

3. Галицин В.К. Моделі і методи оцінки інвестиційних проектів/ Галицин В.К., Суслов О.П., Кубрушко Ю.О. — К.: КНЕУ, 2005. — 168 с.: ил.

4. Jacob H. Neuere Entwicklungen der Investitionsgrechnung /Jacob H. // ZIB. — 1964. — N 34. — S. 487—567.

5. Förster K. Dynamische (Produktions-Theorie) und Lineare Programmierung / K. Förster, R. Henn. — Meisenheim, 1957. — 219 s.

6. Blohm H. Schwachstellen im Investitionsbereich des Industriebetriebs und Wege zu ihrer Beseitigung / H. Blohm, K. Lüder. — München, 1991. — 350 s.

УДК 519.83

В. В. Вітлінський, д-р екон. наук., проф.,
ДВНЗ «Київський національний економічний
університет імені Вадима Гетьмана»

УРАХУВАННЯ ОБ'ЄКТИВНО-СУБ'ЄКТИВНОЇ СТРУКТУРИ РИЗИКУ В МОДЕЛЮВАННІ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. У статті розглядаються проблеми пов'язані з оцінюванням та врахуванням ризику в процесі вироблення та обґрунтування управлінських рішень. Наголошується, що кількісна оцінка ступеня ризику є вектором, одна група компонент якого характеризує ризик, породжений структурою невизначеності, друга група — характеризує психологію та суб'єктивне ставлення до ризику осіб, які приймають управлінські рішення. Пропонуються та аналізуються відповідні кількісні показники і параметри ризику та можливість їх урахування в прийнятті управлінських рішень.

ANNOTATION: This article handle a problems concerned with estimation and consideration of the risk in a process of creation and arguing management solutions. In the focus is quantitative assessment of the risk. It is a vector which one part of the components defines risk created by the structure of the environmental uncertainty and the other defines manager's psychology and personality attitude to the risk. There are corresponding specification of quantity and parameters of the risk and capability of their implementation in management solutions.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Невизначеність, ризик, об'єктивність ризику, суб'єктивність ризику, ціна ризику, альтернативні стратегії, кількісні параметри ступеня ризику.

Нині моделювання соціально-економічних систем, процесів, явищ вступило в третій етап свого розвитку, «вбудовуючись» у процеси та структури інформатизації суспільства, враховуючи притаманні йому фундаментальні властивості, зокрема, емергент-

ність, динамічність, нелінійність, неоднозначність, невизначеність. Зазначимо зокрема, що характерною ознакою невизначеності є наявність невичерпної, нечіткої, нерідко суперечливої інформації, великої кількості взаємодіючих чинників, обмежену можливість достатньо точно та своєчасно передбачити можливі зміни у внутрішньому і зовнішньому середовищах модельованого об'єкта.

Протягом останніх років опубліковано низку фундаментальних праць, присвячених проблемам прийняття управлінських рішень та вибору ефективних проектів (стратегій) із низки згенерованих альтернативних варіантів в умовах невизначеності, конфліктності та породженого ними ризику. Однак ще недостатньо розкрита та не враховується діалектична об'єктивно-суб'єктивна структура ризику. Постає запитання: як враховувати вплив чинників невизначеності та породженого цим ризику, що характеризується об'єктивно-суб'єктивною структурою, в оцінюванні альтернативних стратегій, проектів, у виборі, в певному сенсі, найкращого управлінського рішення із множини альтернативних варіантів?

Зазначимо, що оцінювання ефекту чи ефективності, корисності, цінності, що враховують наявну невизначеність, здійснюють, зокрема, на підґрунті застосування теорії сподіваної корисності, в якій використовується сучасний математичний апарат. У теорії гри використовується таке поняття, як функціонал оцінювання. У багатьох випадках такий функціонал можна теж трактувати як функцію корисності. Для оцінювання чинників невизначеності, зазвичай, використовують інструментарій теорії ймовірностей, у багатьох випадках доречним є також застосування інструментарію штучного інтелекту.

Необхідною умовою науково обґрунтованого підходу до врахування впливу невизначеності є її адекватний опис як на якісному (вербальному), так і на кількісному рівнях.

