FINANCIAL SUPPORT FOR INNOVATIVE PRODUCTION

O. Dyba, PhD, Associate Professor
SHEI "Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman"
V. Dyba, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor
SHEI "Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman"

Abstract. The theoretical basis and role of financing for the needs of manufacturing innovatization are explored in the article. The attention is paid to the place of financing among other characteristics, which makes the basis of manufacturing innovatization. The different types of sourses of financing classifications are given. The possibilities of manufacturing innovatization's financing are highlighted. The qualitative change, development and growth are defined as the results of innovative products and services implementation. The financial sources for innovative development are considered as a combination of internal and external financial resources, which are able to ensure the formation of a synergistic effect from their command implementation. Innovation is mostly realized within innovation projects, which are the local components of innovation growth. Optimizing the financing of innovation in production has its effect, both at the level of a specific innovation project and the whole business. It also affects the level of state competitiveness.

Keywords: innovative production, innovative development, innovation, financing, financial sources.

Стаття надійшла до редакції 04.10.2017

УДК 658.152:330.322.54:519.866

Коцюба Олексій Станіславович*

ІНТЕРВАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ РЕАЛЬНИХ ІНВЕСТИЦІЙ

Анотація. Як постулюється сучасною парадигмою інвестиційного аналізу, невизначеність, яка супроводжує інвестиційну діяльність, може набувати інтервального характеру. У публікації досліджено проблему оцінки економічної привабливості (ефективності) інвестиційних проектів у разі інтервальної невизначеності вихідних даних. У межах цього було сформульовано і проаналізовано модель інтервального оцінювання показника чистої теперішньої вартості, в якій враховані функціональні зв'язки між параметрами грошових потоків. Поряд з реалізацією основної мети в дослідженні було розвинено метод експертного врахування взаємодії (залежності) між інтервальними (нечітко-інтервальними) числами.

Ключові слова: реальні інвестиції, оцінювання ефективності, невизначеність, інтервальний аналіз, чиста теперішня вартість.

* **Коцюба Олексій Станіславович** — канд. екон. наук, доцент, докторант кафедри стратегії підприємств, ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», *Alex.Kosta.54.1@gmail.com.*

Вступ. Однією з ключових проблем під час обґрунтування економічної привабливості або ефективності реальних інвестицій є невизначеність і зумовлений нею ризик. Згідно з нинішніми уявленнями економічної і управлінської наук, невизначеність, яка обтяжує інвестиційну діяльність, серед інших своїх різновидів може набувати інтервального характеру, коли зацікавлена особа (суб'єкт прийняття рішення, експерт) або група таких осіб у змозі оцінити аналізовані фінансово-економічні параметри лише за допомогою інтервалів. Звідси постає завдання створення ефективного інструментарію для аналітичної підтримки інвестиційних рішень в умовах інтервальної невизначеності початкових даних.

Математичну основу інтервального підходу до моделювання невизначеності становить інтервальний аналіз або математика. Відмітною рисою сучасних застосувань методів інтервального аналізу в економіці є те, що проблематика фінансів та інвестицій посідає в них одне з центральних місць. Хоча лише цим, звісно, сфера використання інтервальної методології в економіці й бізнесі не обмежується.

Безпосередньо проблема оцінки економічної привабливості (ефективності) інвестиційних проектів у разі інтервальної невизначеності вихідних даних знайшла своє відображення і розвиток у працях В.В. Домбровського, С.М. Авдеєнка, О.П. Вощиніна, П.В. Бронз, Б.М Яценка, М.Ю. Стерніна, Г.І. Шепелєва, І.О. Ніконової, М.А. Колеснікова та ін. [1–5].

Постановка завдання. Віддаючи належне одержаним за зазначеним науково-практичним напрямом результатам, разом з тим можна стверджувати, що вони не вичерпують усіх його значущих складових або аспектів. Зокрема, подальших досліджень потребує проблема інтервального моделювання показників ефективності реальних інвестицій з урахуванням залежності (взаємодії) між початковими параметрами. Це і є метою даної роботи.

Результати. Розглянемо спочатку основні положення інтервального аналізу (математики) та його потенціал стосовно оцінювання критеріїв економічної привабливості (ефективності) реальних інвестицій.

Сучасний інтервальний аналіз містить різні підходи до побудови арифметичних операцій над інтервальними числами. Одним з базових і таким, що використовується як відправний для різних інших методів, виступає підхід, який ґрунтується на такому принципі.

