ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА» МОН УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА» МОН УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОЦЮБА ОЛЕКСІЙ СТАНІСЛАВОВИЧ

УДК 330.322.5:[658.152:005.334]](043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Спеціальність 08.00.04 – Економіка та управління підприємствами
(за видами економічної діяльності)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ О.С. Коцюба

Науковий консультант: Рєпіна Інна Миколаївна, доктор економічних наук, професор

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Коцюба О.С. Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)». – ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», Київ, 2021.

Дисертація присвячена проблемі оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування в межах інвестиційної діяльності підприємств в умовах невизначеності. Якщо характеризувати змістовне наповнення окремих частин дослідження та його основні результати, то можна зазначити таке.

У першому розділі роботи проаналізовано та узагальнено сучасні наукові уявлення стосовно:

- сутності, структурних детермінант, видів інвестицій, проектного підходу до обґрунтування та здійснення реальних інвестицій, змісту економічного та фінансового аналізу інвестиційних проектів;
- магістральних концепцій в межах нинішньої парадигми інвестиційного аналізу, на яких ґрунтується економічна оцінка інвестиційних проектів;
- принципів (положень) оцінювання та критеріальних показників (критеріїв) економічної ефективності інвестиційних проектів, потенціалу та обмежень (недоліків) останніх.

Одним з результатів зазначених вище теоретичних оглядів, який серед іншого має для даного дисертаційного дослідження настановне значення, є сформульовані автором термінологічні уточнення для базових видів економічної ефективності проектів реального інвестування. У межах цього запропоновано:

- закріпити термін “економічна ефективність” (у скороченому варіанті – просто “ефективність”) за поняттям, яке по відношенню до інших видів ефективності проекту реального інвестування, які лежать у площині його

економічних аспектів, відіграє роль родового, тобто відображає співвідношення між вираженими у грошовій формі сумарними вигодами і витратами, пов'язаними з його реалізацією, на тому чи іншому ієрархічному рівні економічної системи держави, з боку тих чи інших суб'єктів економіки;

- для позначення аспекту, який характеризує зіставлення між собою сумарних вигід і витрат інвестиційного проекту на рівні суб'єктів господарювання, безпосередньо задіяних у його втіленні, впровадити термін "бізнесова ефективність".

Окремо в описуваному розділі розглянуто показники економічного прибутку і внутрішньої процентної ставки інвестиційного проекту, які входять до складу так званої фундаментальної теорії, сформульованої О.Б. Ложкіним. Остання позиціонується її розробником як альтернативний по відношенню до класичної (традиційної) схеми підхід до економічної оцінки реальних інвестицій. За своїми структурним і змістовним (аналітичним) аспектами еквівалентами (відповідниками) названих показників на рівні класичної методології інвестиційного аналізу є: для першого – чиста теперішня вартість, для другого – внутрішня норма доходності. Проведений автором аналіз показав, що економічний прибуток інвестиційного проекту як функція від показника необхідної процентної ставки (як відповідник цього параметра у класичній методології виступає ставка дисконтування) характеризується такими важливими властивостями:

1) область визначення функції економічного прибутку або порожня, або задається відкритим проміжком множини додатних числових значень, лівий кінець якого дорівнює нулю, а правий кінець являє собою або деяке додатне числове значення, або ж дорівнює нескінченості;

2) якщо функція економічного прибутку існує, вона строго спадає на всій області визначення.

Виявлені властивості економічного прибутку зумовлюють важливу властивість внутрішньої процентної ставки інвестиційного проекту, еквівалентом якої у площині класичної методології, як вже було зазначено, є внутрішня норма доходності, згідно з якою інвестиційний проект або не має внутрішньої процентної

ставки, якщо ж вона існує, то є єдиною.

Незалежно від перспективності претензій фундаментальної теорії на статус нової парадигми аналізу економічної ефективності реальних інвестицій, в силу очевидного аналітичного потенціалу її теоретичних конструкцій, останні заслуговують на те, щоб бути адаптованими в межах методичного апарату класичного підходу. Звідси випливає практична значущість окреслених вище результатів.

Предмет другого розділу дисертації становлять:

- сутність, джерела виникнення і структура феноменів невизначеності та ризику під час оцінки економічної ефективності реальних інвестицій;
- основні методологічні підходи і методи врахування невизначеності в ході економічного оцінювання інвестиційних проектів, їх потенціал та обмеження (недоліки);
- методи знаходження оцінок початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту за допомогою апарату теорії нечітких множин.

Як ключові здобутки даного розділу можна виокремити таке:

- сформульовано набір положень (постулатів), які фіксують базові властивості невизначеності та настанови (правила) з оперування нею під час оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій;
- запропоновано узагальнений концептуальний підхід до оцінювання деякого часткового критерію економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності, який передбачає одночасне та ієрархічно-роздільне врахування дискретних та неперервних факторів ризику, де вплив перших враховується за допомогою сценарної методології, а других, залежно від налаштування моделі, – на основі або теорії імовірностей, або інтервального аналізу, або ж теорії нечітких множин;
- на основі звернення до ідей теорії грубих (неточних, наближених) множин розроблено метод знаходження нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту, який, беручи до уваги його концептуальну схему, було названо методом опорних інтервалів.

Третій розділ пропонованої наукової праці присвячений концептуальним основам та аналітико-інструментальним засобам оцінювання показників економічної ефективності й ступеня ризику проектів реального інвестування в межах теоретико-ймовірнісного та інтервального підходів до врахування невизначеності.

Найзначущі результати коментованого розділу полягають у такому:

- відповідно до прийнятого у роботі способу систематизації методологічних підходів до вимірювання ризику проаналізовано та узагальнено основні теоретико-ймовірнісні показники ступеня ризику, які пропонуються до використання та/або прийнято використовувати під час оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів;
- у межах розвитку теоретико-ймовірнісного методичного апарату вимірювання ризику окрім іншого сформульовано показник цільового розмаху варіації, узагальнені версії модифікованих коефіцієнтів варіації та семіваріації, коефіцієнт цільової семіваріації;
- удосконалено інструментарій оптимізації інвестиційних рішень в умовах невизначеності, який ґрунтується на гнучкому врахуванні пріоритету, коли принцип оптимальності реалізується за допомогою того чи іншого варіанта згортки критеріїв;
- в орієнтації на проблематику реалізації інтервального підходу в моделюванні економічної ефективності реальних інвестицій удосконалено метод експертного врахування взаємодії між інтервальними (нечітко-інтервальними) оцінками фінансово-економічних параметрів проектних інвестиційних заходів, у межах чого співвідношення, які лежать у його основі, сформульовано в аналітичній, а не в дискретно-комбінаторній, як було запропоновано від початку, формі;
- з опорою як на еталон на систему теоретико-ймовірнісних мір ризику, а також звертаючись до наявних сьогодні відповідних напрацювань у галузі інтервальних методів і моделей для задач з управління у сфері економіки та бізнесу, сформовано набір інтервальних мір ризику, які доцільно використовувати для підтримки прийняття рішень стосовно реальних інвестицій. У межах зазначеного серед іншого запропоновано інтервальну версію цільового розмаху варіації,

коефіцієнта цільового розмаху варіації, а також модифікованого коефіцієнта цільового розмаху варіації;

- сформульовано моделі для порівняльної оцінки економічної ефективності альтернативних інвестиційних проектів з використанням інтервальної адаптації аналізу чутливості. Розроблений інструментарій припускає як моно-, так і поліінтервальну версію зазначеного методу врахування невизначеності та ризику. У першому випадку діапазони (інтервали) варіювання обраних для дослідження початкових параметрів визначаються точно по одному для кожного параметра, і при цьому в загальному випадку диференційовано для різних параметрів, виходячи з уявлень та методологічних настанов зацікавленої особи (суб'єкта прийняття рішення, експерта), у другому випадку для вихідних параметрів розглядається декілька діапазонів (інтервалів) можливих коливань. Як ризикова складова у побудованих моделях використовується: в одних – значення спеціально розробленого коефіцієнта чутливості, в інших – найгірші значення, які знаходяться на основі інтервальних оцінок часткових критеріїв економічної ефективності. Коефіцієнт чутливості згідно із пропонованим у роботі підходом являє собою відношення базисного розмаху варіації до приросту ефективності, який забезпечується при досягненні базового рівня аналізованого часткового критерію економічної ефективності порівняно з деяким його пороговим (граничним) значенням.

Предметом четвертого і п'ятого розділів дисертації є питання оцінювання критеріїв економічної ефективності й ступеня ризику інвестиційних проектів на основі нечітко-множинної методології.

У межах опрацювання окресленого проблемного поля як найважливіші одержано такі результати:

- відштовхуючись як від еталону від системи теоретико-ймовірнісних мір ризику, а також звертаючись до напрацьованих на цей час відповідних засобів (методів, показників) у галузі нечітко-множинного моделювання, сформовано цілісний набір (систему) нечітко-множинних мір ризику, які доцільно використовувати для підтримки прийняття рішень у сфері реального інвестування.

При цьому поряд з іншим запропоновано авторську версію нечітко-множинної адаптації показників середнього абсолютного відхилення і семіваріації, сформульовано нечітко-множинну адаптацію коефіцієнта сподіваних втрат, а також коефіцієнта зважених сподіваних втрат;

- проведено поглиблений аналіз розбіжностей між альтернативними оцінками ступеня ризику в умовах нечіткості даних при вимірюванні останнього як ступеня можливості незадовільних результатів (наслідків), їх невідповідності цільовому (запланованому, бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню. Окрім цього у площині названого методологічного напряму сформульовано комбінований метод оцінювання ступеня ризику, який ґрунтується на поєднанні аналогії між відповідними формалізмами теорії нечітких множин і теорії імовірностей, а також α -рівневого принципу числової характеризації нечітких оцінок. Для ситуації одночасної нечіткості оцінок критерію і нормативу в межах підходу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії запропоновано метод наближеного визначення ступеня ризику, який доповнює інший метод;

- здійснено комплексний аналіз розбіжностей, які можуть виникати між результатами нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості на основі пошуково-оптимізаційного та аналітичного методів. Виявлено, що у певних ситуаціях розбіжності між альтернативними оцінками чистої теперішньої вартості можуть бути настільки значними, що використання аналітичного методу (який є наближеним за своєю внутрішньою логікою) може зумовити неправильне інвестиційне рішення;

- проаналізовано та узагальнено наявні методи побудови нечіткої оцінки показника внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту. Для одного з методів сформульовано його модифікацію. Поряд з цим запропоновано методи нечітко-множинного оцінювання зазначеного показника, які доповнюють вже існуючі методичні підходи: на основі посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю, а також на основі відтворення розподілу ступенів можливості;

- проаналізовано наявний методичний апарат для нечітко-множинного

оцінювання терміну окупності з дисконтуванням. Серед іншого запропоновано два методи знаходження нечіткої оцінки даного показника: на основі посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю, а також на основі відтворення за принципом відповідності нечіткому нулю.

У шостому, завершальному, розділі дисертаційного дослідження порушуються питання організаційно-економічного механізму впровадження та практичної реалізації інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності. У межах розроблення першого із зазначених питань розглянуто передумови (детермінанти) впровадження на окремо взятому підприємстві сучасних підходів і методів економічної оцінки проектних інвестиційних заходів з урахуванням невизначеності і породженого нею ризику, а також визначено показники функціонально-економічної привабливості використання того чи іншого інструмента, або комплексу інструментів, оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування в умовах невизначеності. Завершує коментований розділ приклад апробації досліджуваного інструментарію на матеріалах конкретного інвестиційного проекту.

Ключові слова: інвестиційна діяльність підприємства, реальні інвестиції, інвестиційний проект, економічна ефективність, критерії економічної ефективності, невизначеність, імовірнісна невизначеність, інтервальна невизначеність, нечіткість, ризик, ступінь ризику.

ABSTRACT

Kotsyuba O.S. Methodology for estimation of economic efficiency of enterprises investment projects under conditions of uncertainty. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for getting a Doctor of Economics degree by specialty 08.00.04 «Economics and management of enterprises (by type of economic activity)». – Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, 2021.

The thesis is devoted to the problem of assessing the economic efficiency of real

investment projects within the framework of enterprises investment activities in conditions of uncertainty. If the content of the individual parts of the research and its main results are characterized, the following can be noted.

The first section of the work analyses and summarizes modern scientific ideas about:

- essence, structural determinants, types of investments, project approach to justification and implementation of real investments, content of economic and financial analysis of investment projects;
- main concepts within the current investment analysis paradigm, on which the economic valuation of investment projects is based;
- principles of assessment and criteria of economic efficiency of investment projects, potential and limitations (shortcomings) of the latter.

One of the results of the above-mentioned theoretical reviews, which among other things has a setting value for this dissertation research, is the author's version of the terminological clarifications for the basic types of economic efficiency of real investment projects. Within this framework it is proposed:

- consolidate the term "economic efficiency" (abbreviated as "efficiency") for the concept, which, in relation to other types of efficiency of the real investment project, which lie in the plane of its economic aspects, plays a role of generic, that is, reflects the relationship between the total benefits expressed in monetary form and the costs associated with its implementation, at some hierarchical level of the economic system of the State, on the part of certain subjects of the economy;
- introduce the term "business efficiency" to indicate the aspect that characterizes the comparison of the total benefits and costs of an investment project at the level of the business entities directly involved in its implementation.

Separately, the described section considers the indicators of Economic Profit and Internal Interest Rate of the investment project, which are part of the so-called fundamental theory formulated by O.B. Lozhkin. The latter is positioned by its developer as an alternative approach to the classical scheme to the economic valuation of real investments. In terms of their structural and substantive aspects, the equivalents (matches)

of these indicators at the level of the classical methodology of investment analysis are: for the first – Net Present Value, for the second – Internal Rate of Return. The analysis carried out by the author showed that the Economic Profit of the investment project as a function of the indicator of the required interest rate (as compliance with this parameter in the classical methodology is the discount rate) is characterized by such important properties:

1) the region for determining the Economic Profit function is either empty or defined by an open space of a plurality of positive numerical values, the left end of which is zero and the right end is either some positive numerical value or infinity;

2) if a function of Economic Profit exists, it strictly falls on the whole area of definition.

The identified properties of Economic Profit lead to an important property of the Internal Interest Rate of an investment project, the equivalent of which, as already noted in the classical methodology, is the Internal Rate of Return, according to which the investment project either does not have Internal Interest Rate, if it exists, is the only one.

Regardless of the perspective of fundamental theory's claims to the status of a new paradigm of analysis of the economic efficiency of real investment, due to the obvious analytical potential of its theoretical constructions, the latter deserve to be adapted within the methodical apparatus of the classical approach. Hence the practical significance of the results outlined above.

The subject of the second section of the thesis are:

- essence, sources and structure of uncertainty and risk phenomena during assessment of economic efficiency of real investments;
- main methodological approaches and methods of accounting for uncertainties in the economic valuation of investment projects, their potential and limitations (shortcomings);
- methods of finding estimates of initial financial economic parameters of an investment project by means of a fuzzy set theory apparatus.

As the key achievements of this section are:

- a set of provisions is formulated that fix the basic characteristics of uncertainty and its operating guidelines during the assessment of the economic efficiency

of real investments;

- a generalized conceptual approach to an estimation of some partial criterion of economic efficiency of an investment project in conditions of uncertainty is proposed, which implies simultaneous and hierarchically separate consideration of discrete and continuous risk factors, where influence of the first is taken into account by means of scenario methodology, and others, depending on model setting – on the basis of either probability theory, or interval analysis, or theory of fuzzy sets;
- on the basis of reference to the ideas of the theory of rough sets, a method of finding fuzzy estimates of the initial financial economic parameters of an investment project has been developed, which, taking into account its conceptual scheme, was called the method of reference intervals.

The third section of the proposed scientific work focuses on conceptual frameworks and analytical tools for assessing the economic efficiency and risk of real investment projects within the theoretical probabilistic and interval approaches to uncertainty accounting.

Significant results of the commented section are as follows:

- in accordance with the method adopted in the work of systematizing methodological approaches to risk measurement, the main theoretically probabilistic indicators of risk degree, which are proposed for use and/or accepted to be used in assessing the economic efficiency of investment projects, are analyzed and summarized;
- within the framework of the development of the theoretical probabilistic methodological risk measurement apparatus, among other things, the indicator of the target range of variation, generalized versions of the modified coefficients of variation and semi-variance, the coefficient of the target semi-variance are formulated;
- improvement of tools for optimization of investment decisions in conditions of uncertainty has been carried out, which is based on flexible consideration of priority, when the principle of optimality is realized by means of some option of convolution of criteria;
- the method of expert accounting of interaction between interval (fuzzy-interval) estimates of financial economic parameters of project investment

measures, within the framework of implementation of the interval approach in modeling the economic efficiency of real investments, within the framework of which the relations, which are the basis of it, are formulated in analytical rather than in discrete combinatorial, as originally proposed, form, has been improved;

- based on the system of theorically probabilistic risk measures, as well as on the relevant practices in the field of interval methods and models for management tasks in the sphere of economy and business, a set of interval risk measures has been formed, which are useful to support decisions on real investments. Within specified among other things it is offered the interval version of target scope of a variation, coefficient of target scope of a variation and also the modified coefficient of target scope of a variation;
- models have been formulated to compare the economic efficiency of alternative investment projects using the interval adaptation of sensitivity analysis. The developed tools assumes both mono- and polyinterval versions of this method of accounting for uncertainty and risk. In the first case, the ranges (intervals) of variation of the initial parameters chosen for investigation are determined exactly one for each parameter, and in the general case, differentiated for different parameters, based on the views and methodological settings of the interested person (decision subject, expert), in the second case, several ranges (intervals) of possible fluctuations are considered for output parameters. As a risk component in built models is used: in some – the value of a specially developed sensitivity factor, in others – the worst values, based on interval estimates of private criteria of economic efficiency. The sensitivity factor for the approach proposed in the work is the ratio of the base range of variation to the efficiency gain, which is provided when the base level of the analyzed partial economic efficiency criterion is reached compared to some of its threshold (limit) value.

The subject of the fourth and fifth sections of the thesis is the assessment of the criteria of economic efficiency and risk degree of investment projects on the basis of fuzzy set methodology.

As part of the development of the identified problem field, the following results were achieved as critical:

- based on both the reference from the system of theorically probabilistic risk

measures, as well as addressing the currently developed corresponding tools (methods, indicators) in the field of fuzzy set modeling, a holistic set (system) of fuzzy set risk measures is formed, it is advisable to use to support decision-making in the field of real investment. In addition, the author's version of fuzzy set adaptation of the mean absolute deviation and semi-variation indices is proposed;

- in-depth analysis of discrepancies in alternative estimates of the degree of risk in conditions of data uncertainty was carried out when measuring the latter as the degree of possibility of unsatisfactory results (consequences), their non-compliance with the target (planned, desired) or maximum permissible (threshold, critical) level. Besides, in the plane of said methodological direction a combined method of risk estimation is formulated, based on the combination of analogy between the corresponding formalisms of fuzzy sets theory and probability theory, as well as the level principle of numerical characterization of fuzzy estimates. For the situation of simultaneous uncertainty of the estimates of the criterion and the norm within the framework of the approach based on theoretically probabilistic analogy, a method of approximate determination of the degree of risk is proposed, which complements another method;

- comprehensive analysis of discrepancies that may arise between results of fuzzy set estimation of the net present value indicator based on search optimization and analytical methods are carried out. It has been found that, in certain situations, differences between alternative net present value estimates may be so significant that the use of an analytical method (which is approximate in its internal logic) may lead to an incorrect investment decision;

- the available methods of construction of fuzzy estimate of internal rate of return of investment project are analyzed and generalized. For one of the methods its modification is formulated. In addition, methods of fuzzy set estimation of said indicator are proposed, which complement already existing methodological approaches: on the basis of segmental reproduction on the principle of compliance with interval zero, as well as on the basis of reproduction of distribution of possibilities;

- the available methodical apparatus for fuzzy set estimation of Discounted Payback Period is analyzed. Among other things, two methods of finding a fuzzy estimate

of this indicator are proposed: on the basis of segmental reproduction on the principle of compliance with interval zero, as well as on the basis of reproduction on the principle of compliance with fuzzy zero.

The sixth, final, section of the dissertation research breaks the issues of organizational and economic mechanism of implementation and practical realization of tools for assessing the economic efficiency of investment projects in conditions of uncertainty. Within the development of the first of these issues the preconditions (determinants) of implementation in the enterprise of modern approaches and methods of economic estimation of project investment measures taking into account uncertainty and the risk generated by it are considered. The functional and economic feasibility of using one or another tool, or a set of tools, assessing the economic efficiency of real investment projects in conditions of uncertainty were also determined. The commented section ends with an example of approbation of the investigated tools on the materials of a concrete investment project.

Keywords: investment activity of the enterprise, real investments, investment project, economic efficiency, criteria of economic efficiency, uncertainty, probabilistic uncertainty, interval uncertainty, fuzziness, risk, degree of risk.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с. (12,5 д.а.).
2. Коцюба О.С. Стратегія підприємства у постіндустріальній економіці: монографія / за заг. ред. А.П. Наливайка, О.М. Гребешкової. Київ: КНЕУ, 2017. 418 с. (24,63 д.а., особисто автору – 0,6 д.а.: § 4.5. Обґрунтування форми придбання виробничого устаткування в разі інтервальної оцінки дисконтної ставки).
3. Коцюба О.С. Стратегія підприємства: зміна парадигми управління та інноваційні рішення для бізнесу: колективна монографія / за ред. А.П. Наливайка. Київ: КНЕУ, 2015. 398 с. (23,24 д.а., особисто автору – 0,6 д.а.: § 4.3. Вибір інвестиційного проекту з множини альтернатив у разі нестохастичної невизначеності вихідних даних).

У наукових фахових виданнях України:

4. Коцюба О.С. Властивості показника економічного прибутку інвестиційного проекту в контексті фундаментальної теорії. *Ефективна економіка*. 2010. № 10. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=370 (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).
5. Коцюба О.С. Сутність та аналітичні характеристики показників привабливості реальних інвестицій у межах фундаментального підходу. *Стратегія економічного розвитку України*. 2010. Вип. 26–27. С. 32–40 (0,6 д.а.).
6. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в межах бюджетування діяльності підприємства. *Стратегія економічного розвитку України*. 2013. Вип. 32. С. 209–216 (0,4 д.а.).
7. Коцюба О.С. Знаходження внутрішньої норми доходності в разі нечітких початкових даних. *Інвестиції: практика та досвід*. 2013. № 18. С. 54–59 (0,6 д.а.).
8. Коцюба О.С. Оцінювання внутрішньої норми доходності в ситуації

нечітких грошових потоків. *Стратегія економічного розвитку України*. 2013. Вип. 33. С. 228–241 (0,5 д.а.).

9. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання господарського ризику в межах нечітко-множинної методології. *Стратегія економічного розвитку України*. 2015. Вип. 36. С. 195–208 (0,6 д.а.).

10. Коцюба О.С. Оцінювання ступеня ризику в разі одночасної нечіткості критерію і нормативу привабливості господарської діяльності. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 6. URL: http://global-national.in.ua/archive/6-2015/195.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).

11. Коцюба О.С. Оцінювання дисконтованого терміну окупності інвестиційного проекту за умов нечітких вихідних даних. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 10. С. 1026–1031. URL: http://global-national.in.ua/archive/10-2016/214.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).

12. Коцюба О.С. Вибір найкращого інвестиційного проекту в умовах невизначеності на основі відносних показників варіабельності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 10. С. 20–25 (0,6 д.а.).

13. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику за нечітко-інтервальними оцінками критеріїв ефективності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 12. С. 29–34 (0,5 д.а.).

14. Коцюба О.С. Вибір інвестиційного проекту з множини альтернативних варіантів в разі нечітко-інтервальних оцінок початкових параметрів. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Вип. 15. URL: http://global-national.in.ua/archive/15-2017/122.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).

15. Коцюба О.С. Аналіз підходів до нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості. *Стратегія економічного розвитку України*. 2017. Вип. 40. С. 149–166 (0,6 д.а.).

16. Коцюба О.С. Інтервальне моделювання економічної привабливості реальних інвестицій. *Стратегія економічного розвитку України*. 2017. Вип. 41. С. 64–80 (0,6 д.а.).

17. Коцюба О.С. Методологічний аналіз феномена невизначеності при

оцінюванні економічної ефективності інвестиційного проекту. *Економіка та підприємництво*. 2018. № 40. С. 147–165 (0,6 д.а.).

У наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз:

18. Коцюба О.С. Аналіз розбіжностей в оцінках ступеня ризику на основі альтернативних методів в межах нечітко-множинної методології. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2016. № 6. С. 106–112 (0,5 д.а.).

19. Коцюба О.С. Вибір найкращого інвестиційного проекту в ситуації інтервальної невизначеності початкових даних. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2016. № 10. С. 144–149 (0,45 д.а.).

20. Коцюба О.С. Раціональний вибір інвестиційного проекту в разі інтервальних оцінок початкових параметрів. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2016. № 4. С. 254–260 (0,5 д.а.).

21. Коцюба О.С. Оцінювання чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту в ситуації нечітких початкових даних. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 1. С. 413–420 (0,6 д.а.).

22. Коцюба О.С. Нечітко-множинна адаптація ймовірнісних показників ступеня ризику. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 2. С. 317–323 (0,5 д.а.).

23. Коцюба О.С. Оптимізація інвестиційного рішення в умовах невизначеності та ризику як багатокритеріальна задача. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 10. С. 178–182 (0,45 д.а.).

24. Коцюба О.С. Аналітична підтримка вибору найкращого інвестиційного

проекту в умовах нечітких даних. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 4. С. 416–423 (0,6 д.а.).

25. Коцюба О.С. Оцінка економічної привабливості інвестиційних проектів в умовах невизначеності та ризику з використанням аналізу чутливості. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2018. № 2. С. 90–98 (0,6 д.а.).

26. Kotsyuba O.S. Estimation of Input Financial and Economic Parameters of an Investment Project Based on a Fuzzy Set Approach. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2018. № 3. С. 240-245 (0,45 д.а.).

27. Коцюба О.С. Розвиток інструментарію вимірювання ризику при моделюванні невизначеності за допомогою нечітко-множинного підходу. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2019. № 11. С. 149–156 (0,45 д.а.).

28. Коцюба О.С. Розвиток нечітко-множинного апарату вимірювання ризику: випадок одночасної нечіткості критеріального показника та його нормативу. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2019. № 4. С. 264–271 (0,5 д.а.).

В інших виданнях:

29. Коцюба О.С. Визначення внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту за умов нечітких вихідних даних. *Стратегія підприємства: зміна парадигми управління та інноваційні рішення для бізнесу*: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 14–15 листоп. 2013 р. Київ: КНЕУ, 2013. С. 348–350 (0,12 д.а.).

30. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в ситуації одночасної нечіткості критерію і нормативу ефективності. *Стратегія підприємства:*

результативність за умов системних трансформацій: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–20 листоп. 2015 р. Київ: КНЕУ, 2015. С. 276–281 (0,18 д.а.).

31. Коцюба О.С. Порівняльна економічна оцінка альтернативних форм придбання устаткування в ситуації інтервальної невизначеності дисконтної ставки. *Інноваційна економіка: макро-, мезо-, та мікрорівні*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 10–11 груд. 2015 р. Херсон: ВД "Гельветика", 2015. С. 147–150 (0,16 д.а.).

32. Коцюба О.С. Аналітична підтримка інвестиційних рішень на підприємстві за умов нестохастичної невизначеності даних. *Економічний потенціал країни: наукові підходи та практика реалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 26–27 лют. 2016 р. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2016. С. 103–106 (0,18 д.а.).

33. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в межах сучасної ризикології. *Економічна система країни: зовнішні та внутрішні фактори впливу*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 6–7 трав. 2016 р.: у 2-х ч. Дніпропетровськ: НО "Перспектива", 2016. Ч. 2. С. 115–118 (0,16 д.а.).

34. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання господарського ризику підприємства. *Перспективи розвитку національної економіки*: зб. мат. ІІ Міжнар. наук.-практ., конф., м. Запоріжжя, 13–14 трав. 2016 р.: у 2-х ч. Запоріжжя: ГО "СІЕУ", 2016. Ч. 2. С. 61–64 (0,16 д.а.).

35. Коцюба О.С. Вибір оптимального інвестиційного проекту в ситуації ймовірнісної невизначеності даних. *Стан та перспективи розвитку фінансів, обліку та підприємництва в умовах трансформації економіки*: зб. мат. Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 8–9 лип. 2016 р. Київ: ГО "КЕНЦ", 2016. С. 123–126 (0,18 д.а.).

36. Коцюба О.С. Вибір інвестиційного проекту в разі невизначеності даних на основі модифікованого коефіцієнта варіації. *Модернізація та суспільний розвиток економічної системи*: зб. тез наук. робіт учасників Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 12–13 серп. 2016 р. Київ: АЦ "Нова Економіка", 2016. С. 60–62 (0,15 д.а.).

37. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в умовах інтервальної

невизначеності даних. *Економіка підприємства: теорія і практика*: зб. мат. VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 13 жовт. 2016 р. Київ: КНЕУ, 2016. С. 182–184. URL: https://kneu.edu.ua/userfiles/4konf/16_5240.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,12 д.а.).

38. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання ступеня економічного ризику на основі квантильної методології. *Стратегічні орієнтири розвитку економіки України*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 6–7 жовт. 2017 р. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2017. С. 179–182 (0,18 д.а.).

39. Коцюба О.С. Використання аналізу чутливості для підтримки прийняття підприємницьких інвестиційних рішень. *Стратегія підприємства: підприємницький контекст*: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 16–17 листоп. 2017 р. Київ: КНЕУ, 2017. С. 216–218 (0,2 д.а.).

40. Коцюба О.С. Вимірювання ризику в управлінні діяльністю підприємства. *Глобальний економічний простір: детермінанти розвитку*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 15 груд. 2017 р.: у 2-х ч. Миколаїв: МНУ ім. В.О. Сухомлинського, 2017. Ч. 2. С. 69–72 (0,2 д.а.).

41. Коцюба О.С. Інструментарій вимірювання ризику в управлінні економічними системами: нинішній стан та напрями розвитку. *Вдосконалення економіки та фінансової системи країни: актуальні проблеми та перспективи*: матеріали доп. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2 лют. 2018 р.: у 2-х ч. Запоріжжя: Класич. приват. ун-т, 2018. Ч. 2. С. 99–102 (0,18 д.а.).

ЗМІСТ

ВСТУП 26

РОЗДІЛ 1. КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ 38

1.1. Інвестиційні проекти підприємств: сутнісна характеристика, напрями обґрунтування та економічна ефективність 38

1.2. Концептуальний базис оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів 57

1.3. Система критеріальних показників економічної ефективності інвестиційних проектів 71

Висновки до розділу 1 85

Список використаних джерел до розділу 1 90

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ 99

2.1. Невизначеність під час оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів та методологічні підходи до її моделювання 99

2.2. Методичний апарат врахування невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів 120

2.3. Відшукування оцінок вихідних фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту в ситуації нестохастичної невизначеності 148

Висновки до розділу 2 165

Список використаних джерел до розділу 2 168

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ ІМОВІРНОСТЕЙ ТА ІНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛІЗУ 179

3.1. Теоретико-ймовірнісний інструментарій оцінювання показників економічної ефективності та міри ризику інвестиційних проектів 179

3.2. Раціональний вибір інвестиційного проекту з множини альтернативних проектів у разі ймовірнісної невизначеності даних 206
3.3. Оцінювання показників економічної ефективності та ступеня ризику інвестиційних проектів з використанням засобів інтервального аналізу 222
3.4. Розробка інтервальної модифікації аналізу чутливості як інструмента врахування невизначеності при прийнятті рішень з реального інвестування 244
Висновки до розділу 3 259
Список використаних джерел до розділу 3 263
РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ РИЗИКУ НЕЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ У РАЗІ НЕЧІТКИХ ДАНИХ 274
4.1. Показники ступеня ризику в межах нечітко-множинного підходу 274
4.2. Нечітко-множинне оцінювання ступеня ризику як міри можливості невідповідності критеріального економічного показника нормативному рівню 304
4.3. Вимірювання ризику інвестиційних проектів в ситуації одночасної нечіткості критерію економічної ефективності та його нормативу 326
Висновки до розділу 4 341
Список використаних джерел до розділу 4 344
РОЗДІЛ 5. НЕЧІТКО-МНОЖИННЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ 350
5.1. Побудова нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту 350
5.2. Визначення нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту 375
5.3. Нечітко-множинне моделювання терміну окупності інвестиційного проекту 402
Висновки до розділу 5 416
Список використаних джерел до розділу 5 418
РОЗДІЛ 6. СКЛАДОВІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ 424

ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ
6.1. Окремі аспекти організаційно-економічного механізму впровадження інструментів для оцінки економічної ефективності проектних заходів з реального інвестування в умовах невизначеності 424
6.2. Практична реалізація інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в ситуації нечіткості даних 436
Висновки до розділу 6 448
Список використаних джерел до розділу 6 450
ВИСНОВКИ 455
ДОДАТКИ 461

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ:

ARR	Облікова норма доходності (Accounting Rate of Return);
Av(…)	Середнє значення показника, описуваного інтервальною оцінкою;
B	Ефективне значення для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
CDCF	Накопичений (кумулятивний) дисконтований грошовий потік (Cumulative Discounted Cash Flow);
CF	Грошовий потік (Cash Flow);
CLV(…)	Лінійний коефіцієнт варіації для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
CSV(…)	Коефіцієнт семіваріації для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
CV(…)	Коефіцієнт варіації для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
DPP	Термін окупності з дисконтуванням (Discounted Payback Period);
EP_{Σ}	Економічний прибуток (Economic Profit);
G(…)	Нормативний (цільовий, або пороговий) рівень економічного показника, описуваного інтервальною або нечіткою оцінкою;
Ge(…)	Зважене середньогеометричне (середнє геометричне зважене) випадкової величини;
I	Величина інвестицій (Investment);
IRR	Внутрішня норма доходності (Internal Rate of Return), або, залежно від контексту, внутрішня процентна ставка;
K	Критеріальний економічний показник, або, залежно від контексту, критерій економічної ефективності інвестиційного проекту;
M(…)	Математичне сподівання (сподіване значення) випадкової величини;
MAD(…)	Середнє (середньозважене) абсолютне відхилення для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
Me(…)	Медіана (медіанне значення) випадкової величини;
MIRR	Модифікована внутрішня норма доходності (Modified Internal Rate of Return);
Mo(…)	Мода (модальне значення) випадкової величини;
NPV	Чиста теперішня вартість (Net Present Value);
NV	Чиста вартість (Net Value);
P(…)	Імовірність відповідної події;

PI	Індекс прибутковості (Profitability Index);
Poss(…)	Ступінь (міра) можливості відповідної події;
PP	Термін окупності (Payback Period);
r	Дисконтна ставка (Discount Rate);
R(…)	Розмах варіації для недетермінованої (ймовірнісної, інтервальної, нечіткої) оцінки економічного показника;
Re(…)	Репрезентативне значення (число) нечіткої величини (числа);
SeD(…)	Семівідхилення (середнє абсолютне семівідхилення) для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
SSV(…)	Семіквадратичне відхилення для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
SV(…)	Семіваріація (півдисперсія) для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
V(…)	Дисперсія (варіація) для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
VaR	Вартість (капітал) під ризиком;
Z(…)	Центр групування значень (центр розподілу) випадкової величини;
$Z_F(\ldots)$	Нормативний (цільовий, або пороговий) рівень економічного показника, описуваного випадковою величиною;
ρ(…)	Коефіцієнт осциляції для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника;
σ(…)	Середньоквадратичне (середнє квадратичне) відхилення для недетермінованої (ймовірнісної, нечіткої) оцінки економічного показника.

ВСТУП

Актуальність теми. Діяльність жодного підприємства неможлива без здійснення інвестицій. Для підприємств реального сектора економіки провідну роль відіграють реальні інвестиції, тоді як фінансові мають для них підтримуюче та супутнє значення.

Згідно з сьогоднішнім рівнем розвитку теорії і практики управління, основною формою планування та реалізації заходів з реального інвестування є проект. Ключове питання, яке постає під час розроблення та експертизи інвестиційного проекту, пов’язане з необхідністю прийняття рішення стосовно доцільності його здійснення. Відповідь на нього передбачає дослідження низки функціональних аспектів, серед яких центральне місце займає економічна ефективність інвестиційного проекту, під якою у широкому сенсі слід розуміти характеристику, яка відображає співвідношення між сумарними вигодами і витратами, зумовленими його реалізацією. Нині зазначена складова обґрунтувань проектних інвестиційних рішень становить окремий напрям наукових досліджень.

Можна стверджувати, що у своєму теперішньому стані науково-практична сфера оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування, з одного боку, характеризується арсеналом напрацьованих методів і моделей, які використовуються на практиці, а з іншого боку, в академічних колах триває дискусія стосовно обґрунтованості її концептуальних основ і, відповідно, конкретних інструментів, які реалізовують їх прикладний потенціал. Інша площина методологічних проблем економічного обґрунтування реальних інвестицій пов’язана з фактором невизначеності в ході підготовки інвестиційних рішень. Наявність невизначеності стосовно деякої проблемної ситуації призводить до неможливості однозначного передбачення наслідків рішення, яке приймається.

Сьогодні загальний масив наукових публікацій, у яких розглядаються різні питання з управління інвестиційною діяльністю підприємств, а також економічного обґрунтування проектів реального інвестування слід оцінювати як величезний. У числі зарубіжних та вітчизняних учених значущі здобутки у висвітленні, аналізі й

розвитку даних теоретичних напрямів належать Р. Брейлі, С. Майєрсу, Ю. Брігхему, Л. Гапенські, Дж. Ван Хорну, Дж. Ваховичу, Р. Пайку, Б. Нілу, Г. Бірману, С. Шмідту, М. Бромвичу, А. Дамодарану, Л. Крушвицю, Ю. Блеху, У. Гетце, П.Л. Віленському, В.Н. Лівшицю, С.А. Смоляку, І.В. Ліпсицю, В.В. Коссову, І.М. Волкову, М.В. Грачовій, Т.В. Тепловій, В.В. Царьову, В.П. Савчуку, І.О. Бланку, А.А. Пересаді, Т.В. Майоровій, С.В. Онікієнку, В.А. Вербі, О.М. Ястремській, С.І. Дем'яненку, О.Б. Бутніку-Сіверському, І.М. Рєпіній, Н.В. Валінкевич, Л.О. Лігоненко, О.М. Ляшенко та ін.

Як вже було зауважено, поряд із дисфункціями на рівні вихідних концептуальних конструкцій, інший пласт проблем, які здійснюють деструктивний вплив на спроможність сучасної теорії економічної оцінки інвестиційних проектів, пов'язаний з існуванням феномена невизначеності. Як видних вчених, які зробили помітний внесок у початкове теоретичне розроблення феномена невизначеності в економіці і питань із її моделювання можна назвати Ф. Найта, Дж. Кейнса, Дж. Шекла, Дж. Маршака, А. Алчіана, Ф. Рамсея, Б. де Фінетті, Л. Севіджа та ін. Серед науковців, які нині ведуть активну дослідницьку роботу за напрямами аналізу й моделювання невизначеності в економіці й бізнесі, а також оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності, заслуговують окремої уваги праці В.В. Вітлінського, О.І. Ястремського, А.Б. Камінського, С.А. Смоляка, О.О. Недосєкіна, М.В. Грачової, О.В. Воронцовського, Ю.П. Зайченка, О.Є. Алтуніна, М.В. Семухіна, В.Г. Чернова, О.С. Птускіна, В.М. Марченко, І.В. Гонтаревої, Н.С. Скопенко та ін. У дослідженнях названих авторів не лише осмислюються й узагальнюються наявні здобутки стосовно зазначеного науково-практичного напряму, але й також пропонуються нові продуктивні ідеї і підходи.

У цілому результати ознайомлення з масивом наукових праць, даними емпіричних досліджень за порушеною проблематикою дозволяють дійти висновку, що незважаючи на досить високий ступінь розвиненості теоретичного базису і методичного апарату економічного обґрунтування інвестиційних проектів, підходів і методів аналізу та моделювання невизначеності в ході підготовки інвестиційних

рішень, проблема формування методології оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності ще не одержала повноцінного розв'язання і потребує подальшого ґрунтовного опрацювання. Наукова актуальність та практична значущість даної проблеми обумовили вибір теми дисертаційного дослідження, його мету, завдання, об'єкт, предмет і логіку побудови.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано згідно з тематичними планами науково-дослідних робіт кафедри стратегії підприємств, а також кафедри бізнес-економіки та підприємництва ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» за темами: «Стратегія підприємства у постіндустріальній економіці» (державний реєстраційний номер 0111U002621); «Стратегічне управління розвитком підприємницьких структур» (державний реєстраційний номер 0116U001430); «Неоекономіка та імперативи розвитку підприємництва» (державний реєстраційний номер 0116U001555). Особисто автором у межах зазначених тем було сформульовано систему вихідних методологічних положень, які фіксують базові властивості невизначеності та настанови (правила) з оперування нею під час економічного обґрунтування реальних інвестицій; розроблено узагальнений концептуальний підхід до оцінювання критеріїв економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності; проаналізовано та розвинуто методичний апарат кількісного оцінювання ступеня ризику в ході економічного обґрунтування проектів реального інвестування; проаналізовано та здійснено розвиток існуючого методичного апарату оцінювання показників економічної ефективності реальних інвестицій в ситуації нечіткості початкової інформації.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є формування концептуальних положень, розвиток методичних підходів, а також інструментів оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування підприємств в умовах невизначеності.

Досягнення зазначеної мети зумовило постановку і вирішення таких завдань:

- проаналізувати та внести доцільні корективи у

понятійно-термінологічний апарат теорії оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів;

- розвинути наукові знання стосовно аналітичних властивостей показників економічної ефективності інвестиційних проектів як інструментів підтримки прийняття проектних інвестиційних рішень;
- сформулювати систему вихідних методологічних положень, які б фіксували базові властивості невизначеності та настанови (правила) з оперування нею під час оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів;
- систематизувати основні методи врахування невизначеності в ході економічного оцінювання інвестиційних проектних заходів, за результатами цього сформулювати деякий узагальнений концептуальний підхід до оцінювання критеріїв економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності;
- розвинути методичний апарат знаходження нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту;
- удосконалити інструментарій вимірювання ризику для ймовірнісних (стохастичних) оцінок критеріїв економічної ефективності інвестиційних проектів;
- удосконалити методичний апарат оцінювання показників економічної ефективності інвестиційних проектів в ситуації інтервальної невизначеності початкових даних;
- удосконалити інструментарій вимірювання ризику для інтервальних оцінок критеріїв економічної ефективності інвестиційних проектів;
- здійснити розвиток інструментальних засобів вимірювання ризику для нечітких оцінок показників економічної ефективності проектних інвестиційних заходів;
- розвинути методичний апарат оцінювання показників економічної ефективності реальних інвестицій в ситуації нечіткості початкових даних;
- удосконалити інструментарій раціоналізації проектних інвестиційних рішень в умовах невизначеності, який ґрунтується на гнучкому врахуванні пріоритету;
- розвинути окремі складові організаційно-економічного механізму

впровадження на підприємстві інструментів для оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності.

Об'єктом дослідження виступають процеси обґрунтування здійснимості та доцільності проектів реального інвестування в межах інвестиційної діяльності підприємств.

Предметом дослідження є методологічні засади, методичні підходи і прикладні аспекти оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування підприємств в умовах невизначеності.

Методи дослідження. Методологічний базис роботи утворює сукупність загальнонаукових принципів і методів, а також спеціальних методів наукового пізнання. Конкретні наукові результати отримані з використанням таких методів дослідження: *діалектичного поєднання історичного і логічного* – для окреслення процесу розвитку та нинішнього стану теорії оцінки економічної ефективності проектів реального інвестування, а також основних методологічних підходів до моделювання невизначеності й ризику в економіці; *аналізу та узагальнення* – для формулювання системи вихідних методологічних положень, які фіксують базові властивості невизначеності та настанови (правила) з оперування нею в ході економічного обґрунтування реальних інвестицій; *аналізу, синтезу та формалізації* – для розроблення узагальненого концептуального підходу до оцінювання критеріїв економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності; *порівняння* – для з'ясування порівняльних характеристик показників економічної ефективності інвестиційних проектів в межах класичного підходу і так званої фундаментальної теорії, відповідно; *аналогії* – для розроблення можливих нечітко-множинних адаптацій для низки показників ступеня ризику; *класифікації* – для систематизації основних методів врахування невизначеності під час економічного оцінювання інвестиційних проектів; *економіко-математичного моделювання* – для розвитку інструментарію раціоналізації проектних інвестиційних рішень в умовах невизначеності; *методичного апарату диференціального числення* – для проведення поглибленого аналізу розбіжностей в оцінках ступеня ризику на основі альтернативних методів в межах нечітко-множинного підходу; *методичних підходів*

інтервального аналізу та теорії нечітких множин – для удосконалення й розвитку інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування в ситуації інтервальної і нечіткої невизначеності даних.

Інформаційну базу дослідження становлять наукові монографії, збірники наукових праць, автореферати та рукописи кандидатських і докторських дисертацій, статті у наукових фахових виданнях, тези доповідей науково-практичних конференцій, праці навчального характеру вітчизняних та зарубіжних учених; методичні матеріали з проблематики проектних обґрунтувань фінансово-кредитних та інших інституцій; база даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ); інформаційно-аналітичні матеріали Національного банку України; дані Фондової біржі ПФТС, інформаційно-аналітичних онлайн-систем, а також результати власних досліджень автора.

Наукова новизна одержаних результатів. Найсуттєвіші результати дослідження, які характеризуються науковою новизною, мають практичну цінність і виносяться на захист, полягають у такому:

вперше:

- сформульовано систему методологічних положень, які фіксують базові властивості невизначеності та настанови (правила) з оперування нею в процесах оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування. Її впровадження дозволяє з єдиних теоретичних позицій формувати методичний апарат для оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності і застосовувати його на практиці;
- запропоновано узагальнений концептуальний підхід до оцінювання критеріїв економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності, в межах якого реалізується можливість одночасного врахування дискретних та неперервних факторів ризику. Окреслена теоретична конструкція підвищує аналітичний потенціал та цілісність інструментальних засобів економічного обґрунтування проектів реального інвестування в ситуації неоднорідних невизначеності та ризику;
- на строгому рівні обґрунтовано властивості економічного прибутку

інвестиційного проекту, де останній слід розуміти у сенсі, постульованому фундаментальною теорією оцінки ефективності інвестиційних проектів. Теоретичне і практичне значення зазначених властивостей полягає, передусім, у тому, що вони зумовлюють важливу властивість внутрішньої процентної ставки інвестиційного проекту, еквівалентом якої у розрізі класичної методології є внутрішня норма доходності, відповідно до якої інвестиційний проект або не має внутрішньої процентної ставки, якщо ж вона існує, то є єдиною;

- з точки зору інструментарію шкал градацій величини ризику за допомогою спеціально сформульованої функції досліджено поведінку розбіжностей між альтернативними оцінками ступеня ризику в ситуації нечітких значень критеріальних економічних показників при його вимірюванні як ступеня можливості незадовільних результатів, їх невідповідності цільовому або гранично припустимому рівню. Виявлені в межах даного аналізу властивості (закономірності) слугують теоретичним підґрунтям для аргументованої орієнтації на той чи інший метод вимірювання ризику під час підготовки і прийняття проектних інвестиційних рішень в умовах нечіткості початкових даних;

удосконалено:

- понятійно-термінологічний апарат теорії оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів, у межах чого запропоновано термінологічні уточнення для базових видів економічної ефективності проектів реального інвестування, а також сформульовано авторське трактування поняття економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності. Упровадження зазначених пропозицій в теоретичний і практичний обіг дає змогу підвищити внутрішню узгодженість концептуального базису сучасного інвестиційного аналізу;

- інструменти вимірювання ризику для ймовірнісних (стохастичних) оцінок критеріїв економічної ефективності інвестиційних проектів, зокрема, запропоновано показник цільового розмаху варіації, коефіцієнт цільової семіваріації, сформульовано узагальнені версії модифікованих коефіцієнтів варіації та семіваріації. Окреслені удосконалення підвищують аналітичний потенціал зазначеного методичного апарату в процесах прийняття рішень з реального

інвестування;

- інструментарій проектних інвестиційних обчислень в умовах інтервальної невизначеності вихідних даних, а саме, запропоновано авторську версію методу експертного врахування взаємодії між інтервальними оцінками фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту, яка характеризується більш високим рівнем практичності, ніж його вихідний варіант;

- арсенал мір ризику для інтервальних оцінок критеріїв економічної ефективності інвестиційних проектів, зокрема, запропоновано інтервальну версію цільового розмаху варіації, коефіцієнта цільового розмаху варіації, а також модифікованого коефіцієнта цільового розмаху варіації. Зазначені удосконалення розширюють прикладні можливості методичного апарату на основі інтервального аналізу в межах економічного обґрунтування проектних інвестиційних заходів у ситуації інтервальної невизначеності початкових даних;

- аналіз чутливості для критеріїв економічної ефективності проектів реального інвестування, а саме, запропоновано використання його інтервальної адаптації, в межах чого сформульовано відповідний підхід до порівняння економічної привабливості альтернативних інвестиційних проектів. Це дозволяє розширити прикладні можливості аналізу чутливості як одного з основних методів урахування невизначеності та ризику в процесах економічного обґрунтування проектних інвестиційних заходів;

- інструментарій раціоналізації інвестиційних рішень в умовах невизначеності, в межах чого запропоновано авторську версію складу і способу агрегування деталізованих критеріїв у розрізі недетермінованої оцінки часткового критерію економічної ефективності реальних інвестицій, яка дає змогу більшою мірою, ніж стандартні варіанти агрегування критеріальних економічних показників, враховувати змістовні та формальні особливості задачі найкращого вибору в ситуації невизначеності стосовно альтернативних інвестиційних проектів;

набули подальшого розвитку:

- методичні засоби формування вихідних даних для проектних інвестиційних обчислень, а саме, розроблено метод знаходження нечітких оцінок

початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту, який було названо методом опорних інтервалів. Запропонована розробка зорієнтована на ситуації, коли зацікавлена особа (суб'єкт прийняття рішення, експерт) зазнає труднощів стосовно оцінювання необхідних для аналітичних процедур параметрів за допомогою ймовірнісно-статистичної методології або відомих методів у межах нечітко-множинного підходу;

- інструментарій вимірювання ризику для нечітких оцінок критеріїв економічної ефективності інвестиційних проектів, у межах чого сформовано систему нечітко-множинних мір ризику для підтримки прийняття проектних інвестиційних рішень; запропоновано авторську версію нечітко-множинної адаптації показників середнього абсолютного відхилення і семіваріації, сформульовано нечітко-множинну адаптацію коефіцієнта сподіваних втрат, а також коефіцієнта зважених сподіваних втрат. Окреслені розробки забезпечують цілісність та підвищують аналітичний потенціал зазначеного методичного апарату;

- методичний апарат вимірювання ризику як ступеня можливості одержання незадовільних результатів, їх невідповідності цільовому або гранично припустимому рівню, а саме, для ситуації одночасної нечіткості оцінок критерію і нормативу, керуючись теоретико-ймовірнісною аналогією, у двох практично значущих версіях запропоновано метод наближеного визначення ступеня ризику, який доповнює інший метод, розвиваючи прикладний потенціал та забезпечуючи концептуальну цілісність даного інструментарію;

- інструментальні засоби знаходження оцінок для основних показників економічної ефективності реальних інвестицій в умовах нечіткої початкової інформації, у межах чого проведено дослідження структури розбіжностей, які можуть виникати між результатами оцінювання у нечіткій формі показника чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту на основі оптимізаційного та аналітичного методів; запропоновано методи побудови нечіткої оцінки для показників внутрішньої норми доходності і дисконтованого терміну окупності інвестиційного проекту, які розширюють арсенал вже існуючих методичних підходів;

- окремі аспекти організаційно-економічного механізму впровадження інструментів для оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності, в межах чого виокремлено й систематизовано передумови впровадження на окремо взятому підприємстві сучасних підходів і методів економічної оцінки проектних інвестиційних заходів в умовах невизначеності, а також визначено показники функціонально-економічної привабливості використання в межах інвестиційної діяльності підприємства конкретного інструмента, або їх комплексу, оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності.

Практичне значення одержаних результатів. Основні наукові здобутки дисертації доведено до рівня концептуальних узагальнень і прикладного інструментарію. Їх застосування на практиці дозволяє підвищити обґрунтованість проектних інвестиційних рішень і, як наслідок, економічну ефективність інвестиційної діяльності підприємства. Практичну значущість пропонованих у дисертаційній роботі концептуальних підходів та інструментальних засобів (методів, моделей, показників) засвідчують результати їх впровадження у діяльність таких організацій та підприємств:

- Комітету Верховної Ради України з питань фінансів, податкової та митної політики – концептуальний підхід до врахування дискретних та неперервних факторів ризику в межах проектних інвестиційних заходів підприємства (довідка № 04-32/13-2021/47273 від 16.02.2021 р.);
- Всеукраїнської Асоціації Консультантів з Управління (ВАКУ) – метод експертного знаходження нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційних проектів (довідка № 24-1/09-2020 від 24.09.2020 р.);
- ТОВ “Добродія Фудз” – інтервальна адаптація аналізу чутливості для показників економічної ефективності інвестиційних проектів (довідка № 19/07 від 09.07.2020 р.);
- ТОВ “Інвестиційна Венчурна Група”, а також ТОВ “Альта Плюс” – методи знаходження показників економічної ефективності проектів реального інвестування у формі нечітких оцінок (довідки № 158 від 23.07.2020 р. і № 142 від

15.08.2020 р. відповідно);

- ТОВ “Тепломаш деталь”, а також ТОВ “Пивоварня Зіберта” – інструментарій вимірювання ризику для недетермінованих оцінок показників економічної ефективності інвестиційних проектів (довідки № 192 від 12.08.2020 р. і № 264 від 05.10.2020 р. відповідно).

Основні результати дослідження також використовуються у навчальному процесі ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» при викладанні дисциплін «Аналітичні моделі та методи в економіці підприємства», тренінг-курс «Бізнес-аналітика на підприємстві», «Аналітичний інструментарій економіки підприємства» (довідка від 11.09.2020 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаним науковим дослідженням. Основні положення, інструментальні засоби і висновки, які викладені у дисертації і виносяться на захист, одержано автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертації доповідалися і обговорювалися на науково-практичних конференціях всеукраїнського та міжнародного рівнів: “Стратегія підприємства: зміна парадигми управління та інноваційні рішення для бізнесу” (м. Київ, 2013 р.); “Стратегія підприємства: результативність за умов системних трансформацій” (м. Київ, 2015 р.); “Інноваційна економіка: макро-, мезо-, та мікрорівні” (м. Херсон, 2015 р.); “Економічний потенціал країни: наукові підходи та практика реалізації” (м. Одеса, 2016 р.); “Економічна система країни: зовнішні та внутрішні фактори впливу” (м. Дніпропетровськ, 2016 р.); “Перспективи розвитку національної економіки” (м. Запоріжжя, 2016 р.); “Стан та перспективи розвитку фінансів, обліку та підприємництва в умовах трансформації економіки” (м. Київ, 2016 р.); “Модернізація та суспільний розвиток економічної системи” (м. Київ, 2016 р.); “Економіка підприємства: теорія і практика” (м. Київ, 2016 р.); “Стратегічні орієнтири розвитку економіки України” (м. Одеса, 2017 р.); “Стратегія підприємства: підприємницький контекст” (м. Київ, 2017 р.); “Глобальний економічний простір: детермінанти розвитку” (м. Миколаїв, 2017 р.); “Вдосконалення економіки та фінансової системи країни: актуальні проблеми та

перспективи" (м. Запоріжжя, 2018 р.).

Публікації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження опубліковано у 41 науковій праці загальним обсягом 29,5 д.а., з них: 1 – одноосібна монографія; 2 – колективні монографії; 14 статей – у наукових фахових виданнях України; 11 статей – у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз; 13 публікацій – в інших виданнях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Обсяг основного тексту роботи становить 388 сторінок. Робота містить 52 таблиці на 20 сторінках, 22 рисунки на 7 сторінках, 11 додатків на 57 сторінках. Список використаних джерел налічує 392 найменування.

РОЗДІЛ 1
КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ

1.1. Інвестиційні проекти підприємств: сутнісна характеристика, напрями обґрунтування та економічна ефективність

Процеси інвестування є невід'ємною складовою діяльності будь-якого підприємства. За допомогою здійснення інвестицій вирішується широке коло першочергових для існування підприємства та реалізації ним свого призначення завдань: формування та підтримання на належному рівні (відтворення) його операційної системи, збільшення виробничої потужності, розширення та розвиток напрямів діяльності тощо.

У широкому сенсі інвестиції припускають трактування як вкладання капіталу у різні об'єкти з метою його збільшення у майбутньому. Зрозуміло, що наведене визначення, лише у першому наближенні фіксує суть інвестицій. Слід погодитися з думкою, що у цілому поняття інвестицій є занадто багатогранним та складним, щоб його можна було остаточно охопити у якомусь одному визначенні. Зауважимо також, що етимологічно термін "інвестиції" пов'язаний з латинським словом "investire", яке означає "одягати", "облачати" [39, с. 4–5; 55, с. 7; 64, с. 225].

Маючи наскрізний для економіки характер, проблематика інвестицій виступає у межах усієї економічної науки як одна з центральних і така, що припускає розгляд на різних рівнях (макро-, мезо-, мікро-), під різними кутами зору та в контексті різних конкретних питань.

У макроекономіці, відповідно до особливостей її предмета, інвестиції досліджуються з позиції економічної системи у цілому. При цьому в межах макроекономічних теорій і теоретичних конструкцій їм відводиться роль одного з основних параметрів. У центрі уваги макроекономічного аналізу питань, пов'язаних з інвестиціями, знаходяться питання регулювання інвестиційних процесів, взаємодії

інвестицій з іншими макроекономічними параметрами, впливу інвестиційної діяльності на найважливіші показники, які характеризують результати функціонування економіки [41; 63].

У мікроекономіці розгляд інвестиційної проблематики зосереджений на дослідженні структури оптимальних інвестиційних рішень на рівні окремих суб'єктів господарювання. Зазначений напрям аналізу відомий також як проблема бюджетування капіталу [73; 74].

Розвиток прикладного напряму у межах теоретичного розроблення закономірностей та оптимальних механізмів інвестиційної діяльності підприємств привів з часом до створення наукової дисципліни інвестиційного менеджменту. Згідно з [39, с. 5], у складі інвестиційного менеджменту як науки може бути виокремлено три взаємопов'язані предметні сфери:

1) інвестиційна політика, тобто рішення стосовно напрямів інвестування;

2) управління джерелами коштів, суть якого полягає в оптимізації структури останніх;

3) дивідендна політика, тобто рішення з приводу того, у якому обсязі, порядку та формі мають виплачуватися дивіденди.

Закономірно, що у перспективі предмета дослідження інвестиційного менеджменту мають місце свої спроби осмислення суті інвестицій. Так, І.О. Бланк у відповідній праці пропонує розуміти інвестиції підприємства як "вкладення капіталу в усіх його формах у різні об'єкти (інструменти) його господарської діяльності з метою отримання прибутку, а також досягнення іншого економічного або позаекономічного ефекту, здійснення якого базується на ринкових принципах і пов'язане з факторами часу, ризику і ліквідності" [9, с. 17–18].

До викладеного доцільно додати, що результати пізнання феномена інвестицій знайшли своє відображення також у вітчизняних нормативно-правових актах, зокрема, у Законі України "Про інвестиційну діяльність", у якому, в редакції від 18.12.2017, інвестиції визначені як "всі види майнових та інтелектуальних цінностей, що вкладаються в об'єкти підприємницької та інших видів діяльності, в результаті якої створюється прибуток (доход) та/або досягається соціальний та

екологічний ефект” [2].

Розширити первинне уявлення стосовно суті інвестицій дозволяє добірка визначень, або трактувань, наведених у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Визначення поняття інвестицій у навчальній та науковій літературі

№	Автор(и)	Джерело	Зміст поняття інвестицій
1	П.Е. Самуельсон	[63, с. 107]	“Ми називаємо “чистим інвестуванням”, або капіталоутворенням, те, що являє собою чистий приріст реального капіталу суспільства (будівлі, устаткування, матеріально-виробничі запаси і т.д.). <…> Чисте інвестування має місце лише тоді, коли створюється новий реальний капітал”. Купівлю якогось об’єкта власності, наприклад, земельної ділянки, або цінних паперів, П.Е. Самуельсон розглядає як “суто трансфертну операцію”
2	К.Р. Макконнелл, С.Л. Брю	[41, с. 137]	“Інвестиції – це будівництво або створення нових капітальних активів. Виробництво подібних активів створює нові робочі місця і дохід; обмін вже існуючими капітальними активами – ні”
3	П. Массе	[42, с. 27]	“<…> інвестування являє собою акт обміну сьогоднішнього задоволення певної потреби на очікування задовольнити її в майбутньому за допомогою інвестованих благ”
4	В. Шарп, Г. Александер, Дж. Бейлі	[78, с. 979]	Пояснюють суть інвестицій як відмову “від певної цінності у теперішній момент задля (можливо, невизначеної) цінності у майбутньому”
5	О.О. Недосєкін	[52, с. 69]	“Інвестиції (у широкому сенсі) – тимчасова відмова економічного суб’єкта від споживання наявних у його розпорядженні ресурсів (капіталу) і використання цих ресурсів для збільшення у майбутньому свого добробуту”
6	Г. Бірман, С. Шмідт	[8, с. 13]	Трактують інвестиції як витрачання “ресурсів у сподіванні на одержання доходів у майбутньому, після закінчення досить тривалого періоду часу”
7	Т.В. Теплова	[65, с. 3–4]	“Під інвестиціями зазвичай розуміють потік вкладених коштів, відвернутих з певною метою від безпосереднього споживання”
8	Н.І. Лахмєткіна	[23, с. 7]	Визначає інвестиції як “сукупність витрат, які реалізуються у формі цілеспрямованого вкладення капіталу на певний строк у різні галузі і сфери економіки, в об’єкти підприємницької та інших видів діяльності для отримання прибутку (доходу) і досягнення як індивідуальних цілей інвесторів, так і позитивного соціального ефекту”

Джерело: складено автором [30, с. 10–11]

Логічною є необхідність більш розгорнутого висвітлення структурних характеристик, або детермінант, які визначають інвестиції як реально існуючий

феномен.

Так, В. Шарп, Г. Александер і Дж. Бейлі як визначальні фактори заходів з інвестування називають час і ризик. Вони міркують з цього приводу [78, с. 1]: “Віддавати гроші (тобто інвестувати – прим. наша, О.К.) доводиться зараз і в певній кількості. Винагорода надходить пізніше, якщо надходить взагалі, і її величина заздалегідь невідома. У деяких випадках найважливішим фактором буде час (наприклад, для державних облігацій). В інших ситуаціях головним є ризик (зокрема, для опціонів на купівлю звичайних акцій). У ряді випадків істотними є відразу два фактори – час і ризик (наприклад, для звичайних акцій)”.

П. Массе, описуючи структуру інвестиційних рішень, зазначає: “<…> рішення про інвестиції містить: суб’єкт капіталовкладення, об’єкт вкладення, витрати, пов’язані з відмовою від задоволення потреби, величину очікуваних результатів” [42, с. 27]. Окрім цього, так само, як і попередні автори, як фундаментальні аспекти (фактори, властивості) акту інвестування П. Массе розглядає час і ризик.