Якщо особа, дійсно зацікавлена в результатах моделювання та керування відповідним об'єктом чи процесом, має компетенцію приймати управлінські рішення і не в змозі перекласти відповідальність за прийняте рішення на інших, то для неї невизначеність трансформується у ризик, тобто, залежно від ситуації невизначеності, шляхом елімінування другорядних чинників і прийняття певних гіпотез, переходять до ситуації ризику. Наголосимо, що невизначеність як така, залишається.

Необхідно звернути увагу й на те, що ризик в економіці має діалектичну об'єктивно-суб'єктивну структуру. Об'єктивність ризику ґрунтується на тому, що він існує в силу об'єктивних,

притаманних економіці категорій невизначеності, розпливчастості, нечіткості, конфліктності на момент оцінювання та прийняття управлінських рішень. Суб'єктивність ризику зумовлюється тим, що в економіці та бізнесі діють реальні люди з власним досвідом, наявними засобами, психологією, ментальністю, інтересами, схильністю чи несхильністю до ризику тощо.

Моделюючи ту чи іншу економічну систему для оцінювання та врахування ризику в процесі вироблення та обґрунтування управлінських рішень варто враховувати те, що кількісна міра ризику є вектором, одна група компонент якого характеризує окремі грані ризику, враховуючи те, що він породжений об'єктивно існуючими конфліктністю та невизначеністю, решта компонент цього вектора має враховувати низку особливостей суб'єктивних ризику, котрі продукують та приймають відповідні управлінські рішення, їхнє ставлення до ризику.

Інша справа, що існує проблема щодо раціонального формування компонент цього вектора, який би адекватно відображав як об'єктивні, так і суб'єктивні ключові грані кількісного оцінювання ступеня ризику та його врахування в моделюванні й прийнятті відповідних управлінських рішень.

Важливим аспектом щодо врахування невизначеності та зумовленого цим ризику є ідентифікація й ухвалення системи гіпотез, зокрема, стосовно інформаційної ситуації, що характеризує як міру невизначеності можливих станів суспільно-економічного середовища, так і ставлення до ризику суб'єктів прийняття рішення. А обґрунтування найкращого, в певному сенсі, рішення з множини альтернативних варіантів можна здійснити, використовуючи низку критеріїв.

Якщо є підстави спертися на методологічний підхід за якого показники ефективності та відповідні ключові чинники та параметри, від яких залежать значення цих показників ефективності, трактуються як випадкові величини, то це надає можливість використати потужний апарат теорії ймовірностей і математичної статистики. Альтернативою є використання інструментарію нечіткої логіки.

У методологічному підході на підґрунті теорії ймовірностей і математичної статистики, критерій оптимальності формують з двох частин (складових). Перша складова характеризує центр групування значень відповідної випадкової величини. Це може бути математичне сподівання, мода, медіана, зважене середньо-геометричне тощо обраного показника ефективності. Друга складова відображає поправку (плату) за ризик (капітал під ризиком).

Вона формується, враховуючи те, що кількісна міра ризику є вектором, який складається з низки компонент, одна група із яких характеризує ризик, породжений об'єктивною структурою невизначеності, друга група характеризує психологію та суб'єктивне ставлення до ризику осіб, що приймають рішення.

До компонент кількісного оцінювання ступеня ризику, зокрема, належать: оцінка ймовірності небажаних подій, оцінки середньоквадратичного чи семіквадратичного відхилення, врахування початкових чи центральних моментів третього та вищих вищих порядків, оцінок коефіцієнтів відповідних моментів (коефіцієнти варіації, семіваріації, асиметрії, ексцесу тощо).