Нехай $\overline{\overline{X}}$, $\overline{\overline{Y}}$, $\overline{\overline{Z}}$ – інтервали (інтервальні числа), тобто $\overline{\overline{X}} = [\underline{x}, \overline{x}]$, $\overline{\overline{Y}} = [\underline{y}, \overline{y}]$, $\overline{\overline{Z}} = [\underline{z}, \overline{z}]$, де x, y, z – елемент (точкове значення) інтервалу відповідно $\overline{\overline{X}}$, $\overline{\overline{Y}}$ та $\overline{\overline{Z}}$; $\underline{x}$, $\overline{x}$ – відповідно лівий і правий кінці (мінімальний і максимальний елемент, нижня і верхня границя) інтервалу $\overline{\overline{X}}$; $\underline{y}$, $\overline{y}$ – відповідно лівий і правий кінці інтервалу $\overline{\overline{Y}}$; $\underline{z}$, $\overline{z}$ – відповідно лівий і правий кінці інтервалу $\overline{\overline{Z}}$. Позначимо тепер через $*$ довільну арифметичну операцію, тобто $* \in \{+, -, \times, /\}$. Тоді [6, с. 7]

$$\overline{\overline{Z}} = \overline{\overline{X}} * \overline{\overline{Y}} = \left\{x * y \mid x \in \overline{\overline{X}},\ y \in \overline{\overline{Y}}\right\}, \qquad (1)$$

при цьому в разі ділення припускається, що $0 \notin Y$.

Відразу оговоримо, що оскільки схема, згідно з якою вище були позначені інтервали та їх параметри, передбачається для використання протягом усього подальшого викладення, у ситуаціях, де це не буде призводити до незрозумілості або неоднозначності, відповідні пояснення щодо умовних позначень можуть опускатися.

Виходячи з співвідношення (1), арифметичні операції над інтервалами можуть бути зведені до операцій з їх кінцями [6, с. 7]:

$$\overline{\overline{Z}} = [\underline{z}, \overline{z}] = \overline{\overline{X}} + \overline{\overline{Y}} = [\underline{x}, \overline{x}] + [\underline{y}, \overline{y}] = [\underline{x} + \underline{y}, \overline{x} + \overline{y}], \qquad (2)$$

$$\overline{\overline{Z}} = [\underline{z}, \overline{z}] = \overline{\overline{X}} - \overline{\overline{Y}} = [\underline{x}, \overline{x}] - [\underline{y}, \overline{y}] = [\underline{x} - \overline{y}, \overline{x} - \underline{y}], \qquad (3)$$

$$\overline{\overline{Z}} = [\underline{z}, \overline{z}] = \overline{\overline{X}} \times \overline{\overline{Y}} = [\underline{x}, \overline{x}] \times [\underline{y}, \overline{y}] = [\min\left\{\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\overline{y}, \overline{x}\underline{y}, \overline{x}\overline{y}\right\}, \max\left\{\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\overline{y}, \overline{x}\underline{y}, \overline{x}\overline{y}\right\}], \qquad (4)$$

$$\overline{\overline{Z}} = [\underline{z}, \overline{z}] = \overline{\overline{X}} / \overline{\overline{Y}} = [\underline{x}, \overline{x}] / [\underline{y}, \overline{y}] = [\underline{x}, \overline{x}] \times [1/\overline{y}, 1/\underline{y}]. \qquad (5)$$

Представлений метод, так само, як і інші базові методи, ґрунтується на припущенні про відсутність залежності (взаємодії) між операндами — інтервальними числами, над якими проводяться арифметичні операції. Змістовно умова незалежності операндів може інтерпретуватися як взаємна незалежність об’єктів (показників, параметрів, змінних), які описуються даними інтервальними оцінками (числами). Разом з тим у сфері економіки, у тому числі в інвестиційному проектуванні, значно ширшим є спектр ситуацій, коли аналізовані показники характеризуються різного роду зв’язками.

Як і в разі стандартної або звичайної інтервальної арифметики, яка зорієнтована на операнди, взаємодія між якими відсутня або нею можна знехтувати, арифметичні операції для взаємозалежних інтервальних операндів можуть бути введені в різний спосіб. Стосовно проблематики цього дослідження видається доцільним використання модифікації стандартного методу арифметичних операцій над нечітко-інтервальними числами, яка припускає урахування взаємодії між ними, запропонованої П.М. Дерев’янком [7, с. 84–89].

Названий метод було розроблено передусім для задач стратегічного управління та інвестиційного аналізу. Відповідно, в ньому реалізована спроба коректного й ефективного врахування особливостей інформаційно-аналітичного забезпечення процесів прийняття рішень саме у цих сферах. Також, як було зазначено, даний метод не є суто «інтервальним», від самого початку він був сформульований для нечітко-інтервальних чисел, стосовно яких інтервальні числа являють собою частковий випадок. Виходячи з проблемного поля цієї роботи, подальше викладення й використання методу П.М. Деревянка буде обмежене його інтервальною адаптацією

Ґрунтуючись на співвідношенні (1), загальна модель арифметичних операцій над інтервальними числами в разі їх взаємодії може бути подана так:

$$\overline{\overline{Z}} = \overline{\overline{X}} * \overline{\overline{Y}} = \left\{ x * y \mid (x, y) \in R \subset \overline{\overline{X}} \times \overline{\overline{Y}} \right\}, \tag{6}$$

де $\overline{\overline{X}} \times \overline{\overline{Y}}$ – декартів добуток інтервалів $\overline{\overline{X}}$ та $\overline{\overline{Y}}$; R – бінарне відношення, яке визначає зв'язок між змінними x та y.