Виходячи з результатів за порушеним питанням, представлених в роботах західних вчених, а також вчених країн пострадянського простору, зокрема, І.Я. Лукасевича [38], І.О. Бланка [9], Н.І. Лахмєткіної [23], І.С. Пелимської [55], В.В. Царьова [77], як найбільш загальні та найбільш значущі структурні характеристики (детермінанти) інвестицій можна назвати таке:

1) здатність приводити до збільшення вихідної величини капіталу, в межах усієї економічної системи, а також безпосередньо для власника капіталу;

2) цілеспрямований характер (наявність цілей);

3) спрямованість у майбутнє, а також, як правило, тривала протяжність у часі;

4) керованість під час здійснення;

5) відмова з боку власника капіталу, який інвестується, від його використання для споживання у теперішньому часі;

6) альтернативність напрямів інвестиційного (неспоживчого) використання капіталу;

7) обтяженість невизначеністю та зумовленим нею ризиком.

Основу видової структуризації інвестицій становить їх поділ за ознакою об’єкта вкладення. Тут можливі два підходи.

Згідно з першим підходом за зазначеним критерієм розрізняють реальні та фінансові інвестиції. У свою чергу реальні інвестиції при цьому підрозділяються на матеріальні та нематеріальні [9; 10; 17; 23; 39; 77].

При другому підході вкладення у нематеріальні цінності нефінансового характеру (скорочено – нематеріальні блага) виокремлюються в самостійний вид по відношенню до реальних і фінансових інвестицій [27; 38; 55; 65; 79].

Для потреб цього дослідження видається доцільним використання першого з окреслених підходів. Спираючись на згадані вище наукові і навчальні джерела, беручи при цьому до уваги відповідні вітчизняні нормативно-правові акти у сфері економіки [1; 2; 3], а також дотримуючись щойно зробленого припущення можна дати таку узагальнену характеристику різних видів інвестицій в межах розглядуваного способу класифікації.

Під реальними інвестиціями слід розуміти вкладення коштів (капіталу) у формування, підтримання на належному у функціональному аспекті рівні, а також розвиток реальних, матеріальних і нематеріальних, активів, а також нематеріальних нефінансових цінностей без утворення активів, які безпосередньо забезпечують або опосередковано підтримують можливість здійснення операційної діяльності суб’єкта господарювання (підприємства).

Відповідно до зазначеного, до реальних інвестицій відносяться вкладення в:

- основні засоби;
- оборотні засоби;
- нематеріальні блага (нематеріальні активи, а також нематеріальні нефінансові цінності без утворення активів).

Якщо перелічені напрями реального інвестування обмежити основними засобами і нематеріальними активами, то у цьому разі матимуть місце інвестиції, які означаються, або можуть бути означені, як капітальні [40].

Фінансові інвестиції являють собою вкладення капіталу у різноманітні фінансові інструменти (активи). Конкретно, названий вид інвестицій передбачає

вкладення в:

- пайові цінні папери (передусім, акції);
- боргові цінні папери (облігації, депозитні сертифікати та ін.);
- похідні фінансові інструменти, або цінні папери (деривативи);
- іноземну валюту;
- інші фінансові інструменти.

Очевидно, що для підприємств реального сектора економіки головне значення мають реальні інвестиції, тоді як інвестування у фінансові інструменти відіграє у їх діяльності супутню та допоміжну роль.

Поряд з наведеним вище розбиттям реальних інвестицій у розрізі об'єктів, у які вкладаються кошти, можливі інші підходи до їх структурування. Це пов'язане з тим, що відповідно до свого призначення реальні інвестиції стосуються усіх аспектів операційної діяльності підприємства протягом усього періоду його існування, тобто мають тотальний або наскрізний характер, як з точки зору змісту операційної діяльності, так і в плані її протяжності у часі.

Скажімо, у праці Ю. Блеха та У. Гетце [10, с. 17–20] розглядається класифікація реальних інвестицій за критерієм причини їх здійснення. Її зміст відображено на рис. 1.1.

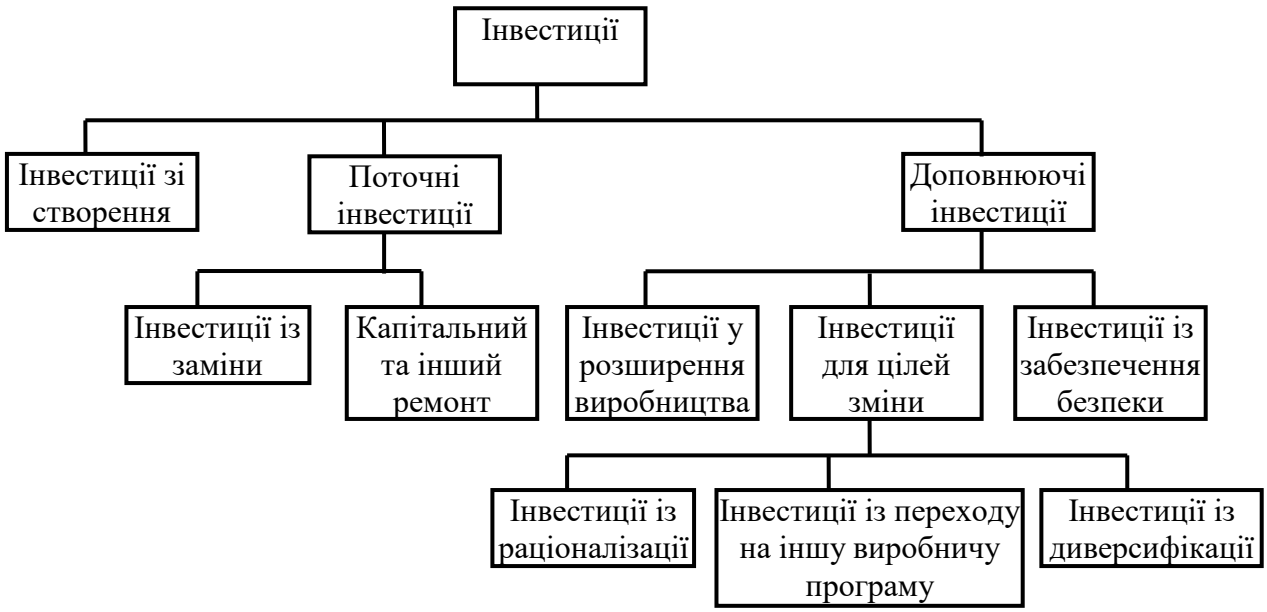


Рис. 1.1. Види реальних інвестицій за ознакою причини їх здійснення

Джерело: [10, с. 19]

Як видно з рис. 1.1, у межах даного підходу у складі реальних інвестицій виокремлюється три групи – інвестиції зі створення, поточні, а також доповнюючі інвестиції – кожна з яких, за виключенням першої, передбачає дальшу деталізацію. Коротко прокоментуємо складові зазначених груп.

Виникнення будь-якого підприємства неможливе без відповідних інвестицій зі створення. При цьому може йтися про створення абсолютно нового підприємства, або ж філіалу підприємства, яке вже існує.

Зміст поточних інвестицій становлять поточний і капітальний ремонт засобів праці (силових і робочих машин та устаткування, транспортних засобів та ін.), а також інвестиції із заміни тих з них, які зносилися або застаріли.

Доповнюючі інвестиції полягають у внесенні більш чи менш принципових змін в операційну систему підприємства в межах вже наявних місць її розташування. На конкретному рівні це можуть бути:

- інвестиції у розширення операційної діяльності, яке передбачає збільшення виробничої потужності;
- інвестиції, спрямовані на заходи раціоналізаторського характеру, результатом яких може бути зниження рівня витрат;
- інвестиції, пов’язані з пристосуванням операційної системи до змін у виробничій програмі внаслідок змін у попиті на продукцію, яку виготовляє підприємство;
- інвестиції, спрямовані на розширення номенклатури та асортименту продукції підприємства, освоєння нових ринків збуту;
- інвестиції у заходи із забезпечення безпеки підприємства. Такими заходами можуть бути, наприклад, участь у дослідженнях і розробках, заходи з навчання та перекваліфікації персоналу.

З викладеним варіантом видової структуризації реальних інвестицій перекликається класифікація, запропонована І.В. Ліпсіцем та В.В. Коссовим. З позиції завдань, які розв’язуються за допомогою інвестицій, ці науковці розбивають усю сукупність можливих ситуацій реального інвестування на чотири групи [34, с. 18]:

1) інвестиції у підвищення ефективності;

2) інвестиції у розширення виробництва;

3) інвестиції у створення нових виробництв;

4) інвестиції, зумовлені необхідністю задоволення вимог державних органів управління (у даному випадку йдеться про вимоги, пов'язані з охороною навколишнього середовища, забезпеченням безпеки продукції тощо).

Як зазначають автори представленої класифікації, для кожної групи інвестицій, яка у ній виокремлюється, має місце різний рівень ризику. Конкретно, залежність між видом інвестицій і рівнем ризику, який супроводжує їх реалізацію, на думку І.В. Ліпсіца та В.В. Коссова, є такою [34, с. 19]:

- інвестиції 1-ї групи – проміжний, ближче при цьому до низького рівня, рівень ризику;
- інвестиції 2-ї групи – проміжний, ближче при цьому до високого рівня, рівень ризику;
- інвестиції 3-ї групи – найвищий порівняно з іншими інвестиціями рівень ризику;
- інвестиції 4-ї групи – найнижчий порівняно з іншими інвестиціями рівень ризику.

Практичний сенс різних класифікацій інвестицій полягає передусім у тому, щоб на їх основі формувати уявлення стосовно особливостей планування та управління інвестиціями різного виду. У цьому плані окремий інтерес становлять результати, які належать Я. Хонко [76]. Узявши за основу можливу класифікацію реальних інвестицій у складі шести класів (груп), побудовану за ознакою мети (призначення, завдання), названий вчений визначив для кожного класу орієнтовні (наближені) норми прибутку. Конкретний зміст зазначеної відповідності відображають відомості табл. 1.2.

Зрозуміло, що окрім класифікацій, розглянутих вище, реальні інвестиції можуть бути структуровані в інший спосіб. Як можливі критерії їх видової структуризації при цьому можуть виступати [10; 27; 39; 55; 79]:

Таблиця 1.2

Відповідність між класами реальних інвестицій і нормою прибутку

Клас реальних інвестицій	Зміст реальних інвестицій даного класу	Норма прибутку, %
1-й клас	Вимушені інвестиції, які здійснюються з метою підвищення надійності техніки й рівня безпеки у виробництві, дотримання вимог різних нормативно-правових актів, а також інших обов'язкових для виконання приписів	Вимоги до норми прибутку відсутні
2-й клас	Інвестиції, спрямовані на збереження досягнутих позицій на ринку	6
3-й клас	Інвестиції, призначенням яких є оновлення основних виробничих фондів	12
4-й клас	Інвестиції у заходи, спрямовані на зниження рівня витрат, підвищення продуктивності праці тощо	15
5-й клас	Інвестиції у розширення виробництва	20
6-й клас	Інвестиції у заходи зі змін (завоювання нових ринків, створення нових видів продукції), пов'язані з істотним ризиком	25

Джерело: наводиться на основі [43, с. 87–88]

- функціональна сфера економіки підприємства, стосовно якої здійснюються інвестиції;
- тривалість реалізації інвестицій;
- масштаб (величина) інвестицій;
- наявність та інтенсивність (сила) взаємозалежності між різними інвестиціями;
- ступінь невизначеності та ризику, які супроводжують інвестиції;
- інші критерії.

Основною формою планування та реалізації реальних інвестицій є проект. Сьогодні проектний підхід до обґрунтування заходів з реального інвестування досяг рівня окремого наукового напряму, який означається як проектний аналіз. У цілому, у своєму нинішньому стані проектний аналіз може розумітися як сукупність методологічних підходів, а також методів, моделей та інших інструментальних засобів, призначенням яких є підтримка процесів підготовки та прийняття раціональних рішень стосовно здійснення заходів, які концептуалізуються як проекти.

Як зафіксовано у попередніх зауваженнях, в основі проектного підходу до обґрунтування заходів з реального інвестування лежить поняття (концепція) проекту. Зазначимо, що термін "проект" походить від латинського слова "projectus",

яке означає “кинутий уперед”, тобто задум [64]. В Оперативному керівництві Світового банку NQ 2.20 поняття проекту постулюється як “комплекс взаємопов’язаних заходів, спрямованих на досягнення протягом обумовленого періоду часу і при заданому бюджеті поставлених задач з чітко визначеними цілями” (на основі [27, с. 43]). У табл. 1.3 представлено можливі інші визначення поняття проекту, які пропонуються у нормативно-методичній та навчальній літературі, присвяченій “проектній” проблематиці.

Таблиця 1.3

Визначення поняття проекту у нормативно-методичній та навчальній літературі

№	Автор(и), методичне керівництво або нормативний документ	Джерело	Зміст поняття проекту
1	Керівництво до Зводу знань з управління проектами (Інститут управління проектами, США)	[61, с. 3]	“Проект – це тимчасове підприємство, спрямоване на створення унікального продукту, послуги або результату”
2	Стандарт DIN 69901 (Німецький інститут стандартизації, Німеччина)	[91, с. 3–4]	Описує проект як “задум, який за своєю суттю характеризується у цілому унікальністю умов, таких як мета, часові, фінансові, людські та інші обмеження, відмежування від інших задумів, специфічна, властива саме проектам, організація”
3	Е. Дюлфер	[22, с. 18]	“Проектом є будь–яка задача, яка має певний термін початку і кінця свого здійснення і вимагає використання одного або більшого числа ресурсів у кожній окремій, але взаємозалежній, дії, які мають бути завершені для досягнення цілей, заради яких задачу (проект) було ініційовано”
4	В.Д. Шапіро	[70, с. 28]	Для випадку, коли результатом проекту є деякий фізичний об’єкт, визначає його як “цілеспрямоване, заздалегідь опрацьоване і заплановане створення або модернізацію фізичних об’єктів, технологічних процесів, технічної і організаційної документації для них, матеріальних, фінансових, трудових та інших ресурсів, а також управлінських рішень і заходів щодо їх виконання”
5	Л.П. Батенко, О.А. Загородніх	[6, с. 10]	“<…> проект – це діяльність, за якої матеріальні, фінансові та людські ресурси організовано новаторським шляхом для виконання унікальної роботи при обмеженні у часі та витратах, щоб досягти позитивних змін, визначених кількісними та якісними параметрами”

Джерело: складено автором [30, с. 15]

Аналогічно до ситуації із дефініцією поняття проекту, різні автори дещо по різному виокремлюють ключові (критеріальні) характеристики, або ознаки, які відрізняють проект від інших заходів або видів людської діяльності. Скажімо, згідно з позицією Л.П. Батенко та О.А. Загородніх [6, с. 8], яка видається нам найбільш концептуально виваженою, таких ознак має місце п’ять:

- наявність конкретної мети;
- координоване виконання пов’язаних між собою дій;
- обмежена тривалість виконання з визначеною датою початку і закінчення;
- наявність певного бюджету (фінансового, матеріального тощо);
- до певної міри неповторність (унікальність).

У цілому узгоджуються із викладеним переліком характеристик, або є близькими до нього, підходи до сутнісного структурування проекту, відображені у працях таких авторів, як В.Д. Шапіро, О.В. Полковников, М.В. Дубовик, М.В. Грачова, В.М. Матюшок та ін. [57; 59; 70; 71].

Наведені вище критеріальні ознаки проекту мають велике значення також для його характеризації як об’єкта управління. Поряд з ними важливою властивістю проекту з точки зору управління ним є його так званий життєвий (проектний) цикл. Останній являє собою послідовність груп процесів (робіт) протягом терміну існування проекту, яка спостерігається для будь-якого проекту, незалежно від його конкретного змісту, складності, обсягу робіт, тривалості тощо. Загальноприйнятою, або, у всякому разі, широко вживаною, є трирівнева структуризація процесу розробки та реалізації проекту, згідно з якою він ділиться на фази, стадії та етапи. У межах методології проектного аналізу, створеної фахівцями Організації Об’єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО), життєвий цикл складається з трьох фаз: передінвестиційної, інвестиційної та експлуатаційної, які, у свою чергу, поділяються на стадії, і далі на етапи [81; 7].

Розглянуті вище відомості стосовно суті і структурних характеристик інвестицій, а також проекту як форми їх планування та реалізації дозволяють сформулювати визначення поняття інвестиційного проекту. Зрозуміло, що

враховуючи варіативність визначень понять інвестицій та проекту це може бути здійснене у дещо різний спосіб. У цьому плані як у цілому логічно збалансоване слід оцінити визначення, яке належить Т.В. Майоровій, згідно з яким інвестиційний проект являє собою "системно обмежений і закінчений комплекс заходів, документів і робіт, фінансовим результатом якого є прибуток (дохід), матеріально-речовим результатом – нові або реконструйовані основні фонди (комплекси об'єктів), або придбання та використання фінансових інструментів чи нематеріальних активів з подальшим отриманням доходу чи соціального ефекту" [39, с. 235].

Як вже було зауважено раніше, проектний підхід у сфері інвестиційної діяльності підприємства є актуальним передусім стосовно реальних інвестицій. Разом з тим, далеко не усі, а лише значущі, заходи з реального інвестування можуть його потребувати. Якщо виходити з припущення, що пріоритетною сферою застосування проектного підходу є реальні інвестиції, які істотно впливають на основний капітал підприємства, тобто ту частину його загального капіталу, яка втілена у засобах праці, які багаторазово беруть участь у виробничому процесі, то заслуговує на увагу трактування інвестиційного проекту підприємства, пропоноване Т.В. Тепловою. Згідно з даним автором інвестиційний проект підприємства – це "комплекс взаємопов'язаних заходів, який супроводжує досягнення поставлених цілей протягом обмеженого періоду часу через зміну величини і структури основного капіталу підприємства" [65, с. 11–12].

Як стверджується у роботі [66, с. 584], може бути виокремлено такі ситуації інвестування на рівні підприємства, які потребують проектного підходу до їх обґрунтування:

1) наявність масштабних інвестиційних витрат (відтоків). Зазвичай, якщо масштаб інвестиційного заходу перевищує власні фінансові можливості підприємства, то для залучення для його реалізації позикових коштів, або коштів, одержаних за рахунок додаткової емісії акцій, необхідне проектне обґрунтування;

2) унікальність та конфліктність інвестиційного заходу, які, серед іншого, зумовлюють необхідність ґрунтовного опрацювання змісту і послідовності дій, а

також узгодження інтересів різних сторін (учасників);

3) альтернативність інвестиційного заходу, коли або сама інвестиційна ідея припускає різні варіанти реалізації, або ж сама по собі не є безумовною і обов'язковою для реалізації і конкурує з іншими ідеями.

Предметом дальшого розгляду стосовно інвестиційної діяльності підприємств, якщо не буде сказане інше, виступають реальні інвестиції, які передбачають використання проектного підходу до їх аналізу та оцінки.

Одним з принципів сучасного проектного аналізу є його комплексність. У межах цього повномасштабна сукупність обґрунтувань за проектом має охоплювати такі функціональні напрями або аспекти [15; 17; 39; 62]:

- маркетинговий (комерційний);
- технічний;
- інституційний;
- екологічний;
- соціальний;
- фінансовий;
- економічний.

Центральним питанням у системі аналізу інвестиційного проекту є оцінка його ефективності. Перш за все зауважимо, що якщо поглянути на поняття ефективності з якомога ширших позицій, то можна констатувати, що для економічної та управлінської наук, узятих у цілому, воно є наскрізним. Як ключова, або фундаментальна, теоретична конструкція воно входить до складу економічної теорії, загальної теорії менеджменту, економіки підприємства, стратегічного менеджменту, фінансового та інвестиційного менеджменту, а також інших науково-практичних галузей. Зберігаючи у кожному конкретному випадку певні спільні риси, пов'язані з цілеспрямованістю будь-якої економічної діяльності, а також ресурсними обмеженнями, які обумовлюють її здійснення, в межах різних предметних сфер розглядуване поняття набуває певних специфічних змістовних характеристик. У площині безпосередньо інвестиційного аналізу, якщо орієнтуватися на найбільш утверджений на цей час підхід, під ефективністю інвестиційного проекту слід

розуміти характеристику, яка відображає співвідношення між сумарними вигодами і витратами, пов’язаних з його реалізацією [24; 39; 65; 66]. При цьому припускається:

- по-перше, що зазначене співвідношення може мати як абсолютну, так і відносну форму;
- по-друге, що у межах даного співвідношення вигоди і витрати виражаються у грошовій (вартісній) формі, або, у всякому разі, грошова форма вираження виступає як пріоритетна.

Розглянемо докладніше.

В основі нинішньої методології аналізу й оцінки ефективності інвестиційних проектів, напрацьованої передусім у межах західних країн, лежить підхід або метод, відомий як аналіз “витрати – вигоди” (Cost-Benefit Analysis, CBA). Суть методу полягає у зіставленні вартості очікуваних загальних вигід від проекту із сумарними витратами на його здійснення. Теоретичним базисом вартісного моделювання вигід і витрат, зумовлених проектом, слугує концепція грошових потоків, а також концепція зміни вартості грошей у часі, конструктивно-методичною реалізацією якої є процедура дисконтування. У найзагальнішому варіанті оцінка ефективності інвестиційного проекту має проводитися як на мікро-, так і на макрорівні. Зазначені напрями оцінки становлять ядро двох відносно відокремлених між собою видів аналізу, відповідно, фінансового та економічного [15; 17; 39; 62; 81; 84; 85].

Згідно з оцінками фахівців, фінансовий аналіз являє собою найбільш концентровану в інформаційному аспекті та трудомістку частину проектного обґрунтування. Головним предметом фінансового аналізу інвестиційного проекту є оцінка його ефективності, тобто зіставлення вигід і витрат, на мікрорівні, з точки зору суб’єктів господарювання, які безпосередньо його реалізують. У системі західної методології проектного аналізу ефективність зазначеного виду прийнято називати фінансовою, або комерційною, рідше – ринковою. Окремо зауважимо, що при оцінюванні фінансової ефективності використовуються ринкові (фінансові) ціни на задіяні у проекті ресурси, а також продукцію і послуги, які створюються. На схематичному рівні проведення фінансового аналізу інвестиційного проекту, якщо обмежитися ситуацією, коли останній реалізується у межах окремого підприємства,

передбачає опрацювання і наявність таких складових:

1) аналіз поточного та попереднього (скажімо, протягом трьох – п’яти останніх років) фінансового стану підприємства, яке здійснює проект;

2) на основі даних, одержаних у межах інших видів аналізу (маркетингового, технічного) визначення обсягів виробництва і продажу продукції, інвестиційних і поточних витрат, побудова грошових потоків за проектом;

3) визначення схеми фінансування проекту, забезпечення дотримання для неї умови фінансової здійсненності, або спроможності, яка полягає у наявності достатньої кількості коштів для продовження реалізації проекту протягом періоду від моменту його початку до моменту його завершення. Складання прогнозу для найбільш важливих форм фінансової звітності (балансу, звіту про фінансові результати підприємства);

4) оцінка, з урахуванням факторів невизначеності і ризику, показників ефективності інвестиційного проекту.

Призначення економічного аналізу полягає в оцінці впливу інвестиційного проекту на економіку країни у цілому. Тобто його предметом є з’ясування прирощення багатства (добробуту) внаслідок реалізації проекту на рівні усього суспільства, а не лише безпосередньо пов’язаних з ним суб’єктів господарювання. У понятійно-термінологічному апараті, яким оперує західна методологія проектного аналізу, теоретична конструкція, яка характеризує зіставлення вигід і витрат за проектом з позиції економіки країни у цілому, має назву економічної ефективності (також зустрічається використання виразу “макроекономічна ефективність”).

Концептуально-методологічний базис економічного аналізу інвестиційного проекту становить ряд положень, джерелом яких у свою чергу є вихідні положення і напрацювання фундаментальної економічної теорії [56]:

- у розпорядженні суспільства наявний обмежений обсяг ресурсів;
- використання деяких ресурсів в одному проекті означає неможливість використання їх в іншому проекті;
- чисті вигоди, які можуть бути одержані в результаті найкращого альтернативного використання задіяних у проекті ресурсів, являють собою їх

альтернативні витрати;

- як найбільш ефективний слід визнавати проект, для якого обмежені ресурси використовуються найбільш ефективним способом, тобто який генерує найбільшу чисту вигоду.

При проведенні економічного аналізу до уваги береться не фінансова вартість ресурсів та продуктів за проектом, як у фінансовому аналізі, а їх так звана економічна вартість, або цінність. Перехід від фінансового до економічного аналізу потребує низки коригувань фінансових результатів. Можна окреслити такі укрупнені напрями їх здійснення.

По-перше, не всі витрати, які мають місце на рівні суспільства, враховуються при розрахунку фінансових наслідків інвестиційного проекту для його господарюючих операторів. Це може бути, скажімо, шкода, яка завдається навколишньому середовищу.

По-друге, не всі складові витрат, які є такими для господарюючих операторів інвестиційного проекту, наприклад, податки, виступають як витрати з точки зору економіки країни у цілому.

По-третє, як вже було сказано вище, в економічному аналізі оперують не ринковими цінами, за якими передбачається закупівля ресурсів і продаж продукції за проектом, а економічною вартістю, або цінністю. Відмінність між фінансовою і економічною вартістю ресурсів і продукції виникає внаслідок ринкових викривлень, які у свою чергу можуть зумовлюватися різними причинами.

Основоположний внесок у формування сучасного проектного аналізу належить вченим, практикуючим фахівцям та дослідницьким інституціям західних країн. Результати їх діяльності у цьому напрямі знайшли втілення передусім у відповідному методичному забезпеченні. Одними з найфундаментальніших, а також таких, що виступають як відправний пункт для розроблення подібних інших методик, є методики з обґрунтування інвестиційних проектів, які належать відповідно Організації Об’єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО) [7; 81] та Світовому банку [83; 84]. Як приклади методик аналізу та оцінки інвестиційних проектів, більшою чи меншою мірою аналогічних до останніх, можна назвати

методики таких інституцій, як Європейський Союз [85], Європейський інвестиційний банк [89], Азіатський банк розвитку [86] та ін.

В останні приблизно два з половиною десятиліття загальносвітовим науковим доробком і практичним досвідом у галузі проектного аналізу та оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування активно оволодівають вчені, науково-педагогічні працівники і фахівці-практики країн пострадянського простору, у тому числі України. Результатом цього серед іншого стало створення і впровадження на рівні системи вищої освіти навчальних дисциплін "проектного" спрямування, написання навчальної літератури, проведення власних досліджень, а також підготовка нормативно-методичного забезпечення у даній предметній сфері. Серед українських науковців, які зробили вагомий внесок у реалізацію ключових завдань в межах наведених вище напрямів діяльності, можна назвати В.П. Савчука, І.О. Бланка, А.А. Пересаду, Т.В. Майорову, С.В. Онікієнка, С.О. Москвіна, В.А. Вербу, О.А. Загородніх, В.М. Хобту, О.М. Ястремську, А.Ф. Гойка, В.М. Гриньову, Т.І. Лепейко, В.А. Карпова, О.М. Гончаренко та ін. [9; 15; 18; 19; 24; 25; 26; 39; 58; 62; 75; 80].

Перш ніж завершити даний пункт, необхідно означити авторську позицію стосовно термінологічного аспекту розглянутих вище понять ефективності інвестиційного проекту, відповідно, на мікро- та макрорівні, тобто з позиції суб'єктів господарювання, які є його безпосередніми учасниками, або операторами, а також у перспективі економічної системи держави у цілому. Дослівними перекладами з англійської мови назв даних понять, які вже було зазначено у викладенні вище, є:

- для першого поняття – "фінансова ефективність";
- для другого поняття – "економічна ефективність".

За нашим переконанням, у межах формування вітчизняної адаптації, або версії, сучасної методології економічного обґрунтування інвестиційних проектів введення в обіг наведених термінів без внесення певних корективів, тобто на рівні буквального перекладу з англійської мови,є недоцільним. І ось чому.

По-перше, грошова форма вираження витрат і вигід є пріоритетною при

оцінюванні ефективності інвестиційних проектів, як на мікро-, так і на макрорівні. У цьому сенсі вираз “фінансова ефективність” для позначення ефективності інвестиційного проекту з точки зору його господарюючих операторів у принципі не може бути визнаним повною мірою вдалим. Варто додати, що у сучасному понятійно-термінологічному обігу за предметним полем проектного аналізу в межах країн пострадянського простору окрім виразу “фінансова ефективність” для розглядуваного аспекту проектних обгрунтувань використовується термін “комерційна ефективність”, для якого наведене критичне зауваження зберігає свою справедливість. Стосовно останнього слід також погодитися з В.В. Царьовим, який вважає, що використання терміну “комерційна ефективність” при економічному обґрунтуванні інвестиційних проектів є невиправданим, оскільки “комерція охоплює переважно сферу обігу товарів і послуг, але не їх виробництво” [77, с. 293].

По-друге, у вітчизняній економічній науці у цілому, й теорії економічної оцінки реальних інвестицій зокрема, термін “економічна ефективність” має свою традицію використання, згідно з якою фіксоване ним поняття характеризується широким спектром охоплення. Звернення до цього терміну у тому чи іншому конкретному контексті зазвичай не передбачає, що відповідний аналіз буде обмежений суто макрорівнем. До цього слід додати, що у нинішньому науково-практичному просторі у сфері проектного аналізу у межах країн на території колишнього СРСР поряд з виразом “економічна ефективність” для позначення співвідношення між сумарними вигодами і витратами інвестиційного проекту на рівні економіки країни у цілому набув помітного вжитку термін “суспільна ефективність” (також зустрічається використання термінів “соціально-економічна ефективність”, “народногосподарська ефективність”) [39; 44; 45; 46; 47; 48; 53].

З урахуванням наведених аргументів, видається доцільним запропонувати таку версію понятійно-термінологічної конструкції ефективності для проектів реального інвестування.

По-перше, термін “економічна ефективність” (у скороченому варіанті – просто “ефективність”) має бути закріплений за поняттям, яке виступає як родове по

відношенню до інших видів ефективності проекту реального інвестування, тобто відображає співвідношення між сумарними вигодами і витратами, пов’язаними з його реалізацією, на тому чи іншому ієрархічному рівні економічної системи держави, з боку тих чи інших суб’єктів економіки.

По-друге, для позначення аспекту, який характеризує зіставлення між собою сумарних вигід і витрат інвестиційного проекту на рівні суб’єктів господарювання, які безпосередньо задіяні у його втіленні, тобто є його господарюючими операторами або учасниками, пропонується замість термінів “фінансова ефективність”, “комерційна ефективність” впровадити термін “бізнесова ефективність”.

По-третє, для аспекту, який відображає співвідношення між сумарними вигодами і витратами, пов’язаними з реалізацією інвестиційного проекту, на рівні економічної системи держави у цілому, видається доцільним використовувати термін “суспільна ефективність”, який, як зазначалося вище, вже перебуває у науково-практичному обігу у межах країн пострадянського простору.

Потреба у розгорнутому економічному обґрунтуванні проекту реального інвестування, яке враховує його вплив стосовно усієї національної економіки, або ж економіки відповідного регіону, має місце в разі, коли даний інвестиційний проект може бути кваліфікований як суспільно значущий. До таких відносяться, наприклад, масштабні інфраструктурні проекти. В інших ситуаціях достатнім є аналіз економічних аспектів інвестиційного проекту на рівні його господарюючих операторів (учасників).

Згідно із зазначеним у вступі, об’єктом даної роботи є проекти реального інвестування на рівні окремого підприємства. Виходячи з цього, дальший розгляд досліджуваної проблематики буде обмежений інвестиційними проектами, для яких їх значення у цілому не виходить за межі цілей і завдань діяльності підприємств, які їх реалізують. У цьому разі зникає потреба розрізняти економічну ефективність реальних інвестицій стосовно різних ієрархічних рівнів економічної системи держави (тобто бізнесову й суспільну економічну ефективність). Відповідно, далі під економічною ефективністю інвестиційного проекту, якщо не буде оговорене

інше, буде розумітися її різновид з точки зору суб'єктів господарювання, які є операторами даного інвестиційного заходу.

1.2. Концептуальний базис оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів

Як вже було сказано, а також підтверджено відомостями початкового огляду, проведеного у попередньому пункті, основу сучасної методології проектного аналізу у цілому, а також оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів, зокрема, становлять здобутки вчених розвинених країн Заходу. Разом з тим, було б неправильним повністю ігнорувати досвід і напрацювання у цій сфері з боку вітчизняної академічної спільноти. У цьому зв'язку видається, зокрема, доцільним стисло, у загальних рисах, висвітлити шлях, пройдений за досліджуваним теоретичним напрямом вітчизняною наукою. Відштовхуючись від результатів відповідних історичних реконструкцій, представлених у [4; 5; 13; 20; 21; 54; 55; 69], у розвитку теорії і практики оцінки економічної ефективності інвестицій у межах України, якщо охопити часовий проміжок від періоду її входження до складу Російської імперії до сьогодення, з певним ступенем умовності може бути виокремлено такі три періоди (етапи):

- перший (до 1917 р.) – період капіталістичних відносин у складі царської Росії;
- другий (з грудня 1922 р. до серпня 1991 р.) – період централізованої планової економіки з домінуванням державної форми власності у складі СРСР;
- третій (з серпня 1991 р. дотепер) – період розпаду СРСР, утворення і утвердження нинішньої України як незалежної держави, докорінних соціально-економічних і політичних змін, у тому числі переходу до ринкової економічної системи.

Розглянемо по порядку.

Однією з вузлових подій першого з виокремлених вище періодів стало видання у 1905–1908 рр. праць А.Л. Васютинського та В.А. Яцини, у яких як

критерій для вибору найбільш привабливого варіанта інвестування пропонувалося використовувати один з можливих показників порівняльної економічної ефективності капіталовкладень, який являє собою суму експлуатаційних витрат і частини разових витрат, яка відповідає проценту (нормі прибутку) на капітал для цілей будівництва. Ідея необхідності врахування поряд з первинними інвестиційними витратами майбутніх експлуатаційних витрат, втілена у зазначеному показнику, простежується також в працях інших авторів у сфері інвестиційно-проектної проблематики цього періоду.

Так, у проміжок з 1910 р. по 1912 р. побачили світ роботи В.А. Сокольського, у яких стверджувалося, що при оцінюванні інвестиційних рішень доцільно співвідносити капітальні вкладення з наступними експлуатаційними витратами. У книзі Ю.В. Ломоносова, видного вченого у галузі конструювання тепловозів, присвяченій науковим засадам експлуатації залізниць, зазначалося про доцільність оцінки строків відшкодування витрат на будівництво залізниць за допомогою величини економії річних витрат, пов’язаних з їх експлуатацією.

У перші десятиліття після 1922-го року визначальним фактором розвитку теорії оцінки економічної ефективності інвестицій (капіталовкладень) на теренах СРСР, й, відповідно, УРСР, як його складової частини, стали передусім енергетичні, транспортні й промислові будівництва. І.Г. Олександровим, Б.Є. Веденєєвим, М.М. Протодьяконовим, К.А. Опенгеймом, Л.П. Юшковим у цей період був підготовлений і виданий ряд праць з техніко-економічного обґрунтування будівництва об’єктів у названих сферах економіки.

Дальша розбудова теорії оцінки економічної ефективності капіталовкладень в межах СРСР пов’язана з такими вченими-економістами, як О.Л. Лур’є, Л.В. Канторович, В.В. Новожилов, Т.С. Хачатуров, Д.С. Львов. Їх дослідницька робота у період 1940-х – 1950-х років вилилася з часом у створення типових методик та галузевих інструкцій, призначених для упорядкування (систематизації) методичного апарату у предметній сфері визначення економічної ефективності інвестиційних заходів. При цьому оформилося два напрями зазначених економічних обґрунтувань: впровадження нової техніки і капітальні вкладення.

Так, у 1960-му році була опублікована “Типова методика визначення економічної ефективності капітальних вкладень і нової техніки у народному господарстві СРСР”, підготовлена під керівництвом Т.С. Хачатурова. У цій методичній розробці пропонувалися для використання показники економічної ефективності двох видів: загальної (абсолютної) та порівняльної (відносної).

Теоретична конструкція ефективності розумілася у розглядуваній методиці як співвідношення між ефектом і витратами. Безпосередньо загальна (абсолютна) економічна ефективність на концептуальному рівні визначалася як відношення ефекту до величини капітальних вкладень. Розрахунок загальної економічної ефективності передбачався у методиці на рівні економіки держави (національної економіки) у цілому, на рівні окремих галузей, а також на рівні окремих підприємств. Що ж до порівняльної економічної ефективності, то її призначенням було зіставлення між собою альтернативних проектних (інвестиційних) рішень з подальшим вибором найкращої альтернативи (на основі [5; 4, с. 112–115]).

Згодом висвітлювана методика була перероблена і видана у 1969-му році під назвою “Типова методика визначення економічної ефективності капітальних вкладень”. В удосконаленій версії аналізованих методичних матеріалів концепції абсолютної та порівняльної економічної ефективності зберігалися. Конкретно, для вимірювання загальної (абсолютної) економічної ефективності встановлювалися такі показники [67, с. 7–8].

На рівні економіки держави у цілому та її галузей ($Э_{кпн}$):

$$Э_{кпн} = \frac{\Delta Д}{K}, \qquad (1.1)$$

де $\Delta Д$ – приріст річного обсягу національного доходу (чистої продукції) при заданій його речовій структурі у зіставних цінах;

K – капітальні вкладення, які зумовили зазначений вище приріст національного доходу.

На рівні окремих галузей і підгалузей промисловості, сільського господарства, транспорту, будівництва (якщо для них чиста продукція не розраховується) ($Э_{кпп}$):

$$Э_{кпп} = \frac{\Delta П}{К}, \quad (1.2)$$

де $\Delta П$ – приріст річного прибутку у перспективі планованого періоду (року, п’ятирічки);

$К$ – капітальні вкладення, які зумовили зазначений вище приріст прибутку.

На рівні окремого підприємства ($Э_{кп}$):

$$Э_{кп} = \frac{Ц - С}{К}, \quad (1.3)$$

де $Ц$ – вартість річного випуску продукції (за проектом) в оптових цінах підприємства (без податку з обороту);

$С$ – собівартість річного випуску продукції;

$К$ – капітальні витрати з реалізації проекту.

Порівняння альтернативних інвестиційних заходів, тобто оцінювати порівняльну економічну ефективність, у методиці 1969-го року пропонувалося здійснювати на основі показника приведених витрат, формула якого має вигляд [67, с. 11]:

$$C_i + E_н \times K_i, \; i = \overline{1, n}, \quad (1.4)$$

або

$$K_i + T_н \times C_i, \; i = \overline{1, n}, \quad (1.5)$$

де C_i, K_i – відповідно поточні витрати (собівартість) та капітальні вкладення для i-го варіанта;

n – кількість варіантів капіталовкладень;

$E_н$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (в межах національної економіки він встановлювався на рівні не нижче 0,12);

$T_н$ – нормативний термін окупності капітальних вкладень (величина, обернена до $E_н$).

Інвестиційний захід, для якого показник приведених витрат набував найменшого значення, слід було вважати найкращим (найбільш ефективним). В разі, якщо для інвестиційних альтернатив передбачалося, що капітальні витрати здійснюються у різні терміни, а поточні витрати змінюються у часі, то

досліджуваною методикою регламентувалося їх порівнювати шляхом приведення витрат більш пізніх періодів (років) до теперішнього моменту за допомогою застосування коефіцієнта приведення, структуру якого фіксує вираз [67, с. 12]:

$$B = \frac{1}{(1 + E_{нп})^t}, \qquad (1.6)$$

де B – коефіцієнт приведення;

t – часовий період приведення у роках;

$E_{нп}$ – норматив для приведення різночасових витрат (встановлювався на рівні 0,08).

У 1980-му році було підготовлене і затверджене третє видання розглядуваної методики [68]. У зазначеній версії аналізованих методичних матеріалів методи розрахунку економічної ефективності капітальних вкладень були піддані дальшому опрацюванню. Зокрема, у них установлювалися нормативи загальної ефективності у розрізі окремих галузей економіки (скажімо, для промисловості – 0,16; для сільського господарства – 0,07; для транспорту і зв'язку – 0,05; для будівництва – 0,22). Окрім цього, спеціальна увага була приділена особливостям визначення економічної ефективності в межах окремих напрямів капітальних вкладень. Мали місце й інші доповнення та удосконалення.

У подальшому удосконаленням й розвитком теоретичних аспектів і методичного апарату оцінки економічної ефективності інвестицій займалося чимало наукових установ. Судячи з усього, останніми значущими методичними розробками розглядуваного періоду за досліджуваною предметною сферою стали "Методика визначення ефективності капітальних вкладень", затверджена у 1988 р., та "Методичні рекомендації з комплексної оцінки ефективності заходів, спрямованих на прискорення НТП", затверджені у тому ж самому 1988 р. (на основі [4; 5; 20; 21; 54]). З одного боку, докорінних системних зрушень у даних методичних матеріалах не відбулося, що й зрозуміло, оскільки для цього не склалися відповідні умови. З іншого боку, у зазначених методичних керівництвах були зафіксовані ключові здобутки за проблематикою оцінювання економічної ефективності проектних інвестиційних заходів, а також поряд з показниками економічної ефективності у

статиці (без урахування фактора часу) пропонувалося зіставляти витрати і результати з використанням коефіцієнта дисконтування. Якщо звернутися безпосередньо до першої з описуваних методик, то як її визначальні характеристики можна назвати таке (на основі [4; 5; 20; 21; 54]):

- розрахунок витрат і результатів регламентується здійснювати з урахуванням фактора часу;
- передбачається використання показників як порівняльної, так і загальної (абсолютної) економічної ефективності;
- як основний показник порівняльної економічної ефективності установлюються приведені витрати;
- викладаються особливості оцінювання ефективності капітальних вкладень за окремими напрямами.

Підбиваючи підсумки стосовно “радянського” етапу у розвитку теорії оцінки економічної ефективності проектів реального інвестування, слід визнати справедливість оцінок, які належать В.Б. Дасковському, В.Б. Кисельову та А.І. Дєєвій [20; 21]:

- інструментарій і логіка інвестиційних розрахунків великою мірою були сфокусовані на ретроспективному аспекті з використанням багатьох наперед заданих значень (скажімо, заздалегідь обумовлювався рівень прибутковості);
- у розглянутих вище методиках оцінювання економічної ефективності здійснюється без чітко окресленого урахування інтересів господарюючих суб’єктів (сторін), які виступають у ролі учасників (операторів) інвестиційного процесу;
- домінування державної форми власності у поєднанні з нерозвиненістю фінансової системи принципово стримували необхідність урахування фактора часу в інвестиційних обґрунтуваннях;
- концентрованим вираженням вузьких місць визначення економічної ефективності інвестиційних заходів виступає украй обмежений набір оціночних показників.

Розпад СРСР, утворення на пострадянському просторі нових незалежних держав, у тому числі України, перебудова їх економічних систем у напрямі

формування ринкового механізму господарювання, зумовили для них серед іншого нагальну необхідність опанування найкращими світовими напрацюваннями у галузі економічного обґрунтування проектів реального інвестування, а також їх відповідної адаптації.

У структурі діяльності українських вчених, науково-педагогічних працівників і фахівців-практиків за зазначеною предметною сферою можна виокремити три взаємопов'язані напрями:

1) вивчення світового, передусім західного, доробку, а також проведення власних досліджень;

2) на базі результатів діяльності за попереднім напрямом створення заділу або безпосереднє розроблення відповідного методичного забезпечення;

3) підготовка фахівців для розглядуваної предметної сфери.

У цьому зв'язку доцільно, зокрема, вказати на такі вітчизняні методичні розробки, затверджені на рівні уповноважених органів державної влади, для забезпечення єдиного підходу до економічного обґрунтування інвестиційних проектів, а також підготовки бізнес-планів суб'єктами господарювання (інвестиційної діяльності) в межах України:

1) "Методичні рекомендації з розроблення бізнес-плану підприємств", затверджені наказом Міністерства економіки України від 06.09.2006 р. № 290 [50];

2) "Методичні рекомендації з розробки бізнес-планів інвестиційних проектів", затверджені наказом Державного агентства України з інвестицій та розвитку від 31.08.2010 р. № 73 [49];

3) "Методичні рекомендації з розроблення інвестиційного проекту, для реалізації якого може надаватися державна підтримка", затверджені наказом Мінекономрозвитку України від 13.11.2012 р. № 1279 [51].

Перейдемо тепер до розгляду концептуальних основ нинішньої методології оцінювання ефективності (економічної ефективності) реальних інвестицій, які реалізуються у формі проектів.

Теоретичний базис сучасного інвестиційного аналізу становить набір певних концепцій, з яких першочергове значення для економічної оцінки інвестиційних

проектів мають такі [8; 11; 12; 14; 60]:

1) концепція грошового потоку, згідно з якою фінансова структура будь-якого інвестиційного проекту може бути представлена як розподілений у часі рух грошових коштів;

2) концепція вартості (цінності) грошей у часі (можливий інший варіант назви: концепція часової вартості (цінності) грошей). Її суть можна пояснити як те, що одна й та сама сума грошей у різні періоди часу має різну вартість (цінність). При цьому вартість деякої грошової суми на даний момент часу завжди є вищою, ніж у будь-якому майбутньому періоді.

Висвітлимо означені концепції більш розгорнуто.

Теоретична конструкція грошового потоку, яка лежить в основі одноіменної концепції, відображає рух грошових коштів в межах здійснення аналізованої господарської діяльності або заходу. Структура грошового потоку, або потоків, проекту реального інвестування може бути охарактеризована у такий спосіб [16; 24; 39; 66].

1. За ознакою напряму по відношенню до інвестиційного проекту усі пов'язані з ним грошові потоки діляться на грошові притоки та грошові відтоки. На формальному рівні перші фіксуються як грошові потоки зі знаком "плюс", а другі – зі знаком "мінус".

2. Залежно від обраного способу врахування (представлення) фактора часу, який може бути неперервним або дискретним, значення грошових потоків розраховуються, відповідно, або для моментів часу, або за періоди (інтервали) часу в межах терміну реалізації інвестиційного проекту. Другий із зазначених підходів передбачається у пропонованому дослідженні як основний.

3. За повнотою охоплення руху грошових коштів можуть бути виокремлені проміжні та результуючі грошові потоки. Результуючий грошовий потік прийнято називати чистим грошовим потоком (Net Cash Flow, NCF), також для нього може використовуватися скорочений варіант назви – просто грошовий потік (Cash Flow, CF). Даний показник являє собою різницю між відповідними грошовими притоками і відтоками. Як і будь-який інший грошовий потік, він може розраховуватися або

для моментів часу, або за періоди часу в межах терміну реалізації інвестиційного проекту. У другому випадку розглядувана характеристика описується співвідношенням:

$$CF_k = CIF_k - COF_k,\ k = \overline{0, T}, \qquad (1.7)$$

де CF_k – результуючий (чистий) грошовий потік у k-му періоді реалізації інвестиційного проекту;

CIF_k, COF_k – відповідно грошовий притік і грошовий відтік у k-му періоді здійснення інвестиційного проекту;

T – термін (строк) реалізації інвестиційного проекту (горизонт інвестування).

4. Залежно від структури (чергування) відтоків и притоків розрізняють ординарну і неординарну (можливі інші варіанти назви: традиційна і нетрадиційна, типова і нетипова) схеми (профілі, послідовності, моделі) грошових потоків інвестиційного проекту.

Схема потоків грошових коштів називається ординарною (традиційною, типовою), якщо вона починається з одного або ряду відтоків, після чого мають місце один або ряд притоків [8; 12; 82; 87; 88].

Якщо для поняття ординарного профілю грошових потоків спостерігається у цілому єдність його трактування, то поняття неординарної (нетрадиційної, нетипової) схеми потоків грошових коштів у різних джерелах формулюється дещо по різному.

Скажімо, згідно з поясненням, яке наводиться у [82], до неординарної відноситься послідовність грошових потоків, яка починається з відтоку, після чого знак для потоків змінюється більше одного разу.

У працях Р. Пайка і Б. Ніла [88], а також Г. Бірмана і С. Шмідта [8], Д. Уотсона і Е. Хеда [90] як неординарна визначається будь-яка послідовність грошових потоків, в межах якої знак для потоків змінюється більше, ніж один раз. При цьому Р. Пайк і Б. Ніл, а також Г. Бірман і С. Шмідт ординарну та неординарну моделі руху грошових коштів доповнюють ситуацією, яку перші називають оберненою (reverse), а другі – позикового типу (loan-type), коли притік або притоки на початку змінюються відтоком або відтоками.

І, нарешті, замикає можливі концептуалізації розглядуваного питання підхід [24; 39; 87], згідно з яким під неординарною слід розуміти будь-яку схему грошових потоків, яка не є ординарною, тобто це всі послідовності потоків грошових коштів з більш ніж однією зміною знака, а також випадок, коли притік або притоки на початку змінюються відтоком або відтоками.

5. Відповідно до базової структури діяльності будь-якого підприємства для інвестиційного проекту можуть бути виокремлені три види грошових потоків:

- грошові потоки внаслідок інвестиційної діяльності (CF_k^I, $k = \overline{0,T}$);
- грошові потоки від операційної діяльності (CF_k^O, $k = \overline{0,T}$);
- грошові потоки у зв'язку з фінансовою діяльністю (CF_k^F, $k = \overline{0,T}$).

Стосовно змісту названих видів грошових потоків на схематичному рівні можна сказати таке.

Інвестиційні відтоки включають вкладення коштів у необхідні для реалізації інвестиційного проекту активи. Це витрати, пов'язані із формуванням (придбанням, створенням) і уведенням у дію основних засобів, їх відтворенням та ліквідацією, збільшенням оборотного капіталу, інші витрати. До інвестиційних притоків відносяться надходження коштів від продажу об'єктів основних засобів, при вивільненні оборотного капіталу та ін.

Основу операційного грошового потоку становлять чистий операційний прибуток та амортизаційні відрахування. Склад інших параметрів, які враховуються при розрахунку даної характеристики, залежить від конкретних умов (особливостей) реалізації інвестиційного проекту, а також настанов, якими керується зацікавлена особа (суб'єкт прийняття рішення, експерт). Це можуть бути, наприклад, зміна дебіторської і кредиторської заборгованості, надходження грошових коштів у формі відсотків та дивідендів для депозитних вкладів і придбаних цінних паперів.

Грошові потоки інвестиційного проекту від фінансової діяльності залежать у першу чергу від схеми його фінансування. Як притоки тут виступають одержані банківські кредити, субсидії, дотації, надходження грошових коштів за рахунок випуску підприємством боргових цінних паперів. До відтоків, зумовлених фінансовою діяльністю, відносяться витрати, пов'язані з поверненням кредитів,

виконанням фінансових зобов'язань стосовно випущених підприємством боргових цінних паперів.

У типовій ситуації інвестиційний проект виявляється щільно "вплетеним" у загальний механізм функціонування підприємства, на якому він передбачається для реалізації, або реалізується. Зазначена обставина створює відповідні труднощі при моделюванні грошових потоків заходів з реального інвестування. Як універсальний за даним питанням виступає так званий приростний (інкрементний) підхід, згідно з яким обумовлений інвестиційним проектом грошовий потік визначається як різниця між грошовими потоками підприємства для ситуацій відповідно "з" і "без" проекту [11; 15; 38; 66]:

$$CF_k = CF_k^{**} - CF_k^{*},\ k = \overline{0, T}, \qquad (1.8)$$

де CF_k – грошовий потік інвестиційного проекту у k-му періоді його здійснення;

CF_k^{**}, CF_k^{*} – грошовий потік підприємства у k-му розрахунковому періоді для сценарію відповідно "з" і "без" проекту;

T – термін реалізації інвестиційного проекту.

Як було сказано перед цим, стрижнева ідея теорії вартості (цінності) грошей у часі полягає у тому, що одна й та сама сума грошових коштів у різні періоди (моменти) часу має різну вартість (цінність), у межах чого її поточна (теперішня) вартість є завжди вищою, ніж у будь-який період (момент) у майбутньому. Даний феномен пояснюється дією таких факторів [15; 16; 24; 33; 77]:

1) можливістю інвестиційного (капіталоутворюючого) використання грошей, яке передбачає наявність різних можливих напрямів інвестування (набору інвестиційних альтернатив);

2) інфляцією, яка призводить до зниження купівельної спроможності грошей;

3) ризиком неповернення грошей при тому чи іншому їх неспоживчому використанні, рівень якого має тенденцію до зростання з плином часу;

4) ризиком втрати ліквідності з боку власника грошових коштів, рівень якого має тенденцію до зростання у часі, при тому чи іншому неспоживчому використанні грошей, пов'язаному з їх трансформацією у негрошові активи.

Оцінювання зміни, або, іншими словами, приведення вартості грошових коштів від майбутньої до минулої, або попередньої (зокрема, поточної, або теперішньої) прийнято називати дисконтуванням, а від минулої до майбутньої – компаундуванням (нарощуванням). У межах основного корпусу питань фінансового менеджменту та інвестиційного аналізу вартість грошей розглядається з точки зору поточного, або теперішнього, а також майбутнього (майбутніх) періодів (моментів) часу. Якщо виходити з дискретного способу врахування фактора часу, структуру апарату моделювання поточної і майбутньої вартості грошей у часі визначають такі елементи [15; 24; 33; 39; 77]:

1) поточна (теперішня) вартість грошей (PV);

2) майбутня вартість грошей (FV);

3) кількість періодів (термін) приведення (T);

4) норма (ставка) доходності, або прибутковості (ставка приведення, процентна ставка; r). У найбільш загальному випадку припускається, що для різних періодів в межах терміну приведення норма доходності є різною. Залежно від напряму приведення вартості грошей цей параметр виступає як ставка (норма) дисконтування, або ж ставка (норма) компаундування;

5) спосіб врахування приросщення грошових коштів (нарахування процентів). Якщо передбачається, що одержуваний прибуток реінвестується (нараховані проценти капіталізуються), то вартість грошей приводиться методом складних процентів, якщо ж реінвестування не відбувається (проценти на проценти не нараховуються), то у цьому разі зміна вартості грошей моделюється методом простих процентів.

Конкретні формули, за допомогою яких здійснюється приведення вартості грошей у той чи інший бік, якщо обмежитися дискретним способом врахування фактора часу і схемою складних процентів, мають вигляд.

Для диференційованої за розрахунковими періодами ставки приведення (процентної ставки):

$$FV = PV\prod_{k=1}^{T}(1+r_k); \qquad (1.9)$$

$$PV = \frac{FV}{\prod_{k=1}^{T}(1+r_k)}, \qquad (1.10)$$

де r_k – норма доходності (процентна ставка) для k-го періоду приведення (компаундування, дисконтування).

Для єдиної за розрахунковими періодами ставки приведення (процентної ставки):

$$FV = PV(1+r)^T; \qquad (1.11)$$

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^T}, \qquad (1.12)$$

де r – норма доходності (процентна ставка) для окремого періоду в межах терміну приведення (компаундування, дисконтування).

Стосовно проблематики економічного обґрунтування реальних інвестицій головним підходом до врахування фактора часу є використання теоретичної конструкції поточної (теперішньої) вартості. Відповідно до структури апарату моделювання вартості грошей у часі, викладеного у загальних рисах вище, метод поточної вартості також називають методом дисконтування.

“Наріжним каменем” теорії аналізу й оцінки інвестиційних проектів є концептуальний і методичний аспекти процедури дисконтування. Доводиться констатувати відсутність на цей час якогось єдиного погляду на цю проблему. Як існуючі підходи до його розв’язання можна назвати евристичну трактовку дисконтування, депозитну модель дисконтування, механізм обґрунтування дисконтування виходячи з аналізу кон’юнктури на ф’ючерсному ринку, а також концепцію дисконтування як форми віддзеркалення альтернативної доходності інвестицій [16, с. 178–223].

Скажімо, з точки зору останнього із зазначених підходів в основі визначення ставки (норми) дисконту має лежати максимальна річна доходність альтернативних і доступних напрямів інвестування, а також мінімальні вимоги стосовно доходності інвестиційних проектів з боку інвестора [16, с. 194].

Зрозуміло, що сучасна парадигма оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів не обмежується лише описаними вище концепціями

грошових потоків і вартості грошей у часі. Разом з тим вони відіграють роль найбільш важливих складових її концептуального базису.

Розроблення методологічних засад досліджуваної проблематики передбачає серед іншого формування узгодженої сукупності відповідних принципів. Сьогодні якогось єдиного загальновизнаного набору або системи таких принципів немає. Разом з тим, можна говорити про можливі варіанти таких наборів, які пропонуються окремими науковцями, а також їх колективами. Як одну з найбільш розгалужених слід визнати систему принципів оцінки ефективності інвестиційних проектів, яка пропонується у праці [16, с. 72–87]. Згідно з даним підходом виокремлюється три групи принципів:

- методологічні – виступають як найбільш загальні, вони забезпечують раціональність поведінки економічних суб'єктів, незалежно від характеру проекту та його цілей;
- методичні – їх призначенням є забезпечення економічної обґрунтованості оцінок ефективності інвестиційних проектів і рішень, які приймаються на їх основі;
- операційні – їх дотримання має полегшувати і спрощувати процедуру оцінювання ефективності інвестиційних проектів і забезпечувати необхідний ступінь точності.

Конкретний склад окреслених груп принципів зафіксовано у табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Принципи оцінки реальних інвестицій

Методологічні	Методичні	Операційні
1	2	3
1. Вимірюваність	1. Порівняння ситуацій "з проектом" і "без проекту"	1. Взаємозв'язок параметрів
2. Зіставність	2. Унікальність	2. Моделювання
3. Вигідність	3. Субоптимізація	3. Організаційно-економічний механізм реалізації проекту
4. Узгодженість інтересів	4. Некерованість минулого	4. Багатостадійність оцінки
5. Платність ресурсів	5. Динамічність	5. Інформаційна та методична узгодженість
6. Невід'ємність і максимум ефекту	6. Цінність (вартість) грошей у часі	6. Симпліфікація

Продовження табл. 1.4

1	2	3
7. Системність	7. Неповнота інформації	–
8. Комплексність	8. Структура капіталу	–
9. Неспростовуваність методів	9. Багатовалютність	–

Джерело: [16, с. 73]

Хоча представлена система принципів була піддана різними науковцями досить різкій критиці (зокрема, висувалися претензії стосовно її надмірної деталізації, а також неоднозначності й складності опису багатьох визначених у її межах принципів) [55; 77], разом з тим, на нашу думку, її побудову слід оцінювати позитивно, як мінімум, в плані потужного стимулювання нею наполегливих інтелектуальних зусиль з боку академічної спільноти у даному напрямі.

1.3. Система критеріальних показників економічної ефективності інвестиційних проектів

Основоположні концепції інвестиційного аналізу та принципи економічної оцінки інвестиційних проектів утворюють систему орієнтирів та обмежень для відповідного методичного апарату, формування якого є, так би мовити, “кінцевим пунктом” їх функціонального призначення [8; 11; 12; 14; 16; 33; 39; 60; 87; 88]. Наявна нині у межах чинної парадигми інвестиційного аналізу сукупність критеріальних показників (критеріїв) економічної ефективності проектів реального інвестування за ознакою економічного змісту може бути розбита на три групи:

- показники ефекту;
- показники доходності;
- показники терміну окупності.

За аспектом урахування фактора часу економічні оціночні показники реальних інвестицій утворюють такі дві групи:

- статичні (бухгалтерські), які не враховують фактор часу;
- динамічні, структура яких ґрунтується на урахуванні фактора часу (у магістральному випадку за допомогою процедури дисконтування).

Виходячи з концепції вартості грошей у часі пріоритетне значення для обґрунтування інвестиційних проектів мають динамічні показники економічної ефективності.

Основними показниками, які відображають ефект інвестиційного проекту, є чиста вартість (цінність, дохід, ефект) (Net Value, NV), а також чиста теперішня (поточна, приведена, дисконтована) вартість (цінність, дохід, ефект) (Net Present Value, NPV) [8; 11; 12; 14; 16; 33; 39; 60; 87; 88]. З точки зору своєї структури зазначені показники являють собою різницю між грошовими притоками і грошовими відтоками протягом терміну реалізації інвестиційного проекту, де останні оцінюються, відповідно, "без" і "з" урахуванням процедури дисконтування. Відповідні розрахункові формули в разі дискретного, з рівними часовими проміжками, моделювання динаміки грошових потоків інвестиційного проекту, а також однакової за розрахунковими періодами дисконтної ставки (далі цей підхід буде використовуватися по умовчанню) мають вигляд.

Для показника чистої вартості:

$$NV = \sum_{k=0}^{T} (CIF_k - COF_k) = \sum_{k=0}^{T} CF_k \,, \qquad (1.13)$$

де CIF_k, COF_k – відповідно грошовий притік і грошовий відтік у k-му періоді реалізації інвестиційного проекту;

CF_k – результуючий грошовий потік у k-му періоді здійснення інвестиційного проекту;

T – термін (строк) реалізації інвестиційного проекту (горизонт інвестування).

Для показника чистої теперішньої вартості:

$$NPV = \sum_{k=0}^{T} \frac{CIF_k - COF_k}{(1+r)^k} = \sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k}{(1+r)^k} \,, \qquad (1.14)$$

де r – ставка дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту.

Якщо NPV набуває невід'ємного значення, проект є ефективним, від'ємне ж значення NPV свідчить про неефективність проекту і можливість більш вигідного вкладення коштів.

Становлення в інвестиційному аналізі – в межах концепції вартості грошей у

часі – концепції дисконтованої (приведеної) вартості зумовило необхідність строгого теоретичного обґрунтування показників ефективності інвестицій на її основі – передусім чистої теперішньої вартості. Незважаючи на відповідні спроби, здійснені в різний час різними вченими, досягти бажаного результату стосовно означеної проблеми повною мірою не вдалося. Ані фундатори методу дисконтованої вартості, ані їх послідовники так і не змогли вичерпним чином з'ясувати економічний зміст даного оціночного показника.

Як пошук певного компромісу між зазначеною дисфункцією, яка уражає саму серцевину чинної теорії оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій, з одного боку, а також відчуттям конструктивності ідеї стосовно динаміки вартості грошей у часі, з іншого боку, сприймається в цьому контексті вислів видного теоретика інвестиційного аналізу Л. Крушвиця з приводу сутності показника чистої теперішньої вартості [32, с. 82]: "<…> чиста теперішня вартість сама по собі, у кінцевому підсумку, не є показником, який піддається економічній інтерпретації. Хоча вона – індикатор, який надає відмінні послуги як "компас" для прийняття інвестиційних рішень, проте одночасно цей індикатор залишається сам по собі без економічного змісту".

Окрім викладеного вище дефекту, розглядуваний критерій обтяжений низкою інших вузьких місць, з якими доводиться стикатися при його застосуванні [72, с. 307–313]:

1) перша проблема – достовірність прогнозування грошових потоків;

2) друга проблема стосується обґрунтованого оцінювання та/або врахування інвестиційних витрат;

3) третя проблема полягає в обґрунтуванні ставки дисконтування;

4) четверта проблема пов'язана із неоднозначностями або обмеженнями зіставлення альтернативних інвестиційних проектів за допомогою критерію чистої теперішньої вартості;

5) п'ята проблема стосується того, що критерій чистої теперішньої вартості не враховує значущість обмежень нефінансового характеру при формуванні інвестиційної програми;

6) шоста проблема пов’язана з тим, що традиційна версія чистої теперішньої вартості ігнорує управлінську гнучкість, тобто можливість з боку суб’єкта управління змінювати хід реалізації проекту в разі змін у зовнішньому середовищі.

Ядро другої з виокремлених вище груп показників економічної ефективності реальних інвестицій утворюють такі показники [8; 11; 12; 14; 16; 33; 39; 60; 87; 88]:

- облікова (бухгалтерська) норма (ставка, рівень) доходності (прибутковості) (Accounting Rate of Return, ARR);
- індекс (коефіцієнт) прибутковості (рентабельності, доходності) (Profitability Index, PI);
- внутрішня норма (ставка, рівень) доходності (прибутковості) (Internal Rate of Return, IRR);
- модифікована внутрішня норма доходності (Modified Internal Rate of Return, $MIRR$).