Нехай R — випадкова величина, що характеризує один із згаданих вище показників ефективності проекту. Припустимо, що показник (критерій) оптимальності має додатній інгредієнт, тобто ми прагнемо обрати варіант, якому відповідає максимальне значення критерію оптимальності. Позначимо через $m = M[R]$ математичне сподівання випадкової величини R , M_o — моду випадкової величини R . Відомо, що аналіз проекту (ефективності проекту) пов'язаний з аналізом його ризикованості, тому, як зазначалось вище, використовується низка різних показників ступеня ризику, зокрема: середньоквадратичне відхилення (σ), семіквадратичне відхилення (SSV), коефіцієнт варіації (CV), коефіцієнт семіваріації (CSV), середньоквадратичне відхилення відносно моди (σ_{M_o}), семіквадратичне відхилення відносно моди (SSV_{M_o}) тощо.

Нехай задано певний рівень надійності q (тобто ймовірність того, що значення випадкової величини R знаходиться у межах не нижче заданого рівня її можливих значень). У такому разі величину $\alpha = 1 - q$ можна вважати теж одним із показників кількісного оцінювання ступеня ризику.

Отже ризик можна охарактеризувати вектором:

$$G = (g_1, \dots, g_j, \dots, g_m), \quad (1)$$

де $g_j, j = \overline{1, m}$ — певні кількісні оцінки ступеня ризику (наприклад, $\sigma, SSV, CV, CSV, \alpha$, та ще багато інших). Серед компонент $g_j, j = 1, \dots, m$ є такі, на підставі яких оцінюють об'єктивну структуру ризику (наприклад, σ, SSV), а решта — його суб'єктивні грані та відповідні показники кількісного оцінювання ступеня ризику (наприклад, згадана вище кількісна оцінка ступеня ризику α — ймовірність небажаних подій).

У ризикології (загальній теорії економічного ризику) вводять низку модифікованих показників ефективності (B), які враховують ризик під час прийняття відповідних управлінських рішень, у вигляді функції¹:

$$B = M[U(R)], \quad (2)$$

де R — випадкова величина, яка характеризує ефективність досліджуваного економічного об'єкта (системи, процесу) — об'єкта ризику; $M[\cdot]$ — оператор математичного сподівання; $U(R)$ — та чи інша аналітична функція, яку часто називають функцією корисності (цінності, функціоналом оцінювання).

У спрощеному варіанті функцію $U(R)$ можна подати, наприклад, у такому вигляді:

$$U(R) = R - k \sqrt{[R - m(R)]^2},$$

тоді модифікований критерій оцінювання ефективності (критерій оптимальності) з урахуванням ступеня ризику запишеться так:

$$B = M[U(R)] = m(R) - k \sigma(R), \quad (3)$$

де $m(R) = M[R]$; $\sigma(R)$ — середньоквадратичне відхилення; k — параметр, який можна інтерпретувати як ціну ризику. Модифікований критерій оцінювання (3) має дві складові, про які йшлося вище.

За відомих значень величин m та σ , функція B є лінійною функцією параметра k (рис. 1). З формули (3) видно, що зі зростанням ціни ризику (k) значення $B(k)$ лінійно спадає.

Якщо покласти у виразі (3) $k = k_H = 0$, то $B = m$. Тобто, у даному випадку ризик не враховують, його просто ігнорують, а за критерій оцінювання (критерій оптимальності) слугує математичне сподівання показника ефективності (зокрема, в концепції теорії статичної гри — це критерій Байєса).

Якщо ж прирівняти значення B до нуля

$$B = B^* = m - k_* \sigma = 0,$$

то це реалізується, якщо $k_* = m/\sigma = 1/CV$.

¹ Вітлінський В.В., Великоіваненко Г.І. Ризикологія в економіці та підприємстві: Монографія. — К.: КНЕУ, 2004. — 480 с.

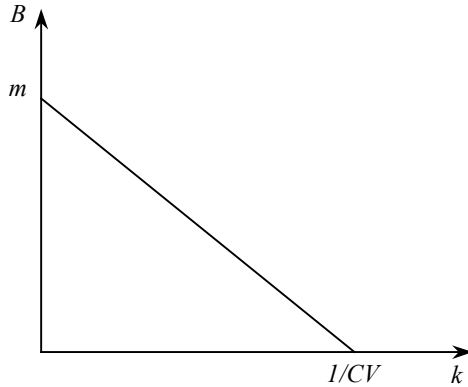


Рис. 1

Отже коефіцієнт варіації (CV) є ще одним об'єктивним показником кількісного оцінювання ступеня ризику.