Тобто, з формальної точки зору взаємодія між інтервальними числами при здійсненні над ними арифметичних операцій припускає врахування як додаткова умова (обмеження) щодо можливих комбінацій їх елементів. Якщо аналізоване питання перевести у практичну площину, то інтервально-арифметична операція для взаємодіючих операндів може бути реалізована як двійка задач оптимізації:

$$\underline{z} = x * y \to \min, \ \overline{z} = x * y \to \max, \tag{7–8}$$

за обмеження

$$(x, y) \in R \subset \overline{\overline{X}} \times \overline{\overline{Y}}. \tag{9}$$

Слід зауважити, що коректність представленого оптимізаційного підходу залежить від характеру відношення R і він може бути застосований не завжди.

В аналогічний спосіб може знаходитися результат довільного раціонального виразу з більшою кількістю інтервальних операндів, між якими наявні зв'язки.

Нехай y — деякий критеріальний показник (критерій), обумовлений на основі раціонального виразу (функції) n параметрами (змінними, факторами), релевантні (в межах розглядуваної проблеми) і при цьому припустимі (стосовно даної функції) множини значень яких задані діапазонами (інтервалами) — $x_i \in \overline{\overline{X}}_i^* = [\underline{x}_i^*, \overline{x}_i^*]$, $i = \overline{1, n}$. Покладемо також, що параметри підпорядковуються набору зв'язків (залежностей), у кількості m. Тобто

$$y = f(x_1, ..., x_n), \tag{10}$$

$$(x_1, ..., x_n) \in R_j^* \subset \overline{\overline{X}}_1^* \times ... \times \overline{\overline{X}}_n^*, \ j = \overline{1, m}, \tag{11}$$

де f — раціональна функція n змінних, для множини визначення якої справедливо: $\overline{\overline{X}}_1^* \times ... \times \overline{\overline{X}}_n^* \subset D(f)$.

Тоді при оперуванні інтервальними оцінками параметрів, які не виходять за межі релевантних діапазонів, — $x_i \in \overline{\overline{X}}_i = [\underline{x}_i, \overline{x}_i] \subseteq \overline{\overline{X}}_i^*$, $i = \overline{1, n}$ — відповідна інтервальна оцінка критерію може бути знайдена за допомогою такої двійки оптимізаційних задач:

$$\underline{y} = f(x_1, ..., x_n) \to \min, \ \overline{y} = f(x_1, ..., x_n) \to \max, \tag{12–13}$$

$$(x_1, ..., x_n) \in R_j^* \cap \overline{\overline{X}}_1 \times ... \times \overline{\overline{X}}_n, \ j = \overline{1, m}, \tag{14}$$

де $\underline{y}$, $\overline{y}$ — відповідно нижня і верхня границя інтервальної оцінки критерію y.

Знову-таки, слід взяти до уваги, що наведена модель є прийнятною не завжди, її обґрунтоване використання передбачає оцінку характеру обмежень, які накладаються на можливі комбінації параметрів x_i, $i=\overline{1,n}$ відношеннями R_j^*, $j=\overline{1,m}$. Наприклад, якщо система обмежень (14) визначає опуклу множину, то звернення до даного підходу є коректним.

Для практичних потреб, з орієнтацією на економічні застосування, корисною є також така розрахункова модель.

Нехай y — критеріальний показник (критерій), обумовлений на основі раціонального виразу (функції) n параметрами (змінними, детермінантами), для якого виконується:

$$y = f(x_1, ..., x_n), \tag{15}$$

$$x_i \in \overline{\overline{X}}_i^* = [\underline{x}_i^*, \overline{x}_i^*],\ i=\overline{1,n}, \tag{16}$$

$$(x_{s+1}, ..., x_n) \in R_j^{**} \subset \overline{\overline{X}}_{s+1}^* \times ... \times \overline{\overline{X}}_n^*,\ j=\overline{1,m}, \tag{17}$$

де f — раціональна функція n змінних, для множини визначення якої справедливо: $\overline{\overline{X}}_1^* \times ... \times \overline{\overline{X}}_n^* \subset D(f)$.

Покладемо тепер, що сукупність параметрів залежно від взаємодії між собою і характеру зв'язку із критерієм (у межах релевантних діапазонів їх варіювання) можна розбити на чотири групи (блоки):

- перша група — параметри, кожний з яких не залежить від інших параметрів і за умови фіксації значень інших параметрів пов'язаний із критеріальним показником строго зростаючою залежністю;
- друга група — параметри, кожний з яких не залежить від інших параметрів і за умови фіксації значень інших параметрів пов'язаний із критеріальним показником строго спадною залежністю;
- третя група — параметри, кожний з яких не залежить від інших параметрів і при цьому його взаємодія із критеріальним показником не є строго зростаючою або строго спадною;
- четверта група — параметри, які взаємодіють між собою.