Відразу зауважимо, що перелічені показники, за виключенням першого, враховують фактор часу на основі процедури дисконтування.

Облікова норма доходності, як було зазначено, не передбачає використання процедури дисконтування. Існують різні версії (варіанти) даного показника:

1) як відношення середнього за окремий розрахунковий період чистого прибутку за проектом (NPr_{av}^{rp}) до середньої величини інвестицій протягом терміну його реалізації (I_{av}):

$$ARR = \frac{NPr_{av}^{rp}}{I_{av}}; \qquad (1.15)$$

2) як відношення середнього у розрізі окремого розрахункового періоду чистого прибутку, який генерується у проекті, до величини початкових інвестиційних витрат (I_0):

$$ARR = \frac{NPr_{av}^{rp}}{I_0}. \qquad (1.16)$$

Перевагами облікової норми доходності є відносна простота обчислення та чіткість інтерпретації. Недолік полягає у неврахуванні зміни вартості грошей у часі.

Індекс прибутковості, як і попередній показник, припускає різні варіанти побудови:

1) як відношення дисконтованих грошових потоків, які генеруються після початку реалізації інвестиційного проекту, до початкових інвестиційних витрат:

$$PI = \frac{\sum_{k=1}^{T} \frac{CF_k}{(1+r)^k}}{I_0}; \qquad (1.17)$$

2) як відношення дисконтованих грошових потоків за проектом, зі складу яких виключені усі інвестиційні витрати, до останніх (з урахуванням дисконтування):

$$PI = \frac{\sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k + I_k}{(1+r)^k}}{\sum_{k=0}^{T} \frac{I_k}{(1+r)^k}}, \qquad (1.18)$$

де I_k – інвестиційні витрати у k-му періоді здійснення інвестиційного проекту.

Формули індексу прибутковості можуть бути записані в інший спосіб, у якому відображається зв'язок цього показника з показником чистої теперішньої вартості.

Для першого варіанта:

$$PI = \frac{NPV}{I_0} + 1. \qquad (1.19)$$

В разі другого варіанта:

$$PI = \frac{NPV}{\sum_{k=0}^{T} \frac{I_k}{(1+r)^k}} + 1. \qquad (1.20)$$

Виходячи з виразів (1.19), (1.20) і логіки використання як критерію показника NPV, якщо $PI \geq 1$, проект є ефективним, менше за одиницю значення PI слід розцінювати як сигнал про неефективність проекту.

Як переваги індексу прибутковості виступають прозора структура й відносна нескладність обчислення. Основу його недоліків, або обмежень, становлять дисфункції, які властиві усім показникам ефективності реальних інвестицій з використанням дисконтованих грошових потоків, тобто пов'язані з обґрунтованим моделюванням останніх, а також інтерпретаційною неоднозначністю, власне,

процедури дисконтування.

Внутрішній нормі доходності серед відносних показників ефективності реальних інвестицій відведена провідна роль. Аналогічно до показників ARR і PI, для розглядуваного показника можливі дещо відмінні між собою варіанти його визначення.

Згідно з першим підходом, який представлений передусім у західній літературі з фінансового менеджменту та корпоративних фінансів і який, виходячи з цього, зручно і коректно називати класичним, або базовим, внутрішня норма доходності являє собою величину ставки дисконту, на множині додатних чисел, або ж на проміжку $(-1, +\infty)$, за якої чиста теперішня вартість інвестиційного проекту дорівнює нулю, тобто

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k}{(1+IRR)^k} = 0, \qquad (1.21)$$

при цьому передбачається, що $IRR \in (0, +\infty)$, або $IRR \in (-1, +\infty)$.

Рівняння (1.21) може мати один, більше одного, або взагалі жодного розв'язку. Наведене визначення не лише залишає без відповіді ситуацію, коли одночасно для декількох значень дисконтної ставки виконується умова нульового рівня чистої теперішньої вартості, але й не надає якихось підстав для подолання цього дефекту. Вузлова проблема класичної конструкції внутрішньої норми доходності, яка зумовлює інші проблеми, як і у випадку з показником NPV, пов'язана із нез'ясованістю у ній змістовного навантаження даного показника. Скажімо, Р. Брейлі і С. Майєрс констатують у цьому зв'язку [11, с. 98]: "<…> внутрішня норма доходності – це похідна величина без будь-якого явного економічного смислу".

При другому підході, який, зокрема, реалізується у [47; 48], під внутрішньою нормою доходності слід розуміти таке додатне число r^*, для якого справедливо:

1) $NPV(r^*) = \sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k}{(1+r^*)^k} = 0$;

2) $\forall r < r^*$: $NPV(r) > 0$;

3) $\forall r > r^*$: $NPV(r) < 0$.

Якщо хоча б одна з представлених умов не виконується, то це означає, що внутрішньої норми доходності для такого інвестиційного проекту не існує. Зокрема, це стосується випадку, коли для рівняння 1) має місце декілька, два чи більше, різних додатних розв'язків.

Можна бачити формально-логічну бездоганність аналізованого визначення. Водночас, на цьому його переваги порівняно з вихідним (класичним) формулюванням і завершуються, оскільки, як і останнє, воно жодним чином не наближає до розв'язання по суті (тобто з точки зору економічного змісту) ситуації наявності різних дисконтних ставок, за яких чиста теперішня вартість інвестиційного проекту набуває нульового значення.

Звернення до внутрішньої норми доходності для оцінювання ефективності реальних інвестицій передбачає її зіставлення зі ставкою дисконтування. Схема цієї процедури відповідно до визначення досліджуваного показника є такою:

1) $IRR \geq r \Rightarrow NPV(r) \geq 0$ – проект є ефективним;

2) $IRR < r \Rightarrow NPV(r) < 0$ – проект має бути визнаний неефективним.

Зусилля у напрямі подолання проблем, якими обтяжений аналізований показник, серед іншого привели до створення його модифікації, так званої модифікованої внутрішньої норми доходності. Знову-таки, сьогодні пропонуються різні варіанти даного показника. Як показовий виступає підхід, згідно з яким модифікована внутрішня норма доходності будується як ставка дисконту, яка зрівнює між собою теперішню вартість інвестиційних витрат за проектом, а також термінальну (тобто приведену на кінцевий момент часу) вартість проектних грошових потоків, генерованих в результаті здійснення інвестиційних витрат. При цьому припускається, що і теперішня, і термінальна вартість відповідних параметрів знаходяться за ціною (вартістю) капіталу. Отже, висвітлюваний показник описується співвідношенням [12; 24; 39; 87]:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{I_k}{(1+r)^k} = \frac{\sum_{k=0}^{T} (CF_k + I_k)(1+r)^{T-k}}{(1+MIRR)^T}, \qquad (1.22)$$

звідки

$$MIRR = \sqrt[T]{\frac{\sum_{k=0}^{T}(CF_k + I_k)(1+r)^{T-k}}{\sum_{k=0}^{T}\frac{I_k}{(1+r)^k}}} - 1, \qquad (1.23)$$

за умови, що $CF_k + I_k \geq 0$, $\forall k \in \{0, ..., T\}$.

Безперечною перевагою показника $MIRR$ порівняно з його "прототипом" є однозначність розрахунку. Разом з тим, для представленої, а також інших модифікацій внутрішньої норми доходності виявляється відсутнім ряд практично корисних властивостей, які має вихідна версія даного показника (докладніше щодо цього див., наприклад, [16]).

І, нарешті, методичний інструментарій аналізу та оцінки часового аспекту окупності реальних інвестицій втілюють два показники: термін окупності (Payback Period, PP; можлива інша назва: термін окупності без дисконтування) і термін окупності за дисконтованими грошовими потоками, тобто з урахуванням дисконтування (Discounted Payback Period, DPP) [8; 11; 12; 14; 16; 33; 39; 60; 87; 88]. Як неважко здогадатися з попереднього викладення, останньому з названих показників при економічному обґрунтуванні інвестиційних проектів надається пріоритетне значення.

Згідно з визначенням, яке можна охарактеризувати як максимально коректне [16], термін окупності з дисконтуванням являє собою мінімальний період, після якого накопичений (наростаючим підсумком, кумулятивний) дисконтований грошовий потік (Cumulative Discounted Cash Flow, $CDCF$) за проектом набуває і зберігає в дальшому невід'ємне значення:

$$DPP = k^{**} + \frac{|CDCF_{k^{**}}|}{|CDCF_{k^{**}}| + CDCF_{k^{**}+1}}, \qquad (1.24)$$

де $CDCF_{k^{**}}$, $CDCF_{k^{**}+1}$ – накопичений дисконтований грошовий потік відповідно у k^{**}-му і $k^{**}+1$-му розрахунковому періоді;

k^{**} – номер періоду реалізації інвестиційного проекту, коли накопичений дисконтований грошовий потік востаннє набуває від'ємного значення, тобто $CDCF_{k^{**}} < 0$ і $\forall k > k^{**}: CDCF_k \geq 0$.

У межах виразу (1.24) розглядуваний показник характеризується однозначністю розрахунку. Проте, його змістовна економічна інтерпретація, як і в разі показників NPV та IRR, залишається своєрідним "каменем спотикання" теорії економічної оцінки реальних інвестицій.

Якщо у розрахунковій схемі показника DPP дисконтовані грошові потоки замінити їх значеннями до виконання процедури дисконтування, то буде одержаний звичайний, тобто без дисконтування, термін окупності:

$$PP = k^* + \frac{|CCF_{k^*}|}{|CCF_{k^*}| + CCF_{k^*+1}}, \qquad (1.25)$$

де CCF_{k^*}, CCF_{k^*+1} – накопичений грошовий потік відповідно у k^*-му і k^*+1-му розрахунковому періоді;

k^* – номер періоду реалізації інвестиційного проекту, коли накопичений грошовий потік (Cumulative Cash Flow, CCF) востаннє набуває від'ємного значення, тобто $CCF_{k^*} < 0$ і $\forall k > k^*: CCF_k \geq 0$.

Одним з питань, яке з необхідністю постає при економічному обґрунтуванні проектів реального інвестування, є врахування інфляції. Загальне правило стосовно його розв'язання полягає у такому [8; 11; 15; 16; 38; 66; 77]:

1) якщо розрахунок грошових потоків проекту здійснюється у фіксованих (постійних, базисних), або приведених до фіксованих, цінах (зазвичай як момент фіксації береться початок реалізації проекту), то вони мають дисконтуватися за так званою реальною ставкою дисконтування, яка не враховує інфляцію (є вільною від впливу інфляційного фактора);

2) якщо ж грошові потоки проекту моделюються у прогнозних (номінальних) цінах, то для їх дисконтування має бути застосована так звана номінальна дисконтна ставка, яка містить у своєму складі інфляційну складову.

Зв'язок між номінальною і реальною ставками дисконтування виражає співвідношення, відоме яка формула Фішера [8; 11; 33; 60; 87; 88]:

$$1 + r_{nom} = (1 + r_{real})(1 + r_{infl}), \qquad (1.26)$$

де r_{nom}, r_{real} – відповідно номінальна та реальна дисконтна ставка;

r_{infl} – темп інфляції.

Коли величина добутку $r_{real} r_{infl}$ є малою, нею, як правило, нехтують при розгляді номінальної доходності. Відповідна формула у цьому разі набуває вигляду:

$$r_{nom} = r_{real} + r_{infl}. \qquad (1.27)$$

Як свідчать результати попередніх розглядів, прийнята нині методологія економічного обгрунтування інвестиційних проектів, з одного боку, характеризується чітко окресленими базовими концепціями та арсеналом напрацьованих інструментальних засобів, які одержали визнання, а з іншого боку, недоліки та/або обмеження, якими обтяжені її теоретичні конструкції та критеріальні показники, у кардинальній формі ставлять питання про її спроможність. В аспекті останнього виразно простежується тенденція ревізії методології оцінки економічної ефективності реальних інвестицій на основі теорії вартості грошей у часі, яка тепер вважається класичною.

Необхідно зауважити, що виявлення й дослідження внутрішніх протиріч, які обтяжують класичну теорію, не є якимось одкровенням нинішнього дня. Як зазначається з цього приводу в [37]: “Класики і багато авторів XX століття, зіштовхуючись з протиріччями теорії Т1 (вартості грошей у часі – прим. наша, О.К.), обговорювали їх не завжди переконливо, проте завжди прямо і чесно”.

Серед різних спроб з коригування сучасної парадигми інвестиційного аналізу особливу увагу звертає так звана фундаментальна теорія, сформульована науковцем і бізнес-консультантом з питань управління фінансами О.Б. Ложкіним [35]. Парадигмальний зсув у разі прийняття фундаментального підходу має привести, за твердженням її автора, до наслідків “<…> масштаб яких важко переоцінити <…> Багато популярних сьогодні моделей і показників перейдуть до розряду анахронізмів” [36].

Ядро фундаментальної теорії становить концепція породжуючої грошової операції вкладу, згідно з якою показники, які характеризують економічну ефективність інвестиційного проекту, оцінюються за допомогою віртуальної (уявної) грошової операції вкладу, яка відтворює послідовність грошових потоків досліджуваного проекту, які виникають після початку його реалізації. В межах

фундаментальної теорії класичні показники економічної ефективності реальних інвестицій – чиста теперішня вартість (Net Present Value, NPV) і внутрішня норма доходності (Internal Rate of Return, IRR) – трансформуються в показники відповідно економічного прибутку (Economic Profit, EP_{Σ}), а також внутрішньої процентної ставки (для англомовного варіанта назви цього показника О.Б. Ложкін запропонував зберегти умовне позначення його "прототипу" – IRR). При цьому фундаментальний підхід спирається на концепцію економічного прибутку як зекономлених початкових витрат у фактичному вкладенні коштів (порівняно з альтернативним віртуальним), на відміну від класичного трактування даної категорії як втраченого прибутку в альтернативному напрямі інвестування. Далі категорія економічного прибутку вживається в першому з наведених трактувань.

Ознайомлення з фундаментальною теорією О.Б. Ложкіна дозволяє упевнитися у її безсумнівній плідності, незалежно від перспективності претензій на статус новітньої інвестиційної парадигми. У цьому зв'язку постає завдання аналізу властивостей оціночних показників інвестиційного проекту в межах даної теорії, їх порівняння з характеристиками відповідних показників на основі класичної концепції. Власне, певні аспекти порушеного питання вже розглядалися самим О.Б. Ложкіним, зокрема, в працях [35; 36]. Також елементи такого аналізу знайшли відображення в наших публікаціях [28; 29; 31].

Розрахунковий вираз для економічного прибутку і рівняння внутрішньої процентної ставки відрізняються від математичних моделей своїх "прототипів", відповідно чистої теперішньої вартості та внутрішньої норми доходності, лише множиною допустимих значень параметра, який в класичній теорії являє собою ставку дисконтування, а в межах фундаментальної теорії інтерпретується як необхідна процентна ставка, тобто має місце спадкоємність класичної і фундаментальної теорій. Знаходження як економічного прибутку, так і внутрішньої процентної ставки окрім умови додатності стосовно зазначеного параметра передбачає для нього набір додаткових обмежень, пов'язаних з вимогою додатності величини активів за розрахунковими періодами віртуальної грошової операції вкладу, яка відтворює грошові потоки досліджуваного інвестиційного проекту,

генеровані після початку його реалізації. Згідно з викладеним економічний прибуток проекту реального інвестування слід розраховувати за формулою [35]:

$$EP_{\Sigma} = COF_0^r - COF_0, \tag{1.28}$$

при цьому

$$COF_0^r = \sum_{i=1}^{m} \frac{CF_i}{(1+r)^i}, \tag{1.29}$$

за обмежень

$$\sum_{i=l}^{m} \frac{CF_i}{(1+r)^i} > 0, \; l = \overline{1, m}, \tag{1.30}$$

$$r > 0, \tag{1.31}$$

де COF_0^r – грошовий відтік у початковий момент для віртуального альтернативного вкладення коштів, яке виходячи з необхідної процентної ставки відтворює послідовність майбутніх грошових потоків розглядуваного інвестиційного проекту;

COF_0 – грошовий відтік у початковий момент реалізації інвестиційного проекту;

m – кількість розрахункових періодів реалізації інвестиційного проекту;

CF_i – грошовий потік інвестиційного проекту в *i*-му розрахунковому періоді (році);

r – необхідна процентна ставка.

Неважко бачити, що в разі, коли показник економічного прибутку може бути розрахований, його значення збігається із значенням показника чистої теперішньої вартості. Якщо ж значення грошових потоків CF_i, $i = \overline{1, m}$, не задовольняють набір обмежень (1.30), (1.31), тоді в межах моделі, яку пропонує фундаментальна теорія, знайти економічний прибуток інвестиційного проекту неможливо (даний показник виступає як невизначений).

Внутрішня процентна ставка являє собою необхідну процентну ставку, за якої економічний прибуток інвестиційного проекту дорівнює нулю. Відповідно до цього, беручи до уваги співвідношення (1.28)–(1.31), її рівняння може бути записане так [35]:

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{CF_i}{(1+IRR)^i} - COF_0 = 0, \tag{1.32}$$

за обмежень

$$\sum_{i=l}^{m} \frac{CF_i}{(1+IRR)^i} > 0,\ l = \overline{1, m}, \tag{1.33}$$

$$IRR > 0. \tag{1.34}$$

Однією з особливостей фундаментальної теорії є відсутність в ній відповідника (аналога, еквівалента) для показника терміну окупності з урахуванням дисконтування. Тобто на нинішньому етапі свого розвитку фундаментальна теорія не пропонує показника, який би характеризував часовий аспект відшкодування інвестованих коштів з погляду моделі породжуючої грошової операції вкладу і міг співвідноситися як аналог показника DPP.

У теоретичному аспекті першочерговий інтерес становить характер залежності між необхідною процентною ставкою та економічним прибутком. Результати проведеного нами відповідного аналізу показали, що показник економічного прибутку інвестиційного проекту як функція від необхідної процентної ставки ($EP_{\sum}(r)$) характеризується такими важливими властивостями [28]:

1) область визначення функції $EP_{\sum}(r)$ або порожня (це означає, що функція $EP_{\sum}(r)$ не існує), або задається проміжком виду $(0, a)$, $a \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$;

2) якщо функція $EP_{\sum}(r)$ існує, вона строго спадає на всій області визначення.

Зі строгим обґрунтуванням (доведенням) наведеного твердження можна ознайомитися, звернувшись до дод. А.

Виявлені властивості економічного прибутку зумовлюють важливу властивість внутрішньої процентної ставки інвестиційного проекту, еквівалентом якої в межах класичної методології, як вже зазначалося на початку, є внутрішня норма доходності. З встановлених у попередньому викладенні властивостей економічного прибутку безпосередньо випливає, що інвестиційний проект може не мати внутрішньої процентної ставки, якщо ж вона існує, то є єдиною.

У табл. 1.5 представлено порівняльні характеристики основних оціночних показників класичної і фундаментальної теорій інвестиційного аналізу.

Таблиця 1.5

Порівняльні характеристики основних показників економічної ефективності реальних інвестицій в межах класичного і фундаментального підходів

Показник в межах класичної теорії	Характеристики показника	Відповідний показник згідно з фундаментальною теорією	Характеристики показника
NPV – чиста теперішня вартість	1. Обмеження для параметрів показника, окрім умови додатності дисконтної ставки, відсутні (за необхідності множина допустимих значень ставки дисконтування може бути розширена). 2. Відсутня чітка економічна інтерпретація показника. 3. Строга спадність за параметром ставки дисконтування виконується лише для окремих випадків. 4. Показник може бути визначений завжди. 5. Показник розраховується однозначно.	EP_{Σ} – економічний прибуток	1. Математична модель показника окрім виразу, який збігається з розрахунковим виразом для показника NPV, містить також набір обмежень для значень грошових потоків за розрахунковими періодами реалізації інвестиційного проекту. 2. Наявна чітка економічна інтерпретація показника. 3. Строга спадність за параметром необхідної процентної ставки має місце на всій області визначення показника. 4. Показник існує не завжди. 5. Показник розраховується однозначно.
IRR – внутрішня норма доходності	1. Математична модель показника містить лише відповідне рівняння і умову додатності його розв'язку (або ж допустимим може вважатися будь-який розв'язок). 2. Чітка економічна інтерпретація показника відсутня. 3. Показник існує не завжди. 4. В загальному випадку розрахункова однозначність для показника відсутня.	IRR – внутрішня процентна ставка	1.Математична модель окрім відповідного рівняння і умови додатності його розв'язку, які збігаються з відповідними складовими класичної теорії, містить також набір обмежень для значень грошових потоків за розрахунковими періодами реалізації інвестиційного проекту. 2. Наявна чітка економічна інтерпретація показника. 3. Показник існує не завжди. 4. Показник розраховується однозначно.
DPP – термін окупності з урахуванням дисконтування	1. Чітка економічна інтерпретація показника відсутня. 2. Показник існує не завжди. 3. Показник розраховується однозначно.	В межах фундаментальної теорії показник-відповідник не визначений.	

Джерело: складено автором [31, с. 38]

У цілому викладені вище результати стосовно підходу, запропонованого

О.Б. Ложкіним, дозволяють резюмувати таке.

Беззаперечною перевагою фундаментальної теорії є змістовна складова, оскільки в її межах оцінка економічної ефективності реальних інвестицій здійснюється через побудову моделі конкретного економічного процесу, який відтворює грошові потоки аналізованого інвестиційного проекту після початку його реалізації. Це процес продукування прибутку в грошових операціях певного класу – регулярних довгострокових грошових операціях вкладу. Звідси виникає смислова прозорість і розрахункова однозначність оціночних показників фундаментальної теорії – економічного прибутку та внутрішньої процентної ставки. Водночас, наявна сьогодні версія фундаментальної теорії не дає відповіді на питання щодо того, яким має бути аналіз тих інвестиційних проектів, послідовність грошових потоків за якими не “вписується” в схему породжуючої грошової операції вкладу внаслідок порушення умови додатності активів цієї операції за розрахунковими періодами її реалізації.

Навіть якщо дальші наукові розвідки спростують сподівання на “фундаментальність” фундаментальної теорії, одержані в її межах конструктивні результати (це в повному обсязі стосується також здобутків даного пункту) припускають включення до методичного апарату класичного підходу, тобто їх наукова цінність і практична значущість зберігаються в будь-якому випадку.

Висновки до розділу 1

Результати реалізації поставлених у цьому розділі завдань дозволяють стверджувати таке.

1. У найзагальнішому вигляді інвестиції можуть бути визначені як відмова від споживчого використання наявного у розпорядженні економічного суб’єкта капіталу у нинішньому періоді часу і вкладання його у різні об’єкти з метою збільшення його величини у майбутньому. Як фундаментальні характеристики або детермінанти інвестицій виступають: здатність приводити до збільшення початкової величини капіталу; цілеспрямований характер; спрямованість у майбутнє, зазвичай, досить віддалене; керованість в ході реалізації; відмова з боку власника

інвестованого капіталу від його використання для споживання у теперішньому часі; альтернативність напрямів інвестиційного (неспоживчого) використання капіталу; обтяженість невизначеністю та зумовленим нею ризиком.

2. Основу видової структуризації інвестицій становить їх поділ за ознакою об'єкта вкладення на реальні та фінансові. Своєю чергою реальні інвестиції при цьому підрозділяються на матеріальні та нематеріальні.

Під реальними інвестиціями слід розуміти вкладання коштів (капіталу) у формування, підтримання на належному рівні, а також розвиток реальних (матеріальних і нематеріальних) активів, а також нематеріальних нефінансових цінностей без утворення активів, які безпосередньо забезпечують або опосередковано підтримують можливість здійснення операційної діяльності суб'єкта господарювання. Відповідно до зазначеного, реальні інвестиції включають в себе вкладення в основні засоби, оборотні засоби, а також нематеріальні блага (нематеріальні активи і нематеріальні нефінансові цінності без утворення активів). Якщо напрями реального інвестування обмежуються основними засобами і нематеріальними активами, то у цьому разі мають місце інвестиції, які означаються як капітальні.

Фінансові інвестиції являють собою вкладання капіталу у фінансові інструменти: пайові цінні папери, боргові цінні папери, похідні фінансові інструменти (деривативи), іноземну валюту, інші фінансові інструменти.

Поза сумнівом, що для підприємств реального сектора економіки провідну роль відіграють реальні інвестиції, тоді як інвестування у фінансові інструменти має у їх діяльності супутнє та допоміжне значення.

3. Основною формою планування та здійснення реальних інвестицій є проект. Нині проектний підхід до обґрунтування заходів з реального інвестування виокремлено в окремий науковий напрям, відомий як проектний аналіз. До ключових характеристик, або ознак, які відрізняють проект від інших заходів або видів людської діяльності, можуть бути віднесені: наявність чіткої мети; скоординоване виконання пов'язаних між собою дій; обмежена тривалість виконання з фіксованою датою початку і завершення; наявність бюджету; тією чи

іншою мірою неповторність.

Сутність і критеріальні характеристики інвестицій, реальних і фінансових, а також проекту як форми їх планування та здійснення зумовлюють зміст поняття інвестиційного проекту. Конкретно, під інвестиційним проектом, якщо виходити з припущення, що пріоритетною сферою застосування проектного підходу є реальні інвестиції, які істотно впливають на основний капітал підприємства, тобто ту частину його загального капіталу, яка втілена у засобах праці, які багаторазово беруть участь у виробничому процесі, логічно розуміти внутрішньо узгоджений на основі цільових настанов і механізму координації, а також такий, що передбачає наявність бюджету і обмежень у часі, комплекс заходів, в результаті яких відбувається зміна, кількісна і якісна, активів і цінностей без утворення активів підприємства, передусім величини і структури його основного капіталу.

4. Ключовим питанням у системі аналізу інвестиційного проекту є оцінювання його ефективності. Якщо орієнтуватися на найбільш утверджений за теперішнього часу підхід, ефективність інвестиційного проекту являє собою характеристику, яка відображає співвідношення між сумарними вигодами і витратами, пов’язаними з його реалізацією. При цьому, по-перше, зазначене співвідношення може мати як абсолютну, так і відносну форму, а по-друге, у межах даного співвідношення вигоди і витрати виражаються у грошовій (вартісній) формі, або, у всякому разі, грошова форма вираження виступає як пріоритетна.

У повномасштабному варіанті оцінювання ефективності інвестиційного проекту має виконуватися на мікро- і на макрорівні. Зазначені напрями оцінки утворюють стрижень двох відносно відокремлених між собою видів аналізу, відповідно, фінансового та економічного.

5. В межах удосконалення термінологічної складової розглядуваної у коментованому розділі проблематики автором було сформульовано версію понятійно-термінологічної конструкції ефективності для проектів реального інвестування. Згідно з нею, зокрема, пропонується термін “економічна ефективність” (у скороченому варіанті – “ефективність”) закріпити за поняттям, яке виступає як родове по відношенню до інших видів ефективності проекту реального

інвестування, тобто відображає співвідношення між сумарними вигодами і витратами, пов’язаними з його реалізацією, на тому чи іншому ієрархічному рівні економічної системи держави, з боку тих чи інших суб’єктів економіки. Окрім цього, для позначення аспекту, який характеризує зіставлення між собою сумарних вигід і витрат інвестиційного проекту на рівні суб’єктів господарювання, які безпосередньо задіяні у його втіленні, було запропоновано впровадити термін “бізнесова ефективність”.

6. Теоретичний базис сучасного інвестиційного аналізу становить набір концепцій, з яких першочергове значення для економічної оцінки інвестиційних проектів мають концепція грошового потоку, а також концепція вартості грошей у часі.

У загальному випадку інвестиційний проект виявляється щільно “вплетеним” у загальний механізм функціонування підприємства, на якому він передбачається для реалізації, або реалізується. Ця обставина створює відповідні труднощі при моделюванні грошових потоків стосовно заходів з реального інвестування в межах діяльності підприємства. Як універсальний за даним питанням виступає так званий приростний підхід, згідно з яким обумовлений інвестиційним проектом грошовий потік визначається як різниця між грошовими потоками підприємства для ситуацій “з” і “без” проекту, відповідно.

Головним способом врахування фактора часу при економічному обґрунтуванні реальних інвестицій є використання теоретичної конструкції поточної (теперішньої) вартості. Відповідно до структури моделювання вартості грошей у часі, метод поточної вартості також називають методом дисконтування.

7. Наявна нині у межах чинної парадигми інвестиційного аналізу сукупність критеріальних показників (критеріїв) економічної ефективності проектів реального інвестування за ознакою економічного змісту утворює такі три групи: показники ефекту; показники доходності; показники терміну окупності.

З точки зору урахування фактора часу кожний показник даної системи може бути або статичним, тобто не враховувати фактор часу, або ж належати до групи динамічних показників, які враховують фактор часу за допомогою процедури

дисконтування. Ключове значення для економного обґрунтування інвестиційних проектів мають динамічні показники ефективності.

Показниками, які відображають ефект інвестиційного проекту, є чиста вартість (Net Value, NV), а також чиста теперішня вартість (Net Present Value, NPV). Ядро другої з виокремлених вище груп показників економічної ефективності реальних інвестицій становлять такі показники: облікова норма доходності (Accounting Rate of Return, ARR); індекс прибутковості (Profitability Index, PI); внутрішня норма доходності (Internal Rate of Return, IRR); модифікована внутрішня норма доходності (Modified Internal Rate of Return, $MIRR$). І, нарешті, до складу методичного апарату аналізу та оцінки часового аспекту окупності реальних інвестицій входить термін окупності (Payback Period, PP) і дисконтований термін окупності (Discounted Payback Period, DPP).

8. Утвердження в інвестиційному аналізі – в межах концепції вартості грошей у часі – концепції дисконтованої (приведеної) вартості зумовило необхідність строгого теоретичного обґрунтування показників ефективності інвестицій на її основі, передусім показника чистої теперішньої вартості. Незважаючи на відповідні спроби, досягти бажаного результату стосовно означеної проблеми повною мірою не вдалося. Основоположники методу дисконтованої вартості та їх послідовники так і не змогли вичерпним чином з'ясувати економічний зміст даного оціночного показника й інших критеріальних показників (внутрішньої норми доходності, терміну окупності з дисконтуванням).

9. Серед різних спроб з коригування сучасної парадигми інвестиційного аналізу особливу увагу звертає так звана фундаментальна теорія, сформульована О.Б. Ложкіним. Серцевину фундаментальної теорії утворює концепція породжуючої грошової операції вкладу, згідно з якою показники, які характеризують економічну ефективність інвестиційного проекту, оцінюються за допомогою віртуальної грошової операції вкладу, яка відтворює послідовність грошових потоків досліджуваного проекту, які виникають після початку його реалізації. В межах фундаментальної теорії класичні показники економічної ефективності реальних інвестицій – чиста теперішня вартість і внутрішня норма доходності –

трансформуються в показники відповідно економічного прибутку, а також внутрішньої процентної ставки.

10. Проведений автором аналіз показав, що показник економічного прибутку інвестиційного проекту, яким оперує фундаментальна теорія економічної оцінки реальних інвестицій, якщо його розглядати як функцію від показника необхідної процентної ставки (як відповідник цього параметра у класичній методології виступає ставка дисконтування) характеризується такими важливими властивостями:

1) область визначення функції економічного прибутку або порожня, або задається відкритим проміжком множини додатних чисел, лівий кінець якого дорівнює нулю, а правий кінець являє собою або деяке додатне число, або ж дорівнює нескінченості;

2) якщо функція економічного прибутку існує, вона строго спадає на всій області визначення.

Виявлені властивості економічного прибутку зумовлюють важливу властивість внутрішньої процентної ставки інвестиційного проекту, згідно з якою інвестиційний проект або не має внутрішньої процентної ставки, якщо ж вона існує, то є єдиною.

Навіть якщо дальші наукові дослідження не виправдають сподівання на “фундаментальність” фундаментальної теорії, одержані в її межах конструктивні результати припускають включення до методичного апарату класичного підходу, тобто їх наукова цінність і практична значущість зберігаються в будь-якому випадку.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [28; 30; 31].

Список використаних джерел до розділу 1

1. Податковий кодекс України: Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI (у ред. від 05.06.2019 р.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17 (дата звернення: 10.06.2019).

2. Про інвестиційну діяльність: Закон України від 18.09.1991 р. № 1560-XII (у ред. від 18.12.2017 р.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1560-12/ed20171218 (дата звернення: 25.02.2019).

3. Про цінні папери та фондовий ринок: Закон України від 23.02.2006 р. № 3480-IV (у ред. від 01.01.2019 р.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3480-15 (дата звернення: 24.02.2019).

4. Барановская Н.И., Гу ФэйФэй, Чжан НаньНань. Формирование стоимости и определение эффективности инвестиций в комплексную жилую застройку с участием иностранного капитала. Санкт-Петербург: Питер, 2015. 224 с.

5. Барановская Н.И., Чжан НаньНань. Развитие методов оценки эффективности инвестиционных проектов в России. *Вестник гражданских инженеров*. 2013. № 6 (41). С. 145–151.

6. Батенко Л.П., Загородніх О.А., Ліщинська В.В. Управління проектами: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2003. 231 с.

7. Беренс В., Хавранек П.М. Руководство по оценке эффективности инвестиций / пер. с англ. Москва: АОЗТ “Интерэксперт”; ИНФРА-М, 1995. 527 с.

8. Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов / пер. с англ. под ред. Л.П. Белых. Москва: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 631 с.

9. Бланк И.А. Инвестиционный менеджмент: учеб. курс. Киев: Эльга-Н, Ника-Центр, 2001. 448 с.

10. Блех Ю., Гетце У. Инвестиционные расчеты / под ред. А.М. Чуйкина, Л.А. Галютина. 1-е изд., стереотип. Калининград: Янтар. сказ, 1997. 450 с.

11. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов. 2-е изд. / пер. с англ. под науч. ред. Н.Н. Барышниковой. Москва: Олимп-Бизнес, 2008. 978 с.

12. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: полный курс в 2-х т. / пер. с англ. под ред. В.В. Ковалева. Санкт-Петербург: Экон. школа, 1997. Т. 1. XXX, 497 с.

13. Булгакова О.А. Развитие методических подходов к оценке эффективности инвестиционных проектов. *Проблемы современной экономики*. 2008. № 3 (27). С. 553–556.

14. Ван Хорн Дж.К., Вахович Дж.М., мл. Основы финансового менеджмента. 12-е изд. / пер. с англ. О.Л. Пелявского. Москва, Санкт-Петербург, Киев: Вильямс, 2008. 1232 с.

15. Верба В.А., Загородніх О.А. Проектний аналіз: підручник. Київ: КНЕУ, 2000. 322 с.

16. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: учеб. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Дело, 2002. 888 с.

17. Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ: продвинутый курс: учеб. пособ. Москва: ИНФРА-М, 2009. 495 с.

18. Гойко А.Ф. Методи оцінки ефективності інвестицій та пріоритетні напрями їх реалізації. Київ: Віра-Р, 1999. 320 с.

19. Гончаренко Е.Н. Финансовые методы управления инвестиционными проектами: монография. Одесса: Астропринт, 2008. 208 с.

20. Дасковский В.Б., Киселев В.Б. Новый подход к экономическому обоснованию инвестиций. Москва: Канон +, 2015. 400 с.

21. Деева А.И. Экономическая оценка инвестиций: учеб. пособ. / Моск. ин-т коммунал. хоз-ва и стр-ва. Москва: МИКХиС. Изд.-полигр. центр, 2005. 340 с.

22. Дитхелм Г. Управление проектами: в 2 т. / пер. с нем. Санкт-Петербург: Бизнес-пресса, 2004. Т. 1: Основы. 400 с.

23. Инвестиции: учеб. пособ. / Г.П. Подшиваленко и др. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: КНОРУС, 2006. 200 с.

24. Інвестиційний аналіз: підручник / А.А. Пересада та ін.; кер. авт. кол. і наук. ред. А.А. Пересада. 2-ге вид., переробл. і допов. Київ: КНЕУ, 2008. 544 с.

25. Інвестиційний менеджмент: навч. посіб. / В.М. Гриньова та ін.; під заг. ред. В.М. Гриньової; Харків. держ. екон. ун-т. Харків: ВД “ІНЖЕК”, 2004. 368 с.

26. Карпов В.А. Планування та аналіз підприємницьких проектів. Одеса: ОНЕУ, 2014. 243 с.

27. Касьяненко Т.Г., Маховикова Г.А. Экономическая оценка инвестиций: учебник и практикум. Москва: Юрайт, 2014. 559 с.

28. Коцюба О.С. Властивості показника економічного прибутку інвестиційного проекту в контексті фундаментальної теорії. *Ефективна економіка*. 2010. № 10. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=370 (дата звернення: 17.02.2011).

29. Коцюба О.С. Обґрунтування доцільності інвестиційного проекту з позиції фундаментальної теорії в ситуації нечіткості вихідних параметрів. Київ: КНЕУ, 2008. 11 с. Деп. в ДНТБ України 03.01.08, № 13

30. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с.

31. Коцюба О.С. Сутність та аналітичні характеристики показників привабливості реальних інвестицій у межах фундаментального підходу. *Стратегія економічного розвитку України*. 2010. Вип. 26–27. С. 32–40.

32. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты: учебник / пер. с нем. Санкт-Петербург: Питер, 2001. 432 с.

33. Ли Ч.Ф., Финнерти Дж.И. Финансы корпораций: теория, методы и практика / пер. с англ. Москва: ИНФРА-М, 2000. XVIII, 686 с.

34. Липсиц И.В., Коссов В.В. Экономический анализ реальных инвестиций: учеб. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Экономистъ, 2004. 347 с.

35. Ложкин О.Б. Фундаментальные основы анализа денежных потоков долгосрочных вложений. *Аудит и финансовый анализ*. 2006. № 5. С. 218–309.

36. Ложкин О.Б. Фундаментальные основы теории корпоративных финансов. URL: http://knol.google.com/k/фундаментальные-основы-теории-корпоративных-финансов# (дата обращения:15.07.2012).

37. Ложкин О.Б. Эпоха романтизма в теории Time Value of Money (TVM). URL: http://knol.google.com/k/эпоха-романтизма-в-теории-time-value-of-money-tvm (дата обращения:15.07.2012).

38. Лукасевич И.Я. Финансовый менеджмент: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Эксмо, 2010. 768 с.

39. Майорова Т.В. Інвестиційна діяльність: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 472 с.

40. Майорова Т.В., Крук В.В., Шевчук Я.В. Капітальні інвестиції: сутність та проблеми реалізації в кризових умовах. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 21. С. 12–16.

41. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика / пер. с 13-го англ. изд. Москва: ИНФРА-М, 1999. XXXIV, 974 с.

42. Массе П. Критерии и методы оптимального определения капиталовложений / пер. с фр. Ф.Р. Окуневой и А.И. Гладышевского; науч. ред. и вступ. статья А.В. Жданко. Москва: Статистика, 1971. 503 с.

43. Маховикова Г.А., Кантор В.Е. Инвестиционный процесс на предприятии: учеб. пособ. Санкт-Петербург: Питер, 2001. 171 с.

44. Медведев П.В. Оценка общественной эффективности транспортных инфраструктурных проектов на основе анализа “затраты – выгоды”. *Вестник Университета*. 2015. № 10. С. 125–131.

45. Мельников Р.М. Экономическая оценка инвестиций: учеб. пособ. Москва: Проспект, 2014. 264 с.

46. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования / А.Г. Шахназаров и др.; рук. авт. кол. А.Г. Шахназаров. Офиц. изд. Москва: Информэлектро, 1994. 80 с.

47. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / В.В. Коссов и др.; рук. авт. кол.: В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. Офиц. изд., 2-я ред. Москва: Экономика, 2000. 421 с.

48. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / В.В. Коссов и др.; рук. авт. кол.: В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. 3-я ред., испр. и доп. Москва: 2008. 234 с.

49. Методичні рекомендації з розробки бізнес-планів інвестиційних проектів: затв. наказом Державного агентства України з інвестицій та розвитку від 31.08.2010 р. № 73. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0073537-10 (дата звернення: 17.06.2019).

50. Методичні рекомендації з розроблення бізнес-плану підприємств: затв. наказом М-ва економіки України від 06.09.2006 р. № 290. URL:

https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0290665-06 (дата звернення: 17.06.2019).

51. Методичні рекомендації з розроблення інвестиційного проекту, для реалізації якого може надаватися державна підтримка: затв. наказом Мінекономрозвитку України від 13.11.2012 р. № 1279 URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1279731-12 (дата звернення: 17.06.2019).

52. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов. Санкт-Петербург, 2003. 302 с.

53. Орлова Е.Р., Сафин Р.Н. Оценка общественной эффективности инвестиционных проектов в современной России. *Труды ИСА РАН*. 2011. Т. 61, № 3. С. 53–64.

54. Павловская А.В. Оценка эффективности научно-технических мероприятий в строительстве нефтяных и газовых скважин: учеб. пособ. Ухта: УГТУ, 2009. 112 с.

55. Пелымская И.С. Инструментарий экономической оценки инвестиционных проектов: монография. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 80 с.

56. Пигнатти Н. Анализ затраты – выгоды: финансовый vs. экономический анализ / Междунар. школа экономики Тбилисского гос. ун-та, Немецкая экон. группа в Беларуси. Минск, 2016. URL: http://eng.beroc.by/webroot/delivery/files/Introduction%20to%20CBA%20-%20Financial%20vs_%20Economic%20Analysis%20RU.pdf (дата обращения: 14.02.2018).

57. Полковников А.В., Дубовик М.Ф. Управление проектами. Полный курс MBA. Москва: ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2015. 552 с.

58. Проектний аналіз: навч. посіб. / С.О. Москвін та ін.; відп. ред. С.О. Москвін; наук. ред. В.А. Верба; ред. Т.І. Решетняк. Київ: Лібра, 1998. 368 с.

59. Риск-менеджмент инвестиционного проекта: учебник / М.В. Грачева и др.; под ред. М.В. Грачевой, А.Б. Секерина. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. 544 с.

60. Росс С., Вестерфилд Р., Джордан Б. Основы корпоративных финансов:

ключ к успеху коммерческой организации – финансовое планирование и управление / пер. с англ. под общ. ред. Ю.В. Шленова. Москва: Лаб. баз. знаний, 2001. 712 с.

61. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®). 5-е изд. Ньютаун Сквэр: Институт управления проектами, 2013. 586 с.

62. Савчук В.П., Прилипко С.И., Величко Е.Г. Анализ и разработка инвестиционных проектов: учеб. пособ. Киев: Абсолют-В; Эльга, 1999. 304 с.

63. Самуэльсон П.А. Экономика: учебник / пер. с англ. Севастополь: Ахтиар, 1995. 384 с.

64. Словник іншомовних слів / уклад.: С.М. Морозов, Л.М. Шкарапута. Київ: Наук. думка, 2000. 662 с.

65. Теплова Т.В. 7 ступеней анализа инвестиций в реальные активы: российский опыт. Москва: Эксмо, 2009. 364 с.

66. Теплова Т.В. Инвестиции: учебник. Москва: Юрайт, 2011. 724 с.

67. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. Москва: Экономика, 1969. 15 с.

68. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. 3-е изд. 1980. URL: http://www.niec.ru/Met/met010.htm (дата обращения: 04.09.2017).

69. Тихонов Ю.П., О проблеме учета фактора времени в теории оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. *Вестник Университета*. 2015. № 12. С. 140–145.

70. Управление проектами: справ. для профессионалов / И.И. Мазур и др.; под общ. ред. И.И. Мазура. Москва: Высш. шк., 2001. 874 с.

71. Управление проектами: учеб. пособ. / В.М. Матюшок и др.; под общ. ред. В.М. Матюшка. Москва: Российский ун-т дружбы народов, 2010. 553 с.

72. Финансовый менеджмент: учебник / Н.И. Берзон и др.; под ред. Н.И. Берзона, Т.В. Тепловой. Москва: Академия, 2014. 333 с.

73. Хиршлейфер Дж. Инвестиционные решения при неопределенности: подходы с точки зрения теории выбора. *Вехи экономической мысли* / сост. и общ. ред. В.М. Гальперина. Санкт-Петербург: Экон. шк., 1999. Т. 3: Рынки факторов

производства. С. 225–261.

74. Хиршлейфер Дж. К теории оптимальных инвестиционных решений. *Вехи экономической мысли* / сост. и общ. ред. В.М. Гальперина. Санкт-Петербург: Экон. шк., 1999. Т. 3: Рынки факторов производства. С. 178–224.

75. Хобта В.М. Управління інвестиціями: навч. посіб. / Донец. нац. техн. ун-т. Донецьк, 2005. 392 с.

76. Хонко Я. Планирование и контроль капиталовложений / сокр. пер. со швед. и англ.; авт. предисл. и науч. ред. Г.А. Егиазарян. Москва: Экономика, 1987. 190 с.

77. Царев В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций. Санкт-Петербург: Питер, 2004. 464 с.

78. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции / пер. с англ. Москва: ИНФРА-М, 2001. XII, 1028 с.

79. Экономическая оценка инвестиций / М.И. Ример и др.; под ред. М.И. Римера. 3-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: Питер, 2009. 416 с.

80. Ястремська О.М. Інвестиційна діяльність промислових підприємств: методологічні та методичні засади. Харків: ХДЕУ, 2004. 472 с.

81. Behrens W., Hawranek P.M. Manual for the preparation of industrial feasibility studies. Newly revised and expanded edition. Vienna: UNIDO, 1991. 386 p.

82. Corporate finance: a practical approach / edited by M.R. Clayman, M.S. Fridson, G.H. Troughton. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012. XIX, 505 p.

83. Cost-Benefit Analysis in World Bank Projects. Washington, D.C.: The World Bank, 2010. XV, 61 p.

84. Economic Analysis of Investment Operations: Analytical Tools and Practical Applications / P. Belli et al. Washington, D.C.: The World Bank, 2001. XXVIII, 240 p.

85. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015. 358 p.

86. Guidelines for the economic analysis of projects. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank, 2017. XII, 155 p.

87. Parrino R., Kidwell D.S., Bates T.W. Fundamentals of corporate finance. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012. XXXII, 750 p.

88. Pike R., Neale B. Corporate finance and investment: decisions and strategies. 6th ed. Harlow, England: Prentice Hall Financial Times, 2009. 796 p.

89. The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB / J.D. Jorge-Calderon et al. Luxembourg: European Investment Bank, 2013. 221 p.

90. Watson D., Head A. Corporate finance: principles and practice. 5th ed. Harlow, England: Financial Times Prentice Hall, 2010. 473 p.

91. Zell H. Projektmanagement – lernen, lehren und für die Praxis. 10. Auflage. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2018. 168 s.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

2.1. Невизначеність під час оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів та методологічні підходи до її моделювання

Як було показано у попередньому розділі, оцінювання економічної ефективності інвестиційного проекту полягає в оцінці набору критеріальних показників, які розраховуються за даними його грошових потоків. Ані потік інвестицій, ані потоки поточних (операційних) платежів і надходжень не можуть бути сплановані абсолютно точно. Завжди залишається можливість того, що інвестиційний проект, визнаний попередньо прийнятним і таким, що принесе прибуток, виявиться менш привабливим або навіть збитковим, оскільки фактичні значення цін та обсягів продажу продукції, цін на сировину та матеріали, інших параметрів істотно відрізнятимуться від прогнозованих, планованих значень, які оцінювалися виходячи з наявної у розпорядженні суб'єкта управління інформації на момент підготовки і прийняття відповідного рішення. Окрім цього, в силу фундаментальної індетермінованості природних процесів і явищ, іманентної здатності економіки до внутрішніх перетворень та генерування нових умов господарювання може актуалізуватися маловірогідний або принципово непередбачуваний сценарій розвитку подій, який буде мати катастрофічні наслідки для інвестиційного проекту. З викладеного випливає, що обґрунтований підхід до економічної оцінки реальних інвестицій означає обов'язкове врахування феномена невизначеності та зумовленого ним ризику.

В структурі нинішнього інвестиційного аналізу та інвестиційного менеджменту питання, пов'язані з врахуванням невизначеності і ризику під час підготовки рішень стосовно реальних інвестицій, посідають одне з центральних місць. Одним із свідчень цього є їх широка представленість у навчальній літературі відповідного профілю, зокрема, у працях, авторами яких є М. Бромвич,

Л. Крушвиць, Ю. Блех, Ю. Гетце, Г. Бірман, С. Шмідт, А. Дамодаран, М.О. Лімітовський, Т.В. Теплова, І.В. Ліпсіц, В.В. Коссов, В.В Царьов [5; 6; 12; 31; 50; 54; 55; 85; 87]. Серед тих, хто в останні десятиріччя веде активну дослідницьку роботу у цій сфері, заслуговують спеціального згадування С.А. Смоляк, В.В. Вітлінський, О.О. Недосєкін, М.В. Грачова, О.В. Воронцовський, О.Є. Алтунін, М.В. Семухін, В.Г. Чернов [2; 22; 25; 68; 78; 82; 90].

З одного боку, за порушеною проблематикою одержані значущі результати, напрацьований потужний арсенал методів і моделей, які знаходять своє застосування на практиці. З іншого боку, теоретичне оформлення даного напряму, формування його методологічних засад, створення в його межах повномасшабного та внутрішньо узгодженого методичного апарату ще далеко не завершені і потребують дальших досліджень.

Виходячи з окресленого проблемного поля, у роботі [47] нами було реалізоване завдання аналізу та узагальнення характеристик феномена невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів. Представимо у цьому пункті ключові здобутки зазначеного дослідження.

З точки зору системної методології, яка виконує роль сучасної загальнонаукової методологічної парадигми, а також дисциплін системологічного спрямування, економіка являє собою складну, динамічну, ймовірнісну, кібернетичну систему, яка функціонально охоплює процеси виробництва, обміну, розподілу і споживання матеріальних та інших благ. Окрім іншого, за своїми структурними характеристиками економіка має виражену ієрархічну структуру з багатьма рівнями ієрархії, в межах якої більш високий рівень за певними правилами (алгоритмами) інтегрує інформаційні сигнали нижчого рівня та оперує інформаційними агрегатами [21, с. 36; 75, с. 11].

У розрізі ідей і напрацювань синергетики поряд із зазначеним економіці властиві відкритість, нелінійність, саморозвиток [16; 41; 43; 62; 83].

Відкритість деякої системи означає, що вона взаємодіє із оточуючим середовищем, обмінюючись з ним речовиною, та/або енергією, та/або інформацією. Здатність сприймати зовнішні впливи на основі позитивного зворотного зв’язку

обумовлює здатність відкритої системи перебувати у безперервному русі – флуктуювати. В строгому сенсі під флуктуаціями слід розуміти випадкові відхилення миттєвих значень параметрів системи від їх середніх (рівноважних) значень. Втілюючи хаос на мікрорівні системи, за досягнення деякого граничного рівня флуктуації можуть призвести до необоротних змін, коли система вже не здатна повернутися (за характерний для неї час) у початковий стан: вихідна система або якісно змінюється (утворюється нова структура), або взагалі руйнується [16, с. 18–19; 43, с. 33–34; 62, с. 151–154].

Для економіки як відкритої системи надсистемами, по відношенню до яких відбувається взаємодія, є природа та суспільство. Характер цієї взаємодії не є ані детермінованим, ані статистичним [23, с. 13].

В разі підприємств згідно з положеннями стратегічного менеджменту їх зовнішнє середовище прийнято структурувати на основі виокремлення двох рівнів або підсистем: відповідно, далекого та близького оточення [36, с. 26–27].

Підсистема далекого оточення, або, іншими словами, макросередовище, утворюється факторами, що здійснюють опосередкований вплив на підприємство. Прогнозування, аналіз і оцінка динаміки цих факторів є непростою задачею, проте нехтувати цим не можна, оскільки їх дія здатна істотно змінити умови функціонування як економіки в цілому, так і галузі, до якої належить підприємство. За своїм змістом елементарні або деталізовані фактори макросередовища, тобто такі, що не передбачають подальшого дроблення, можуть бути об’єднані у такі великі групи (базові агреговані фактори або факторні агрегати): політико-правові; економічні (макроекономічні); техніко-технологічні; соціально-культурні; екологічні тощо. Скажімо, макроекономічний агрегат припускає такий елементний склад: динаміка валового внутрішнього продукту; динаміка середньої заробітної плати; динаміка рівня інфляції; вартість банківського кредиту; курси обміну валют; ставка податку на прибуток та інші податкові ставки; показники платіжного балансу; тенденції на ринку цінних паперів тощо [36, с. 28–34; 66, с. 141–144].

Підсистема близького оточення, або ще кажуть, мікросередовище, містить фактори, що безпосередньо впливають на підприємство. Якщо виходити з моделі

п’яти конкурентних сил в галузі М. Портера, то сюди слід віднести споживачів, підприємства-конкуренти, які є операторами даної галузі (ринку), підприємства-конкуренти, які виробляють товари-замінники, постачальників, а також потенційних конкурентів. Різною мірою невизначеність обтяжує взаємодію з усіма зазначеними суб’єктами. Раціональне формування бізнес-стратегії підприємства передбачає окрім іншого прогнозування поведінки його конкурентів. Корисним інструментом, який дозволяє моделювати конфліктні ситуації, пов’язані з конкурентною боротьбою, є теорія ігор. Хоча, як і будь-який економіко-математичний апарат, теорія ігор має свої обмеження для практичного використання, звернення до цього інструмента здатне допомогти зрозуміти проблемну ситуацію у бізнесі і спрогнозувати її розвиток [66, с. 158–172].

Характеристика нелінійності деякої системи в математичній площині полягає в тому, що диференціальні рівняння, які описують її поведінку, є нелінійними. В загальному випадку рівняння зазначеного виду мають декілька якісно відмінних розв’язків. Звідси, системи, динаміка яких описується нелінійними диференціальними рівняннями, припускають не один, а сукупність можливих шляхів еволюції, які визначаються відповідними розв’язками. Такою є фізична суть нелінійності [43, с. 34–35].

Підкреслимо, що нелінійність зумовлює дискретність шляхів еволюції системи, відповідно до чого для неї можливий лише певний діапазон цих шляхів. Також важливо зауважити, що нелінійність припускає можливість несподіваних, так званих емерджентних, змін динаміки системи. Тобто динаміка нелінійної системи є неоднозначною і може стати непередбачуваною на певних етапах [43, с. 36–37].

Системи, що саморозвиваються, характеризуються наявністю внутрішнього джерела їх якісних перетворень, появи у них принципово нових властивостей. Під час розвитку такої системи відбувається перехід від одного виду саморегуляції до іншого, утворюються нові рівні ієрархії, які здійснюють зворотний вплив на рівні, які склалися раніше, перебудовують їх, в результаті чого система набуває нової цілісності, в межах якої в ній формуються нові, відносно самостійні підсистеми. Зазначені процеси супроводжуються перебудовою блоку управління, появою нових

параметрів порядку, нових типів прямих і зворотних зв'язків. Важливою складовою системи, що саморозвивається, є особливі інформаційні структури, які фіксують важливі для цілісності системи особливості її взаємодії з середовищем і виступають як детермінанти її поведінки [83].

Для економіки, як і для суспільства в цілому, джерелом саморозвитку є людина. Характеризуючи цей факт, М.Я. Петраков, зокрема, зауважує [75, с. 26]: "<…> навіть залишаючись в межах досить простої схеми "потреби індивідуума – механізм їх задоволення", ми стикаємося з постійною і погано передбачуваною пульсацією соціальної системи. Індивід, який ще недавно перебував у стані задоволення оточуючим соціальним середовищем, "раптом" починає висувати нові вимоги культурного, соціального, естетичного характеру, виказувати незадоволення умовами праці, екологічною обстановкою, транспортними та інформаційними послугами тощо. <…> Ми маємо постійний фон випадкових збурень, на якому й виникають "соціальні мутації"".

Базовим феноменом, який пронизує всі ієрархічні рівні, а також виступає як аспект названих вище кібернетико-синергетичних властивостей економіки, є невизначеність.

У філософській площині невизначеність може розумітися як категорія, що відбиває відсутність упорядкованості (матеріальної або ідеальної), відсутність або розмитість границь сущого, відсутність його однозначної передзаданості, варіативність зміни або руху його у часі [86].

Відповідно до результатів узагальнення здобутків і уявлень різних наук, на міждисциплінарному рівні невизначеність осмислюється як об'єктивна форма або домінанта існування світу природи та суспільства [3; 16; 62]. В межах життєдіяльності, пізнавальної і перетворюючої активності людини об'єктивна складова феномена невизначеності доповнюється суб'єктивним аспектом, який пов'язаний з "неповнотою кожного акту відображення реальних явищ у людській свідомості" [42, с. 13]. Отже, в координатах "людина – оточуючий світ" невизначеність має об'єктивно-суб'єктивну структуру.

Стосовно двоїстої природи невизначеності у соціальних системах доцільно

навести розмірковування видного німецького вченого, політичного і суспільного діяча Е. Пестеля [74, с. 108]: “Часто вважають, що невизначеність виникає через брак знань про предмет або неповноту даних. Це справді так, але коли йдеться про світову проблематику або про будь-яку систему, пов’язану з елементами людського мислення і діяльності, це ще не все <…> у таких системах є елемент внутрішньої невизначеності. Він виникає тому, що тут майбутнє залежить від вибору рішення, який ще тільки має бути зроблений. Це фундаментальний принцип, який нагадує фізичний принцип невизначеності Гейзенберга”.

В межах різних напрямів пізнавально-перетворюючої активності людини на перший план висуваються різні види невизначеності. Так, в разі фундаментальної науки домінантою є наукова невизначеність, тобто невизначеність у науковому знанні. Для мистецтва це невизначеність, яка супроводжує образно-естетичний спосіб пізнання і осмислення дійсності. Для релігії це невизначеність, пов’язана з Абсолютом, надчуттєвим, трансцендентним світом, а також інтерпретацією священних текстів. Для економіки та її підсистем феномен невизначеності має свою структуру її ключових або пріоритетних видів.

Виважений аналіз суті, структури і джерел невизначеності стосовно проблематики управління економічними системами, а також оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій передбачає розгляд репрезентативного корпусу наявних теоретичних напрацювань (ідей, підходів) за даними питаннями.

Л.І. Лопатніков характеризує невизначеність в системі як ситуацію, коли “повністю або частково відсутня інформація про можливі стани системи і зовнішнього середовища” [56, с. 223]. Цей науковець звертає увагу на положення економічного прогнозування, згідно з яким слід розрізняти так звану істинну та інформаційну невизначеність. Перша пов’язується з багатоваріантністю розвитку і неможливістю однозначного вибору ефективних варіантів. Інформаційна ж невизначеність трактується як неповнота і неточність інформації про досліджувані процеси [56, с. 223].

З останнім повністю узгоджується дефініція невизначеності, яка наводиться у

праці з теорії оцінки ефективності реальних інвестицій, авторами якої є П.Л. Віленський, С.А. Смоляк і В.Н. Лівшиць. Згідно з нею невизначеність являє собою неповноту та неточність інформації стосовно умов реалізації інвестиційного проекту [20, с. 397].

Осмислюючи невизначеність у розрізі проблематики моделювання фінансової діяльності підприємства, О.О. Недосєкін аналогічно попередньому виокремлює два її укрупнені види, які, проте, мають у нього дещо інші змістовні акценти, хоча при цьому й не суперечать трактовкам, розглянутим вище [68, с. 44]:

- неясність стосовно майбутнього стану прогнозованих параметрів фінансової моделі підприємства;

- нечіткість класифікації окремих аспектів поточного фінансового стану підприємства або стану ринку цінних паперів.

У дослідженні операцій прийнято розрізняти такі три види невизначеності [64, с. 28–55]:

- невизначеність цілей;

- невизначеність “природи”, тобто зовнішнього по відношенню до аналізованої системи середовища;

- невизначеність дій супротивника (опонента, суперника) у конфліктних ситуаціях (в економіці на рівні суб’єктів господарювання розв’язання конфлікту їх інтересів здійснюється через конкурентну боротьбу, в межах чого зазначена невизначеність для деякого суб’єкта має форму невизначеності дій його конкурентів).

Зауважимо, що проблема цілепокладання в економіці, якщо розглядати її з якомога більш широких позицій, має екзистенціальний характер, тобто людина, людське існування, є кінцевою інстанцією її підсистем і цілей (критеріїв). Згідно з М.Я. Петраковим самозбереження як найвища мета суспільства в поєднанні з обмеженнями щодо його забезпечення, пов’язаними з природою людини і умовами оточуючого світу, а також принциповою неможливістю вичерпного пізнання людиною себе і цього світу, обумовлюють те, що “при визначенні аксіоматики функціонування складних соціально-економічних систем постулат про наявність

критерію оптимальності системи (цілепокладання) має бути доповнений постулатом про неможливість остаточного визначення цього критерію" [75, с. 20].

В.В. Вітлінський пояснює суть невизначеності в управлінні економічними системами як фундаментальну властивість недостатньої забезпеченості процесу прийняття рішень необхідною інформацією чи, у більш загальному трактуванні, знаннями щодо проблемної ситуації, коли тією чи іншою мірою відсутня інформація про структуру та можливі стани як об'єкта дослідження, так і оточуючого його середовища [22, с. 34–35].

Причини існування невизначеності в економіці можуть бути розбиті на три групи [24, с. 153].

1. Принципова індетермінованість великої частини економічних і пов'язаних з економікою процесів. Таким є науково-технічний прогрес, який не підлягає точному передбаченню або прогнозуванню. Сюди відносяться природні процеси та явища, стихійні лиха.

2. Невизначеність може бути зумовлена економічною недоцільністю забезпечення абсолютної (максимально можливої) точності і повноти інформації. Серед іншого до цієї групи слід віднести інформаційну невизначеність внаслідок обмеженості потужностей для обробки інформації, а також пов'язану з використанням наближених методів оцінки даних.

3. Як в суспільстві в цілому, так і в економіці зокрема присутня, так би мовити, "організована" невизначеність, або асиметрія інформації. Вона виникає тоді, коли з тих чи інших причин економічні суб'єкти приховують або свідомо викривлюють якусь інформацію.

Представлені вище відомості дають підстави констатувати таке.

По-перше, можна спостерігати певну концептуальну єдність, в сенсі відсутності принципових взаємних суперечностей, у розумінні невизначеності в управлінні економічними системами та оцінюванні економічної ефективності реальних інвестицій з боку різних науковців.

По-друге, слід погодитися, що невизначеність являє собою складний, багатогранний феномен, який передбачає різні підходи до структуризації залежно

від особливостей предмета дослідження і поставлених дослідницьких цілей. У цьому плані наявний у літературі з інвестиційного аналізу рівень концептуалізації невизначеності, зокрема, зведення її до неточності та неповноти інформації, видається недостатнім.

За своїм формальним характером оцінювання економічної ефективності інвестиційного проекту виступає як інформаційно-аналітична задача підтримки прийняття рішення. Звідси, спроба подолання зазначеної дисфункції може бути здійснена на основі звернення до відповідних напрацювань у сфері інформаційно-аналітичного моделювання.

У період останньої чверті минулого століття колективом науковців Ризького політехнічного інституту були розгорнуті дослідження з проблематики обробки інформації в системах прийняття рішень, а також побудови моделей підтримки прийняття рішень в умовах різного роду невизначеності початкових даних [63; 72]. За результатами цієї роботи серед іншого ними була побудована деревоподібна (ієрархічна) структура видів невизначеності для задач зазначеного спрямування. Показово, що у монографічних працях різних років, підготовлених вченими розглядуваної наукової школи, пропонуються дещо відмінні між собою варіанти структуризації інформаційної невизначеності, що може розцінюватися як ще одне свідчення складності даної проблеми. Згідно з більш пізньою версією, представленою у монографії [72, с. 7–10], найбільш важливі для задач підтримки прийняття рішень види невизначеності можуть бути структуровані у такий спосіб.

Перший рівень видів невизначеності утворюють невідомість, недостовірність та неоднозначність. При цьому виокремлюються випадки фізичної та лінгвістичної неоднозначності. Своєю чергою різновидами фізичної неоднозначності є випадковість та неточність. Лінгвістична невизначеність підрозділяється на невизначеність значень слів і невизначеність смислу фраз. Докладно зміст описуваної концептуальної конструкції відображено на рис. 2.1.