Зазначимо, що вже є окремі, досить цікаві наукові результати у випадку, коли $k < 0$ або $k > k_*$, але загальна проблема у випадку, коли $k < 0$? потребує подальших досліджень.

Здійснімо більш детальний аналіз проблеми у разі, коли $k \geq 0$.

На нашу думку, параметр k є сенс у свою чергу розглядати як функцію кількох параметрів, зокрема двох. Позначимо їх через γ та δ , тобто

$$k = \varphi(\gamma, \delta). \quad (4)$$

Інтерпретуватимемо параметр γ як складову ціни ризику, в якій відображається (враховується) об'єктивно існуюча невизначеність та зумовлений цим ризик, який необхідно враховувати, приймаючи управлінські рішення. Параметр δ інтерпретуватимемо як складову ціни ризику, що характеризує психологічні аспекти, ступінь несхильності до ризику його суб'єкта (особи, котра приймає управлінське рішення).

В якості показника γ , що характеризує міру невизначеності, зокрема, можна використати ентропію Шеннона, оцінювання якої здійснюють, урахувавши параметри, котрі характеризують множини альтернативних сценаріїв стосовно можливих станів середовища досліджуваного об'єкта, ймовірність їхнього настання, область можливих значень, які може приймати випадкова величина R , інформаційну ситуацію тощо. Оцінювання параметра γ також можна здійснити, використовуючи інструментарій теорії нейронечітких мереж.

Конкретну кількісну оцінку параметра γ можна трактувати як ліміт стосовно мінімальної ціни ризику, тобто кількісне значення параметра k необхідно обирати таким, щоб виконувалась наступна умова, за будь-якого ставлення до ризику його суб'єкта:

$$k = \varphi(\gamma, \delta) \geq \gamma. \quad (5)$$

Розглядатимемо параметр δ як функцію ще однієї із компонент вектора кількісного оцінювання ступеня ризику, а саме ймовірності (α) реалізації можливих небажаних значень показника ефективності R . Якщо певним чином вдалося встановити значення (кількісну оцінку) показника ризику α ($0 < \alpha < 1$), вибір якого залежить від міри схильності, несхильності, байдужого ставлення до ризику суб'єкта прийняття рішень, то можна оцінити відповідне значення δ , як функції цієї ймовірності, тобто $\delta = \delta(\alpha)$, за якого виконуватиметься нерівність:

$$P\{R < m - \delta(\alpha)\sigma\} \leq \alpha. \quad (6)$$

Зазначимо, що функція $\delta(\alpha)$ є нелінійною функцією параметра α .

Чим більш несхильною до ризику є особа, котра приймає рішення, тим менших значень набуває кількісний показник ступеня ризику α ($\alpha \rightarrow 0$), як імовірність небажаних можливих подій, і тим більших значень набуває параметр δ , а відповідно і параметр k .

У загальному випадку, для обрання кількісної оцінки параметра $k = \varphi(\gamma, \delta)$ функцію $\varphi(\gamma, \delta)$ можна подати у вигляді:

$$k = \varphi(\gamma, \delta) = \begin{cases} \gamma, & \text{якщо } \gamma \geq \delta, \\ \delta, & \text{якщо } \delta > \gamma, \end{cases} \quad (7)$$

тобто $k = \max(\gamma, \delta)$.

Розглянемо, для прикладу, лише два альтернативні проекти (стратегії), з яких необхідно обрати найкращий у певному сенсі. Позначимо через R_1, R_2 випадкові величини обраного показника ефективності відповідно першого і другого проектів (стратегій), $m_i, i = 1, 2$, — сподівані значення показника ефективності відповідного проекту ($m_i = M[R_i]$), σ_i — середньоквадратичні відхилення показника ефективності відповідного проекту, $CV_i = \sigma_i/m_i, i = 1, 2$ — коефіцієнти варіації. Порівняємо показники (критерії ефективності) $B_1 = m_1 - k \cdot \sigma_1$ та $B_2 = m_2 - k \cdot \sigma_2$.