Для технічної зручності також припустимо, що в межах вихідної нумерації параметрів параметри, які відносяться до однієї групи сформульованого вище розбиття, розташовані блочно, тобто параметри x_i, $i=\overline{1,k}$ представляють першу групу, параметри x_i, $i=\overline{k+1,l}$ — другу групу, параметри x_i, $i=\overline{l+1,s}$ — третю групу, і параметри x_i, $i=\overline{s+1,n}$ — четверту групу.

Відповідно до зроблених припущень, у ситуації оперування інтервальними оцінками параметрів, які не виходять за межі релевантних діапазонів, — $x_i \in \overline{\overline{X}}_i = [\underline{x}_i, \overline{x}_i] \subseteq \overline{\overline{X}}_i^*$, $i=\overline{1,n}$ — відповідна недетермінована величина критерію може бути знайдена за допомогою такої двійки оптимізаційних задач:

$$\underline{y} = f(\underline{x}_1, ..., \overline{x}_{k+1}, ..., x_{l+1}, ..., x_{s+1}, ..., x_n) \to \min, \tag{18}$$

$$\overline{y} = f(\overline{x}_1, ..., \underline{x}_{k+1}, ..., x_{l+1}, ..., x_{s+1}, ..., x_n) \to \max , \qquad (19)$$

$$x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i],\ i = \overline{l+1, s}, \qquad (20)$$

$$(x_{s+1}, ..., x_n) \in R_j^{**} \bigcap \overline{\overline{X}}_{s+1} \times ... \times \overline{\overline{X}}_n ,\ j = \overline{1, m} . \qquad (21)$$

Методологія арифметичних операцій над нечітко-інтервальними оцінками, запропонована П.М. Дерев'янком, ґрунтується на експертному врахуванні залежності (зв'язку) між ними, схема якого складається з таких елементів [7, с. 84–89]:

- виявлення факту існування залежності (наявна чи відсутня);
- з'ясування характеру залежності (спадна, зростаюча);
- визначення у якісних (лінгвістичних) оцінках сили залежності (взаємодії).

Оцінювання сили залежності між параметрами зручно здійснювати за допомогою п'ятирівневої якісної шкали: дуже слабка, слабка, середня, сильна, дуже сильна. При цьому можуть використовуватися також проміжні (по відношенню до основних) рівні (градації), необхідність у яких може виникнути, якщо експерт зазнає труднощів при виборі між основними рівнями.

Покажемо, як оцінена в зазначений вище спосіб залежність між інтервальними числами може задаватися на основі аналітичних співвідношень (нерівностей).

Нехай x і y – параметри об'єкта або аспекту дослідження у межах деякої проблемної ситуації (оцінки реальних інвестицій, оптимізації портфеля фінансових активів, формування виробничої програми), між якими існує залежність (зв'язок). Покладемо далі, що при зміні цих параметрів у діапазонах (інтервалах), відповідно, $\overline{\overline{X}}^* = [\underline{x}^*, \overline{x}^*]$ та $\overline{\overline{Y}}^* == [\underline{y}^*, \overline{y}^*]$ характер і сила залежності між ними можуть бути визначені експертним шляхом, як це було окреслене вище. Тоді результати даного експертного оцінювання, можна описати, згідно з підходом П.М. Дерев'янка, відношенням $R^* \subset \overline{\overline{X}}^* \times \overline{\overline{Y}}^*$, яке в аналітичній формі може бути записане так.

1.1. Для дуже слабкої спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) + \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) + \overline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}, \qquad (22)$$

де $w(...)$ – величина (ширина, діаметр) відповідного інтервалу, тобто $w(\overline{\overline{X}}^*) = \overline{x}^* - \underline{x}^*$, $w(\overline{\overline{Y}}^*) = \overline{y}^* - \underline{y}^*$.

1.2. Для слабкої спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \overline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \tag{23}$$

1.3. Для середньої за силою спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \overline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \tag{24}$$

1.4. Для сильної спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \overline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \tag{25}$$

1.5. Для дуже сильної спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x + w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) + \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) + \overline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \tag{26}$$

2.1. Для дуже слабкої зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \quad (27)$$

2.2. Для слабкої зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \quad (28)$$

2.3. Для середньої за силою зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \quad (29)$$

2.4. Для сильної зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \ge 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \le 0 \\ \underline{x}^* \le x \le \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \le y \le \overline{y}^* \end{cases}. \quad (30)$$

2.5. Для дуже сильної зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^*) w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \leq 0 \\ \underline{x}^* \leq x \leq \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \leq y \leq \overline{y}^* \end{cases}. \tag{31}$$

Варто зауважити, що самим П.М. Дерев'янком запропонований їм метод врахування взаємодії між інтервальними операндами був сформульований к дискретно-комбінаторному варіанті, а не в аналітичній формі, як це зроблене вище.