Аналіз розглядуваної схеми дозволяє дійти висновку про актуальність всіх виокремлених в ній напрямів структуризації (різновидів) невизначеності для проблеми оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій. Водночас, є

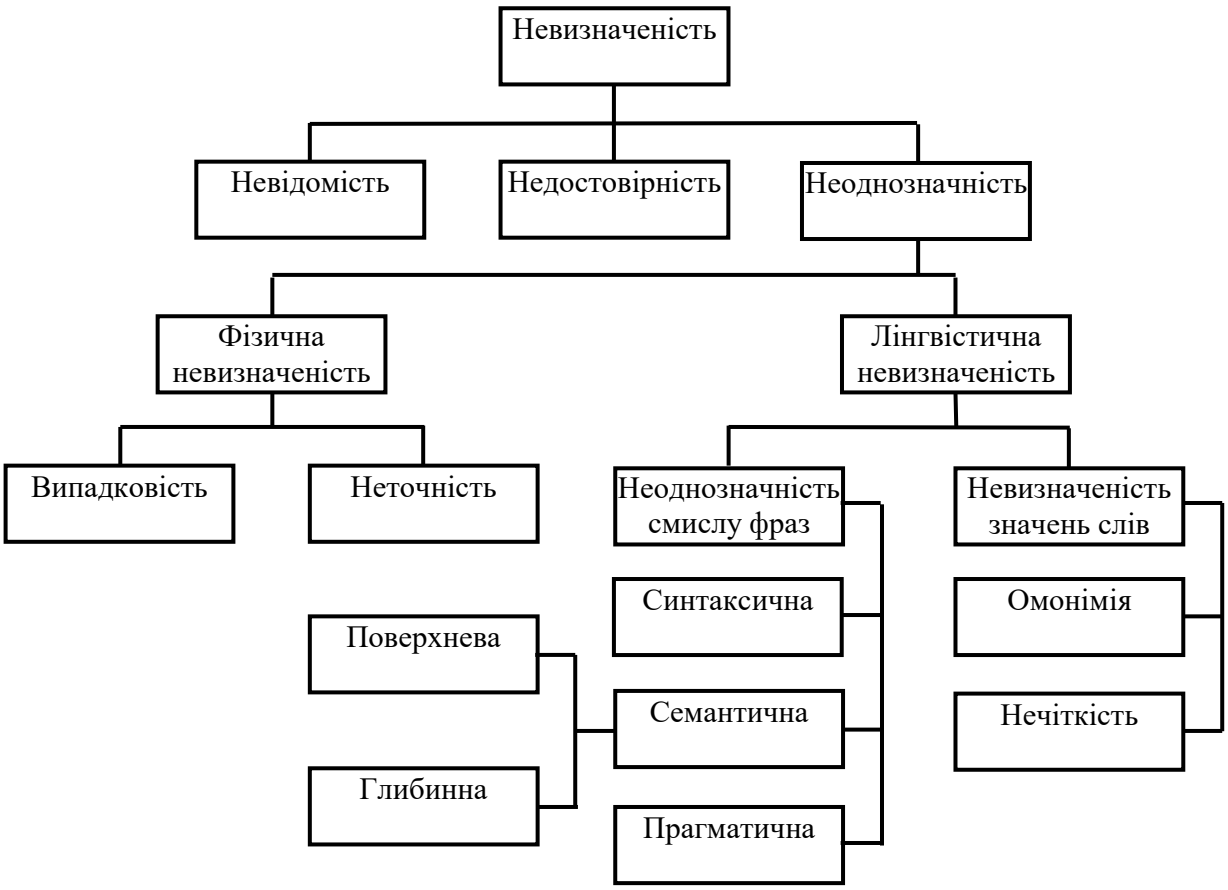


Рис. 2.1. Ієрархія видів невизначеності в задачах підтримки прийняття рішень

Джерело: [72, с. 8]

очевидним, що значущість її різних складових, виходячи зі ступеня їх керованості та пов’язаних з ними можливих негативних наслідків, може при цьому істотно різнитися.

Як впевнюють результати вивчення теперішніх тенденцій в інвестиційному аналізі та інвестиційному менеджменті, переважна увага в них зосереджена на дослідженні невизначеності, яка має характер неоднозначності, яка своєю чергою може реалізовуватися як випадковість або неточність. Основними підходами, за допомогою яких нині моделюють інформаційну невизначеність зазначеного роду при економічному обґрунтуванні інвестиційних проектів, є теорія ймовірностей, теорія нечітких множин та інтервальний аналіз.

Теорії імовірностей належить статус історично першого підходу до кількісного моделювання невизначеності. Предметом теоретико-ймовірнісної парадигми є невизначеність, яка інтерпретується як стохастичність або

випадковість. Сферою коректного застосування класичної (традиційної) теорії імовірностей є масові та однорідні явища (події), яким властива так звана статистична стійкість [17; 18]. У цьому разі з'являється можливість, спираючись на частоти реалізації конкретних значень аналізованої ознаки (параметра, показника), оцінювати їх імовірності. Якщо ж розглядуваний об'єкт не підпорядковується зазначеним вимогам, то моделювання його характеристик на основі класичної теорії імовірностей неправомірне (або неможливе в принципі).

Як констатується в межах сучасної теорії та практики моделювання економіки, у багатьох випадках, і передусім тих, що пов'язані з інноваційною та інвестиційною діяльністю, інформаційна ситуація, з якою доводиться стикатися суб'єкту управління, не відповідає правилам застосування традиційних імовірнісно-статистичних методів. Слід зауважити, що сумніви стосовно спроможності теоретико-ймовірнісного підходу для адекватного опису поведінки і управління економічними системами почали висуватися практично паралельно із процесом його становлення у цій сфері. Так, ще у першій половині минулого сторіччя британський вчений-економіст Дж. Шекл, наукова творчість якого була зосереджена на питаннях сподівань і невизначеності в економічній діяльності, заперечував обґрунтованість використання класичних імовірностей в економіці та бізнесі внаслідок відсутності для цього належних передумов. Зокрема, на прикладі заходів з інвестування він пояснював, що вкладення капіталу є одиничною у своєму роді подією, тому її можливим результатам не можуть бути надані ймовірнісні оцінки. Відмовляючись від класичної теорії імовірностей, Дж. Шекл разом з тим не відмовляється від доцільності і можливості раціоналізації процесів вироблення рішення. В межах своїх зусиль у даному напрямі він серед іншого пропонує оперувати замість категорії імовірності категорією можливості (ступеня можливості). Ступінь можливості тієї чи іншої події згідно з Дж. Шеклом має визначатися суб'єктивно. При цьому сума ступенів можливості для аналізованого набору подій на відміну від імовірнісної методології не нормується [1; 80].

Зрозуміло, що Дж. Шекл був не єдиний, хто вбачав розрив між потенціалом теорії імовірностей, яка спирається на частотно-статистичну методологію, і

структурою невизначеності, властивої економічним та іншим на рівні суспільства і світу природи реаліям. Результатом досліджень, спрямованих на подолання зазначеної дисфункції, стало створення концепції так званих суб'єктивних імовірностей, які не мають частотної основи, а трактуються як ступінь упевненості або віри суб'єкта управління в ситуації, обтяженої нестохастичною невизначеністю. Фундаторами теорії суб'єктивних імовірностей є Ф.П. Рамсей, Б. де Фінетті, Л. Севідж та ін. Ядро раціональної складової у знаходженні суб'єктивних імовірностей, яке зберігається для різних за рівнем інформаційного наповнення проблемних ситуацій, полягає у тому, що в основі їх формування має лежати прагматизм та пізнавальна активність суб'єкта прийняття рішення. При цьому логічна коректність даної процедури забезпечується відповідним математичним апаратом, над розробленням якого працювали як основоположники розглядуваної теорії, так і їх послідовники [33; 49; 69; 76; 77; 93].

Поряд з теорією суб'єктивних імовірностей у другій половині минулого століття майже одночасно і незалежно один від одного з'являються ще два підходи до моделювання нестохастичної невизначеності, однією з сфер практичного використання яких стала проблематика управління економічними системами. Йдеться про теорію нечітких множин та інтервальний аналіз [109; 122]. За теперішнього часу на рівні управління діяльністю підприємств використання названих підходів набуло найбільшого розвитку стосовно задач бюджетування, планування виробничої програми, стратегічного і фінансового аналізу, економічної оцінки інвестиційних проектів, оптимізації фінансових інвестицій. Якщо сфокусуватися на теорії нечітких множин [2; 8; 51; 73], то у зіставленні з теорією суб'єктивних імовірностей [33; 76; 77; 93] для неї можна виокремити такі важливі відмітні риси та/або переваги (з урахуванням розмірковувань щодо цього, представлених у [68]):

1) нечітко-множинна методологія є вільною від імовірнісної аксіоматики, що, окрім іншого, дає можливість спрощувати процедуру знаходження нечітких оцінок початкових параметрів за досліджуваною проблемою;

2) як показовий конкретний прояв властивості, викладеної у попередньому

пункті, слід окремо відзначити підхід до формування вихідних нечітких оцінок, згідно з яким відтворення оцінки аналізованого параметра здійснюється на основі декількох ключових (релевантних, опорних, реперних) значень (точок). При цьому припускається, що шукана нечітка оцінка має континуальний носій, тобто у розрахунок мають потрапляти всі можливі реалізації параметра між його мінімальним і максимальним значеннями;

3) в межах нечітко-множинної методології у багатьох випадках, які актуальні передусім для задач бюджетування, стратегічного та фінансового аналізу, оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій, нечіткі оцінки початкових параметрів припускають інтерпретацію як нечіткі числа, над якими можна виконувати арифметичні операції за допомогою спеціально розробленого математичного апарату.

Звертаючись тепер до інтервального підходу [34], можна констатувати, що для нього, власне, є справедливими усі із наведених вище порівняльних характеристик, з тією лише поправкою, що інтервальне оцінювання, за самою його суттю, в усіх випадках потребує фіксації двох і лише двох значень розглядуваного параметра – мінімального та максимального.

Додатково до викладеного доцільно представити й проаналізувати погляди на структуру й характеристики невизначеності в управлінні економічними системами ще деяких авторитетних вчених.

Видний фахівець з теорії імовірностей і дослідження операцій О.С. Вентцель у своїй роботі [17] осмислює стохастичну невизначеність в задачах вибору рішення як “доброякісну”, у той час як нестохастична невизначеність інтерпретується нею як “дурна”. Названий автор зауважує з приводу першої: “Стохастична невизначеність – це майже визначеність, якщо тільки відомі ймовірнісні характеристики випадкових факторів, які входять до складу задачі” [17, с. 36]. Що ж до нестохастичної невизначеності, то О.С. Вентцель характеризує її як ситуацію, яка не може бути вивчена й описана статистичними методами, і виокремлює два випадки, коли вона може мати місце [17, с. 36]:

1) розподіли ймовірностей для невизначених (недетермінованих) параметрів

(факторів) досліджуваної задачі в принципі існують, але на момент прийняття рішення не можуть бути одержані;

2) розподіли ймовірностей для невизначених параметрів аналізованої задачі не існують взагалі.

Розмірковуючи над можливими підходами до прийняття рішень в умовах нестохастичної невизначеності, О.С. Вентцель стверджує про недоцільність відшукування у цьому разі одного-єдиного рішення, оптимального для деякого набору значень невизначених параметрів. Більш продуктивним згідно з даним науковцем є формування множини (області) прийнятних рішень для деякої множини можливих комбінацій значень невизначених параметрів, в межах якої має бути здійснений остаточний вибір. Окрема увага приділяється О.С. Вентцель експертному методу з використанням суб'єктивних імовірностей, який розцінюється нею як корисний, а часом єдино можливий, коли доводиться стикатися з нестохастичною невизначеністю.

Співзвучним до наведеної вище точки зору стосовно досліджуваного питання є його розуміння, яке належить О.І. Ястремському, відомому в Україні та поза її межами фахівцю у сфері теоретичної і математичної економіки, а також теорії ризику. Залежно від способу одержання ймовірностей подій, цей вчений розрізняє два види (варіанти) невизначеності: статистичну та нестатистичну [93].

Перший вид характеризується тим, що невизначені (недетерміновані) параметри можуть спостерігатися достатнє число разів на основі статистичних даних або комп'ютерної імітації.

Якщо ж події, які становлять дослідницький інтерес, повторюються рідко, або взагалі не спостерігалися, і їх реалізація можлива лише у майбутньому, то у такому разі має місце нестатистична невизначеність.

Неважко бачити високий ступінь подібності, або близькості, представлених двох підходів до структурування невизначеності. Відмінність між ними, яку можна виокремити, полягає у різних акцентах по відношенню до предмета аналізу. Якщо О.І. Ястремський сфокусований на гносеологічному, або технологічному, аспекті розглядуваного питання, то О.С. Вентцель приділяє увагу як гносеологічній, так й

онтологічній його сторонам. При цьому стохастичній невизначеності в межах підходу О.С. Вентцель відповідає статистична невизначеність згідно з О.І. Ястремським, й, відповідно, еквівалентом нестохастичної невизначеності виступає нестатистична невизначеність. Виходячи із зробленого зауваження, використовуватимемо далі терміни “стохастична невизначеність” і “статистична невизначеність”, а також терміни “нестохастична невизначеність” і “нестатистична невизначеність” як взаємозамінні.

Окремо слід відзначити, що і О.С. Вентцель, і О.І. Ястремський у своїх побудовах не виходять за межі теоретико-ймовірнісної парадигми, якщо розуміти її у широкому сенсі (тобто включно з теорією суб’єктивних імовірностей). Водночас, як було показано перед зверненням до даних авторів, нестохастична (нестатистична) невизначеність окрім теорії суб’єктивних імовірностей припускає інші підходи до свого моделювання. Передусім, на основі теорії нечітких множин, а також інтервального аналізу.

Невизначеність, яка є незмінним супутником діяльності всіх суб’єктів господарювання, породжує ризик, актуалізація якого, того чи іншого його виду, може стосуватися різних аспектів господарського процесу і мати різні наслідки. Зокрема, це може бути зниження ринкової частки суб’єкта господарювання, падіння курсу його акцій, невдала реалізація інвестиційного проекту, недоодержання запланованого прибутку, втрата активів. У широкому трактуванні для економічних систем невизначеність виступає причиною або джерелом ризику неефективного управління, коли поставлені цілі та завдання не досягаються [22; 24; 42; 68].

Поряд з невизначеністю як інша причина або джерело існування ризику розцінюється конфліктність. Конфлікт являє собою ситуацію протистояння між різними суб’єктами (учасниками конфлікту), зумовленого несумісністю (незбігом) їх поглядів, позицій або інтересів. В економіці для суб’єктів господарювання конфлікт є фундаментальною складовою реалізації ними своїх економічних інтересів. На теоретичному рівні зазначений вид конфлікту концептуалізується як конкурентні відносини. Розв’язання проблеми антагоністичної суперечності економічних інтересів суб’єктів господарювання здійснюється через механізм

конкурентної боротьби [22; 24; 66].

У становленні наукових уявлень про ризик в економічній теорії прийнято виокремлювати два підходи [37; 38]: класичний і неокласичний. Першу концепцію пов'язують з Н.В. Сеніором та Дж.С. Міллем. Фундаторами другого напряму вважаються А. Маршалл та А.С. Пігу.

Н.В. Сеніор у структурі прибутку вперше розмежував підприємницький дохід як плату за працю і здатності підприємця, а також процент як плату за продуктивне (неспоживче) використання капіталу [39, с. 65]. Ризик Н.В. Сеніор розуміє як невід'ємний атрибут будь-якої підприємницької діяльності. У своїй праці "Нариси з політичної економії" він пише з цього приводу [117, с. 216]: "<…> будь-яке продуктивне використання капіталу не може бути абсолютно безпечним <…> капітал, якщо він використовується, піддається ризику <…>", і далі [117, с. 216]: "Жодна людина у бізнесі не може бути абсолютно впевнена, що через десять років не стане банкрутом". Змістовно поняття ризику розглядається Н.В. Сеніором під кутом зору можливості збитків, втрат, які мають компенсуватися за рахунок додаткового прибутку.

Наслідуючи ідеї Н.В. Сеніора в аспекті внеску у прибуток з боку, відповідно, капіталу як власності та капіталу як фактора бізнесу, Дж.С. Мілль принципово більш акцентовано окреслює вплив ризику на формування прибутку і включає премію (винагороду) за ризик як обов'язковий елемент у складі останнього [61, с. 127–149]. Так само, більш чітким порівняно з Н.В. Сеніором є трактування Дж.С. Міллем величини премії за ризик, тобто міри ризику, яку він визначає на рівні "<…> середніх втрат, яким піддається капітал або внаслідок загальних соціальних умов, або внаслідок ризикованості окремо взятого підприємства <…>" [61, с. 411].

Неокласична концепція ризику, закладена А. Маршаллом та А.С. Пігу, згідно з теперішніми її реконструкціями та інтерпретаціями [37; 38], виходить з того, що підприємство здійснює свою діяльність в умовах невизначеності, внаслідок чого його прибуток є випадковою, змінною величиною. Звідси, цілепокладання при веденні бізнесу має враховувати два аспекти:

- величину сподіваного прибутку;

- величину можливих відхилень від сподіваного прибутку.

До наведеного стосовно поглядів на ризик з боку А. Маршалла та А.С. Пігу варто додати таке.

У головній праці А. Маршалла “Принципи економічної науки” [59] невизначеність присутня як фундаментальна характеристика економічного середовища, яка, так само як і ризик, здійснює дестабілізуючий вплив на підприємницьку діяльність. При цьому, розрізняючи невизначеність та ризик, А. Маршалл не приходить до якогось спеціального аналізу сутнісних відмінностей і взаємодії (зв’язку) між ними.

Разом з тим, як можна зрозуміти зі змісту такого уривку, наявність тісного зв’язку між даними феноменами він відчуває [59, с. 399]: “Кожна галузь має свої особливості, але в більшості випадків злий рок невизначеності щось важить, хоча і не дуже багато: в ряді випадків, щоб спонукати людину витратити певну суму, потрібна ціна, дещо вища за середню, якщо остання являє собою середнє для істотно різних і невизначених результатів, тоді як ризиковий ділок може з упевненістю розраховувати на доходи, які лише ненабагато відрізняються від цієї середньої величини. Отже, до середньої ціни необхідно додати якесь відшкодування за невизначеність, коли остання є надзвичайно великою, хоча, якби ми додали страхування від ризику, нам довелося б більшу частину зазначеного відшкодування враховувати двічі”.

В аспекті способу розуміння А. Маршаллом взаємодії між невизначеністю і ризиком, який можна виявити у його розмірковуваннях, також заслуговує на увагу його пояснення, яким він супроводжує свою концепцію підприємницького ризику галузі, до якої належить підприємство (trade risks) [59, с. 558]: “Цей вид ризику обумовлений коливаннями на ринках сировини і готових виробів, непередбачуваними змінами в моді, новими винаходами, вторгненням нових і сильних конкурентів у їх відповідні райони і т. д.”. Тобто, у наведеному пасажі А. Маршалл оперує, власне, причинно-наслідковим зв’язком, де невизначеність характеристик ринкової кон’юнктури виступає причиною, детермінантою розглядуваного виду ризику.

А.С. Пігу, будучи учнем А. Маршала, як і його вчитель, серед іншого звертається у своїх досліджень до питань невизначеності та ризику. Зв'язок між цими складовими підприємницької діяльності він осмислює як нерозривний, констатуючи в одній із своїх основних праць [113, с. 776]: "Невизначена справа являє собою ризиковану справу". Концептуальний зсув у трактуванні ризику, його міри, який має місце в межах неокласичного підходу, чітко фіксує таке твердження А.С. Пігу, висловлене у тій же праці [113, с. 776]: "<…> термін "ризик" зазвичай використовується для позначення ймовірності одержання меншого доходу, ніж актуарно ймовірній дохід". Підкреслимо, що у представленій цитаті ризик асоціюється не з будь-якими, а лише з несприятливими коливаннями доходу.

Нині дослідження ризику у розрізі функціонування суспільства та його окремих підсистем, у тому числі економіки, реалізується в межах спеціальної науки – ризикології. Згідно з поясненням, наведеним в [24, с. 143], ризикологія – це "наука про основні закономірності, принципи та інструментарій виявлення, врахування, оцінювання й управління ризиком".

Сьогодні відсутнє якесь загальноприйняте визначення категорії економічного ризику. Разом з тим, з боку академічного середовища, у тому числі українськими вченими, була проведена велика робота з виявлення, аналізу та узагальнення сутнісних властивостей або характеристик ризику в економіці. Виходячи з одержаних зусиллями наукової спільноти результатів, у сучасній ризикології феномен економічного ризику осмислюється як такий, що ґрунтується на таких структурних елементах або детермінантах [22; 28; 38; 40; 42]:

1) невизначеність, конфліктність;

2) наявність альтернативних варіантів розв'язання розглядуваної проблемної ситуації;

3) взаємна нерівноцінність можливих наслідків реалізації тієї чи іншої альтернативи, наявність серед них несприятливих або небажаних ситуацій;

4) необхідність для зацікавленої особи (суб'єкта) долати невизначеність і конфліктність та здійснювати вибір;

5) імовірнісна або можливісна (якщо невизначеність ідентифікується і

моделюється як нестохастична) оцінка результатів вибору.

Дефініція, в якій реалізується найбільш виважене, на нашу думку, врахування зазначених вище структурних елементів і яка належить В.В. Вітлінському, пропонує розуміти економічний ризик як категорію, яка відображає “особливості сприйняття зацікавленими суб’єктами економічних відносин об’єктивно наявних невизначеності й конфліктності, іманентних процесам цілепокладання, управління, прийняття рішень, оцінювання, що обтяжені можливими загрозами і невикористаними можливостями” [24, с. 141].

Якщо спробувати “спроектувати” представлене трактування економічного ризику на проблематику реального інвестування, то можна дати таке визначення поняття ризику економічної неефективності (скорочено – неефективності) інвестиційного проекту.

Ризик економічної неефективності інвестиційного проекту характеризує особливості сприйняття зацікавленими особами (суб’єктами) невизначеності та конфліктності, як об’єктивно, так і на суб’єктивних підставах притаманних інвестиційній діяльності, з точки зору зумовленої цими феноменами можливості невідповідності (тією чи іншою мірою) економічних результатів інвестування їх цільовому (бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню.

Методологію вимірювання економічного ризику, яка розвивається на цей час, можна означити як системно-інтеграційну. В ній враховуються та поєднуються як класична, так і неокласична концепції ризику. Згідно з нею, міра або кількісна оцінка ступеня ризику концептуалізується як в загальному випадку багатовимірна (багатокомпонентна) величина, тобто вектор, показники (компоненти) якого можуть бути розбиті на дві частини. Одна частина показників кількісно характеризує окремі аспекти ризику як об’єктивної категорії, друга – відображає ставлення до ризику з боку суб‘єктів ризику, тобто зацікавлених повноважних осіб, що є учасниками досліджуваної проблемної ситуації [22, с. 54].

Поряд з ризиком невизначеність зумовлює можливість одержання бажаних або позитивних результатів, тобто виступає джерелом феномена шансу.

Усвідомлення двоспрямованості або двохаспектності структури можливостей, породжених невизначеністю, так чи інакше завжди було стрижневою складовою ризик-орієнтованих і ризикологічних концепцій економічної та управлінської наук. Разом з тим стосовно систематизованого методологічного аналізу ризику і шансу як взаємообумовлених феноменів, які утворюють діаду, з очевидністю спостерігається певний дефіцит. В останні роки цією проблемою плідно займається група науковців із Санкт-Петербурга: О.О. Недосєкін, З.І. Абдулаєва, О.М. Козловський. Відповідно до предмета цього дослідження, з одержаних названими авторами результатів доцільно навести такі положення за даним питанням [44, с. 5].

1. Будучи породженими невизначеністю у зовнішньому та внутрішньому середовищах економічної системи, ризик і шанс являють собою опозиційно-полярні властивості, які утворюють онтологічну діаду (пару).

2. Факторами актуалізації ризику є зовнішні загрози та слабкі сторони економічної системи.

3. Як фактори актуалізації шансу виступають сприятливі обставини (можливості) у зовнішньому середовищі та сильні сторони економічної системи.

4. Інтегруючою властивістю, яка виконує роль сполучної ланки між ризиком і шансом, є ефективність. Перебуваючи в одній площині з шансом і ризиком, ефективність не зводиться до них.

Таким чином, з точки зору розглянутої концепції перспективна або прогнозована, тобто на передінвестиційній стадії, економічна ефективність інвестиційного проекту, якщо передбачається невизначеність його фінансово-економічних параметрів, може бути інтерпретована як співвідношення шансів на позитивні економічні результати і ризику неуспіху за фактом його реалізації. При цьому економічно ефективним слід вважати інвестиційний проект, для якого шанси успіху оцінюються як такі, що з достатнім запасом перевищують ризик невдачі.

Інтерес становить зіставлення запропонованого визначення з іншими можливими підходами. У монографії С.А. Смоляка дається така трактовка аналізованої категорії [82, с. 40]: “Проект (який оцінюється в припущенні

невизначеності стосовно умов його реалізації – прим. наша, О.К.) слід вважати ефективним, якщо участь у ньому є більш переважною, ніж відмова від нього (і вкладення тих же коштів у найкращу альтернативу), а критерій ефективності має вимірювати таку перевагу кількісно".

Очевидно, що наведені дефініції не суперечать одна одній, тобто є в логічному плані узгодженими між собою. Основу відмінностей між ними, які мають місце, становить те, що у визначенні, сформульованому нами, ідея ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності як переваги рішення на користь його реалізації по відношенню до відмови від нього розкривається більш повно, за допомогою категорій шансу та ризику.

В цілому результати проведеного у цьому пункті дослідження дозволяють сформувати набір положень (постулатів), які фіксують базові властивості феномена невизначеності та настанови з оперування нею в ході економічної оцінки інвестиційних проектів.

1. Постулат всеосяжності та релевантності (істотності) – оцінювання економічної ефективності будь-якого інвестиційного проекту, в силу дії як об'єктивних, так і суб'єктивних факторів, обтяжене невизначеністю, характер якої у більшості випадків у цілому не припускає спроможності однозначних (точкових) оцінок для прогнозованих (планованих) значень фінансово-економічних параметрів аналізованого проекту;

2. Постулат негативного впливу (ефекту) – невизначеність, якою обтяжена економічна оцінка інвестиційного проекту, породжує відповідний ризик, актуалізація якого проявляється у невідповідності (тією чи іншою мірою) одержаних економічних результатів їх цільовому (бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню.

3. Постулат прийняття – конструктивне (раціональне) ставлення до невизначеності та породженого нею ризику під час економічної оцінки інвестиційного проекту передбачає їх моделювання за допомогою різноманітних засобів, постійне удосконалення та розвиток останніх.

4. Постулат двохаспектної структури економічної ефективності – в умовах

невизначеності аналіз та оцінка економічних показників, сукупність яких втілює економічну ефективність інвестиційного проекту, має здійснюватися у двох розрізах або аспектах, де перший аспект відображає шанси, тобто позитивний потенціал стосовно економічних наслідків реалізації інвестиційного проекту, а другий – ризик.

5. Постулат різнорідності – невизначеність, яка виникає при оцінюванні економічної ефективності інвестиційного проекту, поряд з її імовірнісним варіантом може мати іншу, неймовірнісну (нестохастичну), природу, яка не відповідає правилам застосування теорії імовірностей і потребує звернення до інших підходів, всебічного удосконалення та розвитку інструментальних засобів на їх основі.

2.2. Методичний апарат врахування невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів

Окреслені у п. 2.1 теоретико-ймовірнісна, нечітко-множинна та інтервальна методології утворюють математичне ядро або базис методичного апарату аналізу і моделювання невизначеності та ризику при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів. Практично всі методи, які набули поширення, спираються на ці методологічні підходи або використовують їх засоби. У цілому основні методи врахування невизначеності під час економічної оцінки реальних інвестицій можуть бути структуровані так, як це відображено на рис. 2.2.

В основу пропонованої структуризації досліджуваних методів покладено характеристики детермінованості/недетермінованості, а також дискретності/неперервності. Детермінованість у даному випадку означає точкову (однозначну) фіксацію початкових або ж проміжних фінансово-економічних параметрів аналізованого інвестиційного проекту. При недетермінованому підході виходять з того, що для зазначених параметрів, всіх або деякої їх частини, можливі різні значення, які мають безпосередньо враховуватися у відповідній моделі. Дискретність у межах розглядуваного проблемного поля полягає у тому, що сукупність можливих значень кожного недетермінованого фінансово-економічного параметра обмежується скінченною множиною. В разі неперервного (континуального) підходу припускається, що можливі значення недетермінованих



Рис. 2.2. Структура основних методів урахування невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів

Джерело: систематизовано автором [48, с. 80] на основі відомостей, представлених в [5; 6; 9; 11; 12; 32; 50; 53; 57; 71; 78]

параметрів можуть бути змодельовані за допомогою неперервних оцінок (величин).

Стисло опишемо наведені на рис. 2.2 методи. Виключення становитимуть неперервні методи, які будуть проаналізовані у наступних розділах цієї роботи.

1. В основі методу коригування на ризик ставки дисконтування (Risk-Adjusted Discount Rate Method) [9; 11; 20; 32; 53; 97; 104] лежить ідея, що ризик інвестиційного проекту при оцінюванні його економічної ефективності може бути врахований шляхом збільшення дисконтної ставки на величину премії за ризик. Модель чистої теперішньої вартості (NPV), яка відповідає даному підходу, має вигляд:

$$NPV = \frac{M(\breve{\breve{C}F}_0)}{(1+r)^0} + \frac{M(\breve{\breve{C}F}_1)}{(1+r)^1} + ... + \frac{M(\breve{\breve{C}F}_k)}{(1+r)^k} + ... + \frac{M(\breve{\breve{C}F}_T)}{(1+r)^T}, \qquad (2.1)$$

де $\breve{C}\breve{F}_k$ – випадкова величина грошового потоку для k-го періоду реалізації інвестиційного проекту;

$M(\breve{C}\breve{F}_k)$ – сподіване значення випадкової величини грошового потоку у k-му періоду;

r – скоригована на ризик ставка дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту;

T – термін (строк) реалізації інвестиційного проекту (горизонт інвестування).

Сьогодні за проблемою визначення дисконтної ставки з урахуванням ризику не знайдено якогось вичерпного або універсального рішення. Натомість, стосовно неї існує набір можливих підходів, серед яких як основні можна виокремити такі [11; 20; 32; 45; 81; 104]:

1) кумулятивний (пофакторний);

2) так званий бета-метод, який ґрунтується на моделі оцінки капітальних активів (*Capital Assets Pricing Model*, *CAPM*);

3) на основі середньозваженої вартості капіталу (*Weighted Average Cost of Capital*, *WACC*).

Кумулятивний метод зорієнтований на якомога більш повне охоплення у складі премії за ризик окремих видів (факторів) ризику. В загальному випадку останні можуть бути розбиті на три групи [20; 81]:

1) країновий (політичний) ризик;

2) ризик ненадійності учасників інвестиційного проекту;

3) так званий несистематичний (специфічний, власний) ризик.

Країновий ризик пов’язаний з можливістю несприятливих подій та/або тенденцій на рівні макроекономічного оточення інвестиційного проекту. Факторами, які його визначають, є, зокрема, інвестиційна, податкова, митна, фінансова політика держави. Країновий ризик припускає виокремлення соціально-економічного, внутрішньоекономічного і зовнішньоекономічного аспектів. Як джерела для аналізу та оцінювання країнового ризику виступають відповідні рейтинги, які складаються і публікуються різними рейтинговими та консалтинговими компаніями.

Ризик ненадійності учасників інвестиційного проекту слід розуміти як можливість непередбаченого припинення проекту внаслідок причин, пов'язаних з якістю виконання своїх функцій (зобов'язань) сторонами (підприємствами, банками), які беруть участь в його реалізації. Як фактори цього виду ризику можна назвати, зокрема, добросовісність, фінансову та операційну спроможність підприємств-учасників (операторів) інвестиційного проекту.

Несистематичний або специфічний ризик стосується саме даного інвестиційного проекту. Наслідком його актуалізації може бути недоотримання доходів. Зазначений вид ризику обумовлюється передусім технічними, технологічними та організаційними рішеннями в межах інвестиційного проекту, а також випадковими коливаннями обсягів попиту та цін на ресурси і сировину.

При використанні бета-методу формула для розрахунку дисконтної ставки може бути записана так [20, с. 426–427]:

$$r = r_f + \beta(r_m - r_f), \qquad (2.2)$$

де r_f – доходність безризикових інвестицій (в статусі останніх можуть обиратися, наприклад, державні облігації);

r_m – доходність ринку (ринкового портфеля) капіталу в цілому;

β – коефіцієнт, який відображає відносну ризикованість даного інвестиційного проекту у зіставленні з інвестуванням у ринковий портфель капітальних (фінансових) активів.

Передумовою звернення до моделі (2.2) є наявність розвиненого фондового ринку, вільні купівля-продаж акцій підприємства, яке реалізує інвестиційний проект як його власник. В разі неможливості безпосереднього розрахунку коефіцієнта β досліджуваного інвестиційного проекту для цього можуть бути взяті ретроспективні дані про доходність акцій підприємства-аналога.

Класична або базова версія бета-методу, представлена співвідношенням (2.2), враховує лише варіаційний систематичний (ринковий, неспецифічний) ризик. Як можливий шлях усунення цього обмеження пропонується використовувати модифікацію бета-методу, в якій премія за несистематичний ризик враховується у

правій частині рівності (2.2) як окремий доданок [20, с. 432–433]:

$$r = r_f + \beta(r_m - r_f) + r_u, \qquad (2.3)$$

де r_u – премія за несистематичний ризик.

Метод знаходження ставки дисконтування як середньозваженої вартості капіталу для найпростішого випадку, коли в структурі капіталу виокремлюються лише власні і позикові кошти (без подальшого розбиття), може бути описаний формулою [20, с. 434]:

$$r = r_{eq} w_{eq} + (1 - R_{PT}) r_{bc} w_{bc}, \qquad (2.4)$$

де r_{eq}, r_{bc} – норма доходності для відповідно власного і позикового капіталу підприємства;

w_{eq}, w_{bc} – частка відповідно власного і позикового капіталу для підприємства в цілому, або в межах задіяного в реалізації інвестиційного проекту;

R_{PT} – ставка податку на прибуток.

На практиці може використовуватися розширена версія розглядуваного методу, в якій до середньозваженої вартості капіталу додається премія за несистематичний ризик. Так, фахівцями консалтингової компанії “Альт-Інвест”, залежно від спрямованості інвестиційного проекту рекомендуються такі величини премії за зазначений вид ризику [45, с. 366]:

- для проектів у підтримання виробництва – 0 %;
- для проектів у розширення виробництва – 3 %;
- для проектів виходу на нові ринки – 6 %;
- для проектів, пов’язаних із суміжними сферами бізнесу – 9 %;
- для проектів, пов’язаних з новими галузями – 12 %.

Однією з ключових проблем врахування ризику при оцінюванні економічної ефективності реальних інвестицій шляхом коригування дисконтної ставки є відсутність логічної однозначності в разі немонотонності залежності між останньою і показником чистої теперішньої вартості, зумовленої неодноразовою зміною знака грошових потоків інвестиційного проекту. Зазначена проблема широко обговорювалася в академічному середовищі, її аналізу присвячено чималий масив

публікацій (див., наприклад, [94; 96; 100; 108]). Поряд з напрацюванням в результаті цього певних підходів, за теперішнього часу вона не одержала якогось єдиного і вичерпного рішення. Зокрема, в роботі С.В. Черьомушкіна серед іншого відстоюється необхідність роздільного дисконтування складових грошових потоків інвестиційного проекту, які мають власні ризикові характеристики [88]. П.Л. Віленський, В.Н. Лівшиць та С.А. Смоляк дотримуються думки [20], згідно з якою коригування на ризик ставки дисконтування слід розглядати лише як наближений метод, який вимагає обережності у застосуванні.

2. Підґрунтям методу детермінованих або безризикових еквівалентів (Certainty Equivalent Method) [9; 11; 32; 53; 95; 97; 104] слугують положення теорії сподіваної корисності, сформульованої Дж. фон Нейманом та О. Моргенштерном. Згідно з даним підходом випадкові величини грошових потоків за розрахунковими періодами реалізації досліджуваного інвестиційного проекту замінюються їх детермінованими еквівалентами. Нагадаємо, що детермінований (безризиковий) еквівалент в межах названої теорії слід розуміти як гарантовану суму коштів (з урахуванням знака, який відображає напрям їх руху), одержання або відчуження, тобто корисність, якої для суб'єкта прийняття рішення еквівалентне (рівнозначне) участі у лотереї, де остання являє собою формалізацію стохастично (ймовірнісно) недетермінованої ситуації з відомими можливими фінансовими наслідками (результатами) та їх імовірностями.

Отже, з урахуванням зазначеного величина чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту в межах методу детермінованих еквівалентів описується співвідношенням:

$$NPV = \frac{CE(\breve{CF}_0)}{(1+r_f)^0} + \frac{CE(\breve{CF}_1)}{(1+r_f)^1} + ... + \frac{CE(\breve{CF}_k)}{(1+r_f)^k} + ... + \frac{CE(\breve{CF}_T)}{(1+r_f)^T}, \qquad (2.5)$$

де $CE(\breve{CF}_k)$ – детермінований (безризиковий) еквівалент випадкової величини грошового потоку для k-го періоду реалізації інвестиційного проекту;

r_f – безризикова ставка дисконтування.

Застосуванню представленого методу у вихідному варіанті, який передбачає знаходження функції корисності, перешкоджають такі дві проблеми [32, с. 145]:

По-перше, побудова функції корисності являє собою вельми непросту задачу, незважаючи на її концептуальну опрацьованість в межах теорії сподіваної корисності.

По-друге, навіть в разі одержання функції корисності, яка правильно відображає переваги зацікавленої особи (суб'єкта прийняття рішення, експерта), застосування розглядуваного підходу стикається з необхідністю виявлення та оцінювання усіх можливих (або, як мінімум, усіх значущих – допов. наше, О.К.) сценаріїв здійснення інвестиційного проекту, включно з визначенням відповідних імовірностей.

Як альтернатива реалізації аналізованого методу шляхом моделювання функції корисності виступає підхід, згідно з яким детерміновані еквіваленти випадкових величин грошових потоків знаходяться на основі коригування сподіваних значень останніх. Зокрема, детерміновані грошові потоки можуть бути визначені за допомогою коригувальних коефіцієнтів, які структурно являють собою співвідношення між коефіцієнтами дисконтування "з" і "без" поправки на ризик. Відповідні розрахункові вирази мають вигляд [32, с. 145–147; 97, с. 68–69]:

$$CE(\breve{\breve{CF}}_k) = \alpha_k M(\breve{\breve{CF}}_k) = \frac{(1+r_f)^k}{(1+r)^k} M(\breve{\breve{CF}}_k),\ k = \overline{0,T}, \qquad (2.6)$$

де α_k – коригувальний коефіцієнт (коефіцієнт безризикової еквівалентності) для сподіваного значення випадкової величини грошового потоку у k-му періоду.

Неважко помітити, що хоча трансформація випадкових величин грошових потоків інвестиційного проекту у детерміновані еквіваленти на основі співвідношень (2.6) не потребує побудови функції корисності, друга з наведених вище проблем стосовно практичного застосування розглядуваного методу при цьому все одно зберігає свою актуальність. Також слід зауважити, що сфера коректного застосування співвідношень (2.6) обмежується ситуаціями, коли $\forall k = \overline{1,T}:\ M(\breve{\breve{CF}}_k) \geq 0$.

3. Ще одним методом спрощеного врахування невизначеності та ризику під час оцінки економічної ефективності реальних інвестицій є аналіз чутливості (Sensitivity Analysis) [6; 9; 50; 54; 55; 78; 85]. Його зміст полягає в

послідовно-одиничному (відокремленому) змінюванні (варіюванні) значень вихідних фінансово-економічних параметрів або аргументів (факторів ризику) та оцінюванні впливу зазначених змін на значення обраних для дослідження показників (критеріїв) економічної ефективності. Чим сильнішим є вплив зміни деякого параметра на зміну досліджуваного критеріального показника, тим більшим ризиком він обтяжує даний критерій. Як типові параметри, які доцільно досліджувати в межах аналізу чутливості, можна назвати:

- величину вкладень в основні та оборотні засоби;
- ціну продукції та обсяг продажів у натуральному вираженні;
- значення окремих складових витрат, пов'язаних з виготовленням та продажем продукції;
- тривалість певних стадій життєвого циклу інвестиційного проекту, а також загальний термін (строк) його реалізації;
- величину дисконтної ставки.

Одним з вузлових питань при здійсненні розглядуваного методу є визначення діапазонів (інтервалів) варіювання значень обраних для аналізу параметрів. При його розв'язанні окрім іншого слід враховувати практику інвестиційної діяльності в межах конкретної галузі, а також економіки в цілому відповідної країни.

До переваг аналізу чутливості відносять "природність" концептуальної схеми, розрахункову простоту, зручність наочного представлення, прозорість інтерпретації результатів. Водночас, недоліком даного підходу є відсутність побудови спектра можливих сценаріїв реалізації інвестиційного проекту, які б ґрунтувалися на одночасному налаштовуванні (а не просто варіюванні) наборів ключових параметрів, з урахуванням зв'язків між ними, що в підсумку зумовлює істотну обмеженість його аналітичного потенціалу.

4. І, нарешті, до складу традиційних методів спрощеного врахування невизначеності і ризику при економічному обґрунтуванні реальних інвестицій входить аналіз критичних (граничних) значень (точок) (можлива інша назва: аналіз беззбитковості) [9; 19; 53; 54; 78; 85]. Його суть зводиться до відшукування та наступного аналізу таких значень початкових фінансово-економічних параметрів

(аргументів, змінних), за яких проміжні або результуючі критеріальні показники інвестиційного проекту дорівнюють деякому граничному (критичному) рівню. Зазначений аналіз рекомендується здійснювати передусім стосовно чистої теперішньої вартості, а також операційного прибутку за окремими розрахунковими періодами реалізації інвестиційного проекту. У найпростішому випадку для названих критеріальних показників знаходяться критичні обсяги виробництва та продажу продукції. При більш розгорнутому підході дослідженню підлягають інші параметри, такі як ціна, прямі матеріальні витрати тощо.

Як види критичних значень обсягу виробництва і продажу продукції, які пропонуються для використання в межах аналітичної підтримки процесів реального інвестування, виступають:

- точка інвестиційної беззбитковості або рівноваги – значення даного параметра, при якому досягається нульовий рівень чистої теперішньої вартості;
- точка бухгалтерської беззбитковості – обсяг продукції, для якого виручка від її продажу дорівнює витратам, пов’язаним з її виготовленням і продажем;
- точка грошової або граничної беззбитковості – обсяг продукції, при якому виручка від її продажу відшкодовує всі витрати, пов’язані з її виготовленням і продажем, окрім тих, що не потребують безпосередніх грошових виплат, а мають форму нарахувань. До останніх належать перш за все амортизаційні відрахування.

Формули для розрахунку зазначених показників можуть бути записані так:

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1(Q^{IE})}{(1+r)^1} + ... + \frac{CF_k(Q^{IE})}{(1+r)^k} + ... + \frac{CF_T(Q^{IE})}{(1+r)^T} = 0; \quad (2.7)$$

$$Q_k^{BEP} = \frac{FC_k}{P_k - AVC_k},\ k = \overline{1,T}; \quad (2.8)$$

$$Q_k^{BEM} = \frac{FC_k - A_k}{P_k - AVC_k},\ k = \overline{1,T}, \quad (2.9)$$

де Q^{IE} – точка інвестиційної беззбитковості (рівноваги);

Q_k^{BEP}, Q_k^{BEM} – точка відповідно бухгалтерської і грошової (граничної) беззбитковості у k-му розрахунковому періоді реалізації інвестиційного проекту;

FC_k, AVC_k, P_k, A_k – відповідно постійні витрати, середні змінні витрати, ціна одиниці продукції та амортизаційні відрахування у k-му розрахунковому періоді реалізації інвестиційного проекту.

Зауважимо, що в основі моделювання обсягів бухгалтерської і грошової беззбитковості лежать такі припущення [29, с. 172–173]:

- усі витрати можна поділити на змінні пропорційні та постійні;
- обсяг виробництва і обсяг продажу продукції за розрахунковий період збігаються між собою;
- ціна продукції не залежить від обсягу виробництва та продажу і протягом розрахункового періоду залишається стабільною.

Зіставлення обсягів виробництва і продажу продукції, визначених як базові (базисні), з їх критичними значеннями дозволяє оцінити запас стійкості або безпеки інвестиційного проекту. У відносній формі цей аспект може бути представлений за допомогою відповідних коефіцієнтів [27, с. 188]:

$$MSR_k^{IE} = \frac{Q_k^{bs} - Q^{IE}}{Q_k^{bs}}, \tag{2.10}$$

$$MSR_k^{BEP} = \frac{Q_k^{bs} - Q_k^{BEP}}{Q_k^{bs}}, \tag{2.11}$$

$$MSR_k^{BEM} = \frac{Q_k^{bs} - Q_k^{BEM}}{Q_k^{bs}}, \tag{2.12}$$

$$k = \overline{1, T},$$

де MSR_k^{IE}, MSR_k^{BEP}, MSR_k^{BEM} – коефіцієнт запасу стійкості (безпеки) для відповідно інвестиційної, бухгалтерської та грошової беззбитковості у k-му розрахунковому періоді реалізації інвестиційного проекту.

Поряд з викладеним аналіз беззбитковості та запасу стійкості передбачає інші версії, які ґрунтуються на інших вихідних припущеннях стосовно характеристик витратного і цінового параметрів, структури виробництва тощо. Скажімо, якщо в межах інвестиційного проекту планується виробництво і продаж більше одного виду продукції, то у цьому разі необхідно звернутися до відповідних багатопродуктових модифікацій розглянутих вище показників.

5. У методі дерева рішень (Decision Tree) [6; 9; 32; 35; 53; 57; 84] реалізація інвестиційного проекту розглядається як багатоетапний процес прийняття рішень, які впливають на його результати, в межах чого припускаються різні можливі стани зовнішнього середовища, а також обізнаність стосовно ймовірностей їх настання. У суто математичному сенсі те, що називають деревом рішень, являє орієнтований граф (оргграф), за допомогою якого здійснюється формалізований опис зазначеного процесу.

Структуру дерева рішень визначають такі елементи:

- вузол (точка) прийняття першого рішення;
- вузли станів середовища;
- вузли наслідків (результатів);
- вузли, які фіксують наявність певного результату і необхідність прийняття рішення;
- дуги (стрілки) альтернативних рішень (альтернатив);
- дуги станів середовища.

Припустимо, що на основі дерева рішень необхідно оцінити економічну ефективність деякого інвестиційного проекту, розрахованого на два роки. Покладемо також, що в межах кожного з років реалізації проекту припускається наявність двох можливих станів середовища, для яких відомі ймовірності їх актуалізації. Для окресленої умовної ситуації може бути побудоване дерево рішень, яке зображено на рис. 2.3.

На рис. 2.3 використовуються такі умовні позначення:

R_0 – прийняття першого рішення;

A_{11}, A_{12} – рішення відповідно на користь та проти реалізації інвестиційного проекту;

A_{2j}, $j = \overline{1,4}$ – рішення стосовно другого етапу (року) здійснення реальних інвестицій;

s_{11}; s_{2j}, $j = \overline{1,4}$ – "вибір" середовищем своїх станів за результатами відповідних рішень для відповідно першого та другого етапів втілення інвестиційного проекту;

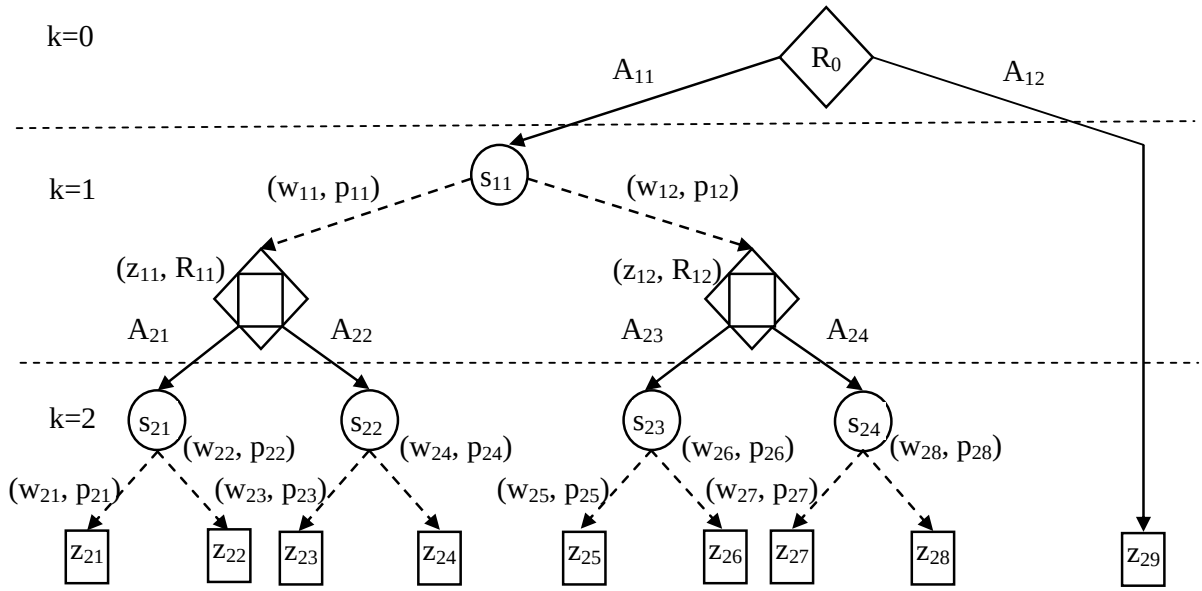


Рис. 2.3. Структура дерева рішень для гіпотетичного інвестиційного проекту

Джерело: побудовано автором [48, с. 87]

(ω_{1i}, p_{1i}), $i = 1, 2$; (ω_{2j}, p_{2j}), $j = \overline{1, 4}$ – двійки, в яких фіксуються можливі стани середовища та ймовірності їх настання для відповідно першого і другого етапів здійснення реальних інвестицій;

(z_{11}, R_{11}), (z_{12}, R_{12}) – двійки, які відображають одержаний результат і прийняття рішення по завершенні першого етапу реалізації інвестиційного проекту при актуалізації відповідно першого та другого з можливих станів середовища;

z_{2l}, $l = \overline{1, 9}$ – можливі результати для різних сценаріїв (послідовних рішень та станів середовища) стосовно аналізованого інвестиційного проекту;

k – індикатор етапу (року) здійснення реальних інвестицій.

Як ключову перевагу методу дерева рішень можна назвати глибокий рівень опрацювання й, відповідно, обґрунтованості інвестиційних рішень в умовах невизначеності, прийнятих на його основі. Разом з тим, використання цього підходу істотно обмежується його великою трудомісткістю, а також складністю, або неможливістю, одержання у повному обсязі необхідних вихідних даних.

6. Значення сценарного підходу, або методології, якщо розглядати його на узагальненому рівні, виходить далеко за межі проблематики інвестиційного аналізу. Тому доцільно висвітлити його дещо більш розгорнуто.

Появу сценарного підходу пов’язують з періодом завершення Другої світової війни, коли поява нових загроз зумовила необхідність розроблення і використання нових інструментальних засобів для потреб прогностичного аналізу і моделювання, а також довгострокового планування. Пальма першості тут належить, передусім, створеній у 1948-му році RAND Corporation, в межах ранніх досліджень якої, зокрема, при розробленні передових технологій у сфері озброєнь починає використовуватися сценарне планування [10].

З 1960-х років бере початок використання сценарної методології у сфері бізнесу. Піонерами у цьому напрямі виступили такі компанії, як Royal Dutch Shell, General Electric, Lockheed та ін., які, здійснюючи масштабні капіталовкладення, зіштовхнулися з принциповою необхідністю планувати свою діяльність на довгострокову перспективу. Успішні практики сценарного планування в межах корпоративного управління привели до того, що вже у 1980-му році його використання набуло значного поширення серед великих компаній США [10].

Згідно з [65] можуть бути виокремлені два підходи до визначення поняття сценарію. В межах першого підходу, який логічно назвати описувально-аналітичним, сценарій розуміється як моделювання або проектування можливих, внутрішньо несуперечливих, варіантів майбутнього. У другому підході, який зручно і коректно означити як перетворювально-проектувальний, робиться акцент на аспекті сценарію як інструмента планування діяльності, підготовки та прийняття управлінських рішень, тобто у даному випадку можливі варіанти майбутнього мають розглядатися з точки зору можливих варіантів рішень або дій з боку відповідного зацікавленого суб’єкта (домогосподарства, підприємства, держави тощо).

Зрозуміло, що для питань аналізу та оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів більш актуальним є другий з окреслених підходів. Доцільно навести конкретні визначення, у яких перетворювально-проектувальне трактування знаходить своє безпосереднє втілення.

Так, П. Шварц осмислює сценарій як “інструмент для упорядкування уявлень стосовно альтернативних майбутніх ситуацій, у яких можуть бути реалізовані

рішення, які приймаються” [116, с. 4].

Ф. ван Ноттен визначає сценарій як “цілісний опис альтернативних гіпотетичних варіантів майбутнього, який віддзеркалює різні бачення минулого, теперішнього та майбутнього і який може слугувати основою для дій” [119, с. 20].

Останній вчений пропонує такий перелік ключових характеристик сценарію [119, с. 20]:

- гіпотетичний характер;
- опис альтернативних варіантів майбутнього;
- опис або майбутнього кінцевого стану, або шляху до нього;
- причинно-наслідкова зв’язаність та внутрішня узгодженість;
- можливість використовувати як основу для дій;
- описовий характер;
- правдоподібність;
- пояснювальний характер;
- зв’язок між минулим, теперішнім та майбутнім.

Неважко помітити, що з точки зору викладеного описаний перед цим метод дерева рішень слід розглядати як версію інструментальної реалізації сценарного підходу.

Поширеною в інвестиційному аналізі та інших сферах управління підприємством є практика побудови трьох сценаріїв: найбільш імовірного (очікуваного), який у цьому разі зазвичай розглядається як базовий (базисний), песимістичного та оптимістичного. В межах логіки даної моделі може розроблятися інша кількість сценаріїв, скажімо, п’ять: базовий, помірно песимістичний, песимістичний, помірно оптимістичний, оптимістичний. Також непоодинокою є практика, коли для підтримки прийняття управлінських рішень використовуються два сценарії: базовий та песимістичний.

На думку різних науковців, підхід, коли за принципом безпосереднього виокремлення обмеженого числа можливих комбінацій значень релевантних факторів створюється три–п’ять сценаріїв, одному з яких надається статус найбільш імовірного або базового, а решта описують деякі граничні, “песимістичну” та

“оптимістичну”, ситуації, є як мінімум концептуально недосконалим, а як максимум – хибним. Згідно з Дж.Ф. Коатсом, традиційне сценарне планування в системі координат “песимізм – база – оптимізм” здатне зумовлювати переважну або виключну увагу до базового сценарію на шкоду іншим сценаріям. Зрозуміло, що в такому разі використання сценарної методології втрачає свій аналітико-інструментальний сенс, який полягає в моделюванні альтернативних варіантів майбутнього і прийнятті виходячи з цього оптимального рішення. Як спосіб подолання недоліків традиційного сценарного планування Дж.Ф. Коатс пропонує розробляти два чи три макроекономічні сценарії (макросценарії), в межах яких мають будуватися локальні сценарії [102].

Узагальнюючи сучасні погляди стосовно коректної схеми сценарного підходу в аналізі інвестиційних проектів та інших сферах управління підприємством, В.А. Черкасова констатує [89, с. 19]: “<…> сценарії необхідно формувати починаючи з глобального, країнового або галузевого рівня, а потім спускатися на рівень компанії і проекту. При групуванні усіх поганих, з точки зору компанії, подій в одному сценарії, а усіх гарних – в іншому, може бути порушена логіка розвитку подій і не враховані зв’язки між ними. У цьому разі сценарії пристосовують до компанії, замість того, щоб описувати з їх допомогою середовище, в якому вона існує”.

7. Концепція реальних або управлінських опціонів являє собою відносно новий напрям у сфері менеджменту та економічного обґрунтування інвестиційних проектів. За своєю ідейною основою методологія реальних опціонів виступає як підхід до управління в економічних системах та оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів, у якому реалізується спроба подолання обмежень традиційних методів, пов’язаних з їх статичністю, тобто неврахуванням і невикористанням у їх межах можливостей прийняття та здійснення певних рішень стосовно об’єкта управління залежно від розвитку ситуації [4; 5; 9; 11; 26; 30; 31]. У широкому сенсі, якщо звернутися до формулювання, яке належить О.В. Бухвалову [13, с. 77], під реальним опціоном слід розуміти можливість, або право, прийняти деяке управлінське рішення у майбутньому. Більш повне первинне уявлення

стосовно сутності реальних опціонів у менеджменті та інвестиційному аналізі дозволяють сформувати визначення або трактування цього поняття, наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Визначення (трактування) поняття реального опціону у навчальній та науковій літературі

№	Автор(и)	Джерело	Зміст (трактування) поняття реального опціону
1	Р. Брейлі, С. Майєрс	[9, с. 251.]	Трактують реальний опціон як можливість вносити зміни у здійснюваний інвестиційний проект
2	Т. Коупленд, А. Долгофф	[46, с. 135.]	Пояснюють суть реального опціону як "можливість (але не зобов'язання) змінити спосіб дій у майбутньому в разі появи нових обставин"
3	Д.М. Ченс, П.П. Петерсон	[101, с. X.]	Визначають реальні опціони як "можливості, пов'язані з інвестиційними проектами, які характеризуються певною гнучкістю"
4	П. Кодукула, Ч. Папудесу	[105, с. IX.]	"Реальний опціон – це право, але не зобов'язання, вживати заходи стосовно базового нефінансового активу, який кваліфікується як реальний актив"
5	О. ван Путтен, І. Макміллан	[120, с. 135.]	Реальні опціони розглядаються як "право, але не зобов'язання, здійснювати інвестиції у проект"
6	Б.М. Яценко	[78, с. 405.]	"Реальний опціон – це право (але не зобов'язання) здійснити інвестиційний проект, якому властива управлінська гнучкість"
7	І.Я. Лукасевич	[58, с. 270.]	"Реальний опціон – право або можливість приймати гнучкі рішення або дії, які дозволяють збільшувати вартість (цінність) активів або зменшувати втрати"

Джерело: складено автором [48, с. 90]

Згідно з висновками, яких доходить О.В. Бухвалов, реальні опціони – це [14, с. 4]:

1) фактично існуючий феномен, який усвідомлено-раціонально, або на суто інтуїтивному рівні використовується суб'єктами управління (менеджерами);

2) концепція, яка надає потужний понятійний апарат для розробки і прийняття стратегічних рішень;

3) метод, який дозволяє одержувати уточнену оцінку показника чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту, виходячи з більш адекватного врахування його потенціалу.

Виникнення та початкове становлення теорії реальних опціонів нерозривно пов'язане з теорією фінансових опціонів, хоча у своєму нинішньому стані вона все

більшою мірою набуває індивідуальних рис, в межах чого її конструкції далеко не обмежуються аналогіями або механічними запозиченнями з останньої. Уперше термін “реальний опціон” було вжито у 1977-му році С. Майєрсом у публікації, присвяченій принципам та закономірностям корпоративних запозичень [110]. У фрагменті даної праці, який сьогодні сприймається як “історичний”, він висловлює думку [110, с. 147], що “багато корпоративних активів, особливо можливості зростання, можна розглядати як кол-опціони. Цінність таких “реальних опціонів” залежить від дискреційних майбутніх інвестицій фірми”.

На середину 1980-х років припадає поява значущих робіт, у яких досліджуються аспекти практичного застосування теорії реальних опціонів. Так, у 1985-му році виходить у світ стаття М. Бреннана і Е. Шварца, у якій розглядається застосування реальних опціонів у сфері видобутку природних ресурсів [99]. У цьому ж самому році опубліковується праця С. Тітмана, присвячена оцінюванню вільної ділянки міської землі за допомогою опціону очікування [118]. З кінця 1990-х років концепція та методичний апарат реальних опціонів починають активно висвітлюватися в авторитетних наукових і науково-практичних виданнях з менеджменту [14, с. 6–7]. За теперішнього часу сфери практичного застосування інструментарію реальних опціонів охоплюють такі види економічної діяльності як видобувна промисловість, автомобілебудування, машинобудування, хімічна промисловість, целюлозно-паперова промисловість, транспорт, фармацевтика, електроніка, телекомунікації, торгівля, банківська справа та ін. [4; 5; 9; 30; 31].

Беручи до уваги взаємодію між теорією реальних опціонів і теорією фінансових опціонів, про що зазначалося вище, доцільно нагадати деякі ключові поняття науково-практичної галузі фінансових опціонів. У компактній формі вони представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Деякі поняття теорії і практики фінансових опціонів

№	Поняття	Зміст поняття
1	2	3
1	Опціон (option)	Контракт, який дає його власнику (держателю) право, але не зобов’язання, купити або продати певний актив за певною ціною в межах певного періоду часу

Продовження табл. 2.2

1	2	3
2	Базовий актив (underlying asset)	Актив, який є предметом опціонного контракту. У його ролі зазвичай виступають акції, натуральний товар, валюта
3	Ціна виконання (strike price, exercise price)	Заздалегідь визначена (зафіксована) ціна, за якою власник (держатель) опціону має право купити або продати базовий актив
4	Дата закінчення (термін закінчення, дата або термін виконання, expiration date)	Заздалегідь визначена (зафіксована) дата, станом на яку або протягом проміжку часу до настання якої власник (держатель) опціону має право виконати свій опціон
5	Премія опціону (опціонна премія, option premium)	Грошова сума, яка сплачується покупцем опціону його продавцеві під час укладення опціонного контракту. Сторона (особа), яка купила опціон, стає його власником, або держателем, а сторона (особа), яка продала опціон, виступає в ролі емітента (її також називають підписувачем опціону)
6	Внутрішня вартість (intrinsic value)	Приріст коштів (капіталу) для власника опціону, забезпечуваний можливістю його негайного виконання
7	Часова вартість (time value)	Різниця між опціонною премією і внутрішньою вартістю опціону

Джерело: складено автором [48, с. 91] на основі [15; 60; 91]

У табл. 2.3 надано характеристику основних видів фінансових опціонів.

Таблиця 2.3

Основні види фінансових опціонів

№	Класифікаційна ознака/вид фінансового опціону	Характеристика фінансового опціону
1	За датою виконання	
1.1	“Європейський” опціон (European option)	Може бути здійснений лише у певний день, дату закінчення (виконання)
1.2	“Американський” опціон (American option)	Може бути виконаний у будь-який день протягом проміжку часу до настання дати закінчення
2	За змістом права виконання	
2.1	Кол-опціон (опціон “кол”, опціон на купівлю, опціон покупця, call option)	Дає право купити базовий актив
2.2	Пут-опціон (опціон “пут”, опціон на продаж, опціон продавця, put option)	Дає право продати базовий актив
3	Залежно від ринку обігу	
3.1	Біржові опціони (exchange-traded options)	Обіг здійснюється на біржах, у тому числі спеціальних. Мають стандартизований характер
3.2	Позабіржові опціони (over-the-counter options)	Обіг здійснюється на позабіржовому ринку. Укладаються на індивідуальних умовах, узгоджених між сторонами опціонного контракту

Джерело: складено автором [48, с. 92] на основі [15; 60; 91]

Одним з стрижневих елементів механізму обігу фінансових опціонів є їх внутрішня вартість, або у скороченому варіанті – вартість, під якою розуміється

приріст коштів (капіталу), одержуваний економічним суб'єктом (інвестором) внаслідок володіння даним інструментом (див. також табл. 2.2). Формально вартість опціону на момент виконання може бути записана у такий спосіб.