Із кількох можливих випадків розглянемо найцікавіший — той, коли $m_1 > m_2, \sigma_1 > \sigma_2$, а також $CV_1 > CV_2$.

Легко обчислити координати точки $M(k_0, B_0)$ перетину прямих B_1 та B_2 (рис. 2):

$$0 < k_0 = \frac{m_1 - m_2}{\sigma_1 - \sigma_2} < \min\left(\frac{1}{CV_1}; \frac{1}{CV_2}\right);$$

$$0 < B_0 = \frac{m_2\sigma_1 - m_1\sigma_2}{\sigma_1 - \sigma_2} < m_2.$$

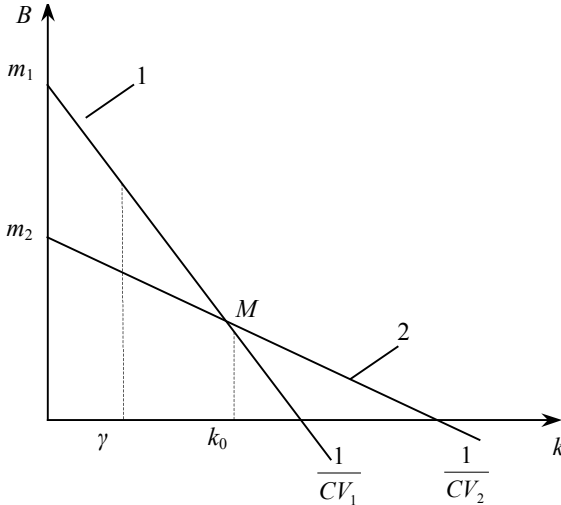


Рис. 2

Припустимо, що $k_0 > \gamma$. Для значень ціни ризику k , що знаходяться на відрізку: $\gamma \leq k < k_0$ виконуватиметься нерівність $B_1 > B_2$, а для значень $k > k_0$ відповідно — $B_2 > B_1$. Тобто, якщо параметр k (ціна ризику) приймає значення на осі абсцис ліворуч точки k_0 (див. рис. 2), то кращим є перший із альтернативних проектів (стратегій). Якщо ж обчислене значення $k > k_0$ (праворуч точки k_0), то кращим є другий проект (стратегія).

Зауважимо, що у випадку, коли $k = k_0$, тобто коли $B_1 = B_2$ (точка M на рис. 2), на нашу думку, доцільно ухвалити перший проект (стратегію), ураховуючи, зокрема те, що $B_1 = m_1 - \gamma\sigma_1 > B_2 = m_2 - \gamma\sigma_2$ за умови, що $k_0 = \varphi(\gamma, \delta) = \delta_0$.

Загалом, а особливо у випадку, коли $\delta > \gamma$, тобто якщо $k = \varphi(\gamma, \delta(\alpha)) = \delta(\alpha)$ можуть виникнути певні проблеми з визначенням точкової оцінки аксіологічної (суб'єктивної) ймовірності

α , оскільки її кількісне оцінювання, зазвичай, здійснюється на підґрунті експертних процедур.

У багатьох випадках важко здобути точну інформацію від суб'єктів прийняття рішень стосовно точкового, конкретного значення α . Зокрема, він має відповісти на питання: чи влаштовує його те, що ймовірність того, що ефективність стратегії (проекту) може виявитись нижчою оціненої показником B (наприклад, у 4-х відсотках випадків)? На практиці для суб'єктів ризику зручніше (легше) оцінити цю суб'єктивну (аксіологічну) ймовірність у вигляді інтервалу допустимих значень $\alpha^* \leq \alpha \leq \alpha^*$ ($\alpha^* < \alpha^*$).