Розглянемо застосування викладеної методології інтервальних обчислень на умовному прикладі.

Нехай параметри витрат, ціни, обсягу виготовлення (виробництва) і продажу продукції однопродуктового підприємства для планового (розрахункового) періоду (року) визначені у формі інтервальних оцінок:

- середні змінні витрати (AVC), гр. од. – $\overline{\overline{AVC}} = [\underline{AVC}, \overline{AVC}] = [300, 330]$;
- постійні витрати (FC), гр. од. – $\overline{\overline{FC}} = [\underline{FC}, \overline{FC}] = [700\,000, 800\,000]$;
- ціна одиниці продукції (P), гр. од. – $\overline{\overline{P}} = [\underline{P}, \overline{P}] = [460, 500]$;
- обсяг виробництва і продажу продукції (Q), шт. – $\overline{\overline{Q}} = [\underline{Q}, \overline{Q}] = [5\,500, 5\,700]$.

Припускаючи відсутність запасів готової продукції к початковий момент, необхідно оцінити величину прибутку підприємства від операційної діяльності (Pr) на кінець планового періоду.

Якщо виходити із взаємної незалежності параметрів операційного прибутку (к межах наявних діапазонів їх варіювання), то оцінка даного показника може бути одержана за допомогою стандартних правил інтервальної арифметики:

$$\underline{Pr} = 5\,500(460 - 330) - 800\,000 = -85\,000 \text{ (гр. од.)},$$

$$\overline{Pr} = 5\,700(500 - 300) - 700\,000 = 440\,000 \text{ (гр. од.)},$$

де $\underline{Pr}$, $\overline{Pr}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервальної оцінки операційного прибутку.

Припустимо тепер, що між ціною і обсягом продажу в межах спрогнозованих діапазонів їх варіювання експертним шляхом встановлена середня за силою спадна залежність. Звернення до методу інтервально-арифметичних операцій з урахуванням залежності між операндами, сформульованого П.М. Дерев'янком, дозволяє визначити інтервальну оцінку операційного прибутку на основі наступної двійки оптимізаційних задач:

$$\underline{Pr} = Q(P-330) - 800\,000 \to \min,\ \overline{Pr} = Q(P-300) - 700\,000 \to \max,$$

$$200P + 40Q - 316\,000 \geq 0,\ 200P + 40Q - 324\,000 \leq 0,$$

$$Q \in [5\,500,\, 5\,700],\ P \in [460,\, 500].$$

Після виконання необхідних обчислювальних процедур одержуємо: $\underline{Pr} = -72\,000$ (гр. од.), $\overline{Pr} = 420\,000$ (гр. од.). Таким чином, наявність зв'язку між ціною і обсягом продажу, який було враховано на основі експертного підходу, зумовила меншу ширину інтервальної оцінки шуканого показника, ніж у ситуації незалежного варіювання параметрів.

Зрозуміло, що поряд із залежностями (зв'язками), які припускають моделювання за допомогою репрезентованого вище експертного підходу, взаємодія між параметрами (змінними, факторами) критеріальних показників може мати форму звичайної (одно-однозначної) функції, коли кожному точковому значенню факторного показника з множини його можливих значень відповідає точкове значення результуючого показника (критерію).

Спираючись на викладені вище відомості стосовно методології інтервальних обчислень, можна перейти до безпосередньо проблематики моделювання економічної привабливості (ефективності) реальних інвестицій в умовах інтервальної невизначеності початкових даних. Звернемося з цією метою до показника чистої теперішньої вартості (NPV). В основу модельного (гіпотетичного) інвестиційного проекту, який буде використано нижче, покладемо такі припущення;

1) розглядуваний інвестиційний проект є однопродуктовим, тобто в його межах виготовляється (виробляється) і реалізується (продається) продукція одного виду (один продукт);

2) інвестиційні витрати містять вкладення в основні засоби та оборотний капітал (кошти);

3) інвестиційний проект фінансується без залучення позикових коштів;

4) податкові платежі обмежуються податком на додану вартість (ПДВ) і податком на прибуток. Ставки зазначених податків протягом терміну (строку) реалізації (здійснення) інвестиційного проекту є незмінними (стабільними). Збори відсутні;

5) термін реалізації інвестиційного проекту не перевищує терміни (строки) корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів;

6) амортизація об'єктів основних засобів нараховується за допомогою прямолінійного методу;

7) виведення об'єктів основних засобів з інвестиційного проекту під час його завершення здійснюється за залишковою вартістю;

8) податок на додану вартість, сплачений при придбанні основних засобів, відшкодовується за рахунок платежів за даним податком у складі надходжень (виручки) від реалізації (продажу) продукції. Величина відшкодування в межах окремого розрахункового періоду здійснення інвестиційного проекту дорівнює

величині ПДВ, яка припадає на амортизаційні нарахування на основні засоби у складі витрат для реалізованої продукції.

