відображає сукупність ймовірностей подій, що утворюють повну групу подій, які враховані нами під час дослідження можливостей реалізації планових обсягів інвестування.

Безумовна ймовірність правильного прогнозування реалізації всіх 4 варіантів інвестицій із джерел державного і приватного фінансування, за умов рівноймовірних апріорних ймовірностей планування цих варіантів, дорівнює сумі діагональних елементів *матриці достовірності* (3) реалізації варіантів інвестицій у вигляді:

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

а безумовна ймовірність помилки прогнозування дорівнює

$$Q = 1 - D. \quad (5)$$

Неважко переконатися, що достовірність прогнозування результатів реалізації інвестицій визначається лише двома факторами: ступенем перекривання густин ймовірності, тобто дисперсіями ознак (розмитістю інформації про фактичні можливі середні обсяги інвестування) та рівнем відмінності гіпотез, які перетинаються хоча б за однією ознакою, що, у свою чергу, зале-

жить від кількісного співвідношення між числом варіантів, що підлягають реалізації, та числом n ознак, що забезпечують вирішення завдання достовірного прогнозування обсягів інвестицій. У будь-якому разі, вимога розрізнення гіпотез, хоча б по одній ознаці з n використовуваних, що перетинаються, як можна в цьому перекопатися, зазвичай виконується в тому випадку, якщо кількість K варіантів, що мають бути розглянуті, не перевищує число 2^n , тобто умова нормального розрізнення варіантів при прогнозуванні їх реалізації в умовах гіпотез, що перетинаються, і розрізнення хоча б за однією ознакою, має вигляд:

$$K_{\max} \leq 2^n. \quad (6)$$

Перейдемо далі до визначення доцільного рівня реалізації інвестицій на забезпечення енергетичної безпеки країни шляхом компромісного обліку (за критерієм ідеального спостерігача) густини ймовірності 1-го і 3-го варіантів реалізації інвестицій із державних і приватних джерел. Справа в тому, що густина ймовірності саме цих (1-го і 3-го) варіантів інвестицій визначає пороги (за критерієм ідеального спостерігача) рівні реалізації інвестицій та перетинаються і в просторі параметрів P_1 , і в просторі параметрів P_2 .

Отже, напівсума цих порогових рівнів (відповідно до критерію ідеального спостерігача), що відповідає розподілам 1-го і 3-го варіантів інвестицій, є доцільною і компромісною. Саме цей рівень інвестицій дорівнює доцільному рівню реалізації інвестицій на сприяння енергетичної безпеки країни, а саме рівень витрат P^* , який дорівнює [7]:

$$P^* = (P_{10} + P_{20})/2 = \left\{ \alpha_1 \alpha_2 \left[\frac{\ln \alpha_1 - \ln \alpha_2}{\alpha_1^2 - \alpha_2^2} \right]^{0,5} + \beta_1 \beta_2 \left[\frac{\ln \beta_1 - \ln \beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right]^{0,5} \right\}. \quad (7)$$

Таким чином, за допомогою методу перевірки статистичних гіпотез і принципу компромісу для визначення доцільного рівня реалізації інвестицій у розвиток важливої галузі економіки країни здійснено, під час розв'язання задачі, подолання невизначеностей випадкового типу.

Далі для подолання невизначеностей антагоністичного типу необхідно застосувати мінімаксний критерій для визначення деякого *гарантованого рівня* результату (7), який, як правило, менше, ніж рівень, одержаний згідно з формулою (7), тому що враховує варіанти, $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, перешкод противника і конкурентів, які мінімізують показник (7) під час реалізації рівня інвестицій (7). *Гарантований рівень* результату (7) враховує також варіанти, $F_o = [f_1, f_2, \dots, f_m]$, дій особи, яка прагне максимізувати той мінімум рівня (7), найменш прийнятний, порівняно з величиною P^* , через ті самі перешкоди.