За даного концептуального підходу можлива низка випадків. За умови, що $\gamma < k_* = k(\alpha_*)$ найпростішим є випадок, коли точки $(k(\alpha_*); B(\delta(\alpha_*)))$ та $(k(\alpha^*); B(\delta(\alpha^*)))$ належать відрізку лише однієї прямої, який не містить точок перетину з іншими прямими B_i , що відповідають різним альтернативним варіантам. У даному випадку деякий варіант (проект), позначимо його через s , є найкращим із низки альтернативних варіантів, оскільки $s = \underset{i=1, n}{\text{Arg max}} B_i(k_*) = \underset{i=1, n}{\text{Arg max}} B_i(k^*)$, де $k_* = k(\alpha_*)$, $k^* = k(\alpha^*)$. Якщо ж $\gamma > k^* = k(\alpha^*)$, то обирається той варіант S , для якого $s = \underset{i=1, n}{\text{Arg max}} B_i(k(\gamma))$.

Складнішим є випадок, коли точки перетину кількох прямих (точка M на рис. 3), що характеризують різні альтернативні стратегії, знаходяться на інтервалі значень $k(\alpha_*) = k_*$ та $k(\alpha^*) = k^*$. Зазначимо, що $k_* < k^*$, припустимо також, що $\gamma < \delta(\alpha_*)$.

Постає питання, котре із альтернативних рішень (який проект) слід обрати? Для розв'язання даної проблеми можливі різні концептуальні підходи.

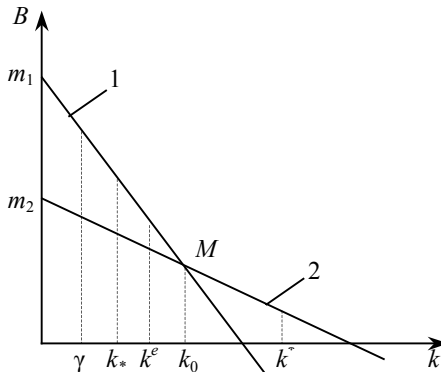


Рис. 3

Якщо ми трактуємо α як випадкову величину, то можна, як і в попередньому, для оцінювання $B(k)$, розглядати ефективну оцінку аксіологічної ймовірності (α^e)

$$\alpha^e = m(\alpha) - \mu SSV(\alpha), \quad (8)$$

де $m(\alpha)$ — математичне сподівання випадкової величини α ; μ — параметр (ціна ризику); $SSV(\alpha)$ — семіквдратичне відхилення.

Нагадаємо, що для неперервної величини α

$$SSV(\alpha) = \sqrt{SV(\alpha)},$$

де $SV(\alpha) = \int_0^{m(\alpha)} (\alpha - m(\alpha))^2 f(\alpha) d\alpha$, $f(\alpha)$ — щільність розподілу ймовірності випадкової величини α .

У разі, коли α доречно трактувати як дискретну випадкову величину $SV(\alpha)$, легко обчислюється за відповідними формулами.

Обчисливши кількісну оцінку α^e легко відшукати відповідне значення k^e , $k^e = k(\alpha^e)$, і якщо $k^e > \gamma$, то за максимальним значенням B_s показника ефективності (критерія оптимальності) B_i , $i = 1, \dots, n$, $B_s = \max_{i=1, n} B_i$ легко знайти найкраще рішення s із низки (n)

альтернативних варіантів $s = Arg \max_{i=1, n} B_i$ (див. рис. 3). Як видно з

рис. 3, завдяки моделюванню можна виявити низку ключових точок, що дають інформаційне підґрунтя для прийняття виважених (у певному сенсі найкращих) рішень.

Зазначимо, що замість аксіологічних імовірностей небажаних подій, як однієї з кількісних оцінок ступеня ризику, у багатьох випадках, більш адекватним може виявитись інструментарій теорії нечітких множин та нечіткої логіки, на підґрунті яких здійснюється оцінювання відповідних параметрів.

Запропонований вище методологічний підхід та інструментарій для аналізу та прийняття раціональних управлінських рішень, що враховує об'єктивно-суб'єктивну структуру ризику, можна застосовувати, спираючись також на інструментарій як теорії гри, так і стохастичного програмування, що надає можливість отримати додаткову аналітичну та візуальну інформацію для проведення діалогових процедур та обґрунтування слабо структурованих управлінських рішень та вирішення слабо структурованих проблем.

Даний методологічний підхід відкриває широкий простір для подальших наукових досліджень.