Слід зауважити, що порядок відшкодування ПДВ у системі українського податкового законодавства дещо інший. Разом з тим пропонована схема, з одного боку, не протирічить економічному змісту цього податку, а з другого, є зручною в модельному аспекті;

9) обсяги виготовлення і продажу продукції, яка становить операційний (виробничий) профіль інвестиційного проекту, у розрізі окремих розрахункових періодів його здійснення збігаються між собою;

10) приймається єдина за розрахунковими періодами здійснення інвестиційного проекту ставка дисконтування.

Відповідно до зроблених припущень модель показника чистої теперішньої вартості для детермінованої постановки може бути подана в такий спосіб:

$$NPV = -(\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA}(1+R_{VAT}) + I_{CA}) +$$
$$+\sum_{k=1}^{T}\frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v)](1-R_{PT}) + \sum_{v=1}^{V} A_v(1+R_{VAT})}{(1+r)^k} +$$
$$+\frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v(1+R_{VAT}) + I_{CA}}{(1+r)^T}, \tag{32}$$

при цьому

$$A_v = \frac{I_v^{FA} - LV_v}{T_v^{FA}},\ RV_v = I_v^{FA} - A_v T,\ v = \overline{1,V}, \tag{33–34}$$

де I_v^{FA} — вартість v-го об'єкта основних засобів без урахування податку на додану вартість у складі капітальних інвестицій у межах інвестиційного проекту; I_{CA} — величина інвестицій в оборотний капітал (кошти) у межах інвестиційного проекту; R_{VAT} — ставка податку на додану вартість; P_k — ціна продукції у k-му періоді; AVC_k — середні змінні витрати у k-му періоді; Q_k — обсяг виробництва і продажу продукції у k-му періоді; FC_k^* — величина постійних витрат у k-му періоді без урахування амортизаційних нарахувань; A_v — величина амортизації v-го об'єкта основних засобів, нарахована за окремий розрахунковий період (рік) здійснення інвестиційного проекту; R_{PT} — ставка податку на прибуток; RV_v — залишкова вартість v-го об'єкта основних засобів (податок на додану вартість не враховується); r — ставка дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту; T — термін (строк) реалізації (здійснення) інвестиційного проекту; LV_v — ліквідаційна вартість v-го об'єкта основних засобів (податок на додану вартість не враховується); T_v^{FA} — термін (строк) корисного використання (експлуатації) v-го об'єкта основних засобів.

Окрім оговореного на початку, в моделі (32–34) припускається, що фінансові результати від виробництва і продажу продукції у розрізі окремих розрахункових періодів реалізації інвестиційного проекту набувають невід'ємних значень:

$$Pr_k = (P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v) \geq 0\,,\ k = \overline{1,T}\,, \qquad (35)$$

де Pr_k — фінансовий результат (прибуток/збитки) від операційної діяльності в k-му розрахунковому періоді в межах здійснення інвестиційного проекту.

Виходячи з високого ступеня спрощень і узагальнень, прийнятих у сформульованій вище моделі, на її прикладі можна бачити мінімальний набір функціональних залежностей (зв'язків) між параметрами інвестиційного проекту в межах поширеної ситуації (класу ситуацій) реального інвестування. Передусім, це залежності, які стосуються первісної вартості об'єктів основних засобів у складі капітальних інвестицій, амортизаційних нарахувань за даними об'єктами та їх залишкової вартості.

Запишемо вираз для розрахунку показника NPV дещо інакше:

$$NPV = -[(1 + R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}] +$$

$$+\sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1 - R_{PT}) + (R_{PT} + R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} +$$

$$+\frac{(1 + R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T}\,. \qquad (36)$$

З урахуванням останньої версії запису показника NPV, можна бачити, що за параметрами ціни, обсягу виробництва і продажу продукції, амортизаційних нарахувань, залишкової вартості об'єктів основних засобів для нього має місце строго зростаюча залежність, у той час як за параметрами первинних інвестиційних витрат, середніх змінних витрат, постійних грошових витрат, дисконтної ставки досліджувана функціональна залежність є строго спадною.