Застосування методу подолання невизначеності антагоністичного типу в цих складних умовах базоване на використанні цільової функції у вигляді

$$E = P(Q, F_o, t) / P^*, \quad (8)$$

яка залежить також від часу t . Таким чином, мінімаксний критерій подолання невизначеності антагоністичного типу має такий загальний вигляд:

$$E^* = \max_F \min_Q \frac{P(F_o, Q, t)}{P^*} \leq 1. \quad (9)$$

Втрати від дій протиборчої сторони дорівнюють:

$$\Delta E = 1 - E^* \quad (10)$$

Таким чином, *гарантований нормований рівень інвестицій в енергетичну безпеку країни* дорівнює:

$$P^{**} = P^* \cdot E^* \quad (11)$$

Приклад. Нехай (з метою *ілюстрації застосування теорії*) встановлено, що найбільш ймовірні значення ознак, тобто очікуваних обсягів інвестицій за кожним з варіантів, відомі і дорівнюють:

– для варіанта-1 і варіанта-2 середній очікуваний *нормований* обсяг інвестицій із державного джерела запланований на малому рівні, $\alpha_1 = 0,041$;

– для варіанта-3 і варіанта-4 середній очікуваний *нормований* обсяг інвестицій запланований із державного джерела суттєво більш високим, у вигляді $\alpha_2 = 0,653$;

– для варіанта-1 і варіанта-4 середній очікуваний *нормований* обсяг інвестицій із приватного джерела запланований невеликим і дорівнює $\beta_1 = 0,301$;

– для варіанта-2 і варіанта-3 середній очікуваний *нормований* обсяг інвестицій із приватного джерела запланований більш високим і дорівнює $\beta_2 = 0,778$.

За результатами очікуваних розподілів обсягів інвестицій по кожному з варіантів в умовах невизначеності випадкового типу, коли фактичне значення кожного очікуваного обсягу інвестицій зазвичай має відхилення від очікуваного і розподілено за законом Релея, потрібно *визначити*:

а) значення ймовірностей правильного прогнозування реалізації варіантів інвестицій та умовні ймовірності помилкових рішень про реалізацію кожного з варіантів;

б) елементи матриці достовірності, маючи на увазі реально можливий попарний збіг розподілів обсягів інвестицій;

в) значення безумовної ймовірності правильного прогнозування реалізації варіантів, якщо відомо, що апіорні ймовірності планування варіантів сумірні;

г) значення безумовної ймовірності помилкового прогнозування можливостей реалізації варіантів інвестицій;

д) значення умовних ймовірностей помилок прогнозування можливостей реалізації кожного варіанта інвестицій;

е) компромісний рівень реалізації інвестицій на створення енергетичної безпеки країни;

є) гарантований рівень реалізації інвестицій на створення енергетичної безпеки країни.

Розв'язання

Згідно із (7) порогові значення розподілів обсягів інвестицій дорівнюють:

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

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

а) Одержимо невідомі рішення, відповідно до заданих умов прикладу. Відповідно до (3) ймовірності правильного прогнозування реалізації варіантів інвестицій характеризуються такою сукупністю результатів.

$$\begin{array}{ll} 1. R_1^1 N_1^1 = 0,889; & 2. R_1^1 (1 - N_1^2) = 0,870; \\ 3. (1 - R_1^2)(1 - N_1^2) = 0,855; & 4. (1 - R_1^2) N_1^1 = 0,873. \end{array}$$

б) Згідно з (3) матриця F ймовірностей прогнозування реалізації варіантів, тобто достовірності прогнозування можливостей реалізації інвестицій, має вигляд:

$$F = \begin{pmatrix} 0,889 & 0,107 & 0,004 & 0,00 \\ 0,126 & 0,870 & 0,001 & 0,003 \\ 0,019 & 0,003 & 0,873 & 0,105 \\ 0,003 & 0,018 & 0,124 & 0,855 \end{pmatrix}.$$

в) Відповідно до (4) знаходимо безумовну ймовірність правильного прогнозування реалізації повної сукупності варіантів інвестицій у вигляді:

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

г) Ймовірність помилкового прогнозування можливостей реалізації всієї сукупності варіантів інвестицій згідно з (5) дорівнює:

$$Q_0 = 1 - D = 0,13.$$

д) Ймовірності помилкового прогнозування реалізації кожного з конкретних варіантів визначаються підсумовуванням ймовірностей помилок відповідного рядка матриці достовірності (3), а саме недиагональних елементів рядка. Отримуємо також безумовні ймовірності помилок прогнозування реалізації варіантів.