Для опціону "кол" [60, с. 318]:

$$C(0) = \max\{S - X, 0\}, \tag{2.13}$$

де $C(0)$ – вартість кол-опціону на момент виконання;

S – ціна базового активу на момент виконання;

X – ціна виконання опціону.

Для опціону "пут" [60, с. 318]:

$$P(0) = \max\{X - S, 0\}, \tag{2.14}$$

де $P(0)$ – вартість пут-опціону на момент виконання.

Відповідно до предмета цього дослідження, подальший розгляд порушеного питання, якщо не буде сказане інше, обмежуватиметься реальними опціонами, які стосуються проектів реального інвестування.

Залежно від джерела виникнення або існування може бути виокремлено два види реальних опціонів [26]:

1) внутрішні, або вбудовані, реальні опціони, які зумовлюються вихідними властивостями аналізованого інвестиційного проекту;

2) контрактні реальні опціони, які являють собою умовні строкові контракти. Істотна відмінність такого контракту від фінансового опціону полягає у тому, що він має індивідуальний характер і становить інтерес лише для його учасників.

Важливою складовою опціонного підходу до економічної оцінки інвестиційних проектів та управління їх реалізацією є різновиди або варіанти реальних опціонів з точки зору змісту здійснюваних дій. Первинні відомості щодо цього наведено у табл. 2.4.

Ядро наявної методології підтримки прийняття інвестиційних рішень з урахуванням реальних опціонів складають такі підходи або методи [5; 9; 11; 26; 30; 31]:

Таблиця 2.4

Деякі види реальних опціонів залежно від змісту дій

№	Вид реального опціону	Фінансовий опціон – структурний аналог	Коментар
1	Опціон на припинення проекту (вихід з проекту)	Опціон “пут”	При несприятливому розвитку подій може бути доцільним припинити реалізацію проекту, одержавши його ліквідаційну вартість
2	Опціон на відтермінування (відстрочення) початку проекту	Опціон “кол”	Залежно від обставин, – несприятливої поточної економічної кон’юнктури, очікуваннях більш вигідних економічних умов у перспективі – може виявитися доцільним відтермінувати момент початку проекту
3	Опціон на розширення	Опціон “кол”	Якщо проект містить резервні, або надлишкові, виробничі потужності, вони можуть бути задіяні в разі збільшення обсягу попиту на виготовлювану продукцію. Також економічний суб’єкт, який реалізує проект, може мати у своєму розпорядженні можливість збільшити його виробничу потужність
4	Опціон на скорочення	Опціон “пут”	Проект може припускати, або передбачати, можливість скорочення його масштабів, яка може бути використана в разі несприятливого розвитку ситуації
5	Опціон на подовження проекту	Опціон “кол”	Суть даного опціону полягає у можливості подовжити термін реалізації проекту. Це може потребувати додаткових інвестиційних витрат
6	Опціон на перемикання	Має складну (складену) структуру	Опціон на перемикання порівняно з попередніми є істотно більш неоднорідним з точку зору конкретного змісту можливих дій. По-перше, це можливість переходу на випуск іншої продукції, або на використання іншої сировини, або на використання іншої технології тощо. По-друге, це можливість тимчасової зупинки проекту

Джерело: складено автором [48, с. 93] на основі [9; 31; 54; 78]

- метод приросту (прирощення) чистої теперішньої вартості (можлива інша назва: метод стратегічної (розширеної) чистої теперішньої вартості);
- метод на основі моделі оцінки вартості опціонів Блека – Шоулза;
- метод на основі біноміальної моделі оцінки вартості опціонів Кокса – Росса – Рубінштейна.

У межах першого з названих підходів пропонується розрізняти стратегічну, або розширену, чисту теперішню вартість, яка враховує реальні опціони, і традиційну, або статичну, чисту теперішню вартість, яка не передбачає виявлення та

аналізу останніх. Виходячи із зазначеного, формула для розрахунку стратегічної чистої теперішньої вартості має вигляд (на основі [26, с. 251–252]):

$$\breve{S}\breve{N}\breve{P}\breve{V} = \breve{N}\breve{P}\breve{V} + \sum_{i=1}^{n} \Delta\breve{N}\breve{P}\breve{V}(RO_i), \tag{2.15}$$

звідки

$$M(\breve{S}\breve{N}\breve{P}\breve{V}) = M(\breve{N}\breve{P}\breve{V}) + \sum_{i=1}^{n} M(\Delta\breve{N}\breve{P}\breve{V}(RO_i)), \tag{2.16}$$

де $\breve{S}\breve{N}\breve{P}\breve{V}$, $\breve{N}\breve{P}\breve{V}$ – випадкова величина відповідно стратегічної та традиційної чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту;

$\Delta\breve{N}\breve{P}\breve{V}(RO_i)$ – випадкова величина приросту чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту за рахунок i-го реального опціону;

$M(...)$ – сподіване значення відповідної випадкової величини;

n – кількість виявлених та взятих до уваги реальних опціонів.

Відповідно до своєї логіки опціонна економічна оцінка інвестиційних проектів за допомогою методу приросту чистої теперішньої вартості може розглядатися як версія або модифікація методу сценаріїв. Звідси, для досліджуваного підходу зберігають свою актуальність усі вузлові проблеми, притаманні сценарній методології, до яких додається проблема виявлення реальних опціонів.

Перш ніж продовжити викладення за порушеним питанням, зауважимо, що на відміну від попереднього методу, предметним полем якого є виключно реальні інвестиції, модель Блека – Шоулза, а також модель Кокса – Росса – Рубінштейна були створені для оцінювання вартості фінансових опціонів, тобто самими авторами цих моделей можливість їх використання стосовно економічного обґрунтування інвестиційних проектів від самого початку не передбачалася. Враховуючи, з одного боку, переважно оглядовий характер цього пункту, а з іншого боку, певну математичну "навантаженість" моделей Блека – Шоулза і Кокса – Росса – Рубінштейна, опишемо у загальних рисах зміст та потенціал у сфері оцінки економічної ефективності реальних інвестицій лише однієї з них, наприклад, моделі Блека – Шоулза.

Модель Блека – Шоулза була уперше оприлюднена її авторами, Фішером

Блеком і Майроном Шоулзом, у 1973 р. у статті “Ціноутворення опціонів та корпоративні зобов’язання”, розміщеної у “Журналі політичної економії” [98, с. 640]. З часом вона була комплексно розвинута. Першим, хто включився у цей процес, був Роберт Мертон [107]. Пізніше, у 1997 р., здобутки М. Шоулза і Р. Мертона за проблематикою оцінювання похідних фінансових інструментів були відзначені Нобелівською премією з економіки.

В основі моделі Блека – Шоулза лежить низка припущень, які стосуються фінансового ринку та активу, який виконує роль базового (в оригінальній початковій версії Ф. Блек і М. Шоулз оперували простими акціями). Конкретно, припускається, що (на основі [98, с. 640]):

1) короткострокова процентна ставка відома і залишається незмінною у часі;

2) ціна базового активу підпорядковується процесу випадкового блукання у неперервному часі з варіацією, пропорційною квадрату ціни базового активу. Звідси, розподіл можливих цін базового активу наприкінці будь-якого скінченого періоду є логнормальним (логарифмічно-нормальним). При цьому варіація доходності базового активу є постійною;

3) за базовим активом не передбачено проміжні виплати (дивіденди і т. п.);

4) об’єктом аналізу є “Європейський” опціон, тобто він може бути виконаний лише на дату закінчення;

5) транзакційні витрати при купівлі або продажу базового активу або опціону відсутні;

6) можна одержати за короткостроковою процентною ставкою позику для оплати будь-якої частки ціни цінного паперу при його купівлі;

7) штрафи за короткі продажі відсутні. При цьому продавець цінного паперу, не будучи його власником, просто одержує його ціну у покупця, погоджуючись розрахуватися з ним у майбутньому за ціною, яка установиться на обумовлену майбутню дату.

Конструктивний принцип, виходячи з якого Ф. Блек і М. Шоулз знайшли свою знамениту формулу, пов’язаний з ідеєю еквівалентного (імітуючого, дублюючого)

портфеля. Пізніше ця ж теоретична конструкція була використана Дж. Коксом, С. Россом, і М. Рубінштейном при побудові їх біноміальної моделі. Еквівалентним називається портфель, складений з ризикового активу та активу з безризиковою процентною ставкою, який відтворює можливі значення вартості аналізованого опціону у майбутньому протягом терміну його дії.

Вартість опціону "кол" згідно з підходом Ф. Блека і М. Шоулза слід розраховувати у такий спосіб (на основі [11, с. 149]):

$$C(t) = SN(d_1) - Xe^{-rt}N(d_2), \tag{2.17}$$

при цьому

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}, \tag{2.18}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}, \tag{2.19}$$

де $C(t)$ – вартість опціону у момент за проміжок часу t до його виконання;

t – проміжок часу до виконання опціону;

S – поточна ціна базового активу;

r – безризикова процентна ставка;

X – ціна виконання опціону;

σ – середньоквадратичне відхилення доходності базового активу;

$N(...)$ – функція розподілу стандартного нормального закону.

Р. Мертоном була запропонована модифікація моделі Блека – Шоулза, у якій для акцій, які виступають як базовий актив, передбачається, на відміну від вихідної версії, наявність дивідендів у період дії опціону. Одержана цим вченим формула має вигляд (на основі [52, с. 20]):

$$C(t) = Se^{-\delta t}N(d_1) - Xe^{-rt}N(d_2), \tag{2.20}$$

при цьому

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}, \tag{2.21}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}, \tag{2.22}$$

де S – поточна ціна акції;

σ – середньоквадратичне відхилення доходності акції;

δ – дивіденди.

Між факторами вартості фінансового опціону в межах представленої модифікованої моделі Блека – Шоулза і фінансово-економічними параметрами проекту реального інвестування, можливість реалізувати який розглядається як реальний опціон, може бути установлена відповідність, яку відображають відомості табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Відповідність між параметрами фінансового опціону і реальних інвестицій

№	Параметр фінансового опціону	Параметр – аналог (еквівалент) реальних інвестицій
1	Поточна ціна акції	Поточна (приведена) вартість грошових потоків інвестиційного проекту, які генеруються після початку його реалізації
2	Ціна виконання	Інвестиційні витрати
3	Волатильність (мінливість) ціни акції, описувана показником дисперсії (середньоквадратичного відхилення)	Волатильність грошових потоків інвестиційного проекту, яка виражається показником дисперсії (середньоквадратичного відхилення)
4	Термін (строк) виконання (дії)	Період, протягом якого залишається можливість реалізувати інвестиційний проект
5	Дивіденди	Вартість, яка втрачається протягом терміну дії можливості реалізувати інвестиційний проект (зокрема, це може бути частина грошових потоків, втрачена на користь конкурентів, які почали реалізовувати інвестиційний проект раніше)
6	Безризикова процентна ставка (доходність безризикових цінних паперів, які мають такий самий термін погашення, що й термін дії опціону)	Безризикова процентна ставка

Джерело: [52]

Як дозволяють судити результати різних досліджень, у яких висвітлюються теоретичні та прикладні аспекти моделі Блека – Шоулза, вона може застосовуватися для оцінювання вартості різних за змістом дій реальних опціонів, передусім, на відмову від проекту, відтермінування початку проекту, розширення проекту. Цей підхід позиціонується як виключно актуальний для найрізноманітніших видів економічної діяльності, зокрема, таких, як видобуток природних копалин, енергетика, будівництво, операції з нерухомим майном, фармацевтика та ін. [31; 32].

Поряд із зазначеним, згідно з висновками критичного аналізу моделі Блека – Шоулза, як інструмент оцінки реальних опціонів вона обтяжена низкою серйозних обмежень або недоліків, які істотно стримують її продуктивне використання у даному напрямі [30, с. 67–70; 32, с. 359–362]:

1) у багатьох випадках спосіб здійснення реальних опціонів у часі більшою мірою відповідає "Американським" опціонам, а не "Європейським", з фіксованою датою виконання;

2) у моделі Блека – Шоулза припускається, що ціна базового активу підпорядковується логнормальному розподілу. Універсальність зазначеної закономірності в разі опціонного моделювання фінансово-економічних характеристик проектів реального інвестування викликає небезпідставні сумніви;

3) для багатьох практикуючих фахівців у сфері фінансового менеджменту та інвестиційного аналізу залишається проблемою повноцінне розуміння внутрішньої логіки, на якій ґрунтується модель Блека – Шоулза;

4) для опціонів, вартість яких оцінюється за допомогою моделі Блека – Шоулза, ціна виконання припускається фіксованою. В разі реальних опціонів цей показник, тобто інвестиційні витрати, може зазнавати змін.

Біноміальна модель оцінювання вартості опціонів Кокса – Росса – Рубінштейна у представленому вище огляді не висвітлювалася, а лише була згадана. Водночас, враховуючи її значущість, стосовно її сутності, конструктивних особливостей та потенціалу доцільно зауважити ось що.

Уперше біноміальна модель Кокса – Росса – Рубінштейна побачила світ у 1979 р., коли її авторами, Дж. Коксом, С. Россом та М. Рубінштейном, в "Журналі фінансової економіки" була опублікована стаття "Опціонне ціноутворення: спрощений підхід" [103]. У біноміальній моделі параметр часу припускається дискретним, а зміна ціни активу підпорядковується біноміальній схемі із скінченною кількістю однакових за величиною часових періодів, згідно з якою у кожний наступний період часу ціна активу може набути одне з двох можливих значень: або більше за попереднє у деякій пропорції u з деякою ймовірністю p, або менше за попереднє у деякій пропорції d з імовірністю $1-p$. При нескінченному

збільшенні кількості часових періодів результат, одержуваний у межах біноміальної моделі, прямує до результату, який одержується при використанні моделі Блека – Шоулза. Порівняно з моделлю Блека – Шоулза модель Кокса – Росса – Рубінштейна є більш простою для розуміння, а також більш гнучкою для модифікування. До її слабких сторін відносять обчислювальну трудомісткість [30; 31; 32; 92].

Підбиваючи загальні підсумки стосовно потенціалу та обмежень методу реальних опціонів в економічному обґрунтуванні інвестиційних проектів та управлінні ризиками їх реалізації, можна констатувати таке (з урахуванням розмірковувань за даним питанням, викладених у [30]):

1) виявлення й використання реальних опціонів здатне не лише істотно, або принципово, зменшити ризикованість інвестиційного проекту, але й також покращити сподівані значення критеріїв його економічної ефективності;

2) одна з труднощів реалізації опціонного підходу у сфері реального сектора економіки пов’язана з тим, що у кожному конкретному випадку реальні опціони не мають чітко окреслених границь. Їх пошук, або конструювання, являє собою процес з великою часткою творчої складової, яка має бути підкріплена відповідними компетенціями та внутрішньою налаштованістю з боку зацікавленої особи (суб’єкта прийняття рішення);

3) виходячи з логіки опціонної економічної оцінки інвестиційних проектів на основі приросту чистої теперішньої вартості, як один з базисів даного підходу слід розглядати, або де-факто виступає, метод сценаріїв, що безперечно служить фактором підвищення його аналітичного потенціалу та універсальності стосовно сфер використання;

4) модель оцінки опціонів Блека – Шоулза, з одного боку, як свідчить існуюча практика, припускає використання для аналізу інвестиційних можливостей в межах різних видів економічної діяльності, а з іншого боку, обґрунтоване звернення до неї передбачає ретельну перевірку досліджуваної проблемної ситуації на відповідність припущенням, які покладені в її основу;

5) як було зазначено вище, біноміальна модель оцінювання вартості опціонів Кокса – Росса – Рубінштейна характеризується значним адаптаційним

потенціалом. Як приклади її модифікацій, які більшою мірою, ніж вихідна версія, пристосовані до умов проектів реального інвестування, можна назвати, зокрема, метод зваженого поліноміального оцінювання вартості опціонів, який пропонується А.І. Яригіним [92], а також методичний апарат оцінювання реальних опціонів на основі моделі Кокса – Росса – Рубінштейна, розроблюваний О.В. Воронцовським [26], у якому серед іншого реалізується спроба враховувати можливість набуття грошовими потоками аналізованого інвестиційного проекту від'ємних значень, а не лише додатних чи нульових, як дозволяє передбачати вихідна версія опціонної біноміальної схеми.

Згідно з оговореним на початку цього пункту, розгляд недетермінованих методів врахування невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів обмежується у ньому дискретними методами. Що ж до неперервних методів, то їх комплексний аналіз та розвиток є предметом наступних розділів даного дослідження.

У загальному випадку варіація значень фінансово-економічних параметрів реальних інвестицій не є суто дискретною, або суто неперервною, а містить обидва ці варіанти. Така ситуація є наслідком існування в економіці двох різних груп факторів ризику, відповідно, дискретної і неперервної дії (впливу). Фактори ризику дискретної дії пов'язані із "зсувами" у зовнішньому середовищі, а також із стратегічними рішеннями підприємства. Це може бути, наприклад, поява нової технології, поява на ринках продукції підприємства нових підприємств-конкурентів, входження країни, до якої належить підприємство, до Світової організації торгівлі тощо. Фактори ризику неперервного впливу проявляють себе через постійне коливання значень галузевих та ринкових параметрів (цін на сировину і продукцію, процентних ставок, валютних курсів тощо) [85, с. 649–650].

З викладеного випливає, що узагальнена економіко-математична модель оцінки економічної ефективності інвестиційного проекту має ґрунтуватися на одночасному використанні у своєму складі як дискретних, так і неперервних методів урахування невизначеності. З огляду на зазначене, спробуємо сформулювати концептуальну модель довільного оцінки критерію економічної ефективності

проекту реального інвестування, яка б поєднувала сценарну методологію, за допомогою якої враховуються фактори ризику дискретної дії, а також інструментарій моделювання неперервної варіації значень фінансово-економічних параметрів зумовленої впливом факторів ризику відповідної групи.

Отже, нехай K – деякий показник (критерій) економічної ефективності реальних інвестицій; m – кількість сценаріїв розвитку економічної ситуації в межах здійснення інвестиційного проекту; K_j^{ND} – недетермінована, а саме, ймовірнісна (у формі випадкової величини) ($K_j^{ND} = \breve{K}_j$), або інтервальна ($K_j^{ND} = \overline{\overline{K}}_j$), або ж нечітка ($K_j^{ND} = \tilde{\tilde{K}}_j$), залежно від результатів відповідного аналізу з боку суб'єкта прийняття рішення, оцінка критерію K для j-го сценарію розвитку економічної ситуації, $j = \overline{1, m}$; Ps_j – суб'єктивно-ймовірнісна ($Ps_j = P_j$) або неймовірнісна ($Ps_j = Poss_j$), залежно від прийнятих суб'єктом прийняття рішення гіпотез, міра можливості реалізації j-го сценарію розвитку економічної ситуації, $j = \overline{1, m}$. Тоді узагальнена концептуальна модель оцінювання критерію економічної ефективності реальних інвестицій, яка враховує одночасно дискретний і неперервний види невизначеності, може бути записана так:

$$K^{ND} = \sum_{j=1}^{m} Ps_j(\alpha) \times K_j^{ND}(\beta), \tag{2.23}$$

при цьому

$$\alpha \in \{1, 2\},\ \beta \in \{1, 2, 3\},$$

$$Ps_j(\alpha) = \begin{cases} P_j, \text{ якщо } \alpha = 1 \\ Poss_j, \text{ якщо } \alpha = 2 \end{cases}, \tag{2.24}$$

$$0 \le Ps_j(\alpha) \le 1, \tag{2.25}$$

$$j = \overline{1, m},$$

$$\sum_{j=1}^{m} Ps_j(\alpha) = 1, \tag{2.26}$$

$$K_j^{ND}(\beta) = \begin{cases} \breve{K}_j, \text{ якщо } \beta = 1 \\ \overline{\overline{K}}_j, \text{ якщо } \beta = 2 \\ \tilde{\tilde{K}}_j, \text{ якщо } \beta = 3 \end{cases}, \tag{2.27}$$

$$j = \overline{1, m},$$

де K^{ND} – інтегрована (в межах сформованого набору сценаріїв розвитку економічної ситуації) оцінка критерію економічної ефективності K для досліджуваного інвестиційного проекту.

Таким чином, смисл розділення методів урахування невизначеності при оцінюванні інвестиційних проектів на дискретні та неперервні, не зводиться до суто формальної відмінності між дискретністю та неперервністю як двома різновидами варіації значень фінансово-економічних параметрів, першочергову роль з функціонально-інструментальної точки зору відіграють його онтологічні підстави, які обумовлюють взаємодоповнюючий характер взаємодії між методами урахування невизначеності названих двох груп, що знайшло своє втілення у запропонованій вище моделі.

2.3. Відшукування оцінок вихідних фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту в ситуації нестохастичної невизначеності

Як і в разі традиційної, або класичної, теорії імовірностей, одним з центральних питань у практичному використанні теорії суб'єктивних імовірностей, а також теорії нечітких множин, які тепер виступають як одні з основних підходів до формалізації інформації в умовах нестохастичної (нестатистичної) невизначеності, тобто коли події, які становлять інтерес, повторюються нечасто, або взагалі не спостерігалися раніше і їх реалізація можлива лише у майбутньому, є побудова відповідно суб'єктивно-ймовірнісних та нечітко-множинних (нечітких) оцінок початкових параметрів досліджуваної проблемної ситуації. Враховуючи його важливість, здійснимо спочатку короткий огляд основних методів знаходження ймовірностей в межах суб'єктивного підходу, після чого, орієнтуючись на проблематику оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів, більш докладно розглянемо його у розрізі нечітко-множинної методології.

Передусім зауважимо, що суб'єктивна ймовірність припускає два базові способи формалізації: якісний та кількісний. Дальше висвітлення порушеного питання буде обмежене кількісною суб'єктивною ймовірністю. При цьому як

основне інформаційне джерело використовуватиметься праця [67], як допоміжні джерела інформації – роботи [23; 93].

Залежно від характеру запитань, які ставляться експерту (експертам), можуть бути виокремлені три групи методів одержання суб'єктивних імовірностей.

Першу групу утворюють методи, в межах яких експерт, відповідаючи на поставлені запитання, безпосередньо оперує ймовірностями аналізованих подій. Вона є найбільш обширною за своїм складом. До методів цієї групи належать метод прямого оцінювання, метод змінного інтервалу, метод фіксованого інтервалу, метод відношень, метод попарних (парних) порівнянь, метод оцінки параметрів розподілу, методи на основі формул П. Фішберна, графічний метод та інші методи.

Методи другої групи полягають в одержанні ймовірностей подій виходячи з рішень експертів у тій чи іншій гіпотетичній ситуації вибору, у якій результат досліджуваних альтернатив являє собою реалізацію випадкової величини. Суто формально при такому підході зіставляються не ймовірності подій як такі, а сподівані корисності альтернатив. Показовим представником методів даної групи є так званий метод рівноцінних корзин. Застосування розглядуваних методів в силу їх специфіки вимагає більшої обережності порівняно з методами першої групи.

До третьої групи відносяться методи, у яких поєднуються аспекти попередніх двох підходів, тобто експерту доводиться оперувати як ймовірностями, так і корисностями.

Доцільно деякі з перелічених методів викласти більш детально. Почнемо з тих з них, які дозволяють знаходити ймовірності для скінченної множини несумісних подій.

Нехай A_i, $i=\overline{1,n}$ – повний перелік несумісних подій, які підлягають аналізу; p_i, $i=\overline{1,n}$ – імовірності реалізації подій зазначеного переліку, при цьому $P(A_i)=p_i$, $i=\overline{1,n}$, де $P(...)$ – імовірність настання відповідної події.

При прямому оцінюванні експерт має визначити послідовно ймовірності p_i, $i=\overline{1,n}$ усіх подій A_i, $i=\overline{1,n}$. Описуваний метод припускає різні варіанти. Згідно з одним з можливих варіантів з переліку досліджуваних подій спочатку вибирається

найбільш імовірна подія, після чого здійснюється оцінка її імовірності. Далі ця подія видаляється з вихідного переліку, а представлена процедура застосовується до подій, які залишилися. Так триває доти, доки не виявляються розглянутими всі події.

В разі методу відношень експерт спочатку вибирає найбільш імовірну подію. Їй приписується невідома ймовірність p. Потім експерт має оцінити послідовно відношення ймовірностей всіх інших подій до даної ймовірності: p_i / p. На основі значень цих відношень і умови нормування $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$ складаються рівняння для знаходження ймовірності p, після чого розраховуються всі інші ймовірності.

Метод попарних (парних) порівнянь (можлива інша назва: метод власного значення) ґрунтується на широко відомому підході (методології), розробленому Т.Л. Сааті [79; 114]. Стосовно проблеми оцінювання суб'єктивних імовірностей він був реалізований Р.Р. Ягером [121]. Внаслідок високого ступеня універсальності своєї структури запропонована Т.Л. Сааті методологія може бути використана для різних практичних задач.

Як було зазначено вище, концептуальний базис методів другої групи становить методологія взаємодії між теоретичними конструкціями ймовірності та корисності. Якщо звернутися в межах даного напряму до методу рівноцінних корзин, то його реалізація для знаходження деякої події A передбачає здійснення таких кроків.

Спершу задаються два істотно відмінні між собою виграші, наприклад, перший – 1 000 гр. од., а другий – 0 гр. од. Після цього експерту пропонується вибрати участь в одній з двох таких гіпотетичних лотерей.

Перша лотерея полягає у тому, що в разі, якщо подія A відбудеться, її учасник одержить 1 000 гр. од., якщо ж подія A не настане, результатом участі у лотереї буде 0 гр. од.

Друга лотерея моделюється за допомогою гіпотетичної корзини, заповненої білими і чорними шарами. Спочатку в корзині міститься однакова кількість шарів кожного кольору. Якщо вийнятий шар є білим, то учасник цієї лотереї одержує

1 000 гр. од., якщо ж він виявляється чорним, тоді виграш становитиме 0 гр. од.

Експерт має віддати перевагу одній з наведених лотерей. Якщо на його думку лотереї є рівноцінними між собою, то це інтерпретується як те, що ймовірність події A дорівнює 0,5. В разі надання переваги першій лотереї співвідношення шарів різного кольору у корзині змінюється в бік збільшення білих шарів. Навпаки, якщо експерт вважає більш привабливою другу лотерею, то частина білих шарів заміщується чорними шарами. В обох цих випадках експерту знову пропонується вибрати участь в одній з двох лотерей. Шляхом покрокового змінювання співвідношення білих і чорних шарів у корзині через деяку кількість кроків має бути досягнута рівноцінність двох лотерей. Тоді шукана ймовірність події A визначається на рівні частки білих шарів у їх загальній кількості.

Сферою застосування представлених вище методів є ситуації скінченної множини несумісних подій. Якщо ж припускається, що аналізована випадкова величина є неперервною, то суб'єктивні ймовірності можуть бути знайдені на основі методу змінного інтервалу, методу фіксованого інтервалу, а також інших методів.

Розглянемо тепер питання оцінювання вихідних фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту за допомогою інструментальних засобів теорії нечітких множин. Хоча вже досить тривалий час воно є предметом уваги з боку науковців, напрацьовані за ним рішення не вичерпують усіх можливих підходів. Раніше, у роботі [106], нами була здійснена спроба його дальшого розвитку. Висвітлимо нижче одержані у ній результати.

Суть проблеми оцінювання вихідних фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту на основі нечітко-множинної методології характеризується таким.

Оцінки аналізованих параметрів інтерпретуються як нечіткі величини, тобто довільні нечіткі множини, задані на множині дійсних чисел, або ж як нечіткі числа, які являють собою нечіткі величини спеціального виду [51, с. 137–139]. Звідси, нечітко-множинне оцінювання фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту зводиться до визначення функцій належності відповідних нечітких величин або чисел.

В межах нечітко-множинної методології сформовано достатньо розвинений методичний апарат побудови функцій належності нечітких множин [7, с. 7–30; 70, с. 259–276]. Основні відмінності між різними методами пов'язані з тим, в прямий чи непрямий (опосередкований) спосіб знаходяться функції належності, один чи декілька експертів здійснюють їх оцінку.

Прямий метод полягає у завданні функції належності шляхом або безпосереднього призначення ступенів належності для окремих значень досліджуваної характеристики (об'єкта), або ж за допомогою аналітичного виразу (формули).

В разі непрямих (опосередкованих) методів значення функції належності знаходяться виходячи з реалізації для них заздалегідь сформульованих умов. Одним з популярних методів даної групи є метод на основі методології попарних (парних) порівнянь Т.Л. Сааті [115]. Остання вже згадувалася вище у контексті проблеми моделювання суб'єктивних імовірностей. Варто ще раз підкреслити, що в силу універсальності своєї концептуальної схеми названий методологічний підхід передбачає застосування для різних практичних задач. Звернення до нього для оцінювання функції належності нечіткої множини виступає лише як одна з них.

Нехай $\tilde{A}$ – деяка нечітка множина, носій якої складається зі скінченної кількості дійсних чисел, значення функції належності яких невідомі:

$$\tilde{A} = \left\{ \left(x_i, \mu_{\tilde{A}}(x_i) \right) \middle| x_i \in \Re, \mu_{\tilde{A}}(x_i) \in [0,1], i = \overline{1,n} \right\}, \qquad (2.28)$$

де x_i – i-й елемент (число) нечіткої множини $\tilde{A}$;

$\mu_{\tilde{A}}(x_i)$ – ступінь належності елемента (числа) x_i нечіткій множині $\tilde{A}$.

Послідовність етапів (кроків) при знаходженні функції належності на основі методу попарних порівнянь є такою.

Спочатку обрані для аналізу елементи на рівні вербальних оцінок попарно порівнюються між собою на предмет ступеня їх важливості (значущості, пріоритетності) по відношенню до досліджуваної нечіткої множини, інтенсивності їх належності до неї. У табл. 2.6 наведено оцінні поняття, а також їх кількісні інтерпретації, які слід при цьому використовувати.

Таблиця 2.6

Оцінні поняття та їх кількісна інтерпретація в межах методу попарних порівнянь

Співвідношення важливості	Якісна оцінка
0	Непорівнянність
1	Однаково важливі
3	Ненабагато важливіше
5	Суттєво важливіше
7	Значно важливіше
9	Абсолютно важливіше
2, 4, 6, 8	Проміжні оцінки
1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9	Обернені значення відповідних ненульових оцінок

Джерело: [70, с. 266]

Після переведення якісних оцінок в числа результати порівняння відображаються у так званій матриці попарних (парних) порівнянь:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{pmatrix}, \qquad (2.29)$$

де w_{ij}, $i \in \{1, \dots, n\}$, $j \in \{1, \dots, n\}$ – число, яке являє собою результат зіставлення ступеня належності до нечіткої множини $\tilde{A}$ елемента x_i із ступенем належності до неї елемента x_j.

На останньому етапі здійснюється пошук власного вектора матриці W, який відповідає її найбільшому власному значенню і задовольняє вимогу нормування. Отже, рівняння для його визначення має вигляд:

$$W\boldsymbol{r} = \lambda_{\max}\boldsymbol{r}, \qquad (2.30)$$

де $\boldsymbol{r} = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ – власний вектор матриці W, для нього припускається, що $\sum_{i=1}^{n} r_i = 1$;

$\lambda_{\max}$ – найбільше власне значення матриці W.

Знайдені значення, які складають власний вектор $\boldsymbol{r}$, приймаються як оцінки ступенів належності елементів x_i, $i = \overline{1,n}$ нечіткій множині $\tilde{A}$:

$$\mu_{\tilde{A}}(x_i) = r_i,\ i = \overline{1,n}. \qquad (2.31)$$

Припустимо, що для нечіткої множини $\tilde{A}$, яка описується матрицею попарних порівнянь W, задане додаткове обмеження – вимога нормальності (тобто максимальне значення її функції належності має дорівнювати 1). В цьому разі з урахуванням попереднього оцінки ступенів належності даної множини можуть бути визначені на основі співвідношень:

$$\mu_{\tilde{A}}(x_i) = \frac{r_i}{r_{\max}},\ i = \overline{1,n}, \qquad (2.32)$$

при цьому

$$r_{\max} = \max\{r_i \mid i = \overline{1,n}\}. \qquad (2.33)$$

Як метод попарних порівнянь, так і інші методи, розроблені в межах загальної теорії побудови функцій належності, можуть з успіхом використовуватися в інвестиційному аналізі. Разом з тим, проблематика нечітко-множинного моделювання початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційних проектів має свої особливості, в силу чого для неї звернення до загальних підходів має доповнюватися розробленням і використанням спеціальних методів.

На користь викладених міркувань свідчать результати огляду різних наукових праць, присвячених економічному аналізу реальних інвестицій за допомогою теорії нечітких множин, який, з одного боку, не дозволив виявити якоїсь систематизованої методології нечітко-множинного оцінювання вихідних даних інвестиційних проектів, а з іншого боку, дав змогу з’ясувати основні нинішні тенденції стосовно цього питання.

По-перше, як відправний пункт в дослідженнях різних авторів виступає арсенал методів побудови функцій належності нечітких множин, які передбачають широкий спектр сфер можливих застосувань, у тому числі можуть бути використані в задачах інвестиційного аналізу (див., наприклад, [2]).

По-друге, окрема увага приділяється розробленню і розвитку методів, для яких проблематика економічної оцінки реальних інвестицій розглядається як одна з пріоритетних. Прикладом методу такого роду є нечітко-множинне моделювання початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційних проектів на основі

обмежених статистичних даних. Новітні результати стосовно розроблення його теоретико-методологічних аспектів належать О.О. Недосєкіну. Зокрема, цим дослідником було запропоновано поняття квазістатистики, яке у концентрованій формі характеризує ситуації правомірного або ефективного застосування даного підходу. Згідно з [68, с. 45–46], квазістатистика являє собою вибірку спостережень з їх генеральної сукупності, яка є “недостатньою для ідентифікації імовірнісного закону розподілу з точно визначеними параметрами, але визнається достатньою, щоб з тим чи іншим суб’єктивним ступенем достовірності обґрунтувати закон спостережень в імовірнісній або будь-якій іншій формі, причому параметри цього закону будуть задані за спеціальними правилами, щоб задовольнити необхідну достовірність ідентифікації закону спостережень”. Розвиваючи свої ідеї стосовно теоретичної конструкції квазістатистики, О.О. Недосєкін також зауважує [68, с. 46]: “Строго кажучи, не постулюючи квазістатистики, не можна цілком обґрунтовано з наукової точки зору моделювати неоднорідні та обмежені за обсягом спостереження процеси, які відбуваються на фондовому ринку й в економіці в цілому, неможливо враховувати невизначеність, яка супроводжує процес прийняття фінансових рішень”.

Ще один метод знаходження функцій належності для кількісних оцінок, який набув поширення у нечітко-множинному моделюванні реальних інвестицій, полягає у їх відтворенні на основі декількох значень (точок), коли спочатку обумовлюються, в той чи інший спосіб, ступені належності для окремих значень в межах оцінки досліджуваного параметра, після чого здійснюється відтворення всієї шуканої оцінки, яка припускається як неперервна нечітка величина (число) [2; 8; 68]. У разі інвестиційного аналізу останнє реалізується, як правило, за допомогою стандартних варіантів нечітких чисел – прямокутних (інтервальних), трикутних, трапецієподібних, гаусових та ін. Відповідно до логіки окресленого підходу, його коректно і зручно назвати методом опорних (реперних) значень (точок).

Наприклад, якщо робиться прогноз, що обсяг продажів складе приблизно 2 800 одиниць продукції, але однозначно буде знаходитися в проміжку від 2 000 до 3 500 одиниць, то такі відомості припускають представлення у вигляді трикутного

числа. Якщо ж у прогнозі стверджується, що обсяг продажів може скласти від 1 500 до 6 000 одиниць продукції, але швидше за все – від 2 500 до 4 000 одиниць, то цю інформацію доречно моделювати за допомогою трапецієподібного числа.

Трикутні і трапецієподібні числа можуть бути записані як відповідно трійки і четвірки:

$$\tilde{A} = (a_{\min}, a_{\mathrm{mod}}, a_{\max}),\ \tilde{B} = (b_{\min}, \underline{b}_{\mathrm{mod}}, \bar{b}_{\mathrm{mod}}, b_{\max}),$$

де $a_{\min}$, $a_{\max}$ – відповідно нижня і верхня границя замикання носія трикутного числа $\tilde{A}$;

a_{mod} – модальне значення (мода) трикутного числа $\tilde{A}$ (для нього ступінь належності набуває найбільшого значення);

$b_{\min}$, $b_{\max}$ – відповідно нижня і верхня границя замикання носія трапецієподібного числа $\tilde{B}$;

$\underline{b}_{\mathrm{mod}}$, $\bar{b}_{\mathrm{mod}}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу в межах трапецієподібного числа $\tilde{B}$, для якого ступінь належності набуває найбільшого значення (іншими словами, це нижня і верхня мода трапецієподібного числа $\tilde{B}$).

Принагідно зауважимо, що в загальному випадку точна верхня межа функції належності нечіткого числа може набувати будь-якого значення на проміжку $[0,1]$. Разом з тим, в задачах аналізу інвестиційних проектів зазвичай обмежуються нормальними нечіткими числами, для яких вона дорівнює одиниці. У дальшому викладенні будемо виходити з припущення про нормальність нечітких чисел.

Також для потреб пропонованого нижче дослідження доцільно навести визначення понять носія і ядра нечіткої множини.

Носієм нечіткої множини називається звичайна множина, яка містить ті і лише ті елементи універсальної множини (універсуму), для яких значення функції належності даної нечіткої множини відмінні від нуля.

Ядром нечіткої множини є звичайна підмножина її елементів, для яких значення її функції належності дорівнюють одиниці.

В аналітичній формі функції належності трикутних і трапецієподібних чисел визначаються співвідношеннями:

$$\mu_{\tilde{A}}(x; a_{\min}, a_{\text{mod}}, a_{\max}) = \begin{cases} 0, x \le a_{\min} \\ \dfrac{x - a_{\min}}{a_{\text{mod}} - a_{\min}}, a_{\min} < x < a_{\text{mod}} \\ 1, x = a_{\text{mod}} \\ \dfrac{a_{\max} - x}{a_{\max} - a_{\text{mod}}}, a_{\text{mod}} < x < a_{\max} \\ 0, x \ge a_{\max} \end{cases}, \tag{2.34}$$

$$\mu_{\tilde{B}}(x; b_{\min}, \underline{b}_{\text{mod}}, \bar{b}_{\text{mod}}, b_{\max}) = \begin{cases} 0, x \le b_{\min} \\ \dfrac{x - b_{\min}}{\underline{b}_{\text{mod}} - b_{\min}}, b_{\min} < x < \underline{b}_{\text{mod}} \\ 1, \underline{b}_{\text{mod}} \le x \le \bar{b}_{\text{mod}} \\ \dfrac{b_{\max} - x}{b_{\max} - \bar{b}_{\text{mod}}}, \bar{b}_{\text{mod}} < x < b_{\max} \\ 0, x \ge b_{\max} \end{cases}. \tag{2.35}$$

З точки зору узагальнених теоретичних конструкцій нечіткої математики і трикутні, і трапецієподібні числа являють собою частинні випадки так званих нечітких чисел $(L-R)$-типу. Нечітким числом $(L-R)$-типу називається [51, с. 141–142] нечітке число, функція належності якого може бути представлена як композиція двох функцій дійсної змінної, $L: \Re \to [0,1]$ та $R: \Re \to [0,1]$, які є незростаючими на множині невід'ємних чисел і для яких виконуються такі додаткові умови: $L(-x) = L(x)$, $R(-x) = R(x)$; $L(0) = R(0) = 1$. При цьому розрізняють унімодальні та толерантні нечіткі числа $(L-R)$-типу. Конкретно, функція належності унімодального нечіткого числа $(L-R)$-типу має вигляд:

$$\mu_{LR}^{U}(x) = \begin{cases} L\left(\dfrac{a_{\text{mod}} - x}{\alpha}\right), x \le a_{\text{mod}} \\ R\left(\dfrac{x - a_{\text{mod}}}{\beta}\right), x \ge a_{\text{mod}} \end{cases}, \tag{2.36}$$

де a_{mod} – модальне значення унімодального нечіткого числа $(L-R)$-типу;

α, β – відповідно лівий і правий коефіцієнт нечіткості унімодального нечіткого числа $(L-R)$-типу, $\alpha > 0$, $\beta > 0$.

У свою чергу функція належності толерантного нечіткого числа $(L-R)$-типу описується формулою:

$$\mu_{LR}^{T}(x)=\begin{cases} L\left(\dfrac{\underline{b}_{\text{mod}}-x}{\alpha}\right), x<\underline{b}_{\text{mod}} \\ 1, \underline{b}_{\text{mod}}\le x\le \bar{b}_{\text{mod}} \\ R\left(\dfrac{x-\bar{b}_{\text{mod}}}{\beta}\right), x>\bar{b}_{\text{mod}} \end{cases}, \tag{2.37}$$

де $\underline{b}_{\text{mod}}$, $\bar{b}_{\text{mod}}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу в межах толерантного нечіткого числа $(L-R)$-типу числа, для якого ступінь належності набуває найбільшого значення;

α, β – відповідно лівий і правий коефіцієнт нечіткості толерантного нечіткого числа $(L-R)$-типу, $\alpha>0$, $\beta>0$.

Знаменною властивістю $(L-R)$-представлень нечітких чисел, яка робить їх привабливим інструментом для практичних застосувань, є можливість проводити над ними арифметичні операції через арифметичні операції над їх параметрами.

Ще одним важливим частинним випадком нечітких чисел $(L-R)$-типу є нечіткі числа на основі гаусової функції належності, яка задається формулою:

$$\mu_G(x)=\exp\left[-\frac{(x-b)^2}{2a^2}\right], \tag{2.38}$$

де b – модальне значення для функції належності $\mu_G(x)$;

a – параметр, який відображає міру концентрації (або розкиду) значень нечіткого числа, описуваного функцією належності $\mu_G(x)$, по відношенню до моди.

Наприклад, асиметричні унімодальні нечіткі числа $(L-R)$-типу на основі гаусової функції належності мають вигляд [51, с. 60–61]:

$$\mu_{LR}^{UG}(x)=\begin{cases} \exp\left[-\dfrac{(x-b)^2}{2a_1^2}\right], x\le b \\ \exp\left[-\dfrac{(x-b)^2}{2a_2^2}\right], x\ge b \end{cases}, \tag{2.39}$$

при цьому припускається, що $a_1\neq a_2$.

У багатьох ситуаціях, у тому числі тих, що пов’язані із задачами інвестиційного аналізу, користуватися класичною гаусовою функцією належності незручно через необмежений характер її носія. Цього недоліку позбавлена гаусова функція з обмеженим носієм, яка слугує відправною теоретичною конструкцією для

побудови відповідного сімейства нечітких чисел. Формула даної функції є такою [73, с. 59–60]:

$$\mu_{G^m}(x)=\begin{cases}0, x\le\lambda_1\\ \exp\left[\dfrac{4(\lambda_2-x)(x-\lambda_1)-(\lambda_2-\lambda_1)^2}{4(\lambda_2-x)(x-\lambda_1)}\right], \lambda_1<x<\lambda_2\\ 0, x\ge\lambda_2\end{cases}, \tag{2.40}$$

де λ_1, λ_2 – відповідно нижня і верхня границя замикання носія функції належності $\mu_{G^m}(x)$.

Аналогічно тому, як це здійснюється в разі звичайної гаусової функції, на основі її розглядуваної модифікації можуть будуватися різні похідні варіанти нечітких чисел із необхідними характеристиками. Зокрема, асиметричне унімодальне нечітке число, одержане за допомогою гаусової функції з обмеженим носієм, може бути записане так:

$$\mu_{UG^m}(x)=\begin{cases}0, x\le b-a_1\\ \exp\left[\dfrac{(b+a_1-x)(x-b+a_1)-a_1^2}{(b+a_1-x)(x-b+a_1)}\right], b-a_1<x\le b\\ \exp\left[\dfrac{(b+a_2-x)(x-b+a_2)-a_2^2}{(b+a_2-x)(x-b+a_2)}\right], b\le x<b+a_2\\ 0, x\ge b+a_2\end{cases}, \tag{2.41}$$

де b – модальне значення для функції належності $\mu_{UG^m}(x)$;

a_1, a_2 – параметр, який відображає величину частини носія нечіткого числа з функцією належності $\mu_{UG^m}(x)$ відповідно зліва та справа від моди.

Зрозуміло, що наведені приклади не вичерпують усього розмаїття функцій належності і нечітких чисел на їх основі. Разом з тим, з викладеного можна у першому наближенні побачити логіку побудови і ступінь розробленості даних складових нечітко-множинної методології.

У цілому результати проведеного огляду дозволяють припустити перспективність дальшого розвитку інструментарію за досліджуваною проблематикою на основі доповнення або підсилення потенціалу формалізмів теорії нечітких множин ідеями інших підходів до аналізу та моделювання невизначеності, зокрема, теорії грубих (неточних, наближених) множин. Перш за все представимо

окремі основоположні відомості стосовно останньої теорії [112].

Теорія грубих множин була запропонована на початку 1980-х років польським ученим З. Павлаком [111]. Її ядро утворює концепція грубої множини, яка ґрунтується на поняттях так званого нижнього і верхнього наближення (апроксимації) множини. Ідеї і підходи даної теорії виявилися продуктивними для інтелектуального аналізу даних, а також багатьох інших прикладних задач в різних сферах. За своїм змістом теорія грубих множин доповнює інші підходи, які використовуються при роботі з невизначеною інформацією.

Нехай U – універсальна множина (універсум), X – деяка її підмножина ($X \subseteq U$), $R \subseteq X \times X$ – відношення еквівалентності (в межах розглядуваної теорії воно інтерпретується як відношення нерозрізненості), $[x]_R$ – клас еквівалентності елемента x по відношенню R (в теорії грубих множин кожний клас еквівалентності, породжений відношенням R, називається елементарною множиною). Тоді кожна множина згідно з описуваним підходом може бути представлена за допомогою двох множин – R-нижнього ($\underline{R}X$) і R-верхнього ($\overline{R}X$) наближення (апроксимації):

$$\underline{R}X = \{x \mid [x]_R \subseteq X\}, \tag{2.42}$$

$$\overline{R}X = \{x \mid [x]_R \cap X \neq \varnothing\}, \tag{2.43}$$

звідки

$$\underline{R}X \subseteq X \subseteq \overline{R}X\ . \tag{2.44}$$

Тобто R-нижнє наближення складають елементи, які напевно (точно) належать до множини X, тоді як до R-верхнього наближення включені елементи, які можливо належать до множини X.

На основі наведеної пари наближень універсум U може бути розбитий на три підмножини:

$POS_R(X) = \underline{R}X$ – R-позитивна зона, елементи якої згідно з визначенням R-нижнього наближення напевно (точно) належать до множини X;

$NEG_R(X) = U \setminus \overline{R}X$ – R-негативна зона, елементи якої напевно (точно) не належать до множини X;

$BN_R(X) = \overline{R}X \setminus \underline{R}X$ – R-гранична зона, елементи якої належать до R-верхнього

наближення і не належать до R-нижнього наближення.

Аналіз логічної схеми, на якій ґрунтується концепція грубої множини, дозволяє помітити можливість використати її для моделювання початкових фінансово-економічних параметрів реальних інвестицій у ситуації з високим ступенем невизначеності, коли експерт, виходячи з наявних у нього якихось фактичних даних, або їх відсутності, а також знань, досвіду і інтуїції, зазнає труднощів, щоб оцінити ті чи інші параметри за допомогою ймовірнісної методології (включаючи теорію суб'єктивних імовірностей), а також нечітко-множинних методів, розглянутих вище.

Нехай X – деякий вихідний фінансово-економічний параметр інвестиційного проекту, величину якого необхідно оцінити. Покладемо далі, що оцінка цього параметра припускається як нечітке число. Позначимо її через $\tilde{X}$. Згідно з пропонованим нами підходом знаходження шуканої нечіткої оцінки передбачає здійснення таких кроків.

1. Експерт визначає інтервал значень досліджуваного фінансово-економічного параметра, які на його думку суто принципово можуть реалізуватися. Назвемо даний інтервал внутрішнім опорним. В технічному плані цей крок може бути виконаний так.

Задається деяке початкове значення, яке відповідає зазначеній вище умові. Йому надається статус базового (бази). Поступово рухаючись вліво і вправо від бази, до неї додаються нові значення. Процес продовжується доти, доки експерт не зазнає труднощів при спробі дальшого просування.

Внутрішній опорний інтервал припускає інтерпретацію як зовнішнє наближення ядра і внутрішнє наближення носія для шуканої нечіткої оцінки.

Отже, згідно із зазначеним

$$\underline{x}^{*} \le \underline{x}^{1} \le \bar{x}^{1} \le \bar{x}^{*}, \qquad (2.45)$$

$$\underline{x}^{0} \le \underline{x}^{*} < \bar{x}^{*} \le \bar{x}^{0}, \qquad (2.46)$$

де $[\underline{x}^{*}, \bar{x}^{*}] = \overline{\overline{X}}^{*}$ – внутрішній опорний інтервал для побудови нечіткої оцінки параметра X;

$\underline{x}^{*}$, $\overline{x}^{*}$ – відповідно нижня і верхня границя внутрішнього опорного інтервалу $\overline{\overline{X}}^{*}$;

$[\underline{x}^{1}, \overline{x}^{1}] = \overline{\overline{X}}^{1}$ – ядро нечіткого числа $\tilde{X}$;

$\underline{x}^{1}$, $\overline{x}^{1}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу, який втілює ядро нечіткого числа $\tilde{X}$.

$[\underline{x}^{0}, \overline{x}^{0}] = \overline{\overline{X}}^{0}$ – замикання носія нечіткого числа $\tilde{X}$;

$\underline{x}^{0}$, $\overline{x}^{0}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу, який реалізує замикання носія нечіткого числа $\tilde{X}$.

2. Ліворуч і праворуч від інтервалу, одержаного на попередньому кроці, експерт визначає напівнескінченні інтервали значень аналізованого фінансово-економічного параметра, які на його думку суто принципово не можуть реалізуватися. Назвемо їх відповідно нижнім неопорним і верхнім неопорним інтервалом. Наприклад, в разі нижнього неопорного інтервалу це може бути виконане в такий спосіб.

Зліва від внутрішнього опорного інтервалу задається деяке вихідне значення, яке відповідає зазначеній вище умові. Йому надається статус базового (бази). Поступово рухаючись вправо від бази, до неї додаються нові значення. Процес продовжується доти, доки експерт не зазнає труднощів при спробі дальшого просування. Аналогічно нижньому неопорному інтервалу здійснюється побудова верхнього неопорного інтервалу.

Введемо для формалізованого опису викладених теоретичних конструкцій такі позначення:

$\overline{\overline{X}}^{(-)} = (-\infty, \overline{x}^{(-)}]$, $\overline{\overline{X}}^{(+)} = [\underline{x}^{(+)}, +\infty)$ – відповідно нижній неопорний і верхній неопорний інтервал стосовно нечіткої оцінки параметра X;

$\overline{x}^{(-)}$ – верхня границя нижнього неопорного інтервалу;

$\underline{x}^{(+)}$ – нижня границя верхнього неопорного інтервалу.

3. Визначається інтервал значень аналізованого фінансово-економічного параметра, який містить, по-перше, внутрішній опорний інтервал, по-друге,

значення, стосовно яких експерт зазнав труднощів при спробі віднесення їх до внутрішнього опорного інтервалу та неопорних інтервалів, а також границі останніх – $\bar{x}^{(-)}$ і $\underline{x}^{(+)}$. Назвемо цей інтервал зовнішнім опорним. Формула для знаходження зовнішнього опорного інтервалу може бути записана так:

$$\overline{\overline{X}}^{**} = [\underline{x}^{**}, \bar{x}^{**}] = \{\bar{x}^{(-)}\} \cup (\bar{x}^{(-)}, \underline{x}^{*}) \cup [\underline{x}^{*}, \bar{x}^{*}] \cup (\bar{x}^{*}, \underline{x}^{(+)}) \cup \{\underline{x}^{(+)}\} = [\bar{x}^{(-)}, \underline{x}^{(+)}], \quad (2.47)$$

де $\overline{\overline{X}}^{**} = [\underline{x}^{**}, \bar{x}^{**}]$ – зовнішній опорний інтервал для побудови нечіткої оцінки параметра X;

$\underline{x}^{**}$, $\bar{x}^{**}$ – відповідно нижня і верхня границя зовнішнього опорного інтервалу $\overline{\overline{X}}^{**}$, виходячи з співвідношення (2.47): $\underline{x}^{**} = \bar{x}^{(-)}$, $\bar{x}^{**} = \underline{x}^{(+)}$.

Зовнішній опорний інтервал припускає інтерпретацію як зовнішнє наближення носія для шуканої нечіткої оцінки. Тобто

$$\underline{x}^{**} \le \underline{x}^{0} < \bar{x}^{0} \le \bar{x}^{**}. \quad (2.48)$$

4. На основі одержаних в описаний вище спосіб внутрішнього і зовнішнього опорних інтервалів, які розглядаються як наближення ядра і носія нечіткого числа $\tilde{X}$, здійснюється відтворення останнього. Наявні стандартизовані варіанти нечітких чисел дозволяють ефективно реалізувати цей крок. Їх використання передбачає також висування якихось додаткових гіпотез з боку експерта стосовно властивостей досліджуваного фінансово-економічного параметра, що необхідно для забезпечення більшої модельної визначеності його оцінки.

Скажімо, експерт може вважати, що внутрішній опорний інтервал збігається з ядром, а зовнішній опорний інтервал – із замиканням носія шуканої нечіткої оцінки. В цьому разі вона може бути змодельована як трапецієподібне число із зазначеними характеристиками ядра і носія. Аналогічно, припущення про унімодальний характер оцінки аналізованого фінансово-економічного параметра, а також гладкість її функції належності дозволяє побудувати її за допомогою гаусової функції належності з обмеженим носієм, для якої мода дорівнює середині внутрішнього опорного інтервалу, а замикання носія збігається із зовнішнім опорним інтервалом.

Відповідно до змісту представленого підходу до знаходження нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів реальних інвестицій, його логічно

назвати методом опорних інтервалів.

Як демонстрацію реалізації розглядуваного методу наведемо ситуацію, в межах якої перед фахівцями підприємства було поставлено завдання проаналізувати економічну доцільність інвестиційного проекту виробництва та продажу нового продукту. Внаслідок відсутності відповідних статистичних даних і динамічності ринкової кон'юнктури більшість вихідних фінансово-економічних параметрів проекту припускає оцінювання у нечіткій формі. При цьому ціна продукції прогнозується на основі методу опорних інтервалів. Після виконання з боку фахівців необхідних аналітичних процедур для зазначеного параметра було одержано такі оцінки опорних інтервалів. Для внутрішнього опорного інтервалу – $\overline{\underline{P}}^{*} = [\underline{p}^{*}, \overline{p}^{*}]$: $\underline{p}^{*} = 700$ грн, $\overline{p}^{*} = 900$ грн. Для зовнішнього опорного інтервалу – $\overline{\underline{P}}^{**} = [\underline{p}^{**}, \overline{p}^{**}]$: $\underline{p}^{**} = 400$ грн, $\overline{p}^{**} = 1\,000$ грн.

Якщо в межах розглядуваної ситуації звернутися до трапецієподібного нечіткого числа [51, с. 148–152], а також толерантного нечіткого числа на основі гаусової функції належності з обмеженим носієм [73, с. 59–60], то можуть бути одержані нечіткі оцінки ціни продукції ($\tilde{P}$), графіки яких зображено на рис. 2.4.

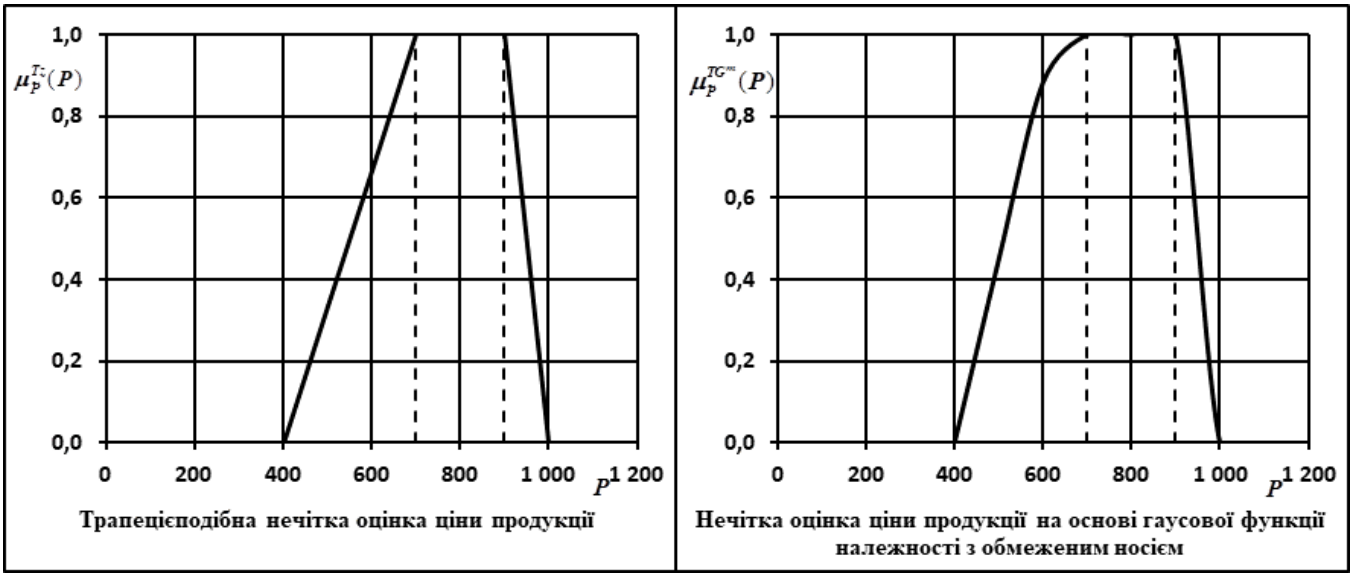


Рис. 2.4. Можливі нечіткі оцінки ціни продукції, одержані за допомогою запропонованого автором методу опорних інтервалів, грн

Джерело: побудовано автором [106]

Додатково до вибору конкретного варіанта нечіткого числа для однозначного відтворення шуканої нечіткої оцінки в кожному випадку була прийнята гіпотеза, що внутрішній опорний інтервал збігається з її ядром, а зовнішній опорний інтервал – із замиканням її носія.

Висновки до розділу 2

Ключові положення та здобутки даного розділу зводяться до такого.

1. Одне з центральних місць в структурі нинішнього інвестиційного аналізу та інвестиційного менеджменту посідають питання, пов’язані з врахуванням невизначеності і ризику під час вироблення рішень стосовно реального інвестування. З філософської позиції невизначеність може розумітися як категорія, яка відображає відсутність упорядкованості, відсутність або розмитість границь сущого, відсутність його однозначної передзаданості, варіативність його зміни або руху у часі. У розрізі проблематики управління економічними системами невизначеність припускає трактування як фундаментальна властивість недостатньої забезпеченості процесу прийняття рішення необхідною інформацією, чи знаннями, стосовно розглядуваної проблемної ситуації.

2. Основними методологічними підходами, за допомогою яких тепер моделюють невизначеність при економічному обґрунтуванні інвестиційних проектів, є теорія ймовірностей, інтервальний аналіз та теорія нечітких множин. Предметом теоретико-ймовірнісної парадигми є невизначеність, яка інтерпретується як випадковість або стохастичність. Сферою правомірного застосування класичної (традиційної) теорії імовірностей є масові та однорідні явища, для яких має місце так звана статистична стійкість.

У багатьох випадках, і передусім тих, що пов’язані з інноваційною та інвестиційною діяльністю, інформаційна ситуація, з якою доводиться стикатися суб’єкту управління, не відповідає принципам застосування традиційних імовірнісно-статистичних методів. Результатом досліджень, спрямованих на подолання зазначеної проблеми, стало створення концепції так званих суб’єктивних

імовірностей, які не мають частотної основи, а трактуються як ступінь упевненості або віри суб'єкта управління в ситуації, обтяженої нестохастичною невизначеністю. Ядро раціональної складової у відшукуванні суб'єктивних імовірностей полягає у тому, що в основі їх формування має лежати прагматизм та пізнавальна активність зацікавленої особи.

3. Окрім теорії суб'єктивних імовірностей сьогодні існує ще два методологічні підходи до моделювання нестохастичної невизначеності: інтервальний аналіз та теорія нечітких множин. На рівні управління підприємствами використання названих підходів набуло найбільшого розвитку стосовно задач бюджетування, планування виробничої програми, стратегічного і фінансового аналізу, економічної оцінки інвестиційних проектів, оптимізації фінансових інвестицій.

Порівняно з класичною теорією ймовірностей, а також теорією суб'єктивних імовірностей до переваг інтервального аналізу і теорії нечітких множин може бути віднесено, зокрема, те, що вони дозволяють оперувати, відповідно, інтервальними й нечіткими оцінками аналізованих параметрів як числами спеціального виду, виконуючи над ними арифметичні операції за допомогою спеціального математичного апарату.

4. Будучи неусувною складовою будь-якої господарської діяльності, невизначеність породжує ризик неефективного управління, коли поставлені цілі та завдання не досягаються. У перспективі проблематики реального інвестування поняття ризику економічної неефективності (скорочено – неефективності) інвестиційного проекту може бути визначено у такий спосіб.

Ризик економічної неефективності інвестиційного проекту характеризує особливості сприйняття зацікавленими особами невизначеності та конфліктності, з точки зору зумовленої цими феноменами можливості невідповідності економічних результатів інвестування їх цільовому (бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню.

5. Поряд з ризиком невизначеність зумовлює можливість одержання бажаних або позитивних результатів, тобто виступає джерелом феномена шансу. З точки зору концепції взаємодії між ризиком і шансом як опозиційно-полярних властивостей, які

утворюють онтологічну діаду, перспективна або прогнозована економічна ефективність інвестиційного проекту, може бути інтерпретована як співвідношення шансів на позитивні економічні результати і ризику неуспіху за фактом його реалізації. У такому разі економічно ефективним слід вважати інвестиційний проект, для якого шанси успіху оцінюються як такі, що з достатнім запасом перевищують ризик невдачі.

6. Результати дослідження онтологічного та гносеологічного аспектів феномена невизначеності в економіці й бізнесі дали змогу сформулювати набір положень (постулатів), які фіксують базові властивості невизначеності та настанови (правила) з оперування нею в ході оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів. Конкретно, зазначена система містить у своєму складі п’ять положень: постулат всеосяжності і релевантності, постулат негативного впливу, постулат прийняття, постулат двохаспектної структури, постулат різнорідності.

7. Теоретико-ймовірнісна, інтервальна та нечітко-множинна методології утворюють математичне ядро або базис методичного апарату аналізу й моделювання невизначеності та ризику при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів. Так чи інакше, практично всі найбільш значущі методи спираються на ці методологічні підходи. У цілому основні методи врахування невизначеності під час економічної оцінки реальних інвестицій можуть бути систематизовані за ознаками детермінованості/недетермінованості, а також дискретності/неперервності.

До детермінованих, або умовно-детермінованих, методів належать метод коригування на ризик ставки дисконтування, метод детермінованих еквівалентів, аналіз чутливості, аналіз критичних значень. До складу дискретно-недетермінованих методів входять метод дерева рішень, метод сценаріїв, метод реальних опціонів. Основними неперервно-недетерміновими методами є метод аналізу ймовірнісних розподілів, метод Монте-Карло, метод (підхід) на основі інтервального аналізу, метод (підхід) на основі теорії нечітких множин. Кожний з названих вище методів має свої переваги, недоліки та сферу пріоритетного або доцільного використання.