На основі детермінованої моделі чистої теперішньої вартості, вираженої співвідношеннями (32–36), можна сформулювати відповідну версію інтервального оцінювання цього показника (якісь додаткові припущення щодо зв'язків між параметрами інвестиційного проекту при цьому не приймаються):

$$\underline{NPV} = -[(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}] +$$

$$+\sum_{k=1}^{T}\frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1-R_{PT}) + (R_{PT}+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} +$$

$$+\frac{(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T} \to \min, \qquad (37)$$

$$\overline{NPV} = -[(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}] +$$

$$+\sum_{k=1}^{T}\frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1-R_{PT}) + (R_{PT}+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} +$$

$$+\frac{(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T} \to \max, \qquad (38)$$

$$I_v^{FA} \in [\underline{I}_v^{FA}, \overline{I}_v^{FA}],\ v=\overline{1,V},\ I_{CA} \in [\underline{I}_{CA}, \overline{I}_{CA}],\ r \in [\underline{r}, \overline{r}],$$

$$LV_v = a_v I_v^{FA},\ A_v = \frac{I_v^{FA} - LV_v}{T_v^{FA}} = \frac{I_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}},$$

$$RV_v = I_v^{FA} - A_v T = I_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right),\ v=\overline{1,V},$$

$$P_k \in [\underline{P}_k, \overline{P}_k],\ AVC_k \in [\underline{AVC}_k, \overline{AVC}_k],\ Q_k \in [\underline{Q}_k, \overline{Q}_k],\ FC_k^* \in [\underline{FC}_k^*, \overline{FC}_k^*],$$
$$k=\overline{1,T},$$

$$(\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - \overline{FC}_k^* - \sum_{v=1}^{V}\frac{\overline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}} \geq 0,\ k=\overline{1,T}, \qquad (39\text{–}49)$$

де $\underline{X}$, $\overline{X}$ — відповідно нижня і верхня границя інтервальної оцінки показника (параметра) X, $X \in \{NPV, I_v^{FA}, I_{CA}, P_k, AVC_k, Q_k, FC_k^*, r\}$; a_v — коефіцієнт для визначення ліквідаційної вартості v-го об'єкта основних засобів, $0 \leq a_v < 1$.

Виходячи з характеру поведінки функції показника NPV у розрізі окремих параметрів, а також взаємодії параметрів між собою, можна знайти аналітичні вирази розв'язків наведених вище оптимізаційних задач:

$$\underline{NPV} = -[(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V}\overline{I}_v^{FA} + \overline{I}_{CA}] + \\ + \sum_{k=1}^{T}\frac{[(\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - \overline{FC}_k^*](1-R_{PT}) + (R_{PT}+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V}\overline{A}_v}{(1+\overline{r})^k} + \\ + \frac{(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V}\overline{RV}_v + \overline{I}_{CA}}{(1+\overline{r})^T}, \quad (50)$$

$$\overline{NPV} = -[(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V}\underline{I}_v^{FA} + \underline{I}_{CA}] + \\ + \sum_{k=1}^{T}\frac{[(\overline{P}_k - \underline{AVC}_k)\overline{Q}_k - \underline{FC}_k^*](1-R_{PT}) + (R_{PT}+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V}\underline{A}_v}{(1+\underline{r})^k} + \\ + \frac{(1+R_{VAT})\sum_{v=1}^{V}\underline{RV}_v + \underline{I}_{CA}}{(1+\underline{r})^T}, \quad (51)$$

$$\underline{A}_v = \frac{\underline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \qquad \overline{A}_v = \frac{\overline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \ v = \overline{1,V}, \quad (52–53)$$

$$\underline{RV}_v = \underline{I}_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \qquad \overline{RV}_v = \overline{I}_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \ v = \overline{1,V}. \quad (54–55)$$

Аналогічно наведеному може бути здійснене інтервальне моделювання складніших ситуацій інвестицій виробничого призначення, з більшою кількістю параметрів, складнішою структурою зв'язків між ними, іншою динамікою грошових потоків тощо.

Аналіз запропонованої модельної ситуації було обмежено показником чистої теперішньої вартості, який входить до групи показників ефекту реальних інвестицій. Інтервальне оцінювання критеріальних показників інших груп (доходності, терміну окупності) утворює окремі напрями дослідження.

Висновки. Результати репрезентованого дослідження свідчать, що методологія інтервального аналізу або математики має великий потенціал для застосування в інвестиційному проектуванні.

У роботі була сформульована і проаналізована модель інтервального оцінювання показника чистої теперішньої вартості, в якій враховані функціональні зв'язки між параметрами відповідно інвестиційних грошових потоків і грошових потоків від операційної діяльності. Поряд з реалізацією основної мети в дослідженні було розвинено метод врахування взаємодії між інтервальними (нечітко-інтервальними) числами, запропонований П.М. Дерев'янком.

Слід також зауважити, що важливим напрямом подальших наукових розвідок за порушеною у публікації проблематикою залишається формування цілісної методології врахування і аналізу ризику під час оцінки економічної привабливості інвестиційних проектів, яка охоплює як традиційні, так і новітні підходи та інструменти.

Література

1. *Авдеенко С.Н.* Анализ инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности / С.Н. Авдеенко, В.В. Домбровский // Вестник Томского государственного университета. — 2000. — № 271. — С. 125–126.

2. *Бронз П.В.* Интервальный подход к оценке экономических рисков проектов энергетики и его сравнение со сценарным анализом / П.В. Бронз, А.П. Вощинин // Научная сессия МИФИ — 2006: Сборник научных трудов. — Экономика и управление. — Москва, 2006. — Т. 13. — С. 17–18.