Для варіанта-1 знаходимо величину ймовірності помилки у вигляді:

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

Для варіанта-2 ця помилка (за умовами прикладу) дорівнює:

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

Для варіанта-4 помилка практично не відрізняється від попередньої та дорівнює:

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

Для варіанта-3 отримуємо безумовну ймовірність помилки у вигляді:

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

е) Компромісний нормований рівень реалізації інвестицій на створення енергетичної безпеки країни згідно з умовами прикладу дорівнює:

$$\begin{aligned} P^* &= (P_{10} + P_{20}) / 2 = \left\{ \alpha_1 \alpha_2 \left[\frac{\ln \alpha_1 - \ln \alpha_2}{\alpha_1^2 - \alpha_2^2} \right]^{0,5} + \beta_1 \beta_2 \left[\frac{\ln \beta_1 - \ln \beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right]^{0,5} \right\} = \\ &= 0,5(0,7 + 0,14) = 0,42 \end{aligned}$$

є) Гарантований рівень реалізації інвестицій на створення енергетичної безпеки країни. Для ілюстрації методу визначення гарантованого рівня інвестицій на гіпотетичному прикладі нехай:

а) *протиборча сторона* і конкурент застосовують варіанти протидії у вигляді:

- q_1 , що викликає зниження P^* у 1,2 раза;
- q_2 , що викликає зниження P^* у 1,4 раза;
- q_3 , що викликає зниження P^* у 1,3 раза.

б) *країна* застосовує варіанти протидії у вигляді:

- f_1 , що викликає збільшення P у 1,1 раза;
- f_2 , що викликає збільшення P у 1,2 раза;
- f_3 , що викликає збільшення P у 1,3 раза.

Необхідно за допомогою критерію мінімакса визначити *гарантований рівень інвестицій в енергетичну безпечність країни*.

Розв'язок

$$E^* = \max_F \min_Q \frac{P(F_0, Q)}{P^*} = \max_F \frac{P(F_0, q_2)}{0,42} = \frac{P(f_3, q_2)}{0,42} = \frac{0,39}{0,42} = 0,93.$$

Втрати від дій протиборчої сторони дорівнюють в умовах прикладу:

$$\Delta E = 1 - E^* = 0,07 \leftrightarrow 7\%.$$

Таким чином, гарантований нормований рівень інвестицій в енергетичну безпеку країни дорівнює:

$$P^{**} = P^* \cdot E^* = 0,42 \cdot 0,93 = 0,39.$$

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Розглянута методика оцінки ймовірностей реалізації планових обсягів інвестицій, що спрямовані, наприклад, на сприяння енергетичної безпеки країни в умовах невизначеності випадкового і антагоністичного характеру, дозволяє отримати достатньо достовірну інформацію і сприяє удосконаленню управління реалізацією інвестицій у важливіші завдання країни в реальних складних умовах.

2. Суттєвою є вимога розрізнюваності варіантів використання інвестицій хоча б за однією з ознак для кожного з досліджуваних варіантів.

3. Створення і використання програмного продукту на основі запропонованої методики визначення гарантованого рівня реалізації інвестицій у сферу, що є важливою для країни, на основі застосування методу перевірки статистичних гіпотез, застосування принципу компромісу і мінімаксного критерію може суттєво спростити необхідні розрахунки та заощадити час на вирішення подібних завдань з метою удосконалення управління плануванням і використанням інвестицій у важливіші сфери економічної безпеки держави у реальному масштабі часу.