8. У загальному випадку варіація значень фінансово-економічних параметрів реальних інвестицій не є суто дискретною, або суто неперервною, а поєднує обидва ці варіанти. Така ситуація є наслідком існування в економіці факторів ризику двох різних груп, відповідно, дискретної і неперервної дії (впливу). Дискретні фактори ризику пов'язані із "зсувами" у зовнішньому середовищі, а також із стратегічними рішеннями підприємства. Фактори ризику неперервної дії проявляють себе через коливання значень галузевих та ринкових параметрів.

Узагальнена економіко-математична модель економічної оцінки проектів реального інвестування має інтегрувати у своєму складі як дискретні, так і неперервні методи врахування невизначеності. З огляду на це, у коментованому розділі було запропоновано концептуальну модель оцінювання деякого часткового критерію економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності, яка передбачає одночасне врахування дискретних та неперервних факторів ризику, де вплив перших враховується за допомогою сценарної методології, а других, залежно від налаштування моделі, – на основі або теорії імовірностей, або інтервального аналізу, або ж теорії нечітких множин.

9. Одним з центральних питань у практичному використанні теорії нечітких множин для моделювання економічної ефективності реальних інвестицій є побудова нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів аналізованого інвестиційного проекту. У межах його дослідження на основі звернення до ідей теорії грубих множин у даному розділі було розроблено відповідний метод, який, беручи до уваги його концептуальну схему, було названо методом опорних інтервалів.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [47; 48; 106].

Список використаних джерел до розділу 2

1. Автономов В.С. Модель человека в экономической науке. Санкт-Петербург: Экон. шк., 1998. 229 с.

2. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Расчеты в условиях риска и неопределенности в нефтегазовых технологиях: монография. Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2004. 296 с.

3. Афанасьева В.В. Онтология научной неопределенности: учеб. пособ. Саратов: ИЦ “Наука”, 2008. 108 с.

4. Баранов А.О., Музыко Е.И. Оценка эффективности венчурного финансирования инновационных проектов методом реальных опционов: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. 272 с.

5. Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов / пер. с англ. под ред. Л.П. Белых. Москва: Банки и биржи, 1997. 631 с.

6. Блех Ю., Гетце У. Инвестиционные расчеты: модели и методы оценки инвестиционных проектов / пер. с нем. Калининград: Янтарный сказ, 1997. 437 с.

7. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. 184 с.

8. Бочарников В.П., Свешников С.В., Возняк С.Н. Прогнозные коммерческие расчеты и анализ рисков на Fuzzy for Excel. Киев: ИНЭКС, 2000. 159 с.

9. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов / пер. с англ. Н. Барышниковой. Москва: ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2008. 1008 с.

10. Брецман Ф., Гетц И. Сценарное планирование возвращается и становится неотъемлемой частью эффективного корпоративного управления. URL: http://performance.ey.com/wp-content/uploads/downloads/2011/08/Scenario-Planning4.pdf (Last accessed: 07.12.2018).

11. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: полный курс в 2-х т. / пер. с англ. под ред. В.В. Ковалева. Санкт-Петербург: Экон. школа, 1997. Т. 1. XXX, 497 с.

12. Бромвич М. Анализ экономической эффективности капиталовложений / пер. с англ. А.Г. Пивовар. Москва: Инфра-М, 1996. 425 с.

13. Бухвалов А.В. Реальны ли реальные опционы. *Российский журнал менеджмента*. Т. 4, № 3. 2006. С. 77–84.

14. Бухвалов А.В. Реальные опционы в менеджменте: введение в проблему. *Российский журнал менеджмента*. Т. 2, № 1. 2004. С. 3–32.

15. Вайн С. Опционы. Полный курс для профессионалов. Москва: Альпина Паблишер, 2003. 416 с.

16. Василькова В.В. Порядок и хаос в развитии социальных систем (синергетика и теория социальной самоорганизации). Санкт-Петербург: Лань, 1999. 480 с.

17. Вентцель Е.С. Исследование операция. Задачи, принципы, методология: учеб. пособ. 2-е изд., стер. Москва: Высш. шк., 2001. 208 с.

18. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов. 6-е изд., стер. Москва: Высш. шк., 1999. 576 с.

19. Верба В.А., Загородніх О.А. Проектний аналіз: підручник. Київ: КНЕУ, 2000. 322 с.

20. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: учеб. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Дело, 2002. 888 с.

21. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2003. 408 с.

22. Вітлінський В.В., Великоіваненко Г.І. Ризикологія в економіці та підприємництві: монографія. Київ: КНЕУ, 2004. 480 с.

23. Вітлінський В.В., Верченко П.І., Сігал А.В., Наконечний Я.С. Економічний ризик: ігрові моделі: навч. посіб. / ред. В.В. Вітлінський. Київ: КНЕУ, 2002. 446 с.

24. Вітлінський В.В., Маханець Л.Л. Ризикологія в зовнішньоекономічній діяльності: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2008. 432 с.

25. Воронцовский А.В. Инвестиции и финансирование: Методы оценки и обоснования: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1998. 526 с.

26. Воронцовский А.В. Управление рисками: учебник и практикум. Москва: Изд-во “Юрайт”, 2016. 414 с.

27. Голов С.Ф. Управлінський облік: підручник. 3-тє вид. Київ: Лібра, 2006.

704 с.

28. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: учеб. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Дело и Сервис, 2002. 160 с.

29. Грещак М.Г., Гордієнко В.М., Коцюба О.С., Лозовик Ю.М. Управління витратами: навч. посіб. / за заг. ред. М.Г. Грещака. Київ: КНЕУ, 2008. 264 с.

30. Гусев А.А. Реальные опционы в оценке бизнеса и инвестиций: монография. Москва: РИОР, 2009. 118 с.

31. Дамодаран А. Инвестиционная оценка: инструменты и методы оценки любых активов / пер. с англ. Д. Липинского, И. Розмаинского, А. Скоробогатова. 3-е изд. Москва: Альпина Бизнес Букс, 2006. 1341 с.

32. Дамодаран А. Стратегический риск-менеджмент: принципы и методики / пер. с англ. Москва: ИД “Вильямс”, 2010. 496 с.

33. Де Гроот М. Оптимальные статистические решения / пер. с англ. А.Л. Рухина; под. ред. Ю.В. Линника и А.М. Кагана. Москва: Мир, 1974. 491 с.

34. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология: монография. Москва: Издательство «Машиностроение – 1», 2004. 401 с.

35. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталев Е.Ю. Моделирование рисковых ситуаций в экономике и бизнесе: учеб. пособ. / под ред. Б.А. Лагоши. Москва: Финансы и статистика, 1999. 176 с.

36. Зуб А.Т. Стратегический менеджмент: учебник и практикум для академического бакалавриата. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт, 2014. 375 с.

37. Ильенкова Н.Д. Методология исследования риска хозяйственной деятельности: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.12 / Финанс. акад. при Правительстве Рос. Фед. Москва, 1999. 32 с.

38. Ильенкова Н.Д. Развитие теории предпринимательского риска в трудах выдающих ученых прошлого. Транспортное дело России. 2016. № 3. С. 47–49.

39. Історія економічних вчень: навч. посіб. / В.В. Кириленко та ін.; за ред.

В.В. Кириленка. Тернопіль: Економічна думка, 2007. 233 с.

40. Камінський А.Б. Моделювання фінансових ризиків: монографія. Київ: Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2006. 303 с.

41. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Москва: Эдиториал УРСС, 2001. 288 с.

42. Качалов Р.М. Управление хозяйственным риском. Москва: Наука, 2002. 192 с.

43. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основание синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. Москва: Алетейя, 2002. 414 с.

44. Козловский А.Н., Недосекин А.О., Абдулаева З.И. Управление портфелем промышленных инноваций. Санкт-Петербург: Изд-во Политех. ун-та, 2016. 131 с.

45. Кольцова И.В., Рябых Д.А. Практика финансовой диагностики и оценки проектов. Москва: Вильямс, 2007. 416 с.

46. Коупленд Т., Долгофф А. Expectations-Based Management. Как достичь превосходства в управлении стоимостью компании / пер. Э.В. Кондуковой. Москва: Эксмо, 2009. 384 с.

47. Коцюба О.С. Методологічний аналіз феномена невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційного проекту. *Економіка та підприємництво*. 2018. № 40. С. 147–165.

48. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с.

49. Кравец А.С. Природа вероятности (философские аспекты). Москва: Мысль, 1976. 173 с.

50. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты: учеб. для вузов / пер. с нем. З.А. Сабов; пер. с нем. под общ. ред. В.В. Ковалева и З.А. Сабова. Санкт-Петербург: Питер, 2001. XVIII, 409 с.

51. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.

52. Лесли К., Майклс М. Реальная сила реальных опционов. *Вестник*

McKinsey. 2002. № 1. С. 16–31.

53. Ли Ч.Ф., Финнерти Дж.И. Финансы корпораций: теория, методы и практика / пер. с англ. Москва: ИНФРА-М, 2000. XVIII, 686 с.

54. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках: учеб.-практ. пособие. Москва: Дело, 2004. 527 с.

55. Липсиц И.В., Коссов В.В. Экономический анализ реальных инвестиций: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Экономистъ, 2004. 347 с.

56. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Дело, 2003. 520 с.

57. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений: учеб. пособ. Москва: Финансы, ЮНИТИ, 1998. 400 с.

58. Лукасевич И.Я. Инвестиции: учебник. Москва: Вузовский учебник; ИНФРА-М, 2018. 413 с.

59. Маршалл А. Основы экономической науки / под науч. ред. П.Н. Клюкина; пер. с англ. В.И. Бомкина, В.Т. Рысина, Р.И. Столпера. Москва: Эксмо, 2007. 832 с.

60. Мертенс А.В. Инвестиции: Курс лекций по современной финансовой теории. Киев: Киевское инвестиционное агентство, 1997. XVI, 416 с.

61. Милль Дж.С. Основы политической экономии: в 3 т. / общ. ред. чл.-кор. АН СССР А.Г. Милейковского; пер. с англ. Москва: Прогресс, 1980. Т. 2. 480 с.

62. Милованов В.П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. Москва: Эдиториал УРСС, 2001. 264 с.

63. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / А.Н. Борисов и др. Рига: Зинатне, 1982. 256 с.

64. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. Москва: Наука, 1981. 488 с.

65. Назарова В.В., Морозова Е.В. Методологические подходы к разработке сценариев для проекта в сфере строительства. *Вестник НГУЭУ*. 2014. № 1. С. 115–133.

66. Наливайко А.П., Гаращенко Н.М., Прохорова Є.В. Стратегія підприємства: навч. посіб. / за заг. та наук. ред. д.е.н., проф. А.П. Наливайка. Київ: КНЕУ, 2016. 485 с.

67. Наумов Г.Е., Подиновский В.В., Подиновский Вик.В. Субъективная вероятность: способы представления и методы получения. *Известия АН СССР. Техническая кибернетика*. 1991. № 5. С. 94–109.

68. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / Санкт-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов. Санкт-Петербург, 2003. 302 с.

69. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами. *Аудит и финансовый анализ*. 2000. № 2. URL: http://www.auditfin.com/fin/2000/2/toc.php (дата обращения: 25.07.2018).

70. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин и др.; под ред. Д.А. Поспелова. Москва: Наука, 1986. 312 с.

71. Никонова И.А. Проектный анализ и проектное финансирование. Москва: Альпина Паблишер, 2012. 154 с.

72. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов и др. Москва: Радио и связь, 1989. 304 с.

73. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ. 3-е изд. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 801 с.

74. Пестель Э. За пределами роста / общ. ред. и вступ. ст. Д.М. Гвишиани; пер. с англ. Е.В. Нетесовой. Москва: Прогресс, 1988. 272 с.

75. Петраков Н.Я. Русская рулетка: экономический эксперимент ценою 150 миллионов жизней. Москва: Экономика, 1998. 286 с.

76. Райфа Г. Анализ решений (введение в проблему выбора в условиях неопределенности) / перев. с англ. Москва: Наука, 1977. 408 с.

77. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е изд. / пер. с англ. Москва: ИД ‘‘Вильямс’’, 2007. 1408 с.

78. Риск-менеджмент инвестиционного проекта / М.В. Грачева и др.; под

общ. ред. М.В. Грачевой, А.Б. Секерина. Москва: ЮНИТИ-Дана, 2009. 544 с.

79. Саати Т.Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. Москва: Радио и связь, 1993. 314 с.

80. Селигмен Б. Основные течения современной экономической мысли / пер. с англ.; общ. ред. и вступ. статья: А.М. Румянцев, Л.Б. Альтер, А.Г. Милейковский. Москва: Прогресс, 1968. 600 с.

81. Смоляк С.А. О норме дисконта для оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях риска. *Аудит и финансовый анализ*. 2000. № 2. URL: https://www.valmaster.ru/download/archive/Smoliak1.pdf (дата обращения: 07.03.2017).

82. Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта). Москва: 2012. 158 с. URL: https://ssrn.com/abstract=2097349 (дата обращения: 10.09.2017).

83. Степин В.С. Синергетика и системный анализ. *Синергетическая парадигма. Когнитивно-коммуникативные стратегии современного научного познания* / отв. ред. Л.П. Киященко. Москва: Прогресс-Традиция, 2004. С. 58–77.

84. Тарасевич Л.С., Гребенников П.И., Леусский А.И. Теория корпоративных финансов: учебник. Москва: Высшее образование, 2007. 237 с.

85. Теплова Т.В. Инвестиции: учебник для бакалавров. Москва: Юрайт, 2011. 724 с.

86. Фабер В.О. Проблема неопределённости в структуре философского знания: Онтологический, гносеологический, антропологический аспекты: автореф. дис. ... канд. филос. наук: 09.00.01 / Сарат. гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского. Саратов, 2004. 22 с.

87. Царев В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций. Санкт-Петербург: Питер, 2004. 460 с.

88. Черемушкин С.В. Отрицательные денежные потоки и премия за риск. *Финансы и кредит*. 2009. № 28. С. 12–38.

89. Черкасова В.А. Развитие сценарных методов анализа инвестиционных проектов. *Экономический анализ: теория и практика*. 2008. № 6. С. 15–21.

90. Чернов В.Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. Москва: Горячая линия – Телеком, 2007. 312 с.

91. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции / пер. с англ. А.Н. Буренина, А.А. Васина. Москва: ИНФРА-М, 2001. XII, 1028 с.

92. Ярыгин А.И. Моделирование процессов оценки эффективности инновационных проектов предприятия с использованием реальных опционов: дис. … канд. экон. наук: 08.00.05 / С.-Петерб. гос. экон. ун-т. Санкт-Петербург, 2015. 163 с.

93. Ястремський О.І. Основи теорії економічного ризику: навч. посіб. Київ: АртЕк, 1997. 248 с.

94. Ariel R. Risk adjusted discount rates and the present value of risky costs. *The Financial Review*. 1998. Vol. 33. P. 17–30.

95. Bar-Yosef S., Mesznik R. On Some Definitional Problems with the Method of Certainty Equivalents. *The Journal of Finance*. 1977. Vol. XXXII, No. 5. P. 1729–1737.

96. Beedles W.L. Evaluating negative benefits. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. 1978. Vol. 13, Iss. 1. P. 173–176.

97. Bierman H.Jr., Smidt S. Advanced Capital Budgeting: Refinements in the Economic Analysis of Investment Projects. New York: Routledge, 2007. XVIII, 367 p.

98. Black F., Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*. 1973. Vol. 81, No. 3 P. 637–654.

99. Brennan M.J., Schwartz E.S. Evaluating Natural Resource Investments. *Journal of Business*. 1985. Vol. 58, Iss. 2. P. 135–157.

100. Celec S.E., Pettway R.H. Some Observations on Risk-Adjusted Discount Rates: A Comment. *The Journal of Finance*. 1979. Vol. 34, No. 4. P. 1061–1063.

101. Chance D.M., Peterson P.P. Real Options and Investment Valuation. Charlottesville, Virginia: The Research Foundation of AIMR. 2002. XI, 114 p.

102. Coates J.F. Scenario planning. *Technological forecasting and social change*. 2000. Vol. 65, Iss. 1. P. 115–123.

103. Cox J.C., Ross S., Rubinstein M. Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*. 1979. Vol. 7, Iss. 3. P. 229–263.

104. Hall J.H., Westerman W. Basic Risk Adjustment Techniques in Capital Budgeting. *Capital Budgeting Valuation: Financial Analysis for Today's Investment Projects* / eds.: H.K. Baker, Ph. English. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. Chap. 12. P. 217–239.

105. Kodukula P., Papudesu C. Project valuation using real options: a practitioner's guide. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing, Inc., 2006. XVII, 234 p.

106. Kotsyuba O.S. Estimation of Input Financial and Economic Parameters of an Investment Project Based on a Fuzzy Set Approach. *The Problems of Economy*. 2018. № 3. P. 240–245.

107. Merton R.C. Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*. 1973. Vol. 4, No. 1. P. 141–183.

108. Miles J., Choi D. Comment: Evaluating Negative Benefits. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. 1979. Vol. 14, No. 5, P. 1095–1099.

109. Moore R.E. Interval analysis. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1966. XI, 145 p.

110. Myers S.C. Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics*. 1977. Vol. 5, No. 2. P. 147–175.

111. Pawlak Z. Rough Sets. *International Journal of Computer and Information Sciences*. 1982. Vol. 11, No. 5. P. 341–356.

112. Pawlak Z. Rough sets: theoretical aspects of reasoning about data. Dordrecht: Springer Science + Business Media, 1991. XVI, 229 p.

113. Pigou A.C. The economics of welfare. 4th ed. London: Macmillan and Co., Limited, 1932. XXXI, 837 p.

114. Saaty T.L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*. 1977. Vol. 15, Iss. 3. P. 234–28.

115. Saaty T.L. Measuring the fuzziness of sets. *Journal of Cybernetics*. 1974. Vol. 4, Iss. 4. P. 53–61.

116. Schwartz P. The Art Of The Long View: Planning For The Future In An

Uncertain World. 1st ed. New York: Doubleday. 1991. X, 258 p.

117. Senior N.W. An outline of the science of political economy. New-York: AMK Bookseller, 1965. 250 p.

118. Titman S. Urban Land Prices Under Uncertainty. *American Economic Review*. 1985. Vol. 75, No. 3. P. 505–514.

119. Van Notten Ph. Writing on the wall: scenario development in times of discontinuity. Boca Raton: Dissertation.com., 2005. XIV, 211 p.

120. van Putten A.B., MacMillan I.C. Making Real Options Really Work. *Harvard Business Review*. 2004. No. 12. P. 134–141.

121. Yager R.R. An eigenvalue method of obtaining subjective probabilities. *Behavioral Science*. 1979. Vol. 24, Iss. 6. P. 382–387.

122. Zadeh L.A. Fuzzy Sets. *Information and Control*. 1965. Vol. 8. P. 338–353.

РОЗДІЛ 3
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ ІМОВІРНОСТЕЙ ТА ІНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

3.1. Теоретико-ймовірнісний інструментарій оцінювання показників економічної ефективності та міри ризику інвестиційних проектів

Як уже зазначалося, протягом тривалого періоду часу теорії імовірностей належав статус ексклюзивного наукового підходу до врахування невизначеності і ризику під час розробки управлінських рішень в економіці, у тому числі в інвестиційній сфері. В межах імовірнісної методології будується математична модель досліджуваного економічного (інвестиційного) процесу, де недетерміновані параметри задаються у формі випадкових величин, для кожної з яких ставиться у відповідність певний закон розподілу.

Основу нинішньої методології імовірнісного моделювання показників економічної ефективності реальних інвестицій становлять два підходи, або методи: аналізу ймовірнісних розподілів [9; 10; 62; 66; 83], а також імітаційного моделювання методом Монте-Карло [8; 9; 25; 29; 62; 66; 74; 82]. З точки зору свого аналітичного потенціалу метод Монте-Карло виступає як основний, у той час як аналізу ймовірнісних розподілів належить більшою мірою другорядна, або допоміжна, роль. Розглянемо зазначені методи докладніше.

В методі аналізу ймовірнісних розподілів припускається, що елементи (складові) грошових потоків досліджуваного інвестиційного проекту описуються випадковими величинами, розподіли (закони розподілу) яких відомі. Виходячи з цього для показника чистої теперішньої вартості знаходяться дві числові характеристики, яким відводиться роль деталізованих критеріїв прийняття рішення: сподіване значення та середньоквадратичне відхилення, відповідно [9; 10; 62; 66; 83].

Першу з названих характеристик слід розраховувати за формулою:

$$M(\breve{N}\breve{P}\breve{V}) = \frac{M(\breve{C}\breve{F}_0)}{(1+r)^0} + \frac{M(\breve{C}\breve{F}_1)}{(1+r)^1} + ... + \frac{M(\breve{C}\breve{F}_k)}{(1+r)^k} + ... + \frac{M(\breve{C}\breve{F}_T)}{(1+r)^T}, \quad (3.1)$$

де $\breve{N}\breve{P}\breve{V}$ – випадкова величина чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту;

$\breve{C}\breve{F}_k$ – випадкова величина грошового потоку для k-го періоду реалізації інвестиційного проекту, $k = \overline{1,T}$;

$M(...)$ – сподіване значення відповідної випадкової величини;

r – скоригована на ризик ставка дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту;

T – термін (строк) реалізації інвестиційного проекту (горизонт інвестування).

Формула (3.1) не залежить від наявності чи відсутності кореляції між елементами грошових потоків інвестиційного проекту. Тобто за даним аспектом вона є універсальною. Водночас, представлене співвідношення не може бути використане для розрахунку внутрішньої норми доходності.

На відміну від сподіваного значення, знаходження середньоквадратичного відхилення чистої теперішньої вартості передбачає врахування як кореляції між випадковими величинами складових грошових потоків, так і законів їх розподілу. Якщо розподіли зазначених випадкових величин є нормальними, то розглядуваний показник може бути розрахований у такий спосіб.

В разі відсутності кореляції між елементами грошових потоків інвестиційного проекту:

$$\sigma(\breve{N}\breve{P}\breve{V}) = \sqrt{\sum_{k=0}^{T} \frac{\sigma^2(\breve{C}\breve{F}_k)}{(1+r)^{2k}}}, \quad (3.2)$$

де $\sigma(...)$ – середньоквадратичне відхилення відповідної випадкової величини.

В ситуації ідеальної корельованості складових грошових потоків інвестиційного проекту:

$$\sigma(\breve{N}\breve{P}\breve{V}) = \sum_{k=0}^{T} \frac{\sigma(\breve{C}\breve{F}_k)}{(1+r)^k}. \quad (3.3)$$

Поряд з очевидною простотою викладеного методу, недоліки, якими він обтяжений, зумовлюють обмеженість діапазону ситуацій його доцільного використання.

У загальному випадку під методом Монте-Карло слід розуміти чисельний метод розв'язування математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин. Уперше його теоретичний опис був оприлюднений у 1949-му році. Творцями даного методу вважаються американські математики Дж. фон Нейман та С. Улам. Своєю назвою метод зобов'язаний місту Монте-Карло у Князівстві Монако, відомим своїми казіно. Зазначений зв'язок зумовлений тим, що рулетка, яка являє собою основний атрибут казіно, є найпростішим механічним приладом для генерування випадкових величин, що, власне, і становить ключову ідею аналізованого методу [79].

Перше повідомлення про застосування методу Монте-Карло для підтримки прийняття інвестиційного рішення наводиться у статті Д.Б. Герца від 1964 р. [93]. У площині проблематики інвестиційного аналізу розглядуваний метод дозволяє знаходити оцінки показників економічної ефективності інвестиційного проекту у формі розподілів випадкових величин. Реалізація методу Монте-Карло передбачає виконання таких кроків [21; 66; 74; 82]:

- встановлюються границі значень ключових аргументів (фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту);
- визначаються розподіли випадкових величин ключових аргументів;
- виявляються відношення взаємозалежності (кореляції) між ключовими аргументами;
- генеруються випадкові сценарії, які ґрунтуються на системі прийнятих гіпотез;
- здійснюється статистичний аналіз результатів імітаційного моделювання, інтерпретуються результати аналізу.

До переваг методу Монте-Карло як інструмента оцінювання показників економічної ефективності і ризику при економічному обґрунтуванні реальних інвестицій слід віднести високий ступінь його універсальності в плані можливості врахування різних законів розподілу і взаємних зв'язків для фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту, а також високий ступінь його обчислювально-інструментальної опрацьованості, на рівні наявності відповідного

програмного забезпечення. Обмеженням методу, яке має принциповий характер, є те, що його коректне застосування можливе лише за умови наявності репрезентативної статистики, або ж достовірної обізнаності з боку зацікавленої особи (суб'єкта прийняття рішення, експерта) стосовно законів розподілу, яким підпорядковуються випадкові величини вихідних параметрів аналізованого інвестиційного проекту.

Перейдемо тепер до дослідження питання кількісного оцінювання ступеня ризику проектів реального інвестування.

Складна структура ризику, багатогранність його прояву зумовлюють неможливість його вичерпного вимірювання за окремою властивістю, на основі окремого показника. Наслідком цього є існування системи кількісних показників ступеня ризику. Жодний з показників даної системи не є універсальним і не здатний повно та адекватно відобразити ризиковий аспект для будь-якої ситуації прийняття рішення в умовах невизначеності. Відповідно, як вже було зазначено вище, в загальному випадку міра або кількісна оцінка ступеня ризику являє собою багатокомпонентну величину, тобто вектор. Одна група компонент цього вектора кількісно характеризує окремі аспекти ризику як об'єктивної категорії, виходячи з того, що він породжений об'єктивно існуючими в економіці конфліктністю та невизначеністю, решта – ставлення до ризику з боку суб'єктів ризику, тобто осіб, що є зацікавленими учасниками аналізованої проблемної ситуації, обтяженої ризиком, стосовно якої вони генерують та приймають відповідне управлінське рішення [21, с. 54].

Піонерні здобутки у формуванні теоретичних уявлень про ризик і підходів до його моделювання та оптимізації належать передусім західним вченим. В останні десятиріччя до розбудови науково-практичних галузей ризикології, ризик-менеджменту та ризик-аналізу приєдналися дослідники країн пострадянського простору, у тому числі України. В їх ряду як таких, чиї праці містять ґрунтовні узагальнення, значущі нові ідеї і підходи можна назвати Р.М. Качалова, М.В. Грачову, О.В. Воронцовського, О.О. Недосєкіна, О.І. Ястремського, В.В. Вітлінського, П.І. Верченка, А.Б. Камінського та ін. [17; 21;

22; 25; 34; 35; 69; 74; 87].

З одного боку, можна спостерігати розроблення арсеналу відповідних методів і моделей, які використовуються в економіко-управлінській практиці. З іншого боку, складність феномена ризику, діалектична зміна його структури в часі під впливом змін в економіці та суспільстві в цілому, принципова неможливість вичерпного вимірювання ризику за окремо взятою властивістю, відкриття нових показників ступеня ризику визначають доцільність продовження наукових пошуків у цьому напрямі.

Якщо спробувати охарактеризувати основні напрями теперішнього розвитку методології та інструментарію вимірювання ризику, то можна зазначити таке [49; 50].

1. Систематизація показників ступеня ризику, у тому числі за допомогою побудови узагальнених математичних конструкцій, які охоплюють ті чи інші набори показників. Останні формулюються як параметричні математичні моделі, які припускають інтерпретацію як сімейства або класи мір. Показовими прикладами даного підходу є трипараметричне сімейство мір ризику, введене Б.К. Стоуном [103], а також клас мір ризику, відомий як нижні частинні моменти [90; 91].

2. Аксіоматична характеризація мір ризику. Згідно з методологічним аналізом щодо цього, представленим в [34, с. 116–117], аксіоматизація мір ризику обумовлена внутрішньою логікою сьогоднішнього етапу становлення цілісної теорії вимірювання ризиків, тобто є об’єктивним за своїми причинами процесом. Як зауважується далі в зазначеній праці, окрім того, що пропоновані аксіоматичні системи узагальнюють накопичений емпіричний матеріал та певні набори показників ступеня ризику з їх загального масиву, вони містять в собі “певну програму чи напрямок дослідження”, який втілюється у створенні відповідних формалізованих конструкцій [34, с. 117]. Як приклади наявних нині аксіоматик мір ризику можна навести аксіоматичні системи, сформульовані К.С. Педерсеном і С.Е. Сатчелом (скорочене позначення – PS) [97], Ф. Артцнером, Ф. Дельбаеном, Ж.-М. Ебером та Д. Хісом (скорочене позначення – ADEH) [89]. Додамо, що міри ризику, які задовольняють систему аксіом ADEH, згідно з підходом її авторів,

одержали назву когерентних, від англійського слова “coherent” – послідовний, зв’язний.

3. Виявлення і аналіз властивостей окремих показників ступеня ризику та взаємодії між різними показниками. Як було зазначено у попередньому пункті, одним з базисів для цього слугують аксіоматики мір ризику. В цілому ж цю проблему слід розглядати ширше, розуміючи, що та чи інша система аксіом охоплює не весь масив фактів, а його певний сегмент, відповідно до вихідних методологічних настанов, які у свою чергу диктуються змістом досліджуваного проблемного поля. В результаті дослідження характеристик окремого показника ступеня ризику має бути з’ясований його аналітичний потенціал і доцільні сфери використання. Узагальнене трактування міри ризику як багатокомпонентної величини обумовлює першочергову важливість поряд із всебічним аналізом її окремих складових виявлення зв’язків між різними показниками ступеня ризику. Один з яскравих прикладів аналітичної взаємодії між частковими показниками міри ризику пов’язаний з показником семівідхилення (семідевіації) (можливі інші назви: середнє (середньозважене) абсолютне семівідхилення, середнє семівідхилення, абсолютне семівідхилення), який, як відомо, може бути представлений як добуток двох інших часткових мір ризику: сподіваної величини несприятливих відхилень (втрат) і ймовірності їх реалізації (настання).

4. Дальше розроблення, вдосконалення і розвиток способів (методів) оцінювання показників ступеня ризику. Є очевидним, що практичний сенс мають лише ті показники, які можуть бути в якийсь спосіб з прийнятним ступенем точності оцінені в реальних ситуаціях. За теперішнього часу галузь кількісного моделювання ризиків містить розгалужену систему методів, які ґрунтуються на різних підходах і використовують різноманітний математичний інструментарій. Репрезентативним у цьому плані є показник ступеня ризику Value at Risk (вартість або капітал під ризиком, скорочене позначення – VaR), який набув величезної популярності у нинішньому фінансовому ризик-менеджменті. Для його оцінювання розроблені різні підходи, а також методи і моделі, які їх реалізують [68]: підхід варіацій-коваріацій (реалізується на основі методу постійних коваріацій, методу

експоненціально-зважених коваріацій, GARH-моделі та ін.), непараметричний підхід (реалізується на основі історичного моделювання), підхід на основі теорії екстремальних значень.

5. Розроблення і розвиток поряд з імовірнісно-статистичною методологією методів формалізації невизначеності та ризику, які виходять з нестохастичної (неймовірнісної) природи невизначеності. Їх основу становлять методи, які ґрунтуються на теоріях інтервального аналізу (математики) і нечітких множин. Виявлення і аналіз взаємодії між зазначеними теоріями, а також побудова їх комбінованих версій утворюють окремі напрями дослідження. Як приклад поєднання різних підходів до моделювання невизначеності можна назвати теорію нечітко-випадкових величин [85].

Як базові методологічні підходи до вимірювання ризику, сформовані в межах імовірнісної парадигми невизначеності, можуть бути виокремлені такі [17; 21; 22; 34; 74; 98]:

- на основі оцінювання ймовірності незадовільних (негативних) результатів (наслідків) економічної діяльності, їх невідповідності цільовому (запланованому, бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню;
- на основі оцінювання збитків або втрат в разі актуалізації несприятливого (небажаного) сценарію здійснення економічної діяльності;
- на основі оцінювання варіабельності (варіативності) можливих (прогнозованих) результатів економічної діяльності;
- на основі квантильних мір, в межах чого кількісний аспект ризику моделюється за допомогою квантилів розподілу випадкової величини, яка характеризує можливі (прогнозовані) результати економічної діяльності.

Розглянемо міри або кількісні показники ступеня ризику, які втілюють наведені вище підходи. При цьому увага буде зосереджена на тих з них, які рекомендуються, або є доцільними для використання при оцінюванні економічної ефективності реальних інвестицій, виходячи з результатів проведеного нами відповідного огляду навчальної і наукової літератури, в якій порушується

проблематика ризик-аналізу в інвестиційній та інших сферах економіки. Пропоноване нижче дослідження передбачає також виявлення прогалин або обмежень у наявній системі мір ризику, здійснення спроб з їх усунення.

Нехай економічний показник (X), який виконує функцію критерію прийняття рішення і який є предметом аналізу стосовно рівня ризику, описується випадковою величиною ($\breve{X}$). Покладемо далі, що зацікавленою особою (суб'єктом прийняття рішення, експертом) задано нормативний рівень (норматив) (Z_F , $Z_F = Z_F(X)$) даного показника, яким може бути якесь його цільове (заплановане, бажане) або гранично припустиме (порогове, критичне) значення. Тоді модель міри ризику як імовірності незадовільного (негативного) результату, його невідповідності цільовому або гранично припустимому рівню може бути записана так (на основі [22, с. 84–88; 74, с. 171–172]):

$$Risk(\breve{X}, Z_F) = \begin{cases} P(\breve{X} < Z_F), X = X^+ \\ P(\breve{X} > Z_F), X = X^- \end{cases}, \tag{3.4}$$

де $Risk(\breve{X}, Z_F)$ – ступінь ризику невідповідності значення випадкової величини $\breve{X}$ нормативу Z_F;

$P(...)$ – ймовірність настання відповідної події;

$X = X^+$, $X = X^-$ – рівності, які фіксують відповідно додатний (позитивний) і від'ємний (негативний) інгредієнт для критеріального економічного показника.

Розрахункові співвідношення, які реалізують модель (3.4), мають вигляд.

Для дискретної постановки зі скінченною кількістю можливих значень випадкової величини $\breve{X}$:

$$Risk(\breve{X}, Z_F) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \beta_i p_i, X = X^+ \\ \sum_{i=1}^{n} \gamma_i p_i, X = X^- \end{cases}, \tag{3.5}$$

при цьому

$$\beta_i = \begin{cases} 0, \textit{якщо } x_i \geq Z_F \\ 1, \textit{якщо } x_i < Z_F \end{cases}, \; i = \overline{1, n}, \tag{3.6}$$

$$\gamma_i = \begin{cases} 0, \textit{якщо } x_i \leq Z_F \\ 1, \textit{якщо } x_i > Z_F \end{cases}, \; i = \overline{1, n}, \tag{3.7}$$

де x_i – значення випадкової величини $\breve{X}$;

p_i – ймовірність реалізації i-го значення випадкової величини $\breve{X}$;

n – кількість значень, яких може набувати випадкова величина $\breve{X}$.

Для неперервної постановки:

$$Risk(\breve{X}, Z_F) = \begin{cases} \int\limits_{-\infty}^{Z_F} f(x)dx, \; X = X^+ \\ \int\limits_{Z_F}^{+\infty} f(x)dx, \; X = X^- \end{cases}, \tag{3.8}$$

де $f(x)$ – функція щільності розподілу випадкової величини $\breve{X}$.

Відразу оговоримо, що далі при розгляді дискретної випадкової величини, так само, як це було зроблене вище, будемо обмежуватися ситуацією скінченної кількості її можливих значень.

У виразі (3.4) передбачається, що економічний показник, який моделюється випадковою величиною $\breve{X}$, може мати додатний (позитивний) або від'ємний (негативний) інгредієнт. Нагадаємо [22, с. 36–37], що економічний показник має додатний інгредієнт, якщо в межах проблемної ситуації, яка підлягає вирішенню, він оптимізується в напрямі максимуму (формально цей факт обумовлюється рівністю: $X = X^+$). Якщо ж бажаним є мінімальний рівень показника, то це означає, що він має від'ємний (негативний) інгредієнт (в цьому разі пишуть: $X = X^-$).

Нехай можливі несприятливі наслідки (збитки, недоотриманий прибуток – Y) реалізації певного рішення суб'єкта економічної діяльності описуються випадковою величиною ($\breve{Y}$). Тоді як міра ризику (W) може бути обрана величина сподіваної невдачі [21, с. 157–158; 22, с. 88–91].

У разі дискретного характеру випадкової величини несприятливих наслідків названу міру ризику слід розраховувати за формулою:

$$W = M(\breve{Y}) = \sum_{i=1}^{n} p_i y_i, \tag{3.9}$$

при цьому

$$p_i > 0, \; i = \overline{1, n}, \tag{3.10}$$

$$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1, \tag{3.11}$$

$$p_i = P\left(\breve{Y} = y_i\right),\ i = \overline{1, n}\,, \tag{3.12}$$

де $M(\breve{Y})$ – сподіване значення випадкової величини $\breve{Y}$;

y_i – значення випадкової величини $\breve{Y}$;

p_i – ймовірність реалізації значення y_i для випадкової величини $\breve{Y}$;

n – кількість значень, яких може набувати випадкова величина $\breve{Y}$.

Якщо ж випадкова величина несприятливих наслідків $\breve{Y}$ є неперервною, то досліджуваний показник ступеня ризику виражається формулою:

$$W = M(\breve{Y}) = \int_{-\infty}^{+\infty} y f(y) dy\,, \tag{3.13}$$

де $f(y)$ – функція щільності розподілу випадкової величини $\breve{Y}$.

Відносною мірою ризику в межах розглядуваного підходу є коефіцієнт сподіваних збитків або втрат (K_Z) [21, с. 169–171; 74, с. 169–170]. Даний коефіцієнт являє собою частку від ділення абсолютної величини сподіваних втрат на суму абсолютних величин сподіваних вигід та сподіваних втрат для аналізованого економічного показника:

$$K_Z(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{|M_Z^-|}{|M_Z^-| + M_Z^{+0}}, X = X^+ \\ \dfrac{M_Z^+}{|M_Z^{-0}| + M_Z^+}, X = X^- \end{cases}, \tag{3.14}$$

$$M_Z^- = M(\breve{X} - Z \mid \breve{X} < Z)\,, \tag{3.15}$$

$$M_Z^+ = M(\breve{X} - Z \mid \breve{X} > Z)\,, \tag{3.16}$$

$$M_Z^{-0} = M(\breve{X} - Z \mid \breve{X} \le Z)\,, \tag{3.17}$$

$$M_Z^{+0} = M(\breve{X} - Z \mid \breve{X} \ge Z)\,, \tag{3.18}$$

де X – критеріальний економічний показник (критерій);

$\breve{X}$ – випадкова величина критерію X;

Z – база зіставлення (порівняння), яка відокремлює сприятливі та несприятливі відхилення в межах випадкової величини $\breve{X}$;

M_Z^-, M_Z^+ – сподіване значення відповідно від'ємних (негативних, лівосторонніх) і додатних (позитивних, правосторонніх) по відношенню до Z відхилень;

M_Z^{-0}, M_Z^{+0} – сподіване значення відповідно недодатних і невід'ємних по відношенню до Z відхилень;

$M(...)$ – сподіване значення відповідної випадкової величини.

У межах наукової школи ризикології під керівництвом В.В. Вітлінського набув розвитку узагальнений підхід до вимірювання ризику, згідно з яким як база зіставлення Z в структурі відповідних показників ступеня ризику поряд з математичним сподіванням може прийматися якийсь інший показник центра групування: мода ($Mo(\breve{X})$), медіана ($Me(\breve{X})$), зважене середньогеометричне ($Ge(\breve{X})$). Окреме місце як базі зіставлення належить показнику нормативного рівня (нормативу) ($Z_F(X)$). Безпосередньо у формулі (3.11) передбачається, що може бути використана будь-яка із названих баз, тобто $Z \in \left\{M(\breve{X}), Mo(\breve{X}), Me(\breve{X}), Ge(\breve{X}), Z_F(X)\right\}$. Дальше дослідження проблематики кількісного оцінювання ризику буде здійснюватися з опорою на зазначений узагальнений підхід.

Для частини мір ризику відповідно до їх змісту як база зіставлення може використовуватися лише показник з числа показників центра групування. Цей факт будемо обумовлювати символом Z^*, $Z^* = Z^*(\breve{X})$, тобто $Z^* \in \left\{M(\breve{X}), Mo(\breve{X}), Me(\breve{X}), Ge(\breve{X})\right\}$.

Якщо сподівані відхилення значень економічного показника по відношенню до рівня Z аналізувати з урахуванням імовірності їх настання, то можна одержати модифікацію коефіцієнта сподіваних втрат (збитків), яку логічно або зручно називати коефіцієнтом зважених сподіваних втрат (збитків) (K_Z^w) [54, с. 321]:

$$K_Z^w(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{P(\breve{X} < Z)\,|M_Z^-|}{P(\breve{X} < Z)\,|M_Z^-| + P(\breve{X} \geq Z)M_Z^{+0}}, & X = X^+ \\ \dfrac{P(\breve{X} > Z)M_Z^+}{P(\breve{X} \leq Z)\,|M_Z^{-0}| + P(\breve{X} > Z)M_Z^+}, & X = X^- \end{cases}. \qquad (3.19)$$

Вимірювання ризику виходячи з оцінювання варіабельності (варіативності) ґрунтується на припущенні про пряму залежність (зв'язок) між величиною розкиду (розсіяння, мінливості, нестабільності) можливих значень критеріального економічного показника і ступенем ризику. Ядро цього підходу становлять такі показники (на основі [17; 21; 34; 86; 98]).

При вимірюванні ризику в абсолютному вираженні:

- розмах варіації – $R(\breve{X})$;
- середнє (середньозважене) абсолютне відхилення – $MAD_{Z^*}(\breve{X})$;
- дисперсія або варіація – $V_{Z^*}(\breve{X})$;
- середньоквадратичне відхилення – $\sigma_{Z^*}(\breve{X})$;
- семіваріація (півдисперсія) – $SV_Z(\breve{X})$;
- семіквадратичне відхилення – $SSV_Z(\breve{X})$.

При оцінюванні ступеня ризику у відносному вираженні:

- коефіцієнт варіації – $CV_{Z^*}(\breve{X})$;
- коефіцієнт семіваріації – $CSV_{Z^*}(\breve{X})$.

Для випадкової величини економічного показника (критерію) розмах варіації являє собою різницю між її точною верхньою і точною нижньою межею [99, с. 56]:

$$R(\breve{X}) = \sup \breve{X} - \inf \breve{X}. \qquad (3.20)$$

Далі без принципового зниження рівня загальності виходитимо з припущення про існування мінімального і максимального значень випадкової величини економічного показника, якщо для неї існують точна нижня і точна верхня межа. У цьому разі формула розглядуваного показника може бути записана так:

$$R(\breve{X}) = \breve{X}_{\max} - \breve{X}_{\min}, \qquad (3.21)$$

де $\breve{X}_{\max}$, $\breve{X}_{\min}$ – відповідно максимальне і мінімальне значення випадкової величини $\breve{X}$.

Поряд із обчислювальною простотою і задоволенням низки важливих у формальному аспекті властивостей (невід'ємності, додатної гомогенності, трансляційної інваріантності, рівності нулю тільки у випадку безризиковості) розмах варіації як міра ризику має істотні недоліки, які обмежують сферу його доцільного або ефективного використання [34, с. 73–74].

По-перше, даний показник враховує лише порогові (мінімальне, максимальне) значення критерію, які можуть досягатися вкрай рідко, в разі актуалізації екстремальних сценаріїв розвитку подій. По-друге, для чималої кількості розподілів, які використовуються у моделюванні фінансових та інвестиційних процесів, розмах

варіації дорівнює нескінченності (зокрема, це має місце для нормального розподілу). По-третє, повністю поза увагою цього показника залишається структура варіювання значень критерію в діапазоні між мінімальним і максимальним значеннями. В четвертих, в межах розмаху варіації розглядається варіабельність як така, без врахування напряму оптимізації критерію, що може виявитися неприйнятним, коли для аналізу проблемної ситуації має принципове значення співвіднесення можливих результатів із нормативним рівнем.

Передумовою для можливості сформулювати показник на основі розмаху варіації, який би був вільний від останнього з названих недоліків або обмежень, виступають показники нижнього (лівостороннього) ($R^{-}(\breve{X})$) та верхнього (правостороннього) ($R^{+}(\breve{X})$) розмаху варіації, розрахункові вирази яких мають вигляд [101, с. 4]:

$$R^{(-)}(\breve{X}) = M(\breve{X}) - \breve{X}_{\min}, \tag{3.22}$$

$$R^{(+)}(\breve{X}) = \breve{X}_{\max} - M(\breve{X}). \tag{3.23}$$

У співвідношеннях (3.22), (3.23) як центр групування значень випадкової величини використовується лише математичне сподівання. Виходячи з прийнятого у цьому дослідженні більш широкого підходу стосовно варіантів даного параметра у мірах ризику, узагальнені версії представлених показників набувають вигляду:

$$R_{Z^*}^{(-)}(\breve{X}) = Z^*(\breve{X}) - \breve{X}_{\min}, \tag{3.24}$$

$$R_{Z^*}^{(+)}(\breve{X}) = \breve{X}_{\max} - Z^*(\breve{X}); \tag{3.25}$$

або в об’єднаному варіанті:

$$R_{Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} R_{Z^*}^{(-)}(\breve{X}), X = X^+ \\ R_{Z^*}^{(+)}(\breve{X}), X = X^- \end{cases}, \tag{3.26}$$

де $R_{Z^*}(\breve{X})$ – однобічний розмах варіації значень випадкової величини $\breve{X}$ по відношенню до Z^*;

$R_{Z^*}^{(-)}(\breve{X})$, $R_{Z^*}^{(+)}(\breve{X})$ – відповідно від’ємний (негативний, лівосторонній, нижній) і додатний (позитивний, правосторонній, верхній) розмах варіації значень випадкової величини $\breve{X}$ по відношенню до Z^*.

Беручи до уваги структуру показника $R_{Z^*}(\breve{X})$, його зручно і логічно назвати

центральним розмахом варіації.

Відштовхуючись від формул (3.24)–(3.26), можна сформулювати модифікацію показника розмаху варіації ($R_{Z_F}(\breve{X})$), яка враховує лише несприятливі по відношенню до нормативу відхилення, тобто позбавлена розглядуваного недоліку (на основі [49]):

$$R_{Z_F}(\breve{X}) = \begin{cases} R^{(-)}_{Z_F}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ R^{(+)}_{Z_F}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases}, \tag{3.27}$$

при цьому

$$R^{(-)}_{Z_F}(\breve{X}) = \begin{cases} 0,\ Z_F \le \breve{X}_{\min} \\ Z_F - \breve{X}_{\min},\ \breve{X}_{\min} < Z_F < \breve{X}_{\max} \\ 2Z_F - (\breve{X}_{\min} + \breve{X}_{\max}),\ Z_F \ge \breve{X}_{\max} \end{cases}, \tag{3.28}$$

$$R^{(+)}_{Z_F}(\breve{X}) = \begin{cases} 0,\ Z_F \ge \breve{X}_{\max} \\ \breve{X}_{\max} - Z_F,\ \breve{X}_{\min} < Z_F < \breve{X}_{\max} \\ (\breve{X}_{\min} + \breve{X}_{\max}) - 2Z_F,\ Z_F \le \breve{X}_{\min} \end{cases}. \tag{3.29}$$

де $R^{(-)}_{Z_F}(\breve{X})$, $R^{(+)}_{Z_F}(\breve{X})$ – відповідно від'ємний (негативний, лівосторонній, нижній) і додатний (позитивний, правосторонній, верхній) розмах варіації значень випадкової величини X по відношенню до нормативного рівня Z_F.

З формальної точки зору показник $R_{Z_F}(\breve{X})$ являє собою різновид показника однобічного розмаху варіації. З урахуванням його економічного змісту, його зручно і коректно означити як цільовий розмах варіації.

Ідея, на основі якої будується показник середнього (середньозваженого) абсолютного відхилення, точно відображена у його назві, відповідно до чого його слід розраховувати в такий спосіб [21, с. 162–163].

Для дискретної постановки:

$$MAD_{Z^*}(\breve{X}) = \sum_{i=1}^{n} p_i \,|\, x_i - Z^*(\breve{X}) \,|. \tag{3.30}$$

Для неперервної постановки:

$$MAD_{Z^*}(\breve{X}) = \int_{-\infty}^{+\infty} |\, x - Z^*(\breve{X}) \,|\, f(x)dx. \tag{3.31}$$

При вимірюванні ризику за допомогою середнього абсолютного відхилення

лівосторонні і правосторонні відхилення значень випадкової величини критерію від центра групування враховуються як рівноцінні. З точки зору наявності чітко заданого напряму оптимізації (інгредієнта) критеріального економічного показника, в бік максимуму або мінімуму, в разі асиметричного закону розподілу такий підхід не може розцінюватися як коректний.

Уникнути зазначеної дисфункції дозволяє звернення до показника семівідхилення (семідевіації) (можливі інші назви: середнє (середньозважене) абсолютне семівідхилення, середнє семівідхилення, абсолютне семівідхилення) [52; 73; 94; 95; 96; 100; 102], який ґрунтується на врахуванні лише несприятливих відхилень від обраної бази зіставлення в межах середнього абсолютного відхилення. Відповідно до наведеного пояснення, формула для обчислення семівідхилення має вигляд.

Для дискретного представлення випадкової величини:

$$SeD_Z(\breve{X}) = \begin{cases} SeD_Z^{(-)}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ SeD_Z^{(+)}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \beta_i p_i (Z(\breve{X}) - x_i),\ X = X^+ \\ \sum_{i=1}^{n} \gamma_i p_i (x_i - Z(\breve{X})),\ X = X^- \end{cases}, \tag{3.32}$$

$$\beta_i = \begin{cases} 0,\ якщо\ x_i \geq Z \\ 1,\ якщо\ x_i < Z \end{cases},\ i = \overline{1, n}, \tag{3.33}$$

$$\gamma_i = \begin{cases} 0,\ якщо\ x_i \leq Z \\ 1,\ якщо\ x_i > Z \end{cases},\ i = \overline{1, n}. \tag{3.34}$$

В ситуації неперервної випадкової величини:

$$SeD_Z(\breve{X}) = \begin{cases} SeD_Z^{(-)}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ SeD_Z^{(+)}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases} = \begin{cases} \int_{-\infty}^{Z} (Z(\breve{X}) - x) f(x) dx,\ X = X^+ \\ \int_{Z}^{+\infty} (x - Z(\breve{X})) f(x) dx,\ X = X^- \end{cases}. \tag{3.35}$$

Показник семівідхилення характеризується властивістю, згідно з якою він може бути поданий як добуток двох інших мір ризику:

$$SeD_Z(\breve{X}) = \begin{cases} SeD_Z^{(-)}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ SeD_Z^{(+)}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases} = \begin{cases} P(\breve{X} < Z) \mid M_Z^- \mid,\ X = X^+ \\ P(\breve{X} > Z) M_Z^+,\ X = X^- \end{cases} =$$

$$= \begin{cases} P(\breve{X} \leq Z) \mid M_Z^{-0} \mid,\ X = X^+ \\ P(\breve{X} \geq Z) M_Z^{+0},\ X = X^- \end{cases}. \tag{3.36}$$

Поряд із викладеним при вимірюванні ризику на основі оцінювання варіабельності широко використовується дисперсійний підхід [17; 21; 22; 34; 86; 98].

Якщо дотримуватися традиційного (класичного) варіанта, змістовно дисперсія ($V(\breve{X})$) відображає ступінь розсіяння значень випадкової величини навколо її математичного сподівання, у формальному аспекті – це математичне сподівання квадрата відхилення даної випадкової величини від її математичного сподівання (сподіваного значення), тобто розглядуваний показник розраховується за формулою:

$$V(\breve{X}) = M[(\breve{X} - M(\breve{X}))^2]. \tag{3.37}$$

Добувши арифметичний квадратний корінь з дисперсії, можна отримати ще одну важливу характеристику міри розсіяння значень випадкової величини, відому під назвою середньоквадратичного відхилення:

$$\sigma(\breve{X}) = \sqrt{V(\breve{X})} = \sqrt{M[(\breve{X} - M(\breve{X}))^2]}. \tag{3.38}$$

Як і в разі інших показників варіабельності, узагальнені версії дисперсії ($V_{Z^*}(\breve{X})$) і середньоквадратичного відхилення ($\sigma_{Z^*}(\breve{X})$), якими оперує сучасна ризикологія, ґрунтуються на використанні як бази зіставлення поряд з математичним сподіванням таких показників центра групування, як мода, медіана, зважене середньогеометричне ($Z^* \in \{M(\breve{X}), Mo(\breve{X}), Me(\breve{X}), Ge(\breve{X})\}$) [17; 21; 22].

Як кількісна характеристика ризику, яка дозволяє враховувати напрям оптимізації досліджуваного критеріального показника, на основі дисперсії будується однобічна міра ризику, яка називається семіваріацією (півдисперсією). Формула для її розрахунку може бути записана так (на основі [17, с. 40–41; 21, с. 165–167]).

Для дискретної постановки:

$$SV_Z(\breve{X}) = \begin{cases} SV_Z^{(-)}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ SV_Z^{(+)}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \beta_i p_i (Z(\breve{X}) - x_i)^2,\ X = X^+ \\ \sum_{i=1}^{n} \gamma_i p_i (x_i - Z(\breve{X}))^2,\ X = X^- \end{cases}, \tag{3.39}$$

при цьому

$$\beta_i = \begin{cases} 0,\ якщо\ x_i \geq Z \\ 1,\ якщо\ x_i < Z \end{cases},\ i = \overline{1, n}, \tag{3.40}$$

$$\gamma_i = \begin{cases} 0,\ якщо\ x_i \leq Z \\ 1,\ якщо\ x_i > Z \end{cases},\ i = \overline{1, n}. \tag{3.41}$$

Для неперервної постановки:

$$SV_Z(\breve{X}) = \begin{cases} SV_Z^{(-)}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ SV_Z^{(+)}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases} = \begin{cases} \int\limits_{-\infty}^{Z} (x - Z(\breve{X}))^2 f(x)dx,\ X = X^+ \\ \int\limits_{Z}^{+\infty} (x - Z(\breve{X}))^2 f(x)dx,\ X = X^- \end{cases}. \quad (3.42)$$

Результатом знаходження арифметичного квадратного кореня з семіваріації є показник семіквадратичного відхилення, практичну зручність використання якого пов'язують із збереженням одиниць виміру економічного показника, який є об'єктом аналізу [17, с. 41; 21, с. 165–167]:

$$SSV_Z(\breve{X}) = \sqrt{SV_Z(\breve{X})}. \quad (3.43)$$

На базі абсолютних показників ступеня ризику можуть бути сформульовані відповідні відносні показники або коефіцієнти, які зручно означити як коефіцієнти варіабельності. На рівні загальної (концептуальної) схеми типовий коефіцієнт цього класу будується як відношення абсолютного показника варіабельності, який виступає мірою ризику в абсолютному вираженні, до центра групування:

$$CVb_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{AVb_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \quad (3.44)$$

де $CVb_{Z^*}(\breve{X})$ – коефіцієнт варіабельності випадкової величини $\breve{X}$ по відношенню до центра групування Z^*;

$AVb_{Z^*}(\breve{X})$ – абсолютний показник варіабельності по відношенню до Z^* (за виключенням ситуації $AVb_{Z^*}(\breve{X}) = R(\breve{X})$) випадкової величини $\breve{X}$.

Великого поширення в інвестиційному аналізі одержали коефіцієнти варіації і семіваріації, які будуються на основі, відповідно, дисперсії – $AVb_{Z^*}(\breve{X}) = \sigma_{Z^*}(\breve{X})$ і семіквадратичного відхилення – $AVb_{Z^*}(\breve{X}) = SSV_{Z^*}(\breve{X})$ [17; 21; 22]:

$$CV_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{\sigma_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \quad (3.45)$$

$$CSV_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{SSV_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \quad (3.46)$$

де $CV_{Z^*}(\breve{X})$, $CSV_{Z^*}(\breve{X})$ – відповідно коефіцієнт варіації та коефіцієнт семіваріації для випадкової величини $\breve{X}$ відносно центра групування Z^*.

З точки зору забезпечення повноти (цілісності) набору коефіцієнтів варіабельності, які можуть бути використані при оцінюванні економічної ефективності проектів реального інвестування, доцільно представлені відносні показники доповнити коефіцієнтами варіабельності, в основі яких лежать розмах варіації і середнє абсолютне відхилення, відповідно. В межах імовірнісно-статистичної методології перший показник відомий під назвою коефіцієнта осциляції, а другий – як лінійний коефіцієнт варіації [67, с. 184–186]. Окрім цього при $AVb_{Z^*}(\breve{X}) = R_{Z^*}(\breve{X})$ та $AVb_{Z^*}(\breve{X}) = SeD_{Z^*}(\breve{X})$ мають місце відносні показники, перший з яких логічно називати коефіцієнтом центрального розмаху варіації ($CR_{Z^*}(\breve{X})$), а другий – коефіцієнтом семівідхилення ($CSeD_{Z^*}(\breve{X})$). Згідно з наведеною вище схемою, зазначені коефіцієнти слід розраховувати за формулами:

$$\rho_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{R(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \tag{3.47}$$

$$CLV_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{MAD_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \tag{3.48}$$

$$CR_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{R_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \tag{3.49}$$

$$CSeD_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{SeD_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \tag{3.50}$$

де $\rho_{Z^*}(\breve{X})$, $CLV_{Z^*}(\breve{X})$ – відповідно коефіцієнт осциляції та лінійний коефіцієнт варіації для випадкової величини $\breve{X}$ відносно центра групування Z^*.

Можна помітити можливість побудувати на основі семіквадратичного відхилення та семівідхилення ще два коефіцієнти варіабельності, використання яких може бути корисним як стосовно аналізу реальних інвестицій, так і в інших сферах економічної діяльності. Конкретно, якщо у показниках семіквадратичного відхилення та семівідхилення як базу зіставлення використати нормативний рівень досліджуваного критерію, то результатом відношення цих показників до центра групування будуть коефіцієнти варіабельності, які зручно означити як коефіцієнт цільової семіваріації ($CSV_{Z_F Z^*}(\breve{X})$) [58, с. 123] і коефіцієнт цільового семівідхилення ($CSeD_{Z_F Z^*}(\breve{X})$), відповідно:

$$CSV_{Z_F Z^*}(\breve{X}) = \frac{SSV_{Z_F}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}, \tag{3.51}$$

$$CSeD_{Z_F Z^*}(\breve{X}) = \frac{SeD_{Z_F}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}. \tag{3.52}$$

В аналогічний спосіб може бути одержаний коефіцієнт цільового розмаху варіації ($CR_{Z_F Z^*}(\breve{X})$):

$$CR_{Z_F Z^*}(\breve{X}) = \frac{R_{Z_F}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X})}. \tag{3.53}$$

У формулах (3.47)–(3.53) передбачається, що критеріальний економічний показник, який описується випадковою величиною $\breve{X}$, має додатний (позитивний) інгредієнт.

Виходячи зі своєї структури, кожний коефіцієнт варіабельності припускає трактування як міра розсіяння, тобто величина ризику відхилень, значень економічного показника, яка припадає на одиницю його центрального рівня. Оскільки, як вже було зазначено, при цьому передбачається, що аналізований економічний показник оптимізується в напрямі максимуму ($X = X^+$), то чим меншою є величина $CVb_{Z^*}(\breve{X})$, тим меншим питомим (відносним) ризиком обтяжена проблемна ситуація, тобто всі коефіцієнти варіабельності мають негативний інгредієнт.

Окрім обмеження, пов'язаного з інгредієнтом критеріального показника, коефіцієнти варіабельності обтяжені ще одним обмеженням або недоліком. Пояснимо його суть на прикладі коефіцієнта варіації [58, с. 124–126].

Нехай розглядаються два альтернативні інвестиційні проекти: A і B, з яких на основі деякого економічного показника (критерію) має бути обраний найкращий. Критерій прийняття рішення має позитивний інгредієнт і описується випадковими величинами $\breve{X}_A$ та $\breve{X}_B$, відповідно.

Покладемо також, що для аналізованих проектів відомі математичні сподівання ($M(\breve{X}_A)$, $M(\breve{X}_B)$) і середньоквадратичні відхилення ($\sigma(\breve{X}_A)$, $\sigma(\breve{X}_B)$) випадкових величин критеріального показника: $M(\breve{X}_A) = 8$, $M(\breve{X}_B) = 10$; $\sigma(\breve{X}_A) = 4$, $\sigma(\breve{X}_B) = 6$.

Згідно з наведеною умовою $M(\breve{X}_A) < M(\breve{X}_B)$, оскільки $8 < 10$, і $\sigma(\breve{X}_A) < \sigma(\breve{X}_B)$, оскільки $4 < 6$. Відповідно, за математичним сподіванням як центром групування (мірою центральної тенденції) кращим є проект B, а за середньоквадратичним відхиленням як показником ступеня ризику – проект A. Звідси, використання цих показників не дозволяє дійти однозначного висновку щодо найкращої з інвестиційних альтернатив.

Розрахуємо коефіцієнт варіації для порівнюваних проектів:

$$CV(\breve{X}_A) = \frac{\sigma(\breve{X}_A)}{M(\breve{X}_A)} = \frac{4}{8} = 0{,}5, \tag{3.54}$$

$$CV(\breve{X}_B) = \frac{\sigma(\breve{X}_B)}{M(\breve{X}_B)} = \frac{6}{10} = 0{,}6, \tag{3.55}$$

тобто за даним показником як вимірником ступеня ризику також кращим виявляється проект A, оскільки $CV(\breve{X}_A) < CV(\breve{X}_B)$ $(0{,}5 < 0{,}6)$. Отже, одержані значення коефіцієнта варіації не додають ясності і не дозволяють, з урахуванням попередніх результатів, однозначно схилитися в бік якогось з досліджуваних проектів.

Таким чином, у представленому вище прикладі використання коефіцієнта варіації не приводить до подолання невизначеності стосовно оптимального рішення.

Разом з тим, якщо запропоновану ситуацію проаналізувати більш уважно, то для неї можна виявити певні особливості, які схиляють до думки, що вона є не такою вже нерозв'язною (в межах прийнятого підходу до оптимального вибору на основі математичного сподівання і середньоквадратичного відхилення).

Дійсно, в разі, якщо для альтернативних інвестиційних проектів A і B несприятливе відхилення від математичного сподівання випадкової величини критеріального показника дорівнює величині середньоквадратичного відхилення, то одержувані значення критерію збігаються між собою:

$$^{*}\breve{X}^{A}_{\min} = M(\breve{X}_A) - \sigma(\breve{X}_A) = 8 - 4 = 4, \tag{3.56}$$

$$^{*}\breve{X}^{B}_{\min} = M(\breve{X}_B) - \sigma(\breve{X}_B) = 10 - 6 = 4, \tag{3.57}$$

де $^{*}\breve{X}^{A}_{\min}$, $^{*}\breve{X}^{B}_{\min}$ – мінімальне значення релевантного (тобто такого, що береться до уваги) діапазону (інтервалу) варіювання значень критерію для варіанта інвестування відповідно A і B.

Тобто в найгірших в межах середньоквадратичного відхилення у несприятливий бік від математичного сподівання випадках порівнювані інвестиційні альтернативи виявляються взаємно рівноцінними. Якщо при цьому врахувати більше значення математичного сподівання критеріального показника для проекту B, то в підсумку цілком обґрунтовано можна стверджувати, що цей проект є більш привабливим, ніж проект A.

Отже, на основі розглянутого прикладу можна впевнитися, що хоча коефіцієнт варіації (а, відповідно, і коефіцієнти варіабельності в цілому) по праву входить до числа базових або найважливіших показників ступеня ризику, разом з тим певний клас ситуацій, які припускають обґрунтоване рішення, залишається поза полем його ефективної дії.