3. *Яценко Б.Н.* Оценка эффективности инвестиционных проектов и принятие инвестиционных решений в условиях большой неопределенности интервального типа / Б.Н. Яценко // Аудит и финансовый анализ. — 2006. — № 1. — С. 20–25.

4. *Стернин М.Ю.* Оценка интервальных параметров инвестиционных проектов / М.Ю. Стернин, Г.И. Шепелев // Труды XII Конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2010). — М.: Физматлит, 2010. — С. 89–95.

5. *Никонова И.А.* Развитие методов анализа и оценки инвестиционных проектов / И.А. Никонова, М.А. Колесников // Вестник финансового университета. — 2013. — № 6. — С. 89–97.

6. *Калмыков С.А.* Методы интервального анализа / С.А. Калмыков, Ю.И. Шокин, З.Х. Юлдашев; [отв. ред. В.А. Новиков]. — Новосибирск: Наука, 1986. — 223 с.

7. *Деревянко П.М.* Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук: спец. 08.00.13 / П.М. Деревянко. — Санкт-Петербург, 2006. — 224 с.

References

1. Avdeenko, Sergej, and Vladimir Dombrovskij. “Analiz investicionnyh proektov v uslovijah interval’noj neopredelennosti.” *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 271 (2000): 125–126.

2. Bronz, Polina, and Aleksandr Voshhinin. “Interval’nyj podhod k ocenke jekonomicheskih riskov proektov jenergetiki i ego sravnenie so scenarnym analizom.” *Sbornik nauchnyh trudov* 13 (2006): 17–18.

3. Jacenko, Boris. “Ocenka jeffektivnosti investicionnyh proektov i prinjatie investicionnyh reshenij v uslovijah bol’shoj neopredelennosti interval’nogo tipa.” *Audit i finansovyj analiz*, no. 1 (2006): 20–25.

4. Sternin, Mihail, and Gennadij Shepelev. “Ocenka interval’nyh parametrov investicionnyh proektov.” In *Trudy XII Konferencii po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem*, 89–95. Moskva: Fizmatlit, 2010.

5. Nikonova, Irina, and Mihail Kolesnikov. “Razvitie metodov analiza i ocenki investicionnyh proektov.” *Vestnik finansovogo universiteta*, no. 6 (2013): 89–97.

6. Kalmykov, Sergej, Jurij Shokin, and Zijavidin Juldashev. *Metody interval’nogo analiza*. Novosibirsk: Nauka, 1986.

7. Derevjanko, Pavel. “Modeli i metody prinjatija strategicheskih reshenij po raspredeleniju real’nyh investicij predprijatija s primeneniem teorii nechetkih mnozhestv.” Dis. kand. jekon. nauk: spec. 08.00.13, Sankt-Peterburg, 2006.

ИНТЕРВАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

Коцюба А.С., канд. экон. наук, докторант
кафедры стратегии предприятий
ГВУЗ «Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана»

Аннотация. Как постулируется современной парадигмой инвестиционного анализа, неопределенность, которая сопровождает инвестиционную деятельность, может принимать интервальный характер. В публикации исследуется проблема оценки экономической привлекательности (эффективности) инвестиционных проектов при интервальной неопределенности исходных данных. В рамках этого была сформулирована и проанализирована модель интервального оценивания показателя чистой текущей стоимости, в которой учтены функциональные связи между параметрами денежных потоков. Наряду с реализацией основной цели в исследовании был развит метод экспертного учета взаимодействия (зависимости) между интервальными (нечетко-интервальными) числами.

Ключевые слова: реальные инвестиции, оценка эффективности, неопределенность, интервальный анализ, чистая текущая стоимость.

INTERVAL MODELING OF REAL INVESTMENT PERFORMANCE INDICATORS

O. Kotsyuba, PhD,
SHEI "Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman"

Abstract. Quality of information analytical support of decision-making is highly relevant to productivity of investment activity. A key barrier to efficient accomplishment of this task is related to a disturbing effect of uncertainty it produces. According to current views of economic and managerial sciences, the uncertainty that accompanies investment activity can take an interval character, when the interested person (decision-maker, expert) is able to assess the considered financial and economic parameters only by means of intervals. The paper examines the problem of estimation of investment projects performance indicators with interval uncertainty of the initial data. Within this framework, the model of interval determining of the Net Present Value indicator was formulated and analyzed, which takes into account the functional relationships between the cash flow parameters. Along with the realization of the main goal in the study, a method of expert accounting of the interaction (relation) between interval (fuzzy-interval) numbers was developed. As the main direction of the further development of the problems discussed in the publication there determined the formation of a holistic methodology for evaluating the effectiveness of real investments, which would cover different in their nature and structural characteristics types of uncertainty from unified theoretical positions.

Keywords: real investment, performance evaluation, uncertainty, interval analysis, Net Present Value.

Стаття надійшла до редакції 18.09.2017