Список використаних джерел

1. Саркисян С.А. Теория прогнозирования и принятия решений / С.А. Саркисян. – М.: – Советское радио, 1977. – 355 с.
2. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: – Знание, 1978. – 290 с.
3. Марси Д. Стохастическая модель для прогнозирования технологических изменений / Д. Марси. Реф. сб. «Экономика промышленности», 1980. – № 1 – С. 22–27.
4. Райфа Г. Анализ решений / Г. Райфа. – М.: Изд. Московского университета, 1977. – 186 с.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель – М.: Советское радио. 1972. – 430 с.
6. Дем'янчук Б.О. Узагальнена модель процесу функціонування системи інвестування регіонального розвитку / Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев // Академічний огляд. Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля. 2014. – № 1 (40). – С. 24–31.
7. Дем'янчук Б.О. Модель прогнозування реалізуємості варіантів інвестування у сферу виробництва / Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев // Європейський вектор економічного розвитку. Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля. 2014. – 2 (17). – С. 60–69.
8. Литвиновська П.С. Методика багатфакторного вибору вектора інвестиційного державно-приватного партнерства / П.С. Литвиновська // Європейський вектор економічного розвитку. Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля. 2014.– 1(16). – С. 102–109.

References

1. Sarkisyan, S.A. (1977). *The theory of forecasting and decision-making* [The theory of forecasting and decision-making]. Moscow, Sovetskoe radio, 355 p.
2. Fishbern, P. (1978). *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya resheniya* [Utility theory for decision making]. Moscow, Znanie, 290 p.
3. Marsi, D. (1980). *Stokhasticheskaya model dlya prognozirovaniya tekhnologicheskikh izmenenii* [Stochastic model for predicting technological change]. Ref. sbornic. *Ekonomika promyshlenosti* [Industrial Economics], no.1, pp. 22-27.
4. Raifa, G. *Analiz reshenii* (1977). [Decision Analysis], Moscow, 1977, 186 p.
5. Ventcel, E.S. (1972). *Issledovanie operacii* [Operations research]. Moscow, Sovetskoe radio, 430 p.
6. Dem'janchuk, B.A., Kosarev V.M. (2014). *Uzagalнена model procesu funkcionuvannya systemy investuvannya regionalnogo rozvytku* [Generalized model of functioning of investment for regional development]. *Akademichnyi oglyad* [Academic review], no. 1 (40), pp. 24-31.
7. Dem'janchuk, B.A., Kosarev, V.M. (2014). *Model prognozuvannya realizuєmosti variantiv investuvannya v sferu vyrobnyctva* [Model prediction realizuєmosti investment options in manufacturing], *Єvropейskii vector ekonomichnogo rozvytku* [European vector of economic development], no. 2 (17), pp. 60-69.
8. Litvinovska P.C. (2014). *Metodika bogatofaktornogo vyboru vektora investicionnogo derzavno-privatnogo partnerstva* [Methods of multivariate selection vector investment public-private partnership], no. 1 (16), pp. 102-109.

Предложена методика определения вероятностей реализации плановых объемов инвестиций, направленных, например, на содействие энергетической безопасности страны в случае пересечения гипотез о фактических распределениях вариантов государственных и частных источников инвестирования в условиях неопределенности случайного и антагонистического характера. Результаты получены методом проверки статистических гипотез с помощью применения принципа компромисса и метода минимакса. Результаты применения методики способствуют совершенствованию управления реализацией инвестиций в важные задачи страны в реальных сложных условиях.

Ключевые слова: *распределение объемов инвестиций, метод проверки статистических гипотез, стохастическая модель прогнозирования явлений, достоверность реализации плановых объемов инвестиций, компромиссное определение вероятности реализации инвестиций, неопределенности случайного и антагонистического характера.*

The methodical basis for determining the probability of realization of the planned level of investment, for example, to promote the country's energy security in the case of intersection hypotheses about the actual distribution of variants of public and private sources of investment under uncertainty and random antagonistic. Results obtained by statistical hypothesis testing using the application of the principle of compromise and the method of minimax. Results of application techniques contribute to improve the management of the implementation of investments in the country's important tasks in real difficult conditions.

Key words: *distribution of investment volumes, the method of statistical hypothesis testing, prediction of stochastic model, the accuracy of the implementation of a total planned investment, a compromise definition of the probability of investment uncertainty casual and antagonistic.*

Одержано 14.09.2015.