У праці [22, с. 101–102] пропонуються модифікації коефіцієнтів варіації ($CV^m_{Z^*}(\breve{X})$ та семіваріації ($CSV^m_{Z^*}(\breve{X})$). Ідея, на якій вони ґрунтуються, пов'язана із заданням порогового (граничного) значення для досліджуваного економічного показника. Відповідні формули мають вигляд:

$$CV^m_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{\sigma_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, \tag{3.58}$$

$$CSV^m_{Z^*}(\breve{X}) = \frac{SSV_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}. \tag{3.59}$$

де Z_0 – порогове (граничне) значення критерію, припускається, що $Z^*(\breve{X}) > Z_0$.

Очевидно, що наведені модифіковані коефіцієнти, як і їх прототипи, обтяжені обмеженням щодо характеру інгредієнта для критеріального економічного показника. Водночас, можна помітити шлях їх доопрацювання, після якого ця проблема виявиться усунутою. Дійсно, наступні узагальнені версії обговорюваних модифікацій, які пропонуються нами, можуть використовуватися для критеріїв з будь-яким інгредієнтом (як позитивним, так і негативним) [44; 47]:

$$CV^m_{Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{\sigma_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{\sigma_{Z^*}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \tag{3.60}$$

$$CSV_{Z^*}^m(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{SSV_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{SSV_{Z^*}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \quad (3.61)$$

де Z_0 – порогове (граничне) значення критеріального економічного показника (критерію), припускається, що $Z^*(\breve{X}) > Z_0$ для $X = X^+$ і $Z_0 > Z^*(\breve{X})$ для $X = X^-$.

Розглядаючи коефіцієнти варіації і семіваріації як окремі представники групи (класу) традиційних коефіцієнтів варіабельності, на основі співвідношень (3.60), (3.61) можна сформулювати загальну (концептуальну) схему модифікованого коефіцієнта варіабельності [44; 45]

$$MCVb_{Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{AVb_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{AVb_{Z^*}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \quad (3.62)$$

$$AVb_{Z^*}(\breve{X}) \in \left\{R(\breve{X}), R_{Z^*}(\breve{X}), MAD_{Z^*}(\breve{X}), SeD_{Z^*}(\breve{X}), \sigma_{Z^*}(\breve{X}), SSV_{Z^*}(\breve{X})\right\}, \quad (3.63)$$

де $MCVb_{Z^*}(\breve{X})$ – модифікований коефіцієнт варіабельності випадкової величини $\breve{X}$ по відношенню до центра групування Z^*.

Конкретизація чисельника у виразі (3.62) дозволяє окрім вже представлених вище модифікацій одержати модифіковані версії коефіцієнта осциляції ($\rho_{Z^*}^m(\breve{X})$), лінійного коефіцієнта варіації ($CLV_{Z^*}^m(\breve{X})$), коефіцієнта семівідхилення ($CSeD_{Z^*}^m(\breve{X})$), а також коефіцієнта центрального розмаху варіації ($CR_{Z^*}^m(\breve{X})$) [44; 45; 58]:

$$\rho_{Z^*}^m(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{R(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{R(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \quad (3.64)$$

$$CLV_{Z^*}^m(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{MAD_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{MAD_{Z^*}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \quad (3.65)$$

$$CSeD^{m}_{Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{SeD_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{SeD_{Z^*}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \quad (3.66)$$

$$CR^{m}_{Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{R_{Z^*}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{R_{Z^*}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}. \quad (3.67)$$

Розвиваючи концепцію модифікованих коефіцієнтів варіабельності, в аналогічний попередньому спосіб можна сформулювати модифікації коефіцієнтів цільового семівідхилення ($CSeD^{m}_{Z_F Z^*}(\breve{X})$), цільової семіваріації ($CSV^{m}_{Z_F Z^*}(\breve{X})$) [58, с. 128] та цільового розмаху варіації ($CR^{m}_{Z_F Z^*}(\breve{X})$):

$$CSeD^{m}_{Z_F Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{SeD_{Z_F}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{SeD_{Z_F}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \quad (3.68)$$

$$CSV^{m}_{Z_F Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{SSV_{Z_F}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{SSV_{Z_F}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}, \quad (3.69)$$

$$CR^{m}_{Z_F Z^*}(\breve{X}) = \begin{cases} \dfrac{R_{Z_F}(\breve{X})}{Z^*(\breve{X}) - Z_0}, X = X^+ \\ \dfrac{R_{Z_F}(\breve{X})}{Z_0 - Z^*(\breve{X})}, X = X^- \end{cases}. \quad (3.70)$$

Модифіковані коефіцієнти варіабельності припускають таку економічну інтерпретацію: це величина ризику, що припадає на одиницю приросту міри ефективності для даного рішення (альтернативи) стосовно аналізованої проблемної ситуації [22, с. 102].

Як уже було зауважено вище, трансформування традиційних коефіцієнтів варіабельності у їх модифіковані версії здійснюється за рахунок введення в знаменник перших параметра, який фіксує порогове (граничне) значення критеріального показника. Даний параметр може задаватися по різному, залежно від

гіпотез (припущень, настанов), з яких виходить зацікавлена особа (суб'єкт прийняття рішення, експерт). Зокрема, якщо стосовно аналізу випадкової величини критерію зацікавлена особа спирається лише на деякі центр групування та абсолютну міру варіабельності, то в разі, коли йдеться про порівняльну оцінку альтернативних економічних рішень, він може бути визначений так [44, с. 23]:

$$Z_0 = \begin{cases} \min\left\{Z^*(\breve{X}_j) - AVb_{Z^*}(\breve{X}_j) \mid j = \overline{1,m}\right\}, & X = X^+ \\ \max\left\{Z^*(\breve{X}_j) + AVb_{Z^*}(\breve{X}_j) \mid j = \overline{1,m}\right\}, & X = X^- \end{cases}, \tag{3.71}$$

де m – кількість альтернативних економічних рішень;

$\breve{X}_j$ – випадкова величина критеріального економічного показника (критерію) для j-ї альтернативи;

$AVb_{Z^*}(\breve{X}_j)$ – абсолютний показник варіабельності по відношенню до бази Z^* випадкової величини $\breve{X}_j$.

Задаючи пороговий рівень критерію за допомогою виразу (3.71), розрахуємо модифіковані коефіцієнти варіації для інвестиційних альтернатив із запропонованої вище гіпотетичної ситуації:

$$\begin{aligned} Z_0 &= \min\left\{M(\breve{X}_A) - \sigma(\breve{X}_A), M(\breve{X}_B) - \sigma(\breve{X}_B)\right\} = \\ &= \min\{8-4, 10-6\} = \min\{4, 4\} = 4, \end{aligned} \tag{3.72}$$

$$CV^m(\breve{X}_A) = \frac{\sigma(\breve{X}_A)}{M(\breve{X}_A) - Z_0} = \frac{4}{8-4} = 1, \tag{3.73}$$

$$CV^m(\breve{X}_B) = \frac{\sigma(\breve{X}_B)}{M(\breve{X}_B) - Z_0} = \frac{6}{10-4} = 1. \tag{3.74}$$

Отже, на відміну від різної ризикованості альтернативних варіантів інвестування, якщо використовувати звичайний (традиційний) коефіцієнт варіації, в даному разі ступінь ризику між ними виявляється однаковим. В підсумку, поєднуючи цей факт з тим, що $M(\breve{X}_B) > M(\breve{X}_A)$ $(10 > 8)$, отримуємо, що в межах аналізованої ситуації однозначно більш привабливим слід визнати проект B. Такий висновок повністю узгоджується з результатом відповідних міркувань, наведених на початку.

Квантильний підхід у вимірюванні ризику [15; 34; 86] органічно поєднує в

собі ймовірнісний і вартісний аспекти даного феномена. У сфері фондового, кредитного і страхового ринків базовою і такою, що сьогодні вже сприймається як класична, мірою ризику на основі квантильної методології є показник Value at Risk (VaR), що можна перекласти як вартість (капітал) під ризиком. В математичному плані VaR являє собою $(1-\alpha)$-квантиль розподілу випадкової величини, яка репрезентує досліджувану вартісну характеристику розглядуваного об'єкта ризику (фінансового активу, портфеля фінансових активів). Зазвичай параметр α (рівень довіри) береться на рівні 0,95–0,99.

Нехай прибуток/збитки для портфеля цінних паперів за певний часовий період t є випадковою величиною $\breve{X}$, розподіл якої відомий і описується неперервною функцією розподілу $F_{\breve{X}}$. Тоді для заданого значення параметра α показник VaR, $VaR = VaR(\breve{X}, \alpha, t)$ може бути знайдений на основі співвідношення:

$$VaR = F_{\breve{X}}^{-1}(1-\alpha). \qquad (3.75)$$

З економічної точки зору VaR відображає порогову величину збитків (втрат) за певний періоду часу, яка з імовірністю α не буде перевищена, або, іншими словами, це максимальні збитки (втрати), які можуть статися за аналізований часовий проміжок у найкращих $\alpha \times 100\,\%$ випадків [34, с. 66–68].

У сфері виробництва квантильний підхід до кількісного врахування ризику є актуальним передусім стосовно управління реальними інвестиціями, в першу чергу в частині економічного обґрунтування інвестиційних проектів. Для задач інвестиційного проектування розглядувана методологія має свої особливості, які полягають у такому [53]:

1) економічна ефективність реальних інвестицій являє собою комплексну характеристику, оцінювання якої в загальному випадку передбачає визначення і аналіз набору критеріїв, які відображають їх ефект, доходність та термін окупності. Відповідно, квантильне вимірювання ризику неефективності інвестиційного проекту не може здійснюватися за одним показником, як в ситуації інвестицій у фінансові активи, а має охоплювати всі обрані для аналізу критерії;

2) на перший план висувається більш загальна (універсальна) інтерпретація

квантильної оцінки ризику, не як порогового із заданим обмеженням стосовно ймовірності рівня збитків, або безпосередніх грошових втрат, а як найгіршого можливого значення досліджуваного критерію, яке з імовірністю α не буде перевищене. Таке граничне або порогове у несприятливому (небажаному) напрямі значення одержало назву ефективного [21, с. 184–190].

У випадках, коли розподіл випадкової величини критеріального показника відомий, його ефективне значення повністю визначається наявним розподілом, обраним рівнем параметра α та напрямом оптимізації (інгредієнтом) даного критерію. Якщо, скажімо, розподіл описується неперервною функцією розподілу $F_{\breve{X}}$, тоді загальне співвідношення для розрахунку ефективного значення (B, $B = B(\breve{X}, \alpha)$) може бути записане так [53, с. 180–181]:

$$B = \begin{cases} B^{(-)} = F_{\breve{X}}^{-1}(1-\alpha), X = X^{+} \\ B^{(+)} = F_{\breve{X}}^{-1}(\alpha), X = X^{-} \end{cases}. \tag{3.76}$$

В ситуації, коли розподіл випадкової величини критерію є невідомим, але виявляється можливим оцінити параметри розподілу, оцінювання ефективного значення досліджуваного критерію становить окрему проблему, яка припускає різні підходи до свого розв'язання. Зокрема, це може бути здійснене з використанням нерівностей Ф.П. Кантеллі [21, с. 182; 34, с. 82–83; 104, с. 34].

Нехай випадкова величина $\breve{X}$ має математичне сподівання $M(\breve{X})$ і дисперсію $V(\breve{X})$, тоді, як постулюється нерівностями Кантеллі, для довільного додатного числа δ справедливо:

$$P(\breve{X} < M(\breve{X}) - \delta) \le \frac{V(\breve{X})}{V(\breve{X}) + \delta^2}, \tag{3.77}$$

$$P(\breve{X} > M(\breve{X}) + \delta) \le \frac{V(\breve{X})}{V(\breve{X}) + \delta^2}. \tag{3.78}$$

Покладемо для $k > 0$ і $\sigma(\breve{X}) = \sqrt{V(\breve{X})}$:

$$B = \begin{cases} B^{(-)} = M(\breve{X}) - k\sigma(\breve{X}), X = X^{+} \\ B^{(+)} = M(\breve{X}) + k\sigma(\breve{X}), X = X^{-} \end{cases}. \tag{3.79}$$

З урахуванням припущення (3.79), вихідна форма запису нерівностей Кантеллі може бути трансформована в такий спосіб:

$$P(\breve{X} < B^{(-)}) = P(\breve{X} < M(\breve{X}) - k\sigma(\breve{X})) \le \frac{V(\breve{X})}{V(\breve{X}) + k^2 V(\breve{X})} = \frac{1}{1+k^2} = \gamma\,, \tag{3.80}$$

$$P(\breve{X} > B^{(+)}) = P(\breve{X} > M(\breve{X}) + k\sigma(\breve{X})) \le \frac{V(\breve{X})}{V(\breve{X}) + k^2 V(\breve{X})} = \frac{1}{1+k^2} = \gamma\,. \tag{3.81}$$

Тобто за заданим рівнем значущості (ризику) γ може бути знайдений коефіцієнт k, $k>0$, $k=k(\gamma)$, який на основі співвідношення (3.79) за відомими математичним сподіванням і дисперсією визначає відповідне ефективне значення.

Окрім самостійної ролі, інструментарій квантильних мір може використовуватися як засіб удосконалення інших показників ступеня ризику. Наприклад, як зазначалося вище, одним з недоліків розмаху варіації як міри ризику є те, що для значного числа розподілів, він дорівнює нескінченності. Звернення до апарату квантилів дозволяє усунути цей недолік шляхом формулювання на основі розглядуваного показника його модифікації – квантильного розмаху варіації ($R_\alpha(\breve{X})$). Останній слід розраховувати за формулою [53]:

$$R_\alpha(\breve{X}) = \breve{X}_\alpha - \breve{X}_{1-\alpha}\,, \tag{3.82}$$

$$\alpha > 1-\alpha\,, \tag{3.83}$$

де $\breve{X}_\alpha$, $\breve{X}_{1-\alpha}$ – відповідно α- та $(1-\alpha)$-квантиль розподілу випадкової величини $\breve{X}$, тобто $\breve{X}_\alpha = F_{\breve{X}}^{-1}(\alpha)$, $\breve{X}_{1-\alpha} = F_{\breve{X}}^{-1}(1-\alpha)$.

Аналогічно наведеному можуть бути сформульовані показники квантильного однобічного розмаху варіації:

$$R_{Z^*}^{\alpha}(\breve{X}) = \begin{cases} R_{Z^*-}^{\alpha}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ R_{Z^*+}^{\alpha}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases} = \begin{cases} Z^*(\breve{X}) - \breve{X}_{1-\alpha} \\ \breve{X}_\alpha - Z^*(\breve{X}) \end{cases}, \tag{3.84}$$

у співвідношенні (3.84) припускається, що $\breve{X}_{1-\alpha} < Z^*(\breve{X}) < \breve{X}_\alpha$;

$$R_{Z_F}^{\alpha}(\breve{X}) = \begin{cases} R_{Z_F-}^{\alpha}(\breve{X}),\ X = X^+ \\ R_{Z_F+}^{\alpha}(\breve{X}),\ X = X^- \end{cases}, \tag{3.85}$$

при цьому

$$R_{Z_F-}^{\alpha}(\breve{X}) = \begin{cases} 0,\ Z_F \le \breve{X}_{1-\alpha} \\ Z_F - \breve{X}_{1-\alpha},\ \breve{X}_{1-\alpha} < Z_F < \breve{X}_\alpha \\ 2Z_F - (\breve{X}_{1-\alpha} + \breve{X}_\alpha),\ Z_F \ge \breve{X}_\alpha \end{cases}, \tag{3.86}$$

$$R^{\alpha}_{Z_F-}(\breve{X}) = \begin{cases} 0, Z_F \geq \breve{X}_{\alpha} \\ \breve{X}_{\alpha} - Z_F, \breve{X}_{1-\alpha} < Z_F < \breve{X}_{\alpha} \\ (\breve{X}_{1-\alpha} + \breve{X}_{\alpha}) - 2Z_F, Z_F \leq \breve{X}_{1-\alpha} \end{cases}, \quad (3.87)$$

де $R^{\alpha}_{Z^*}(\breve{X})$ – квантильний однобічний розмах варіації по відношенню до Z^*;

$R^{\alpha}_{Z_F}(\breve{X})$ – квантильний цільовий розмах варіації;

Продовжуючи послідовно далі, можна побудувати квантильні адаптації для всіх відносних показників ступеня ризику на основі показників розмаху варіації.

Таким чином, аналітичний потенціал і обчислювальні властивості квантильного підходу до вимірювання ризику є такими, що дозволяють розцінювати його як універсальний і використовувати як у фінансовій сфері, так і для управління об'єктами (підприємствами, інвестиційними проектами), які відносяться до реального сектора економіки.

3.2. Раціональний вибір інвестиційного проекту з множини альтернативних проектів у разі ймовірнісної невизначеності даних

Одна з основних задач прийняття рішення у сфері реальних інвестицій полягає у виборі найкращого (оптимального) інвестиційного проекту з множини альтернативних варіантів. У загальному випадку вона виступає як багатокритеріальна. В структурі багатокритеріальності даної задачі, якщо виходити з парадигми недетермінованості (невизначеності) економічного середовища, можна виокремити два рівні або плани.

По-перше, економічна ефективність інвестиційного проекту являє собою комплексну характеристику, аналіз і оцінка якої передбачає використання низки показників, які виконують роль часткових критеріїв.

По-друге, для зацікавленої особи (суб'єкта прийняття рішення, експерта) або групи таких осіб невизначеність економічного середовища, яка виражається у відсутності вичерпної і точної інформації стосовно досліджуваної проблемної ситуації, стає джерелом ризику, який має враховуватися і кількісна оцінка якого теж є багатокритеріальною.

Проблематика раціонального (оптимального) інвестиційного вибору в умовах невизначеності в межах імовірнісної методології вже не одне десятиріччя є предметом уваги з боку академічного середовища. Серед досліджень, у яких представлені одержані раніше результати і новітні здобутки у цій сфері, можна назвати праці, які належать М. Бромвичу, Л. Крушвицю, Ю. Блеху, Ю. Гетце, А.Ф. Плехановій, С.А. Смоляку, В.В. Вітлінському, Б.І. Вайсблату, Є.М. Бронштейну, О.М. Афанасьєву [5; 7; 10; 13; 14; 21; 61; 72; 78].

Принципова відмінність проблеми прийняття раціонального (оптимального) рішення в умовах невизначеності і зумовленого нею ризику, коли необхідно проаналізувати наявні альтернативи та вибрати найкращу з них, від вибору в ситуації визначеності (детермінованості) полягає в тому, що в першому випадку кожна з досліджуваних альтернатив описується не єдино можливим наслідком або результатом, а розподілом можливих результатів, з яких має реалізуватися лише один, якщо відповідна альтернатива буде обрана. Даний конкретний результат можна припускати, але неможливо достовірно спрогнозувати. Звідси, проблема не може бути сформульована, як у детермінованій ситуації, як вибір альтернативи, що гарантовано забезпечує оптимальний (максимальний, або мінімальний) результат, а зводиться до вибору альтернативи з найбільш переважним або привабливим (оптимальним) розподілом можливих результатів [4, с. 35–36].

На рівні концептуальної схеми принцип (критерій) оптимальності в умовах невизначеності має містити дві частини або складові [19, с. 159]:

1) перша складова – це характеристика центра групування (центральної тенденції) значень для кожного з економічних показників, на основі яких оцінюється економічна привабливість, або ефективність, рішення (альтернативи) і які описуються недетермінованими (випадковими, якщо має місце ймовірнісний варіант невизначеності) величинами;

2) друга складова – це кількісна характеристика ризикового аспекту аналізованого рішення на основі недетермінованих (випадкових) величин для показників його економічної привабливості (ефективності).

Показники, які втілюють наведені аспекти принципу оптимальності в ситуації

невизначеності, відповідно до їх функціонального значення називатимемо деталізованими критеріями (параметрами).

Фундаментальною рисою задач прийняття рішення в умовах невизначеності та ризику на конкретному рівні є відсутність конкретного єдиного принципу або критерію оптимальності, тобто деякої універсальної математичної моделі, яка б дозволяла знаходити найкращий варіант (альтернативу) в межах представленої вище концептуальної схеми. Натомість, існує сукупність можливих принципів оптимальності, які можуть визначати як оптимальну різні альтернативи. Остання обставина висуває вимогу підвищеної відповідальності стосовно вибору принципу оптимальності [22, с. 200].

Проблема побудови принципу (критерію) оптимальності (безвідносно до врахування або неврахування фактора невизначеності) припускає виокремлення двох класів ситуацій:

1) коли економічна привабливість, або ефективність, рішення (альтернативи) оцінюється на основі одного економічного показника, який при такому підході виступає як базовий критерій ефективності;

2) коли економічна привабливість, або ефективність, рішення (альтернативи) оцінюється на основі деякого набору критеріальних економічних показників, які в цьому разі виконують роль часткових критеріїв ефективності.

Відбиваючи окремі аспекти ефективності рішення, різні за змістовним контекстом та/або рівнем ієрархії, деталізовані і часткові критерії в межах принципу оптимальності в умовах невизначеності мають з цієї точки зору функціональний статус локальних критеріїв. При детермінованому моделюванні оптимального рішення локальні критерії збігаються з частковими критеріями ефективності.

Викладені відомості чітко показують, що в разі введення в розгляд фактора невизначеності проблема прийняття оптимального рішення, незалежно від того, один чи декілька критеріїв ефективності використовуються, внаслідок необхідності аналізувати останні у двох розрізах (аспектах) виступає як багатокритеріальна.

Формулювання конкретного принципу (критерію) оптимальності в умовах невизначеності передбачає фіксацію (підбір) таких структурних параметрів або

компонентів [22, с. 198–202]:

1) набору часткових критеріальних економічних показників (критеріїв ефективності), або ж, як окремий випадок, одного критеріального економічного показника – базового критерію ефективності (див. також вище);

2) набору деталізованих критеріїв, які відображають центр групування (центральну тенденцію) значень і міру ризику для недетермінованих (випадкових, інтервальних, нечітких) величин обраних для аналізу критеріїв ефективності;

3) способу (методу) нормалізації деталізованих критеріїв;

4) принципу (схеми) врахування пріоритету (важливості) для локальних (деталізованих, часткових) критеріїв;

5) принципу (схеми) компромісу для локальних (деталізованих, часткових) критеріїв.

Коротко опишемо наведені складові синтезування оптимального рішення, припускаючи, що часткові (або базовий) критерії ефективності моделюються випадковими величинами.

Основні показники, які характеризують центр групування значень і міру ризику стосовно випадкової величини деякого критеріального економічного показника, були докладно розглянуті у п. 3.1. Вибір конкретних показників зазначених двох класів для формування набору деталізованих критеріїв в межах конкретної проблемної ситуації має здійснюватися з дотриманням передусім таких вимог:

1) відповідності вихідним гіпотезам (настановам) суб’єкта (одноосібного або колективного) прийняття рішення;

2) врахування особливостей (скажімо, симетричність або асиметричність) випадкових величин, якими моделюються критерії ефективності;

3) забезпечення повноти набору деталізованих критеріїв, з одного боку, і його ненадмірності, з іншого боку (наприклад, показники розмаху варіації і ймовірності невідповідності нормативу втілюють різні грані міри ризику, разом з тим, немає сенсу використовувати одночасно показник семівідхилення та семіквадратичного відхилення, оскільки в аналітичному плані вони дублюють один одного).

У загальному випадку локальні критерії, на основі яких синтезується оптимальне рішення, мають різні одиниці виміру. Різні локальні критерії можуть різнитися напрямом оптимізації (інгредієнтом). Окрім цього, навіть якщо локальні критерії є економічно однорідними, тобто відносяться до одного класу економічних показників і, відповідно, мають однакові одиниці виміру, вони можуть характеризуватися величинами різного порядку. Звідси виникає проблема забезпечення їх зіставності та узгодженості в межах принципу оптимальності. Вона розв'язується за допомогою нормалізації [22, с. 201]. Отже, нормалізація критеріїв являє собою їх приведення до єдиного інгредієнта та масштабу вимірювання. На цей час існує і використовується низка способів (методів) нормалізації.

Нехай для деякого об'єкта управління, пов'язаного з функціонуванням підприємства (це може бути операційна діяльність, інвестиційний проект, портфель фінансових інвестицій), згенеровано сукупність альтернативних рішень (альтернатив) s_j, $j=\overline{1,m}$. Результатом декомпозиції (розкладання за окремими аспектами) економічної привабливості, або ефективності, рішення є набір локальних критеріїв e_l, $l=\overline{1,L}$. Позначимо через ${}^{H}e_l$ нормалізоване значення показника e_l. Покладемо також, що в плані підпорядкованості всі локальні критерії відносяться до одного рівня ієрархії і безпосередньо визначають узагальнений (інтегрований, глобальний) критерій ефективності рішення – e. Тобто структура окресленої задачі утворює дворівневу домінантну ієрархію.

Використовуючи представлену модельну ситуацію, розглянемо наявні методи нормалізації [22, с. 202–208].

Метод безпосередньої зміни інгредієнта. Зміст цього методу полягає у зміні, в один крок, без додаткових припущень, інгредієнта критеріального економічного показника на протилежний. Він має два різновиди:

1) зміна знака критерію: ${}^{H}e_l(s_j)=-e_l(s_j)$, $j=\overline{1,m}$, $l=\overline{1,L}$;

2) перехід до оберненого значення критерію: ${}^{H}e_l(s_j)=\dfrac{1}{e_l(s_j)}$, $e_l(s_j)\neq 0$, $j=\overline{1,m}$, $l=\overline{1,L}$.

Метод абсолютної нормалізації. Даний метод дозволяє зберегти одиниці

вимірювання критерію. Його зміст може бути виражений формулою:

$$^{H}e_l(s_j) = \begin{cases} e_l(s_j) - \min\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j), e_l = e_l^+ \\ \max\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j) - e_l(s_j), e_l = e_l^- \end{cases}, \quad (3.88)$$

$$j = \overline{1,m},\ l = \overline{1,L},$$

де $e_l = e_l^+$, $e_l = e_l^-$ – рівності, які фіксують відповідно додатний (позитивний) і від'ємний (негативний) інгредієнт для l-го локального критерію.

В разі, коли для критерію існують теоретично припустимі граничні значення, нормалізація згідно з розглядуваним методом може бути здійснена в такий спосіб:

$$^{H}e_l(s_j) = \begin{cases} e_l(s_j) - e_{\min}^{(l)}, e_l = e_l^+ \\ e_{\max}^{(l)} - e_l(s_j), e_l = e_l^- \end{cases}, \quad (3.89)$$

$$j = \overline{1,m},\ l = \overline{1,L},$$

де $e_{\min}^{(l)}$, $e_{\max}^{(l)}$ – теоретичний відповідно мінімум і максимум критеріального економічного показника e_l.

Метод відносної нормалізації. Зазначений метод переводить критерій шляхом зіставлення з його "ідеальним" рівнем до безрозмірної форми. Якщо як база зіставлення використовується максимальний рівень критеріального показника, то формула розрахунку його нормалізованого значення згідно з коментованим методом набуває вигляду:

$$^{H}e_l(s_j) = \frac{e_l(s_j)}{\max\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j)}, \quad (3.90)$$

$$j = \overline{1,m},\ l = \overline{1,L}.$$

Метод природної нормалізації. Цей метод поєднує в собі метод абсолютної нормалізації для критерію з позитивним інгредієнтом з методом відносної нормалізації. Відповідно, його розрахункова формула має вигляд:

$$^{H}e_l(s_j) = \frac{e_l(s_j) - \min\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j)}{\max\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j) - \min\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j)}, \quad (3.91)$$

$$j = \overline{1,m},\ l = \overline{1,L}.$$

Метод нормалізації Севіджа. Даний метод логічно доповнює попередній. Він

поєднує в собі метод абсолютної нормалізації для критерію з негативним інгредієнтом з методом відносної нормалізації. Відповідно, його розрахункова формула може бути записана так:

$$^{H}e_l(s_j) = \frac{\max\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j) - e_l(s_j)}{\max\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j) - \min\limits_{j=\overline{1,m}} e_l(s_j)}, \qquad (3.92)$$

$$j = \overline{1, m}, \; l = \overline{1, L}.$$

Нормалізовані на основі природної нормалізації або нормалізації Севіджа критеріальні показники є безрозмірними і набувають значень у проміжку від 0 до 1.

Існує два принципово відмінні підходи до врахування пріоритету (важливості) локальних критеріїв: жорсткий та гнучкий [22, с. 212–213].

У поширеному випадку структура задачі прийняття рішення в сфері економіки має характер домінантної ієрархії [17; 20; 21; 22; 76], де за ознакою функціонального значення локальні критерії утворюють окремі групи. Жорстке врахування пріоритету базується на тому, що локальні критерії, які належать до однієї групи в межах домінантно-ієрархічної структури, згідно з їх порівняльною важливістю упорядковуються, формуючи так званий ряд пріоритету. Побудована система рядів пріоритету дозволяє здійснити пошук оптимального рішення на основі одного з можливих варіантів послідовної оптимізації [22, с. 212].

Гнучке урахування пріоритету вимагає визначення для функціонально однорідних локальних критеріїв вагових коефіцієнтів. Одержані вагові коефіцієнти дозволяють змінити масштаб локальних критеріїв. Зазначена трансформація може бути здійснена по різному. На практиці найчастіше використовують лінійний і показниковий способи гнучкого врахування пріоритету. Після цього може бути знайдене оптимальне рішення за допомогою одного з можливих принципів оптимальності, але вже стосовно трансформованих локальних критеріїв [22, с. 212–213].

Вибір принципу або схеми компромісу рівнозначний розкриттю змісту принципу оптимальності. Тобто принцип оптимальності являє собою математичний вираз або модель прийнятої у задачі схеми компромісу [22, с. 199–201].

Звернення до конкретної схеми компромісу певною мірою підпорядковується

схемі врахування пріоритету. Відповідно до цього, схеми компромісу поділяються на ті, що ґрунтуються на жорсткому врахуванні пріоритету, і ті, що виходять з його гнучкого врахування [22, с. 219–240].

Характер даного огляду не зобов’язує до докладного висвітлення змісту наявних схем компромісу. Враховуючи це, обмежимося лише представленням переліку їх основних варіантів в межах названих двох підходів.

Схема компромісу із жорстким урахуванням пріоритету передбачає побудову системи рядів пріоритету для локальних критеріїв. Після чого оптимальне рішення може бути визначене з використанням одного з таких принципів:

- послідовної оптимізації;
- виділення найважливішого критерію;
- послідовної поступки.

При використанні схеми компромісу із гнучким урахуванням пріоритету, як вже було зазначене вище, мають бути знайдені вагові коефіцієнти локальних критеріїв. Після цього пошук оптимального рішення може бути здійснений за допомогою принципу рівномірності або принципу справедливої поступки (знижки).

Суть принципу рівномірності полягає у якомога більш збалансованому (рівномірному, взаємоузгодженому) поліпшенні якості рішення в межах прийнятих локальних критеріїв. Він має декілька різновидів, відомих як:

- принцип рівності;
- принцип квазірівності;
- принцип максиміну (мінімаксу);
- принцип максимального відхилення;
- модифікований принцип квазірівності.

Принцип справедливої поступки (знижки) ґрунтується на оцінці і зіставленні приростів та зменшень (знижень) рівнів локальних критеріїв. Даний принцип має два різновиди: принцип абсолютної поступки і принцип відносної поступки.

Як впевнюють результати відповідної наукової розвідки [5; 7; 10; 13; 14; 20; 21; 61; 72; 78], для проблематики підтримки прийняття інвестиційних рішень пропонуються до використання моделі як з жорстким, так і з гнучким врахуванням

пріоритету, в межах яких можуть втілюватися різні схеми компромісу. Звідси постає завдання збалансованого, взаємоузгодженого та взаємодоповнюючого розвитку різних методологічних напрямів (підходів) і методичних засобів (інструментів).

Серед іншого зберігає свою актуальність подальше опрацювання методичного апарату оптимізації інвестиційних рішень в умовах невизначеності, який базується на гнучкому врахуванні пріоритету, коли принцип оптимальності реалізується за допомогою того чи іншого варіанта згортки (згортки критеріїв), тобто скалярної функції від оцінок локальних (деталізованих) критеріїв і вагових коефіцієнтів. При цьому особливий інтерес, зокрема, становить питання комплексного врахування кількісної характеристики ризикового аспекту. Зосередившись на ситуації стохастичної (імовірнісної) невизначеності, представимо нижче в узагальненій формі результати, які були одержані нами у роботах [38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 55; 56; 58; 59; 60] у межах дослідження окресленого проблемного поля.

Для початку розглянемо найпростіший випадок, коли рішення приймається на основі лише одного з часткових критеріїв економічної ефективності реальних інвестицій.

Нехай наявна сукупність, у кількості m, альтернативних інвестиційних проектів, з яких на основі деякого показника економічної ефективності (X), який виступає як базовий (база аналізу), необхідно обрати найкращий. Для зручності у подальшому викладенні будемо називати цей показник просто критерієм ефективності. Критерій ефективності має додатний (позитивний) інгредієнт, тобто оптимізується в напрямі максимуму, і для кожної інвестиційної альтернативи описується випадковою величиною: $\breve{X}_j$, $j=\overline{1,m}$. Для всіх випадкових величин відомі їх розподіли.

Сформулюємо спочатку можливі стандартні (стандартизовані) варіанти згорток, поклавши в їх основу такі деталізовані критерії:

1) один показник центра групування значень випадкової величини критерію ефективності, в ролі якого може бути взяте математичне сподівання ($M(\breve{X}_j)$, $j=\overline{1,m}$), мода ($Mo(\breve{X}_j)$, $j=\overline{1,m}$), медіана ($Me(\breve{X}_j)$, $j=\overline{1,m}$), зважене

середньогеометричне ($Ge(\breve{X}_j)$, $j=\overline{1,m}$);

2) два показники ступеня ризику – ймовірність невідповідності значення критерію ефективності своєму нормативному рівню (нормативу), а також ефективне значення критерію ефективності [21, с. 184–185], яке являє собою найгірше з його можливих значень, що з імовірністю α не буде перевищене (див. також п. 3.1).

Подальший аналіз пропонується здійснити, зупинившись на схемі компромісу, відомій як принцип справедливої поступки (знижки) [22, с. 235–240]. Як було зазначене вище, ця схема має два різновиди: принцип абсолютної поступки і принцип відносної поступки. Використаємо їх обидві.

Принцип абсолютної поступки зводиться до максимізації суми зважених локальних критеріїв. Його математична модель в межах розглядуваної гіпотетичної ситуації може бути подана у вигляді.

Для лінійного способу врахування пріоритету (у цьому разі принцип абсолютної поступки носить назву критерію зваженої сумарної (інтегральної) ефективності, відповідне аналітичне співвідношення прийнято також означати як адитивну згортку):

$$SI_j = a_1{}^H Z^*(\breve{X}_j) + a_2{}^H B(\breve{X}_j, \alpha) + a_3{}^H P(\breve{X}_j < Z_F), \tag{3.93}$$

$j=\overline{1,m}$,

$$^H Z^*(\breve{X}_j) = \frac{Z^*(\breve{X}_j) - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \tag{3.94}$$

$$Z^*(\breve{X}_j) \in \left\{M(\breve{X}_j), Mo(\breve{X}_j), Me(\breve{X}_j), Ge(\breve{X}_j)\right\},$$

$$^H B(\breve{X}_j, \alpha) = \frac{B(\breve{X}_j, \alpha) - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \tag{3.95}$$

$$B(\breve{X}_j, \alpha) = \breve{X}^{(j)}_{1-\alpha}, \tag{3.96}$$

$$^H P(\breve{X}_j < Z_F) = 1 - P(\breve{X}_j < Z_F) = P(\breve{X}_j \geq Z_F), \tag{3.97}$$

$j=\overline{1,m}$,

$$0 \leq a_q \leq 1,\ q=\overline{1,3}, \tag{3.98}$$

$$a_1 + a_2 + a_3 = 1; \tag{3.99}$$

де SI_j – узагальнений (інтегрований) критерій економічної ефективності j-го

інвестиційного проекту;

$Z^*(\breve{X}_j)$ – центр групування значень випадкової величини критерію ефективності j-го інвестиційного проекту;

${}^H Z^*(\breve{X}_j)$ – нормалізоване значення показника $Z^*(\breve{X}_j)$;

$B(\breve{X}_j, \alpha)$ – ефективне значення випадкової величини критерію ефективності j-го інвестиційного проекту, яке відповідає рівню значущості (ризику) $1-\alpha$ (для досліджуваної гіпотетичної ситуації це $(1-\alpha)$-квантиль розподілу випадкової величини $\breve{X}_j$);

${}^H B(\breve{X}_j, \alpha)$ – нормалізоване значення показника $B(\breve{X}_j, \alpha)$;

$P(...)$ – імовірність відповідної події;

${}^H P(...)$ – нормалізоване значення показника $P(...)$;

Z_F – нормативний рівень (норматив) критерію ефективності;

a_q, $q = \overline{1,3}$ – вагові коефіцієнти деталізованих критеріїв;

$X_{\min}$, $X_{\max}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення релевантного (тобто такого, що береться до уваги) діапазону (інтервалу) варіювання значень критерію ефективності.

Для показникового методу врахування пріоритету:

$$SI_j = [{}^H Z^*(\breve{X}_j)]^{a_1} + [{}^H B(\breve{X}_j, \alpha)]^{a_2} + [{}^H P(\breve{X}_j < Z_F)]^{a_3}, \quad (3.100)$$

$$j = \overline{1,m}.$$

Серед порівнюваних інвестиційних проектів найкращим слід вважати варіант, для якого узагальнений критерій економічної ефективності набуває найбільшого значення, при цьому $SI_j \in [0,1]$, $j = \overline{1,m}$.

Розрахунок параметрів $X_{\min}$ та $X_{\max}$ потребує окремого аналізу.

Якщо для кожної випадкової величини $\breve{X}_j$, $j \in \{1,...,m\}$, існують мінімальне і максимальне значення, відповідно $\breve{X}^{(j)}_{\min}$ та $\breve{X}^{(j)}_{\max}$, то ці параметри слід розраховувати в такий спосіб:

$$X_{\min} = \min\left\{\breve{X}^{(j)}_{\min} \mid j = \overline{1,m}\right\}, \quad (3.101)$$

$$X_{\max} = \max\left\{\breve{X}_{\max}^{(j)} \mid j = \overline{1, m}\right\}. \quad (3.102)$$

В разі ж, коли не всі з випадкових величин $\breve{X}_j$, $j = \overline{1, m}$, мають мінімальне та/або максимальне значення, то розглядувані параметри можна знаходити так:

$$X_{\min} = \min\left\{\breve{X}_{1-\alpha}^{(j)} \mid j = \overline{1, m}\right\}, \quad (3.103)$$

$$X_{\max} = \max\left\{\breve{X}_{\alpha}^{(j)} \mid j = \overline{1, m}\right\}, \quad (3.104)$$

де $\breve{X}_{\alpha}^{(j)}$, $\breve{X}_{1-\alpha}^{(j)}$ – відповідно α- та $(1-\alpha)$-квантиль розподілу випадкової величини критерію ефективності j-го інвестиційного проекту.

В останньому випадку також може виявитися доцільним комбінований підхід, який поєднує в собі перші два способи:

$$X_{\min} = \min\left\{\breve{X}_{*}^{(j)} \mid j = \overline{1, m}\right\}, \quad (3.105)$$

$$X_{\max} = \max\left\{\breve{X}_{**}^{(j)} \mid j = \overline{1, m}\right\}, \quad (3.106)$$

$$\breve{X}_{*}^{(j)} = \begin{cases} \breve{X}_{\min}^{(j)}, \textit{ якщо для } \breve{X}_j \textit{ існує мінімум} \\ \breve{X}_{1-\alpha}^{(j)}, \textit{ якщо для } \breve{X}_j \textit{ мінімум не існує} \end{cases}, \quad (3.107)$$

$$\breve{X}_{**}^{(j)} = \begin{cases} \breve{X}_{\max}^{(j)}, \textit{ якщо для } \breve{X}_j \textit{ існує максимум} \\ \breve{X}_{\alpha}^{(j)}, \textit{ якщо для } \breve{X}_j \textit{ максимум не існує} \end{cases}, \quad (3.108)$$

$j = \overline{1, m}$.

Принцип відносної поступки математично реалізується як максимізація добутку зважених локальних критеріїв. В межах досліджуваної гіпотетичної ситуації його математична модель може бути подана у вигляді.

Для лінійного способу врахування пріоритету:

$$SI_j = [a_1{}^H Z^*(\breve{X}_j)] \times [a_2{}^H B(\breve{X}_j, \alpha)] \times [a_3{}^H P(\breve{X}_j < Z_F)] =$$

$$= [a_1 a_2 a_3] \times [{}^H Z^*(\breve{X}_j)^H B(\breve{X}_j, \alpha)^H P(\breve{X}_j < Z_F)], \quad (3.109)$$

$j = \overline{1, m}$,

тобто в даному разі узагальнений (інтегрований) критерій економічної ефективності інваріантний стосовно пріоритету деталізованих критеріїв [22, с. 238].

Для показникового методу врахування пріоритету:

$$SI_j = [{}^H Z^*(\breve{X}_j)]^{a_1} \times [{}^H B(\breve{X}_j, \alpha)]^{a_2} \times [{}^H P(\breve{X}_j < Z_F)]^{a_3}, \quad (3.110)$$

$j = \overline{1, m}$,

у цьому випадку принцип відносної поступки носить назву критерію зваженого середньогеометричного, співвідношення (3.110) прийнято також означати як мультиплікативну згортку.

Наведені вище моделі узагальненого критерію економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику, з одного боку, ґрунтуються на стандартизованих згортках, які мають строге теоретичне обґрунтування, а з іншого боку, вони недостатньою мірою враховують змістовні і формальні особливості обраних для формування оптимального рішення деталізованих критеріїв, або, в усякому разі, ця складова припускає своє вдосконалення. Останнє зумовлює доцільність побудови такої версії узагальненого критерію, яка б меншою мірою була обтяжена зазначеним недоліком.

Перш за все, з цією метою слід здійснити додатковий аналіз змісту і формальних властивостей деталізованих критеріїв, які були покладені в основу принципу оптимальності для запропонованої до розгляду гіпотетичної ситуації.

Показники центра групування значень і ефективного значення стосовно випадкової величини критерію ефективності, характеризуючи різні аспекти принципу оптимальності, водночас є змістовно і формально однорідними, у тому сенсі, що їх зважена сума цілком природно припускає інтерпретацію як значення, яке відповідає помірно песимістичному сценарію реалізації інвестиційного проекту.

Показник $^{H}P(\breve{X}_j < Z_F)$, $j \in \{1, ..., m\}$, відображаючи ймовірність дотримання нормативу, тобто гранично прийнятного рівня, для критерію ефективності, можна розцінювати як такий, що, з одного боку, органічно доповнює попередні два показники, а з іншого боку, займає порівняно з кожним з них відокремлене положення, внаслідок того, що має більш системне за своїм характером змістовне навантаження і є відносним.

Викладені міркування дають підстави сформулювати узагальнений критерій економічної ефективності інвестиційного проекту на основі проаналізованих трьох деталізованих критеріїв як згортку, в якій показники центра групування значень і ефективного значення поєднуються (після виконання нормалізації) як зважена сума, яка у свою чергу поєднується із показником $^{H}P(\breve{X}_j < Z_F)$, $j \in \{1, ..., m\}$, за допомогою

операції добутку, із показниковим способом урахування пріоритету між ними:

$$SI_j = [a_1{}^H Z^*(\breve{X}_j) + a_2{}^H B(\breve{X}_j, \alpha)]^{b_1} \times [{}^H P(\breve{X}_j < Z_F)]^{b_2}, \quad (3.111)$$

$$j = \overline{1, m},$$

при цьому

$$0 \le a_q \le 1,\ q = 1, 2, \quad (3.112)$$

$$a_1 + a_2 = 1; \quad (3.113)$$

$$0 \le b_u \le 1,\ u = 1, 2, \quad (3.114)$$

$$b_1 + b_2 = 1. \quad (3.115)$$

У частинному випадку, якщо вважати, що $b_1 = b_2$, пропонований критерій може бути представлений у вигляді:

$$SI_j = [a_1{}^H Z^*(\breve{X}_j) + a_2{}^H B(\breve{X}_j, \alpha)] \times [{}^H P(\breve{X}_j < Z_F)], \quad (3.116)$$

$$j = \overline{1, m}.$$

З більш загальних теоретичних позицій проблема інвестиційного вибору передбачає використання не одного економічного показника, а набору часткових критеріїв економічної ефективності. Без зниження рівня загальності припускатимемо далі, що вибір найкращого інвестиційного проекту здійснюється за допомогою набору, який містить три часткові критерії економічної ефективності, кожний з яких належить до окремої (за ознакою змістовної однорідності) групи критеріїв: чисту теперішню вартість (NPV), внутрішню норму доходності (IRR), термін окупності без дисконтування (PP). Покладемо також, що для всіх порівнюваних інвестиційних проектів, з яких проводиться вибір, кожний з прийнятих до використання часткових критеріїв може бути проаналізований як випадкова величина.

Зрозуміло, що в конкретній ситуації можуть бути взяті інші критерії, залежно від характеристик інвестиційних альтернатив, (структури їх грошових потоків, тривалості), методологічних настанов суб'єкта прийняття рішення і властивостей наявних у його розпорядженні даних. Разом з тим пропонований набір критеріїв є цілком достатнім для задоволення потреб моделювання досліджуваної проблеми на концептуальному рівні. Слід також зауважити, що включення до модельного набору

критеріїв не дисконтованого терміну окупності, а терміну окупності без дисконтування, не є випадковим. Це зумовлене тим, що у практично значущому випадку, коли існує ризик неокупності проекту за показником NPV, імовірнісний аналіз показника терміну окупності з дисконтуванням становить методологічну проблему, що не обов'язково має місце у цій ситуації для показника PP.

Згідно з оговореними припущеннями структура задачі вибору оптимального інвестиційного проекту з множини альтернативних проектів в умовах імовірнісної невизначеності даних, якщо її концептуалізувати як домінантну ієрархію, визначається такими параметрами.

Рівень 1:

SI_j, $j=\overline{1,m}$ – узагальнений (інтегрований) критерій економічної ефективності j-го інвестиційного проекту.

Рівень 2:

$A(\breve{\breve{NPV}}_j)$, $A(\breve{\breve{IRR}}_j)$, $A(\breve{\breve{PP}}_j)$, $j=\overline{1,m}$ – агрегат деталізованих критеріїв (іншими словами – проміжний критеріальний агрегат) у розрізі випадкової величини відповідно чистої теперішньої вартості (NPV), внутрішньої норми доходності (IRR) і терміну окупності без дисконтування (PP) для j-го інвестиційного проекту.

Рівень 3:

$Z^*(\breve{\breve{NPV}}_j)$, $Z^*(\breve{\breve{IRR}}_j)$, $Z^*(\breve{\breve{PP}}_j)$, $j=\overline{1,m}$, $Z^* \in \{M, Mo, Me, Ge\}$ – центр групування значень випадкової величини відповідно чистої теперішньої вартості, внутрішньої норми доходності і терміну окупності без дисконтування для j-го інвестиційного проекту;

$B(\breve{\breve{NPV}}_j, \alpha)$, $B(\breve{\breve{IRR}}_j, \alpha)$, $B(\breve{\breve{PP}}_j, \alpha)$, $j=\overline{1,m}$ – ефективне значення випадкової величини відповідно чистої теперішньої вартості, внутрішньої норми доходності і терміну окупності без дисконтування j-го інвестиційного проекту для рівня надійності (довіри) α;

$P(\breve{\breve{NPV}}_j < Z_F(NPV))$, $P(\breve{\breve{IRR}}_j < Z_F(IRR))$, $P(\breve{\breve{PP}}_j > Z_F(PP))$, $j=\overline{1,m}$ – імовірність невідповідності значення показника відповідно чистої теперішньої вартості, внутрішньої норми доходності і терміну окупності без дисконтування j-го

інвестиційного проекту своєму нормативному рівню (нормативу).

Якщо деталізовані критерії у розрізі відповідних часткових критеріїв агрегувати на основі комбінованої, адитивно-мультиплікативної, згортки, яку було розглянуто вище, а одержувані в результаті цього проміжні критеріальні агрегати поєднати між собою шляхом адитивного згортання, то аналізований узагальнений критерій економічної ефективності реальних інвестицій може бути записаний у такий спосіб:

$$SI_j = c_1 A(\breve{N}\breve{P}\breve{V}_j) + c_2 A(\breve{I}\breve{R}\breve{R}_j) + c_3 A(\breve{P}\breve{P}_j), \quad j = \overline{1, m}, \tag{3.117}$$

при цьому

$$A(\breve{X}_j) = [a_1 {}^{H}Z^*(\breve{X}_j) + a_2 {}^{H}B(\breve{X}_j, \alpha)]^{b_1} \times [{}^{H}Risk(\breve{X}_j, Z_F(X))]^{b_2}, \tag{3.118}$$

$${}^{H}Z^*(\breve{X}_j) = \begin{cases} \dfrac{Z^*(\breve{X}_j) - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \text{ якщо } X = X^+ \\ \dfrac{X_{\max} - Z^*(\breve{X}_j)}{X_{\max} - X_{\min}}, \text{ якщо } X = X^- \end{cases}, \tag{3.119}$$

$$X_{\min} = \min\left\{\breve{X}_*^{(j)} \mid j = \overline{1, m}\right\}, \tag{3.120}$$

$$X_{\max} = \max\left\{\breve{X}_{**}^{(j)} \mid j = \overline{1, m}\right\}, \tag{3.121}$$

$$\breve{X}_*^{(j)} = \begin{cases} \breve{X}_{\min}^{(j)}, \text{ якщо для } \breve{X}_j \text{ існує мінімум} \\ \breve{X}_{1-\alpha}^{(j)}, \text{ якщо для } \breve{X}_j \text{ мінімум не існує} \end{cases}, \tag{3.122}$$

$$\breve{X}_{**}^{(j)} = \begin{cases} \breve{X}_{\max}^{(j)}, \text{ якщо для } \breve{X}_j \text{ існує максимум} \\ \breve{X}_{\alpha}^{(j)}, \text{ якщо для } \breve{X}_j \text{ максимум не існує} \end{cases}, \tag{3.123}$$

$${}^{H}B(\breve{X}_j, \alpha) = \begin{cases} \dfrac{B(\breve{X}_j, \alpha) - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \text{ якщо } X = X^+ \\ \dfrac{X_{\max} - B(\breve{X}_j, \alpha)}{X_{\max} - X_{\min}}, \text{ якщо } X = X^- \end{cases}, \tag{3.124}$$

$$B(\breve{X}_j, \alpha) = \begin{cases} B^{(-)}(\breve{X}_j, \alpha) = \breve{X}_{1-\alpha}^{(j)}, X = X^+ \\ B^{(+)}(\breve{X}_j, \alpha) = \breve{X}_{\alpha}^{(j)}, X = X^- \end{cases}, \tag{3.125}$$

$${}^{H}Risk(\breve{X}_j, Z_F(X)) = 1 - Risk(\breve{X}_j, Z_F(X)), \tag{3.126}$$

$$Risk(\breve{X}_j, Z_F(X)) = \begin{cases} P(\breve{X}_j < Z_F(X)), \text{ якщо } X = X^+ \\ P(\breve{X}_j > Z_F(X)), \text{ якщо } X = X^- \end{cases}, \tag{3.127}$$

$$X \in \{NPV, IRR, PP\}, \quad j = \overline{1, m},$$

$$0 < a_q < 1,\ q = 1, 2, \tag{3.128}$$

$$a_1 + a_2 = 1, \tag{3.129}$$

$$0 < b_u < 1,\ u = 1, 2, \tag{3.130}$$

$$b_1 + b_2 = 1, \tag{3.131}$$

$$0 < c_v < 1,\ v = \overline{1, 3}, \tag{3.132}$$

$$c_1 + c_2 + c_3 = 1, \tag{3.133}$$

де $\breve{N}\breve{P}\breve{V}_j$, $\breve{I}\breve{R}\breve{R}_j$, $\breve{P}\breve{P}_j$ – випадкова величина відповідно чистої теперішньої вартості, внутрішньої норми доходності і терміну окупності без дисконтування для j-го інвестиційного проекту;

$\breve{X}_j$ – випадкова величина критеріального показника (критерію) ефективності X, $X \in \{NPV, IRR, PP\}$, для j-го інвестиційного проекту;

$X = X^+$, $X = X^-$, $X \in \{NPV, IRR, PP\}$ – рівності, які фіксують напрям оптимізації критерію ефективності X, в першому випадку це максимальне значення (максимум), у другому – мінімальний рівень (мінімум);

$X_{\min}$, $X_{\max}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення релевантного діапазону (інтервалу) варіювання значень критеріального показника ефективності X, $X \in \{NPV, IRR, PP\}$;

c_v, $v = \overline{1, 3}$ – вагові коефіцієнти, які відбивають пріоритет часткових критеріїв ефективності.

3.3. Оцінювання показників економічної ефективності та ступеня ризику інвестиційних проектів з використанням засобів інтервального аналізу

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) 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 ефективності інвестиційних проектів в разі інтервальної невизначеності вихідних даних знайшла своє відображення й розвиток в 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; 2; 11; 12; 26; 36; 71; 80; 88].

Визнаючи вагомість наявних здобутків за порушеною предметною сферою, разом з тим можна стверджувати, що вони не вичерпують усіх її істотних складових. Спроба розвитку окремих аспектів проблематики інтервального моделювання ефективності проектів реального інвестування була здійснена нами у роботах [40; 43; 48; 51; 55; 59; 60]. Висвітлимо нижче найважливіші з одержаних у них результатів.

Розглянемо спочатку основні положення інтервального аналізу (математики) [33; 84] та його потенціал стосовно оцінювання критеріїв економічної 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 нижня і верхня границя (лівий і правий кінець, мінімальний і

максимальний елемент) інтервалу $\overline{\overline{X}}$; $\underline{y}$, $\overline{y}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу $\overline{\overline{Y}}$; $\underline{z}$, $\overline{z}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу $\overline{\overline{Z}}$. Позначимо тепер через $*$ довільну арифметичну операцію, тобто $*\in\{+,-,\times,/\}$. Тоді [33, с. 7]

$$\overline{\overline{Z}}=\overline{\overline{X}}*\overline{\overline{Y}}=\left\{x*y \mid x\in\overline{\overline{X}},\ y\in\overline{\overline{Y}}\right\}, \tag{3.134}$$

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

Виходячи з співвідношення (3.134), арифметичні операції над інтервалами можуть бути зведені до операцій з їх кінцями [33, с. 7]:

$$\overline{\overline{Z}}=[\underline{z},\overline{z}]=\overline{\overline{X}}+\overline{\overline{Y}}=[\underline{x},\overline{x}]+[\underline{y},\overline{y}]=[\underline{x}+\underline{y},\overline{x}+\overline{y}], \tag{3.135}$$

$$\overline{\overline{Z}}=[\underline{z},\overline{z}]=\overline{\overline{X}}-\overline{\overline{Y}}=[\underline{x},\overline{x}]-[\underline{y},\overline{y}]=[\underline{x}-\overline{y},\overline{x}-\underline{y}], \tag{3.136}$$

$$\overline{\overline{Z}}=[\underline{z},\overline{z}]=\overline{\overline{X}}\times\overline{\overline{Y}}=[\underline{x},\overline{x}]\times[\underline{y},\overline{y}]=[\min\left\{\underline{x}\underline{y},\underline{x}\overline{y},\overline{x}\underline{y},\overline{x}\overline{y}\right\},\max\left\{\underline{x}\underline{y},\underline{x}\overline{y},\overline{x}\underline{y},\overline{x}\overline{y}\right\}], \tag{3.137}$$

$$\overline{\overline{Z}}=[\underline{z},\overline{z}]=\overline{\overline{X}}/\overline{\overline{Y}}=[\underline{x},\overline{x}]/[\underline{y},\overline{y}]=[\underline{x},\overline{x}]\times[1/\overline{y},1/\underline{y}]. \tag{3.138}$$

Представлений метод, так само, як й інші базові методи, ґрунтується на припущенні про відсутність залежності (взаємодії) між операндами – інтервальними числами, над якими проводяться арифметичні операції. Разом з тим у сфері економіки, у тому числі в інвестиційному проектуванні, значно більш широким 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 [30, 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 частинний випадок. Виходячи з проблемного поля цієї роботи, подальше викладення й використання методу П.М. Деревянка буде обмежене його інтервальною адаптацією.

Ґрунтуючись на співвідношенні (3.134), загальна модель арифметичних операцій над інтервальними числами в разі їх взаємодії може бути подана так:

$$\overline{\overline{Z}} = \overline{\overline{X}} * \overline{\overline{Y}} = \left\{ x * y \mid (x, y) \in R \subset \overline{\overline{X}} \times \overline{\overline{Y}} \right\}, \tag{3.139}$$

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:

$$\underline{z} = x * y \to \min, \tag{3.140}$$

$$\overline{z} = x * y \to \max, \tag{3.141}$$

за обмеження

$$(x, y) \in R \subset \overline{\overline{X}} \times \overline{\overline{Y}}. \tag{3.142}$$

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

$$y = f(x_1, ..., x_n), \tag{3.143}$$

$$(x_1, ..., x_n) \in R_j^* \subset \overline{\overline{X}}_1^* \times ... \times \overline{\overline{X}}_n^*, \ j = \overline{1, m}, \tag{3.144}$$

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, – $x_i \in \overline{\overline{X}}_i = [\underline{x}_i, \bar{x}_i] \subseteq \overline{\overline{X}}_i^*$, $i = \overline{1, n}$ – відповідна інтервальна оцінка критерію може бути знайдена за допомогою такої двійки оптимізаційних задач:

$$\underline{y} = f(x_1, ..., x_n) \to \min, \tag{3.145}$$

$$\bar{y} = f(x_1, ..., x_n) \to \max, \tag{3.146}$$

$$(x_1, ..., x_n) \in R_j^* \cap \overline{\overline{X}}_1 \times ... \times \overline{\overline{X}}_n, \ j = \overline{1, m}, \tag{3.147}$$

де $\underline{y}$, $\bar{y}$ – 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^*, $j = \overline{1, m}$.

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:

$$y = f(x_1, ..., x_n), \tag{3.148}$$

$$x_i \in \overline{\overline{X}}_i^* = [\underline{x}_i^*, \bar{x}_i^*], \ i = \overline{1, n}, \tag{3.149}$$

$$(x_{s+1}, ..., x_n) \in R_j^{**} \subset \overline{\overline{X}}_{s+1}^* \times ... \times \overline{\overline{X}}_n^*, \ j = \overline{1, m}, \tag{3.150}$$

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 (в 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, в 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:

$$\underline{y} = f(\underline{x}_1, ..., \overline{x}_{k+1}, ..., x_{l+1}, ..., x_{s+1}, ..., x_n) \to \min, \tag{3.151}$$

$$\overline{y} = f(\overline{x}_1, ..., \underline{x}_{k+1}, ..., x_{l+1}, ..., x_{s+1}, ..., x_n) \to \max, \tag{3.152}$$

$$x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i],\ i=\overline{l+1,s}, \tag{3.153}$$

$$(x_{s+1}, ..., x_n) \in R_j^{**} \bigcap \overline{\overline{X}}_{s+1} \times ... \times \overline{\overline{X}}_n,\ j=\overline{1,m}. \tag{3.154}$$

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 [30, 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 в 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 в 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:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \underline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \overline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \leq 0 \\ \underline{x}^{*} \leq x \leq \overline{x}^{*} \\ \underline{y}^{*} \leq y \leq \overline{y}^{*} \end{cases}, \qquad (3.155)$$

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:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \underline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \overline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \leq 0 \\ \underline{x}^{*} \leq x \leq \overline{x}^{*} \\ \underline{y}^{*} \leq y \leq \overline{y}^{*} \end{cases}. \quad (3.156)$$

1.3. Для середньої за силою спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \underline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \overline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \leq 0 \\ \underline{x}^{*} \leq x \leq \overline{x}^{*} \\ \underline{y}^{*} \leq y \leq \overline{y}^{*} \end{cases}. \quad (3.157)$$

1.4. Для сильної спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \underline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \overline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \leq 0 \\ \underline{x}^{*} \leq x \leq \overline{x}^{*} \\ \underline{y}^{*} \leq y \leq \overline{y}^{*} \end{cases}. \quad (3.158)$$

1.5. Для дуже сильної спадної залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \underline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^{*})x + w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) + \overline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \leq 0 \\ \underline{x}^{*} \leq x \leq \overline{x}^{*} \\ \underline{y}^{*} \leq y \leq \overline{y}^{*} \end{cases}. \quad (3.159)$$

2.1. Для дуже слабкої зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^{*})x - w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\underline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) - \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) - \underline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^{*})x - w(\overline{\overline{X}}^{*})y - [\overline{x}^{*} w(\overline{\overline{Y}}^{*}) - \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^{*}) w(\overline{\overline{Y}}^{*}) - \underline{y}^{*} w(\overline{\overline{X}}^{*})] \leq 0 \\ \underline{x}^{*} \leq x \leq \overline{x}^{*} \\ \underline{y}^{*} \leq y \leq \overline{y}^{*} \end{cases}. \quad (3.160)$$

2.2. Для слабкої зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \leq 0 \\ \underline{x}^* \leq x \leq \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \leq y \leq \overline{y}^* \end{cases}. \quad (3.161)$$

2.3. Для середньої за силою зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{3}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \leq 0 \\ \underline{x}^* \leq x \leq \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \leq y \leq \overline{y}^* \end{cases}. \quad (3.162)$$

2.4. Для сильної зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{2}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{4}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \leq 0 \\ \underline{x}^* \leq x \leq \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \leq y \leq \overline{y}^* \end{cases}. \quad (3.163)$$

2.5. Для дуже сильної зростаючої залежності:

$$\begin{cases} w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\underline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{1}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \geq 0 \\ w(\overline{\overline{Y}}^*)x - w(\overline{\overline{X}}^*)y - [\overline{x}^* w(\overline{\overline{Y}}^*) - \frac{5}{6} w(\overline{\overline{X}}^*)w(\overline{\overline{Y}}^*) - \underline{y}^* w(\overline{\overline{X}}^*)] \leq 0 \\ \underline{x}^* \leq x \leq \overline{x}^* \\ \underline{y}^* \leq y \leq \overline{y}^* \end{cases}. \quad (3.164)$$

Варто зауважити, що самим П.М. Дерев'янком запропонований ним метод врахування взаємодії між інтервальними операндами був сформульований в дискретно-комбінаторному варіанті, а не в аналітичній формі, як це зроблене вище. Тобто має місце удосконалення даного підходу.

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 в початковий момент, необхідно оцінити величину прибутку підприємства від операційної діяльності (Pr) на кінець планового періоду.

Якщо виходити із взаємної незалежності параметрів операційного прибутку (в межах наявних діапазонів їх варіювання), то оцінка цього 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 такої 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 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 [51], 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 прибуток. Ставка зазначеного податку протягом терміну (строку) реалізації (здійснення) інвестиційного проекту залишається незмінною (стабільною). 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. Обсяги виготовлення і продажу продукції, яка становить операційний (виробничий) профіль інвестиційного проекту, у розрізі окремих розрахункових періодів його здійснення збігаються між собою.

9. 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:

$$NPV = -(\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}) + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v)](1 - R_{PT}) + \sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T}, \quad (3.165)$$

при цьому

$$A_v = \frac{I_v^{FA} - LV_v}{T_v^{FA}},\ v = \overline{1,V}, \quad (3.166)$$

$$RV_v = I_v^{FA} - A_v T,\ v = \overline{1,V}, \quad (3.167)$$

де I_v^{FA} – вартість v-го об’єкта основних засобів у складі капітальних інвестицій в межах інвестиційного проекту;

I_{CA} – величина інвестицій в оборотний капітал (кошти) в межах інвестиційного проекту;

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;

r – ставка дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту;

T – термін (строк) реалізації (здійснення) інвестиційного проекту;

LV_v – ліквідаційна вартість v-го об'єкта основних засобів;

T_v^{FA} – термін (строк) корисного використання (експлуатації) v-го об'єкта основних засобів.

Окрім оговореного на початку, в моделі (3.119)–(3.121) припускається, що фінансові результати від виробництва і продажу продукції у розрізі окремих розрахункових періодів реалізації інвестиційного проекту набувають невід'ємних значень:

$$Pr_k = (P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v) \geq 0,\ k = \overline{1, T}, \tag{3.168}$$

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:

$$NPV = -[\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}] + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1 - R_{PT}) + R_{PT}\sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T}. \tag{3.169}$$

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 (3.119)–(3.123), можна сформулювати відповідну версію інтервального оцінювання цього показника (якісь додаткові припущення щодо

зв’язків між параметрами інвестиційного проекту при цьому не приймаються):

$$\underline{NPV} = -[\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}] + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1-R_{PT}) + R_{PT}\sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T} \to \min, \quad (3.170)$$

$$\overline{NPV} = -[\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}] + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1-R_{PT}) + R_{PT}\sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T} \to \max, \quad (3.171)$$

$$I_v^{FA} \in [\underline{I}_v^{FA}, \overline{I}_v^{FA}], \ v = \overline{1,V}, \quad (3.172)$$

$$I_{CA} \in [\underline{I}_{CA}, \overline{I}_{CA}], \quad (3.173)$$

$$r \in [\underline{r}, \overline{r}], \quad (3.174)$$

$$LV_v = a_v I_v^{FA}, \quad (3.175)$$

$$A_v = \frac{I_v^{FA} - LV_v}{T_v^{FA}} = \frac{I_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \quad (3.176)$$

$$RV_v = I_v^{FA} - A_v T = I_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \quad (3.177)$$

$$v = \overline{1,V},$$

$$P_k \in [\underline{P}_k, \overline{P}_k], \quad (3.178)$$

$$AVC_k \in [\underline{AVC}_k, \overline{AVC}_k], \quad (3.179)$$

$$Q_k \in [\underline{Q}_k, \overline{Q}_k], \quad (3.180)$$

$$FC_k^* \in [\underline{FC}_k^*, \overline{FC}_k^*], \quad (3.181)$$

$$k = \overline{1,T},$$

$$(\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - \overline{FC}_k^* - \sum_{v=1}^{V} \frac{\overline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}} \geq 0, \ k = \overline{1,T}, \quad (3.182)$$

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:

$$\underline{NPV} = -[\sum_{v=1}^{V} \overline{I}_v^{FA} + \overline{I}_{CA}] + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - \overline{FC}_k^*](1-R_{PT}) + R_{PT}\sum_{v=1}^{V}\overline{A}_v}{(1+\overline{r})^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V}\overline{RV}_v + \overline{I}_{CA}}{(1+\overline{r})^T}, \quad (3.183)$$

$$\overline{NPV} = -[\sum_{v=1}^{V} \underline{I}_v^{FA} + \underline{I}_{CA}] + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(\overline{P}_k - \underline{AVC}_k)\overline{Q}_k - \underline{FC}_k^*](1-R_{PT}) + R_{PT}\sum_{v=1}^{V}\underline{A}_v}{(1+\underline{r})^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V}\underline{RV}_v + \underline{I}_{CA}}{(1+\underline{r})^T}, \quad (3.184)$$

$$\underline{A}_v = \frac{\underline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \quad (3.185)$$

$$\overline{A}_v = \frac{\overline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \quad (3.186)$$

$$\underline{RV}_v = \underline{I}_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \quad (3.187)$$

$$\overline{RV}_v = \overline{I}_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \quad (3.188)$$

$$v = \overline{1,V}.$$

Очевидний інтерес становить розгляд більш загальної версії моделі чистої теперішньої вартості, яка передбачає можливість отримання збитків під час реалізації інвестиційного проекту. Для детермінованої постановки відповідна формула в межах зроблених вище модельних припущень набуває вигляду:

$$NPV = -(\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}) + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v)](1-\gamma_k R_{PT}) + \sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T}, \quad (3.189)$$

при цьому

$$\gamma_k = \begin{cases} 1, \textit{ якщо } (P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v) \geq 0 \\ 0, \textit{ якщо } (P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v) < 0 \end{cases}, \; k = \overline{1,T}, \quad (3.190)$$

також у співвідношенні (3.189) припускається, що в разі, коли мають місце збитки, вони не перевищують амортизаційні нарахування, тобто їх величина не виходить за межі грошової беззбитковості. Формально ця умова може бути задана набором нерівностей:

$$(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^* \geq 0, \; \forall k = \overline{1,T}. \quad (3.191)$$

Зауважимо, що наслідком виконання нерівностей (3.191) є невід’ємність

операційних грошових потоків за періодами реалізації інвестиційного проекту, тобто в даному разі є справедливим:

$$[(P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v)](1-\gamma_k R_{PT}) + \sum_{v=1}^{V} A_v \geq 0\,,\ \forall k = \overline{1,T}\,. \qquad (3.192)$$

Спираючись на детерміновану модель чистої теперішньої вартості, яка припускає можливість отримання збитків під час реалізації інвестиційного проекту, можна сформулювати її інтервальну версію:

$$\underline{NPV} = -(\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}) + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1-\gamma_k R_{PT}) + \gamma_k R_{PT} \sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T} \to \min\,, \qquad (3.193)$$

$$\overline{NPV} = -(\sum_{v=1}^{V} I_v^{FA} + I_{CA}) + \sum_{k=1}^{T} \frac{[(P_k - AVC_k)Q_k - FC_k^*](1-\gamma_k R_{PT}) + \gamma_k R_{PT} \sum_{v=1}^{V} A_v}{(1+r)^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V} RV_v + I_{CA}}{(1+r)^T} \to \max\,, \qquad (3.194)$$

$$\gamma_k = \begin{cases} 1, \textit{ якщо } (P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v) \geq 0 \\ 0, \textit{ якщо } (P_k - AVC_k)Q_k - (FC_k^* + \sum_{v=1}^{V} A_v) < 0 \end{cases},\ k = \overline{1,T}\,, \qquad (3.195)$$

$$I_v^{FA} \in [\underline{I}_v^{FA}, \overline{I}_v^{FA}],\ v = \overline{1,V}\,, \qquad (3.196)$$

$$I_{CA} \in [\underline{I}_{CA}, \overline{I}_{CA}], \qquad (3.197)$$

$$r \in [\underline{r}, \overline{r}], \qquad (3.198)$$

$$LV_v = a_v I_v^{FA}, \qquad (3.199)$$

$$A_v = \frac{I_v^{FA} - LV_v}{T_v^{FA}} = \frac{I_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \qquad (3.200)$$

$$RV_v = I_v^{FA} - A_v T = I_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \qquad (3.201)$$

$$v = \overline{1,V}\,,$$

$$P_k \in [\underline{P}_k, \overline{P}_k], \qquad (3.202)$$

$$AVC_k \in [\underline{AVC}_k, \overline{AVC}_k], \qquad (3.203)$$

$$Q_k \in [\underline{Q}_k, \overline{Q}_k], \qquad (3.204)$$

$$FC_k^* \in [\underline{FC}_k^*, \overline{FC}_k^*], \qquad (3.205)$$

$$k = \overline{1,T}\,,$$

$$(\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - \overline{FC}_k^* \geq 0,\ \forall k = \overline{1,T}, \tag{3.206}$$

де $\underline{X}$, $\overline{X}$ – нижня і верхня границя інтервальної оцінки показника (параметра) X, $X \in \{NPV, I_v^{FA}, I_{CA}, P_k, AVC_k, Q_k, FC_k^*, r\}$.

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

$$\underline{NPV} = -[\sum_{v=1}^{V}\overline{I}_v^{FA} + \overline{I}_{CA}] + \sum_{k=1}^{T}\frac{[(\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - \overline{FC}_k^*](1-{}^L\gamma_k R_{PT}) + {}^L\gamma_k R_{PT}\sum_{v=1}^{V}\overline{A}_v}{(1+\overline{r})^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V}\overline{RV}_v + \overline{I}_{CA}}{(1+\overline{r})^T}, \tag{3.207}$$

$$\overline{NPV} = -[\sum_{v=1}^{V}\underline{I}_v^{FA} + \underline{I}_{CA}] + \sum_{k=1}^{T}\frac{[(\overline{P}_k - \underline{AVC}_k)\overline{Q}_k - \underline{FC}_k^*](1-{}^R\gamma_k R_{PT}) + {}^R\gamma_k R_{PT}\sum_{v=1}^{V}\underline{A}_v}{(1+\underline{r})^k} + \frac{\sum_{v=1}^{V}\underline{RV}_v + \underline{I}_{CA}}{(1+\underline{r})^T}, \tag{3.208}$$

$${}^L\gamma_k = \begin{cases} 1, \textit{якщо } (\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - (\overline{FC}_k^* + \sum_{v=1}^{V}\overline{A}_v) \geq 0 \\ 0, \textit{якщо } (\underline{P}_k - \overline{AVC}_k)\underline{Q}_k - (\overline{FC}_k^* + \sum_{v=1}^{V}\overline{A}_v) < 0 \end{cases}, \tag{3.209}$$

$${}^R\gamma_k = \begin{cases} 1, \textit{якщо } (\overline{P}_k - \underline{AVC}_k)\overline{Q}_k - (\underline{FC}_k^* + \sum_{v=1}^{V}\underline{A}_v) \geq 0 \\ 0, \textit{якщо } (\overline{P}_k - \underline{AVC}_k)\overline{Q}_k - (\underline{FC}_k^* + \sum_{v=1}^{V}\underline{A}_v) < 0 \end{cases}, \tag{3.210}$$

$$k = \overline{1,T},$$

$$\underline{A}_v = \frac{\underline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \tag{3.211}$$

$$\overline{A}_v = \frac{\overline{I}_v^{FA}(1-a_v)}{T_v^{FA}}, \tag{3.212}$$

$$\underline{RV}_v = \underline{I}_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \tag{3.213}$$

$$\overline{RV}_v = \overline{I}_v^{FA}\left(1 - \frac{T(1-a_v)}{T_v^{FA}}\right), \tag{3.214}$$

$$v = \overline{1,V}.$$

Аналогічно наведеному може бути здійснене інтервальне моделювання чистої теперішньої вартості для більш складних ситуацій, з більшою кількістю параметрів, більш складною 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. Оцінювання критеріальних показників інших груп (доходності, терміну окупності) в ситуації інтервальних оцінок вихідних параметрів утворює відповідні окремі напрямі дослідження (див. щодо цього, наприклад, [3; 60]).

Інтервальна невизначеність початкових даних зумовлює те, що в загальному випадку оцінки аналізованих критеріїв також виявляються інтервальними величинами (числами). Звідси, в межах вирішення деякої проблемної ситуації, обтяженої інтервальною невизначеністю, постає завдання вимірювання ризику за інтервальними оцінками прийнятих до використання критеріальних економічних показників.

Проблематика кількісного оцінювання ступеня ризику за інтервальними оцінками критеріальних економічних показників стосовно реальних і фінансових інвестицій досліджувалася такими науковцями, як О.П. Вощинін, П.В. Бронз, Д.В. Давидов, А.В. Джігімон, О.О. Недосєкін [12; 26; 28; 31; 69; 70]. З одного боку, названими авторами одержані значущі результати за даним питанням. З іншого боку, їх увага зосереджена лише на одному підході до вимірювання ризику, згідно з яким він оцінюється як ступінь можливості незадовільних (негативних) результатів (наслідків) економічної діяльності, їх невідповідності цільовому (запланованому, бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню. З точки зору сучасних уявлень ризикології про міру ризику як багатокомпонентну величину останнє не може бути визнане як задовільна ситуація за порушеною проблемою. Тобто вона потребує ґрунтовного подальшого опрацювання.

На нашу думку, продуктивне просування на шляху подолання зазначеної дисфункції можливе, якщо як еталон або стандарт використати систему кількісних показників ступеня ризику, сформовану в межах імовірнісної концепції невизначеності. Нагадаємо, що згідно з результатами її докладного розгляду у попередньому пункті, вона передбачає виокремлення чотирьох методологічних напрямів або підходів. Отже, послідовно переходячи від одного методологічного

підходу до іншого, здійснимо спробу побудови цілісного набору інтервальних адаптацій імовірнісних показників ступеня ризику.

Нехай K – економічний показник, який виконує функцію критерію прийняття рішення і який є предметом аналізу стосовно рівня ризику. Покладемо далі, що даний показник моделюється інтервальною оцінкою (числом) ($\overline{\underline{K}}$). Припустимо також, що зацікавленою особою (суб'єктом прийняття рішення, експертом) встановлено нормативний рівень (норматив) (G, $G = G(K)$) показника K, яким може бути якесь його цільове (заплановане, бажане) або гранично припустиме (порогове, критичне) значення.

Інтервальна адаптація міри ризику як імовірності незадовільного (негативного) результату, його невідповідності цільовому або гранично припустимому рівню формально виходить з імовірнісної аналогії, а у змістовному плані ґрунтується на можливісному підході до інтерпретації та аналізу невизначених (недетермінованих) даних. Відповідна модель може бути записана так (на основі [12; 26; 69; 70]):

$$Risk(\overline{\underline{K}}, G) = \begin{cases} Poss(K < G), K = K^{+} \\ Poss(K > G), K = K^{-} \end{cases}, \tag{3.215}$$

при цьому

$$Poss(K < G) = \begin{cases} 0, G \le \underline{K} \\ \dfrac{G - \underline{K}}{\overline{K} - \underline{K}}, \underline{K} < G < \overline{K} \\ 1, \overline{K} \le G \end{cases}, \tag{3.216}$$

$$Poss(K > G) = \begin{cases} 1, G \le \underline{K} \\ \dfrac{\overline{K} - G}{\overline{K} - \underline{K}}, \underline{K} < G < \overline{K} \\ 0, \overline{K} \le G \end{cases}, \tag{3.217}$$

де $Risk(\overline{\underline{K}}, G)$ – ступінь ризику невідповідності значення критерію K, заданого інтервальною оцінкою $\overline{\underline{K}}$, нормативу G;

$Poss(...)$ – ступінь (міра) можливості настання відповідної події;

$\underline{K}$, $\overline{K}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервальної оцінки критерію K;

$K = K^{+}$, $K = K^{-}$ – рівності, які фіксують відповідно додатний (позитивний) і

від'ємний (негативний) інгредієнт для критерію K.

Одночасно з інтервальною невизначеністю критерію може мати місце інтервальна невизначеність його нормативу. Ця ситуація була досліджена О.О. Недосєкіним. Відштовхуючись від теорії імовірностей, ним була знайдена відповідна формула для оцінювання ступеня ризику в межах розглядуваного методологічного напряму (на основі [69; 70]):

$$Risk(\overline{\overline{K}}, \overline{\overline{G}}) = \begin{cases} Poss(K < G), K = K^{+} \\ Poss(K > G), K = K^{-} \end{cases}, \tag{3.218}$$

$$Poss(K < G) = \begin{cases} 0, \overline{G} \le \underline{K} \\ \dfrac{(\overline{G} - \underline{K})^2}{2(\overline{K} - \underline{K})(\overline{G} - \underline{G})}, \underline{G} < \underline{K} < \overline{G} < \overline{K} \\ \dfrac{(\underline{G} - \underline{K}) + (\overline{G} - \underline{K})}{2(\overline{K} - \underline{K})}, \underline{K} \le \underline{G} \le \overline{G} \le \overline{K} \,\&\, \underline{K} < \overline{K} \\ \dfrac{(\overline{G} - \overline{K}) + (\overline{G} - \underline{K})}{2(\overline{G} - \underline{G})}, \underline{G} \le \underline{K} \le \overline{K} \le \overline{G} \,\&\, \underline{G} < \overline{G} \\ 1 - \dfrac{(\overline{K} - \underline{G})^2}{2(\overline{K} - \underline{K})(\overline{G} - \underline{G})}, \underline{K} < \underline{G} < \overline{K} < \overline{G} \\ 1, \overline{K} \le \underline{G} \,\&\, \underline{K} < \overline{G} \end{cases}, \tag{3.219}$$

$$Poss(K > G) = \begin{cases} 1, \overline{G} \le \underline{K} \\ 1 - \dfrac{(\overline{G} - \underline{K})^2}{2(\overline{K} - \underline{K})(\overline{G} - \underline{G})}, \underline{G} < \underline{K} < \overline{G} < \overline{K} \\ \dfrac{(\overline{K} - \underline{G}) + (\overline{K} - \overline{G})}{2(\overline{K} - \underline{K})}, \underline{K} \le \underline{G} \le \overline{G} \le \overline{K} \,\&\, \underline{K} < \overline{K} \\ \dfrac{(\overline{K} - \underline{G}) + (\underline{K} - \underline{G})}{2(\overline{G} - \underline{G})}, \underline{G} \le \underline{K} \le \overline{K} \le \overline{G} \,\&\, \underline{G} < \overline{G} \\ \dfrac{(\overline{K} - \underline{G})^2}{2(\overline{K} - \underline{K})(\overline{G} - \underline{G})}, \underline{K} < \underline{G} < \overline{K} < \overline{G} \\ 0, \overline{K} \le \underline{G} \,\&\, \underline{K} < \overline{G} \end{cases}, \tag{3.220}$$

де $Risk(\overline{\overline{K}}, \overline{\overline{G}})$ – ступінь ризику невідповідності значення критерію K нормативу G при одночасній інтервальній невизначеності даних показників;

$\underline{G}$, $\overline{G}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервальної оцінки нормативу G.

Нехай можливі несприятливі наслідки (збитки, недоотриманий прибуток) реалізації певного рішення суб'єкта економічної діяльності описуються інтервальною оцінкою. Тоді як абсолютні показники міри ризику можуть бути

обрані середня, а також максимальна величина можливої невдачі.

Коефіцієнти сподіваних втрат (збитків) і зважених сподіваних втрат в інтервальній постановці втрачають свій сенс. Якщо як базу зіставлення взяти середнє значення інтервальної оцінки критерію K, то інтервальні адаптації обох цих коефіцієнтів дорівнюватимуть 0,5. Якщо ж як параметр порівняння використати норматив критерію K, то інтервальна версія коефіцієнта сподіваних втрат у цьому разі збігається з показником міри ризику як ступеня можливості незадовільного результату, що також робить недоцільним звернення до відповідної інтервальної адаптації коефіцієнта зважених сподіваних втрат.

Показники розмаху варіації і цільового розмаху варіації повністю зберігають своє значення як міри ризику в межах інтервального опису невизначеності. Очевидним чином зберігається структура даних показників [58] (див. також [43; 48]):

$$R(\overline{\overline{K}}) = \overline{K} - \underline{K}, \tag{3.221}$$

де $R(\overline{\overline{K}})$ – розмах варіації для інтервальної оцінки критерію K;

$$R_G(\overline{\overline{K}}) = \begin{cases} R_G^{(-)}(\overline{\overline{K}}), K = K^+ \\ R_G^{(+)}(\overline{\overline{K}}), K = K^- \end{cases}, \tag{3.222}$$

при цьому

$$R_G^{(-)}(\overline{\overline{K}}) = \begin{cases} 0, G \le \underline{K} \\ G - \underline{K}, \underline{K} < G < \overline{K} \\ 2G - (\underline{K} + \overline{K}), G \ge \overline{K} \end{cases}, \tag{3.223}$$

$$R_G^{(+)}(\overline{\overline{K}}) = \begin{cases} 0, G \ge \overline{K} \\ \overline{K} - G, \underline{K} < G < \overline{K} \\ (\underline{K} + \overline{K}) - 2G, G \le \underline{K} \end{cases}, \tag{3.224}$$

де $R_G(\overline{\overline{K}})$ – цільовий розмах варіації для інтервальної оцінки критерію K;

$R_G^{(-)}(\overline{\overline{K}})$, $R_G^{(+)}(\overline{\overline{K}})$ – відповідно від'ємний (негативний, лівосторонній, нижній) і додатний (позитивний, правосторонній, верхній) розмах варіації значень критерію K відносно нормативного рівня G.

Зауважимо, що в термінах інтервального аналізу показник $R(\overline{\overline{K}})$ прийнято

називати шириною інтервалу, використовуючи для нього позначення $wid(\overline{\overline{K}})$ [84, с. 34].

Інтервальним аналогом показника однобічного розмаху варіації по відношенню до центра групування виступає показник, відомий як радіус інтервалу ($rad(\overline{\overline{K}})$) [84, с. 34]:

$$rad(\overline{\overline{K}}) = mid(\overline{\overline{K}}) - \underline{K} = \overline{K} - mid(\overline{\overline{K}}) = \frac{1}{2}(\overline{K} - \underline{K}), \quad (3.225)$$

де $mid(\overline{\overline{K}})$ – середина (центр) інтервальної оцінки критерію K. Позначатимемо далі цей параметр символом $Av(\overline{\overline{K}})$.

Очевидно, що у математичному плані й, відповідно, з точки зору вимірювання ризику радіус інтервалу являє собою еквівалент розмаху варіації. У статусі міри ризику радіус інтервалу зручно також називати піврозмахом варіації і позначати символом $SR(\overline{\overline{K}})$.

На основі показників розмаху варіації, піврозмаху варіації та цільового розмаху варіації можуть бути побудовані інтервальні адаптації відповідних коефіцієнтів варіабельності [58] (див. також [43; 48]).

1. Для традиційних коефіцієнтів варіабельності:

$$CR(\overline{\overline{K}}) = \frac{R(\overline{\overline{K}})}{Av(\overline{\overline{K}})}, \quad (3.226)$$

$$CSR(\overline{\overline{K}}) = \frac{SR(\overline{\overline{K}})}{Av(\overline{\overline{K}})}, \quad (3.227)$$

$$CR_G(\overline{\overline{K}}) = \frac{R_G(\overline{\overline{K}})}{Av(\overline{\overline{K}})}, \quad (3.228)$$

де $CR(\overline{\overline{K}})$, $CSR(\overline{\overline{K}})$, $CR_G(\overline{\overline{K}})$ – коефіцієнт розмаху варіації, піврозмаху варіації і цільового розмаху варіації, відповідно.

2. Для модифікованих коефіцієнтів варіабельності:

$$CR^m(\overline{\overline{K}}) = \begin{cases} \dfrac{R(\overline{\overline{K}})}{Av(\overline{\overline{K}}) - Z_0}, \text{ якщо } K = K^+ \\ \dfrac{R(\overline{\overline{K}})}{Z_0 - Av(\overline{\overline{K}})}, \text{ якщо } K = K^- \end{cases}, \quad (3.229)$$

$$CSR^m(\overline{\overline{K}}) = \begin{cases} \dfrac{SR(\overline{\overline{K}})}{Av(\overline{\overline{K}}) - Z_0}, \text{ якщо } K = K^+ \\ \dfrac{SR(\overline{\overline{K}})}{Z_0 - Av(\overline{\overline{K}})}, \text{ якщо } K = K^- \end{cases}, \quad (3.230)$$

$$CR_G^m(\overline{\overline{K}}) = \begin{cases} \dfrac{R_G(\overline{\overline{K}})}{Av(\overline{\overline{K}}) - Z_0}, \text{ якщо } K = K^+ \\ \dfrac{R_G(\overline{\overline{K}})}{Z_0 - Av(\overline{\overline{K}})}, \text{ якщо } K = K^- \end{cases}, \quad (3.231)$$

де $CR^m(\overline{\overline{K}})$, $CSR^m(\overline{\overline{K}})$, $CR_G^m(\overline{\overline{K}})$ – модифікований коефіцієнт розмаху варіації, піврозмаху варіації і цільового розмаху варіації, відповідно;

Z_0 – порогове (граничне) значення критерію, припускається, що $Av(\overline{\overline{K}}) > Z_0$ для $K = K^+$ і $Z_0 > Av(\overline{\overline{K}})$ для $K = K^-$.

Квантильний підхід у вимірюванні ризику при інтервальному аналізі та моделюванні невизначеності, судячи з усього, відтворювати у повному обсязі недоцільно. У даному випадку оптимальним, на нашу думку, є використання як міри ризику однієї з границь інтервальної оцінки досліджуваного критеріального показника (нижньої або верхньої, залежно від інгредієнта критерію), яка при такому підході виступає як його ефективне значення із 100 % рівнем надійності (довіри) ($B(\overline{\overline{K}})$) [58, с. 145–146]:

$$B(\overline{\overline{K}}) = \begin{cases} B^{(-)}(\overline{\overline{K}}) = \underline{K}, K = K^+ \\ B^{(+)}(\overline{\overline{K}}) = \overline{K}, K = K^- \end{cases}. \quad (3.232)$$

3.4. Розробка інтервальної модифікації аналізу чутливості як інструмента врахування невизначеності при прийнятті рішень з реального інвестування

Згідно з окресленим у п. 2.3, аналіз чутливості є одним з найбільш простих і доступних для використання методів врахування невизначеності та ризику під час економічного обґрунтування інвестиційних проектів. Він широко представлений у навчальній і науковій літературі, його рекомендується використовувати у “Керівництві з підготовки промислових техніко-економічних обґрунтувань”

Організації Об’єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО) [6; 92], а також аналогічних інших методичних розробках. В статусі базового цей метод прийнято включати до складу функціональних можливостей спеціалізованих програмних засобів для підтримки аналітико-управлінської діяльності в сфері бізнес-планування та інвестиційного аналізу. Зокрема, він реалізований у програмах (пакетах програм) COMFAR і PROPSIN (розроблені в межах ЮНІДО), “Альт-Інвест” (ТОВ “Альт-Інвест”), “Project Expert” (ТОВ “Про-Інвест Консалтинг”), “Бізнес-аналітик” (ТОВ “ІНЕК-ІТ”), “EVA – Аналіз ризиків” (ТОВ “ЕДС Плюс”) та інших подібних програмах.

Як показують результати відповідних оглядів, у сучасних дослідженнях, присвячених питанням якісного та кількісного аналізу ризику інвестиційних проектів, поряд із розвитком новітніх інструментів і підходів, зберігається активна увага до методів, які виступають як традиційні або класичні. Якщо поглянути на аналіз чутливості під таким кутом, то можна дійти висновку, що для нього становить інтерес, зокрема, його дальше розроблення в напрямі пристосування до більш широкого кола задач інвестиційного проектування, ніж це передбачається його традиційною версією, або версіями. У роботі [57] (див. також [46]) нами була здійснена спроба розвитку аналізу чутливості у зазначеному ключі. Представимо далі у даному пункті одержані в межах цього результати.

Суть традиційного аналізу чутливості стосовно реальних інвестицій полягає в послідовно-одиничному оцінюванні ступеня впливу зміни значень вихідних параметрів або аргументів (факторів ризику) на зміну значення обраного для дослідження показника (критерію) економічної ефективності розглядуваного інвестиційного проекту. Повномасштабний аналіз чутливості передбачає його здійснення для всіх показників, які визначені як критеріальні в конкретній ситуації інвестиційного проектування. Більший ступінь впливу зміни деякого параметра на зміну досліджуваного критеріального показника є підставою, щоб розцінювати цей параметр як більш “ризикотвірний” по відношенню до даного критерію.

Проведення традиційного аналізу чутливості для деякого критеріального показника (критерію) передбачає виконання таких кроків [21; 23; 24; 27; 34; 63; 64;

65; 74; 81].

1. Фіксується базовий (базисний) сценарій, тобто найбільш імовірні (очікувані) значення вихідних параметрів (змінних, аргументів) досліджуваного критерію. Базовим оцінкам параметрів відповідає базовий рівень обумовленого ними критерію.

2. Визначаються параметри (фактори ризику) критеріального показника, за якими здійснюватиметься аналіз чутливості.

3. Задаються межі або діапазони (інтервали) варіювання по відношенню до базових значень обраних для дослідження параметрів. Вже на цьому кроці в межах традиційного аналізу чутливості можна виокремити різні його варіанти (версії).

Перший варіант полягає в тому, що зазначені діапазони визначаються точно по одному для кожного параметра, і при цьому в загальному випадку диференційовано для різних параметрів, виходячи з уявлень та досвіду зацікавленої особи (суб'єкта прийняття рішення, експерта). Такий моноінтервальний підхід може також ґрунтуватися або використовувати рекомендації загального характеру (в разі їх існування), які відображають практику реального інвестування в межах економіки або конкретної галузі відповідної країни (для релевантного стосовно досліджуваного інвестиційного проекту періоду часу). Приклад рекомендацій зазначеного роду можна знайти в роботі [18, с. 448]. Зручним інструментом графічного представлення результатів моноінтервального аналізу чутливості є діаграма, відома під назвою "Торнадо" [64; 75, с. 338].

Як альтернатива або розвиток попереднього підходу виступає аналітична конструкція, коли для параметрів розглядається декілька діапазонів (інтервалів) можливих коливань. При цьому кількість та розміри діапазонів для окремо взятого параметра в загальному випадку мають задаватися індивідуально. Якщо ж зацікавлена особа не вбачає достатніх підстав для такої диференціації, то може використовуватися єдина для всіх аналізованих параметрів система діапазонів. Загальноприйнятою формою візуалізації результатів поліінтервального аналізу чутливості є графік, який одержав назву "Павук" [37; 77, с. 399–400].

4. Здійснюється оцінка ступеня чутливості досліджуваного критерію в розрізі

обраних параметрів.

У разі моноінтервального визначення діапазонів варіації параметрів ступінь чутливості може оцінюватися двояко.

Згідно з першим варіантом ступінь чутливості пропонується оцінювати на основі величини інтервалу значень (розмаху варіації) критеріального показника, який відповідає інтервалу можливих значень обраного для аналізу параметра: чим більшим є результуючий інтервал, тим більшою слід розцінювати чутливість і вразливість критерію за цим параметром.

Неважко помітити, що в межах даного підходу ступінь чутливості можна також оцінити, враховуючи не весь інтервал можливих значень критеріального показника, а лише ту його частину, яка містить несприятливі відхилення. При цьому зіставлення має здійснюватися з рівнем критерію, визначеним як базовий. Відповідний кількісний показник ступеня чутливості зручно і коректно означити як базисний розмах варіації.

Другий варіант полягає у зверненні до інструментарію, який позиціонується як універсальний і ґрунтується на використанні концепції еластичності [21; 24; 34].

Нехай об’єкт ризику (виробнича програма, інвестиційний проект, портфель цінних паперів) описується n початковими параметрами (змінними, факторами) – X_i, $i=\overline{1,n}$, та m результуючими, або критеріальними, показниками – Y_j, $j=\overline{1,m}$, між якими має місце функціональна залежність:

$$Y_j = f_j(X_1, ..., X_n),\ j=\overline{1,m}. \qquad (3.233)$$

Тоді еластичність, або коефіцієнт еластичності, показника Y_j, $j\in\{1,...,m\}$, за параметром X_i, $i\in\{1,...,n\}$, визначається так.

Для зміни параметра по відношенню до його значення X_i в інтервалі ΔX_i:

$$E_{ji}(X_i, \Delta X_i) = \frac{\Delta Y_j}{Y_j} : \frac{\Delta X_i}{X_i}. \qquad (3.234)$$

В точці X_i (за умови диференційованості в ній функції f_j):

$$E_{ji}(X_i) = \frac{\partial Y_j}{\partial X_i} \times \frac{X_i}{Y_j}. \qquad (3.235)$$

Згідно з наведеними співвідношеннями еластичність (коефіцієнт еластичності)

показує відсоткову зміну значення результуючого показника (критерію) при зміні значення відповідного факторного показника (параметра, аргументу) на один відсоток. При цьому враховується характер зв’язку (прямий чи обернений) між аналізованими показниками. Звідси більший за модулем рівень коефіцієнта еластичності свідчить про більшу чутливість досліджуваного критерію за даним параметром.

Цілком аналогічно до останнього, з урахуванням необхідних коригувань, проводиться оцінка ступеня чутливості, коли для параметрів припускається декілька діапазонів можливих коливань. У цьому разі для окремо взятого параметра еластичність має розраховуватися стосовно кожного з діапазонів, сформованих для нього. Відповідно, ступінь чутливості розглядуваного критерію за даним параметром визначається сукупністю знайдених коефіцієнтів еластичності.

5. На основі результатів попереднього кроку параметри критеріального показника ранжуються в аспекті їх ризикотвірності. Згідно з ключовою ідеєю аналізу чутливості, більший рівень чутливості критерію до змін даного параметра інтерпретується як ознака його більшої ризикотвірності.

При використанні моноінтервального підходу, коли як міра чутливості використовуються розмах або базисний розмах варіації критеріального показника, їх значення виступають достатнім індикатором ступеня ризикотвірності відповідного параметра. Якщо ж реалізується версія моноінтервального варіювання значень параметрів, коли чутливість вимірюється за допомогою коефіцієнта еластичності, достатність останнього для оцінювання ризикотвірності досліджуваних параметрів може бути поставлена під сумнів. У цьому разі повноцінне ранжування параметрів як факторів ризику потребує введення якогось додаткового критерію (критеріїв) або аспекту. Роль такого додаткового критерію може виконувати ступінь прогнозованості (передбачуваності) параметрів. Формалізація аналізу ризикотвірної значущості (вагомості) того чи іншого параметра в межах зазначених двох критеріїв здійснюється за допомогою відповідної матриці (матриці чутливості та прогнозованості) [16, с. 151–152; 23, с. 287–293]. Очевидно, що при розглядуваному підході ступінь прогнозованості параметра і величина інтервалу його можливих

значень можуть розумітися як взаємообумовлені характеристики (більша величина інтервалу свідчить про меншу прогнозованість, і навпаки, чим інтервал можливих значень параметра менше, тим більшою слід припускати його прогнозованість).

В ситуації використання декількох діапазонів варіювання значень параметрів критеріального показника оцінювання рівня їх ризикотвірності може здійснюватися як на основі лише коефіцієнта еластичності, так і на двохаспектній основі, тобто з доповненням аналізу еластичності аналізом прогнозованості, якщо для цього наявні відповідні підстави.

Як відображено в наведених вище відомостях, сферою застосування традиційного аналізу чутливості є окремо взятий інвестиційний проект. Разом з тим, в багатьох випадках проблема економічного обґрунтування реальних інвестицій постає як проблема вибору найкращого (оптимального) інвестиційного проекту з множини альтернативних варіантів. Зазначене зумовлює потребу в розвитку розглядуваного інструментарію, розробленні його модифікації, пристосованої для задачі порівняльної оцінки альтернативних (конкуруючих) інвестиційних проектів.

Можна виокремити такі модельні особливості викладеної проблеми [46]:

1) набори параметрів (змінних, аргументів), які розглядаються як фактори ризику в розрізі окремих критеріїв ефективності, для альтернативних інвестиційних проектів можуть як збігатися, так і не збігатися між собою;

2) при порівнянні ризикованості інвестиційних альтернатив у розрізі окремого критерію ефективності має оцінюватися і зіставлятися інтегрована чутливість останнього, яка враховує паралельну (одночасну) зміну значень всіх його ризикотвірних (ризик-релевантних) параметрів.

Так само, як і в разі традиційного аналізу чутливості, його шукана модифікація може будуватися у двох версіях: моно- і поліінтервальній. Спробуємо сформулювати варіант вирішення розглядуваної проблеми спочатку для моноінтервальної постановки.

Звернемося до різновиду моноінтервальної версії, коли як міра чутливості використовується розмах варіації критерію. Реалістичним і прийнятним тут видається шлях формування модифікованої моделі аналізу чутливості, ґрунтуючись

на знаходженні та кількісній оцінці інтервалу (діапазону) можливих значень критеріального показника внаслідок варіації одночасно всіх його параметрів, які розцінюються як ризикотвірні, в межах заданих для них інтервалів.

Слід зауважити, що намічений вище підхід не є чимось абсолютно новим. Зокрема, він пропонується в статті В.Ю. Ізосімова [32]. Водночас, сформульовані цим автором пропозиції мають більшою мірою схематичний характер і потребують ґрунтовного доопрацювання, що зазначив також сам В.Ю. Ізосімов у завершальній частині своєї публікації.

Конструктивне втілення окресленої вище ідеї і побудова на її основі шуканої модифікації аналізу чутливості може бути здійснена за допомогою методології інтервального аналізу (математики). Виходячи з математичного апарату даної теорії, для задачі раціонального вибору найкращої інвестиційної альтернативи може бути запропонована така схема оцінки чутливості деякого критерію ефективності до одночасної зміни певного набору його параметрів в межах окремого інвестиційного проекту [46].

1. З’ясовується базовий сценарій здійснення проекту, який описується базовими значеннями вихідних параметрів розглядуваного критерію, а також рівнем останнього, який їм відповідає.

2. Визначаються параметри критеріального показника, які розцінюються як ризикотвірні (ризик-релевантні) і за якими буде проводитися аналіз чутливості.

3. Задаються межі або діапазони (інтервали) варіювання по відношенню до базового рівня значень параметрів, які були обрані для аналізу.

4. На основі апарату інтервального аналізу (математики) розраховується інтервальна оцінка досліджуваного критерію, яка відповідає прийнятим на попередньому кроці діапазонам варіювання значень обраних для аналізу параметрів. Розмах варіації та базисний розмах варіації для одержаного інтервалу слугують інтегрованими індикаторами чутливості критеріального показника до одночасного коливання значень ризикотвірних параметрів.

Представлені вище методологічні настанови і схема інтегрованого оцінювання чутливості дозволяють сформулювати модель порівняльної оцінки економічної

ефективності альтернативних інвестиційних проектів з використанням аналізу чутливості (випадок моноінтервального варіювання параметрів).

1. Для кожного інвестиційного проекту з сформованої множини інвестиційних альтернатив (варіантів проекту) визначається базовий сценарій його реалізації. В частині вихідних даних як базові слід приймати найбільш очікувані (вірогідні) значення початкових параметрів (змінних, аргументів).

2. Визначається набір критеріальних показників (часткових критеріїв), за якими має оцінюватися економічна ефективність порівнюваних інвестиційних проектів. Нагадаємо, що в загальному випадку оцінювання ефективності реальних інвестицій передбачає використання часткових критеріїв, які відображають їх фінансовий ефект, доходність та термін окупності. При цьому показники, які стосуються відповідно перших двох і третього з названих аспектів мають різні напрями оптимізації або інгредієнти. Критерії фінансового ефекту і доходності оптимізуються в напрямі максимуму (тобто мають позитивний або додатний інгредієнт), в той час як показники терміну окупності оптимізуються в напрямі мінімуму (відповідно, мають негативний або від'ємний інгредієнт).

3. Для базового рівня початкових параметрів інвестиційних проектів розраховуються відповідні значення обраних на попередньому кроці часткових критеріїв ефективності.

4. Для кожного інвестиційного проекту визначаються початкові параметри, які розцінюються як фактори ризику і за якими здійснюватиметься аналіз чутливості.

5. Задаються межі або діапазони (інтервали) варіювання по відношенню до базових значень початкових параметрів, які були обрані для проведення аналізу чутливості.

6. Для розглядуваних інвестиційних проектів стосовно заданих на попередньому кроці діапазонів варіювання ризикотвірних параметрів за допомогою апарату інтервального аналізу або математики розраховуються інтервальні оцінки часткових критеріїв їх економічної ефективності. Після чого для кожної із зазначених інтервальних оцінок розраховується величина несприятливих відхилень значень відповідного часткового критерію по відношенню до його базового рівня,

тобто базисний розмах варіації, який розцінюється як абсолютний показник міри чутливості. При цьому характер відхилень (сприятливі/несприятливі) слід визначати, виходячи з напряму оптимізації (інгредієнта) аналізованого часткового критерію.

7. Для часткових критеріїв ефективності досліджуваних інвестиційних проектів на основі одержаних для них на попередньому кроці значень базисного розмаху варіації з метою забезпечення зіставності (порівнянності) розраховується міра чутливості у відносному вираженні. Як таку міру пропонується використовувати відношення базисного розмаху варіації часткового критерію до приросту економічної ефективності, який забезпечується при досягненні його базового рівня порівняно з деяким пороговим (граничним) значенням. Останнє природно встановлювати на основі границь інтервальних оцінок аналізованого часткового критерію в межах сукупності порівнюваних інвестиційних проектів.

8. Виходячи з логіки економічного оцінювання реальних інвестицій з використанням аналізу чутливості, кожний частковий критерій ефективності, який взято для порівняння інвестиційних альтернатив, має деталізуватися у двох аспектах:

1) в аспекті базового рівня даного часткового критерію, який відображає найбільш очікуваний (вірогідний) перебіг реалізації інвестиційного проекту;

2) в аспекті чутливості цього часткового критерію до зміни початкових параметрів, яка інтерпретується як обтяженість його ризиком, його ризикованість.

Показники, які відображають наведені два аспекти, відповідно до їх ролі доцільно називати деталізованими критеріями.

Згідно з попередніми кроками, а також зробленим зауваженням порівняльна економічна оцінка альтернативних інвестиційних проектів з використанням аналізу чутливості може бути здійснена на основі узагальненого (інтегрованого) показника (критерію), який, якщо обмежитися адитивним варіантом згортки критеріїв, може бути сформульований в такий спосіб:

$$SI_j = \sum_{l=1}^{L} a_l (b_{l1}{}^{H} K_{lj}^{bs} + b_{l2}{}^{H} CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj}, K_{lj}^{bs})), \ \ j = \overline{1,m}, \qquad (3.236)$$

$$^{H}K_{lj}^{bs}=\begin{cases}\dfrac{K_{lj}^{bs}-K_{\min l}}{K_{\max l}-K_{\min l}},\ якщо\ K_l=K_l^{+}\\ \dfrac{K_{\max l}-K_{lj}^{bs}}{K_{\max l}-K_{\min l}},\ якщо\ K_l=K_l^{-}\end{cases},\tag{3.237}$$

$$^{H}CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj},K_{lj}^{bs})=1-CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj},K_{lj}^{bs}),\tag{3.238}$$

$$CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj},K_{lj}^{bs})=\begin{cases}\dfrac{BR(\overline{\overline{K}}_{lj},K_{lj}^{bs})}{K_{lj}^{bs}-K_{\min l}},\ якщо\ K_l=K_l^{+}\\ \dfrac{BR(\overline{\overline{K}}_{lj},K_{lj}^{bs})}{K_{\max l}-K_{lj}^{bs}},\ якщо\ K_l=K_l^{-}\end{cases},\tag{3.239}$$

$$BR(\overline{\overline{K}}_{lj},K_{lj}^{bs})=\begin{cases}K_{lj}^{bs}-\underline{K}_{lj},\ якщо\ K_l=K_l^{+}\\ \overline{K}_{lj}-K_{lj}^{bs},\ якщо\ K_l=K_l^{-}\end{cases},\tag{3.240}$$

$l=\overline{1,L}$, $j=\overline{1,m}$,

$$K_{\min l}=\min\left\{\underline{K}_{lj}\mid j=\overline{1,m}\right\},\ l=\overline{1,L},\tag{3.241}$$

$$K_{\max l}=\max\left\{\overline{K}_{lj}\mid j=\overline{1,m}\right\},\ l=\overline{1,L},\tag{3.242}$$

$$0<b_{l1}<1,\tag{3.243}$$

$$0<b_{l2}<1,\tag{3.244}$$

$$b_{l1}+b_{l2}=1,\tag{3.245}$$

$$0<a_l<1,\tag{3.246}$$

$$\sum_{l=1}^{L}a_l=1,\tag{3.247}$$

де SI_j – узагальнений (інтегрований) критерій економічної ефективності j-го інвестиційного проекту;

L – число часткових критеріїв ефективності реальних інвестицій, за допомогою яких здійснюється вибір оптимального інвестиційного проекту;

m – число інвестиційних проектів у сукупності, з якої здійснюється вибір найкращого проекту;

K_l – l-й частковий критерій ефективності реальних інвестицій з їх набору, за допомогою якого здійснюється вибір найкращого інвестиційного проекту;

K_{lj}^{bs} – значення l-го часткового критерію ефективності, яке відповідає

базовому сценарію реалізації j-го інвестиційного проекту;

${}^{H}K_{lj}^{bs}$ – нормалізоване значення показника K_{lj}^{bs};

$CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj}, K_{lj}^{bs})$ – коефіцієнт чутливості на основі базисного розмаху варіації значень для l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту;

${}^{H}CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj}, K_{lj}^{bs})$ – нормалізоване значення показника $CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj}, K_{lj}^{bs})$;

$K_{\min l}$, $K_{\max l}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення релевантного (тобто такого, що береться до уваги) діапазону (інтервалу) варіювання значень l-го часткового критерію ефективності;

$K_l = K_l^{+}$, $K_l = K_l^{-}$ – фіксація відповідно додатного і від'ємного інгредієнта для l-го часткового критерію ефективності;

$\overline{\overline{K}}_{lj}$ – інтервальна оцінка l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту, яка відповідає встановленим зацікавленою особою (суб'єктом прийняття рішення, експертом) діапазонам (інтервалам) можливих (вірогідних) коливань його початкових параметрів;

$\underline{\underline{K}}_{lj}$, $\overline{\overline{K}}_{lj}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервальної оцінки l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту;

$BR(\overline{\overline{K}}_{lj}, K_{lj}^{bs})$ – базисний розмах варіації значень l-го часткового критерію ефективності для j-го інвестиційного проекту;

b_{l1}, b_{l2} – вагові коефіцієнти для показників відповідно K_{lj}^{bs} та $CBR^{m}(\overline{\overline{K}}_{lj}, K_{lj}^{bs})$;

a_l – ваговий коефіцієнт для l-го часткового критерію ефективності.

Серед порівнюваних варіантів реального інвестування найкращим слід визнати проект, для якого узагальнений критерій економічної ефективності набуває найбільшого значення, при цьому $SI_j \in [0,1]$, $j = \overline{1,m}$.

Ризикова складова у пропонованому підході може бути врахована дещо інакше, якщо замість коефіцієнтів чутливості на основі базисного розмаху варіації як показники міри ризику у співвідношенні (3.236) використовувати найгірші значення в межах інтервальних оцінок часткових критеріїв ефективності. З урахуванням зазначеної заміни відповідна модель, якщо знову звернутися до

адитивної згортки, набуває вигляду:

$$SI_j = \sum_{l=1}^{L} a_l (b_{l1}\,{}^{H}K_{lj}^{bs} + b_{l2}\,{}^{H}B(\overline{\overline{K}}_{lj})),\ \ j = \overline{1,m}, \tag{3.248}$$

$${}^{H}K_{lj}^{bs} = \begin{cases} \dfrac{K_{lj}^{bs} - K_{\min l}}{K_{\max l} - K_{\min l}},\ якщо\ K_l = K_l^{+} \\ \dfrac{K_{\max l} - K_{lj}^{bs}}{K_{\max l} - K_{\min l}},\ якщо\ K_l = K_l^{-} \end{cases}, \tag{3.249}$$

$${}^{H}B(\overline{\overline{K}}_{lj}) = \begin{cases} \dfrac{B(\overline{\overline{K}}_{lj}) - K_{\min l}}{K_{\max l} - K_{\min l}},\ якщо\ K_l = K_l^{+} \\ \dfrac{K_{\max l} - B(\overline{\overline{K}}_{lj})}{K_{\max l} - K_{\min l}},\ якщо\ K_l = K_l^{-} \end{cases}, \tag{3.250}$$

$$B(\overline{\overline{K}}_{lj}) = \begin{cases} \underline{K}_{lj},\ якщо\ K_l = K_l^{+} \\ \overline{K}_{lj},\ якщо\ K_l = K_l^{-} \end{cases}, \tag{3.251}$$

$l = \overline{1,L},\ \ j = \overline{1,m},$

$$K_{\min l} = \min\left\{\underline{K}_{lj} \mid j = \overline{1,m}\right\},\ \ l = \overline{1,L}, \tag{3.252}$$

$$K_{\max l} = \max\left\{\overline{K}_{lj} \mid j = \overline{1,m}\right\},\ \ l = \overline{1,L}, \tag{3.253}$$

$$0 < b_{l1} < 1, \tag{3.254}$$

$$0 < b_{l2} < 1, \tag{3.255}$$

$$b_{l1} + b_{l2} = 1, \tag{3.256}$$

$$0 < a_l < 1, \tag{3.257}$$

$$\sum_{l=1}^{L} a_l = 1, \tag{3.258}$$

де $B(\overline{\overline{K}}_{lj})$ – найгірше значення l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту в межах інтервальної оцінки, яка відповідає встановленим зацікавленою особою діапазонам (інтервалам) можливих (вірогідних) коливань початкових параметрів;

${}^{H}B(\overline{\overline{K}}_{lj})$ – нормалізоване значення показника $B(\overline{\overline{K}}_{lj})$;

b_{l1}, b_{l2} – вагові коефіцієнти для показників відповідно K_{lj}^{bs} та $B(\overline{\overline{K}}_{lj})$.

Кожна з двох запропонованих моделей припускає адаптацію для ситуації поліінтервального варіювання значень початкових параметрів критеріальних

показників. З практичної точки зору видається доцільним, щоб поліінтервальне варіювання параметрів здійснювалося в якійсь єдиній шкалі градацій (послідовних рівнів). При цьому можна рекомендувати шкали з невеликою кількістю градацій, – трьома або п’ятьма – заданих у якісній (вербальній, лінгвістичній) формі.

В разі трирівневої шкали її окремі градації можна у якісній формі означити так: невелике варіювання, середнє варіювання, значне (істотне) варіювання. Якщо ж використовувати п’ятирівневу шкалу, то для неї окремі градації можуть бути поіменовані як досить мале варіювання, невелике варіювання, середнє варіювання, значне варіювання, досить велике варіювання.

Беручи до уваги зроблені зауваження, шукані адаптації розглядуваних моделей можуть бути побудовані в такий спосіб.

При врахуванні ризикового аспекту за допомогою коефіцієнтів чутливості на основі базисного розмаху варіації:

$$SI_j = \sum_{l=1}^{L} a_l [b_{l1}\, {}^{H}K_{lj}^{bs} + b_{l2} [\sum_{i=1}^{n} c_i\, {}^{H}CBR^m(\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})]], \quad j = \overline{1,m}, \tag{3.259}$$

$${}^{H}K_{lj}^{bs} = \begin{cases} \dfrac{K_{lj}^{bs} - K_{\min l}}{K_{\max l} - K_{\min l}}, \text{ якщо } K_l = K_l^+ \\ \dfrac{K_{\max l} - K_{lj}^{bs}}{K_{\max l} - K_{\min l}}, \text{ якщо } K_l = K_l^- \end{cases}, \quad l = \overline{1,L}, \quad j = \overline{1,m}, \tag{3.260}$$

$$K_{\min l} = \min\{\underline{K}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}, i = \overline{1,n}\} = \min\{\underline{K}_{lj}^{(n)} \mid j = \overline{1,m}\}, \quad l = \overline{1,L}, \tag{3.261}$$

$$K_{\max l} = \max\{\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}, i = \overline{1,n}\} = \max\{\overline{\underline{K}}_{lj}^{(n)} \mid j = \overline{1,m}\}, \quad l = \overline{1,L}, \tag{3.262}$$

$${}^{H}CBR^m(\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs}) = 1 - CBR^m(\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs}), \tag{3.263}$$

$$CBR^m(\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs}) = \begin{cases} \dfrac{BR(\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})}{K_{lj}^{bs} - K_{\min li}}, \text{ якщо } K_l = K_l^+ \\ \dfrac{BR(\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})}{K_{\max li} - K_{lj}^{bs}}, \text{ якщо } K_l = K_l^- \end{cases}, \tag{3.264}$$

$$BR(\overline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs}) = \begin{cases} K_{lj}^{bs} - \underline{K}_{lj}^{(i)}, \text{ якщо } K_l = K_l^+ \\ \overline{K}_{lj}^{(i)} - K_{lj}^{bs}, \text{ якщо } K_l = K_l^- \end{cases}, \tag{3.265}$$

$l = \overline{1,L}$, $j = \overline{1,m}$, $i = \overline{1,n}$,

$$K_{\min li} = \min\left\{\underline{K}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}\right\},\ l = \overline{1,L},\ i = \overline{1,n}, \tag{3.266}$$

$$K_{\max li} = \max\left\{\overline{K}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}\right\},\ l = \overline{1,L},\ i = \overline{1,n}, \tag{3.267}$$

$$0 < c_i < 1, \tag{3.268}$$

$$\sum_{i=1}^{n} c_i = 1, \tag{3.269}$$

$$0 < b_{l1} < 1, \tag{3.270}$$

$$0 < b_{l2} < 1, \tag{3.271}$$

$$b_{l1} + b_{l2} = 1, \tag{3.272}$$

$$0 < a_l < 1, \tag{3.273}$$

$$\sum_{l=1}^{L} a_l = 1, \tag{3.274}$$

де $CBR^m(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})$ – коефіцієнт чутливості на основі показника базисного розмаху варіації значень для l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту в межах i-ї градації ступеня варіювання значень параметрів;

${}^{H}CBR^m(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})$ – нормалізоване значення показника $CBR^m(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})$;

$K_{\min l}$, $K_{\max l}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення релевантного діапазону (інтервалу) варіювання значень l-го часткового критерію ефективності;

$\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}$ – інтервальна оцінка в межах i-ї градації l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту, при цьому припускається, що $\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)} \subset \overline{\overline{K}}_{lj}^{(i+1)}$, $i = \overline{1,n-1}$;

$\underline{K}_{lj}^{(i)}$, $\overline{K}_{lj}^{(i)}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервальної оцінки l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту в межах i-ї градації ступеня варіювання значень параметрів;

$BR(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})$ – базисний розмах варіації значень l-го часткового критерію ефективності для j-го інвестиційного проекту в межах i-ї градації ступеня варіювання значень параметрів;

$K_{\min li}$, $K_{\max li}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення релевантного

діапазону (інтервалу) варіювання значень l-го часткового критерію ефективності в межах i-ї градації ступеня варіювання значень параметрів;

c_i – ваговий коефіцієнт для показника $CBR^m(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}, K_{lj}^{bs})$;

b_{l1} – ваговий коефіцієнта для показника K_{lj}^{bs};

b_{l2} – ваговий коефіцієнт агрегату на основі набору коефіцієнтів чутливості в межах прийнятої системи градацій ступеня варіювання значень параметрів для l-го часткового критерію ефективності.

В ситуації моделювання ризикової складової за допомогою гранично несприятливих значень:

$$SI_j = \sum_{l=1}^{L} a_l (b_{l1}\, {}^{H}K_{lj}^{bs} + b_{l2}[\sum_{i=1}^{n} c_i\, {}^{H}B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)})]), \ j = \overline{1,m}, \tag{3.275}$$

$${}^{H}K_{lj}^{bs} = \begin{cases} \dfrac{K_{lj}^{bs} - K_{\min l}}{K_{\max l} - K_{\min l}}, \text{якщо } K_l = K_l^+ \\ \dfrac{K_{\max l} - K_{lj}^{bs}}{K_{\max l} - K_{\min l}}, \text{якщо } K_l = K_l^- \end{cases}, \ l = \overline{1,L}, \ j = \overline{1,m}, \tag{3.276}$$

$${}^{H}B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}) = \begin{cases} \dfrac{B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}) - K_{\min l}}{K_{\max l} - K_{\min l}}, \text{якщо } K_l = K_l^+ \\ \dfrac{K_{\max l} - B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)})}{K_{\max l} - K_{\min l}}, \text{якщо } K_l = K_l^- \end{cases}, \tag{3.277}$$

$$B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}) = \begin{cases} \underline{\underline{K}}_{lj}^{(i)}, \text{якщо } K_l = K_l^+ \\ \overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}, \text{якщо } K_l = K_l^- \end{cases}, \tag{3.278}$$

$l = \overline{1,L}, \ j = \overline{1,m}, \ i = \overline{1,n},$

$$K_{\min l} = \min\{\underline{\underline{K}}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}, i = \overline{1,n}\} = \min\{\underline{\underline{K}}_{lj}^{(n)} \mid j = \overline{1,m}\}, \ l = \overline{1,L}, \tag{3.279}$$

$$K_{\max l} = \max\{\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}, i = \overline{1,n}\} = \max\{\overline{\overline{K}}_{lj}^{(n)} \mid j = \overline{1,m}\}, \ l = \overline{1,L}, \tag{3.280}$$

$$0 < c_i < 1, \tag{3.281}$$

$$\sum_{i=1}^{n} c_i = 1, \tag{3.282}$$

$$0 < b_{l1} < 1, \tag{3.283}$$

$$0 < b_{l2} < 1, \tag{3.284}$$

$$b_{l1} + b_{l2} = 1, \tag{3.285}$$

$$0 < a_l < 1, \tag{3.286}$$

$$\sum_{l=1}^{L} a_l = 1, \tag{3.287}$$

де $B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)})$ – найгірше значення l-го часткового критерію ефективності j-го інвестиційного проекту в межах інтервальної оцінки, яка відповідає i-й градації ступеня варіювання значень параметрів;

${}^{H}B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)})$ – нормалізоване значення показника $B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)})$;

c_i – ваговий коефіцієнт для показника $B(\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)})$;

b_{l1} – ваговий коефіцієнт для показника K_{lj}^{bs};

b_{l2} – ваговий коефіцієнт агрегату на основі набору гранично несприятливих значень в межах прийнятої системи градацій міри варіювання значень параметрів для l-го часткового критерію ефективності.

Поряд з підходом, заданим співвідношеннями (3.279), (3.280), параметри $K_{\min l}$, $K_{\max l}$ можуть бути знайдені дещо інакше, на основі середніх арифметичних зважених відповідно нижніх та верхніх границь інтервальних оцінок $\overline{\overline{K}}_{lj}^{(i)}$, $i = \overline{1,n}$:

$$K_{\min l} = \min\left\{\sum_{i=1}^{n} c_i \underline{K}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}\right\},\ l = \overline{1,L}, \tag{3.288}$$

$$K_{\max l} = \max\left\{\sum_{i=1}^{n} c_i \overline{K}_{lj}^{(i)} \mid j = \overline{1,m}\right\},\ l = \overline{1,L}. \tag{3.289}$$

Висновки до розділу 3

Підбиваючи підсумки проведеного у даному розділі дослідження, можна констатувати таке.

1. Основу сучасної методології імовірнісного моделювання показників економічної ефективності інвестиційних проектів становлять два підходи, або методи: аналізу ймовірнісних розподілів, а також імітаційного моделювання методом Монте-Карло. В плані аналітичного потенціалу метод Монте-Карло виступає як основний, тоді як аналізу ймовірнісних розподілів належить більшою

мірою другорядна роль.

До переваг методу Монте-Карло як інструмента оцінювання показників економічної ефективності і ризику при економічному обґрунтуванні реальних інвестицій слід віднести високий ступінь його універсальності в аспекті можливості врахування різних законів розподілу і взаємних зв'язків для фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту, а також високий ступінь його обчислювально-інструментальної опрацьованості. Обмеженням методу, яке має принциповий характер, є те, що його коректне застосування можливе лише за умови наявності репрезентативної статистики, або ж достовірної обізнаності з боку зацікавленої особи стосовно законів розподілу для випадкових величин вихідних параметрів досліджуваного інвестиційного проекту.

2. Теперішній розвиток методології та інструментарію вимірювання ризику визначають такі тенденції:

- систематизація наявних показників ступеня ризику, у тому числі за допомогою побудови узагальнених математичних конструкцій (моделей);
- аксіоматична характеризація мір ризику;
- виявлення і аналіз властивостей окремих показників ступеня ризику та взаємодії між різними показниками;
- дальше розроблення, вдосконалення і розвиток способів (методів) оцінювання тих чи інших показників ступеня ризику;
- розроблення і розвиток поряд з імовірнісно-статистичною методологією підходів до формалізації ризику, полем використання яких є нестохастична (неймовірнісна) невизначеність.

3. Як базові може бути виокремлено чотири методологічні напрями або підходи до вимірювання ризику, які були сформовані у розрізі імовірнісної парадигми невизначеності і які припускають своє використання стосовно економічної оцінки проектів реального інвестування:

- на основі оцінювання ймовірності незадовільних результатів економічної діяльності, їх невідповідності цільовому (запланованому, бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню;

- на основі оцінювання збитків або втрат в разі актуалізації несприятливого (небажаного) сценарію реалізації економічної діяльності;
- на основі оцінювання варіабельності можливих (прогнозованих) результатів економічної діяльності;
- на основі квантильних мір, в межах чого кількісний аспект ризику моделюється за допомогою квантилів розподілу випадкової величини, яка описує можливі (прогнозовані) результати економічної діяльності.

4. Наведені вище методологічні напрями або підходи до вимірювання ризику втілюють такі конкретні показники ступеня ризику:

- для першого підходу: показник імовірності незадовільних результатів економічної діяльності, їх невідповідності цільовому (запланованому, бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню;
- для другого підходу: сподівана величина небажаних наслідків (збитків, втрат); коефіцієнт сподіваних збитків або втрат;
- для третього підходу при вимірюванні ризику в абсолютному вираженні: розмах варіації, середнє абсолютне відхилення, дисперсія або варіація, середньоквадратичне відхилення, семіваріація (півдисперсія), семіквадратичне відхилення;
- для третього підходу при оцінюванні ступеня ризику у відносному вираженні: коефіцієнт варіації, коефіцієнт семіваріації;
- для четвертого підходу: показник вартості (капіталу) під ризиком. Його адаптацією у площині проблематики реального інвестування виступає показник найгіршого можливого значення досліджуваного критерію, яке з імовірністю α не буде перевищене. Таке граничне у несприятливому напрямі значення одержало назву ефективного.

5. У межах розвитку теоретико-ймовірнісного методичного апарату вимірювання ризику у коментованому розділі серед іншого запропоновано показник цільового розмаху варіації, коефіцієнт цільової семіваріації, сформульовано узагальнені версії модифікованих коефіцієнтів варіації та семіваріації, які, на відміну від їх вихідних версій, припускають будь-який, а не лише позитивний,

інгредієнт (напрям оптимізації) аналізованого економічного показника (критерію ефективності).

6. Для проблематики підтримки прийняття інвестиційних рішень пропонуються до використання моделі з різними схемами врахування пріоритету, в межах яких можуть реалізовуватися різні схеми компромісу. Звідси постає завдання збалансованого розвитку різних методологічних напрямів (підходів) і методичних засобів (інструментів). Поряд з іншим, зберігає свою актуальність подальше опрацювання методичного апарату раціоналізації інвестиційних рішень в умовах невизначеності, який базується на гнучкому врахуванні пріоритету, коли принцип оптимальності реалізується за допомогою того чи іншого варіанта згортки критеріїв, тобто скалярної функції від оцінок локальних критеріїв і вагових коефіцієнтів. При цьому окремий інтерес становить питання комплексного врахування ризикового аспекту.

7. Стосовно останнього в розділі було здійснено спробу розвитку методичного апарату оптимізації інвестиційних рішень в умовах невизначеності та ризику, який базується на використанні згорток локальних критеріїв. В результаті було сформульовано ряд відповідних інструментів. Зокрема, запропоновано модель, в якій три локальні критерії, один – центра групування значень недетермінованої оцінки критерію ефективності і два показника ступеня ризику, поєднуються між собою за допомогою комбінованої, адитивно-мультиплікативної, згортки. Вихідна методологічна настанова даної моделі полягає у намаганні більшою мірою, ніж це має місце для стандартизованих (адитивної, мультиплікативної) згорток, врахувати змістовні і формальні особливості обраних для формування оптимального інвестиційного рішення локальних критеріїв.

8. В орієнтації на проблематику реалізації інтервального підходу в моделюванні економічної ефективності реальних інвестицій було удосконалено метод експертного врахування взаємодії між інтервальними (нечітко-інтервальними) оцінками фінансово-економічних параметрів проектних інвестиційних заходів, розроблений П.М. Дерев’янком, у межах чого співвідношення, які лежать у його основі, було сформульовано в аналітичній, а не в

дискретно-комбінаторній, як це має місце для вихідної версії, формі.

9. З опорою як на еталон на систему теоретико-ймовірнісних мір ризику, а також звертаючись до наявних нині відповідних напрацювань у галузі інтервальних методів і моделей для задач з управління у сфері економіки та бізнесу, сформовано набір інтервальних мір ризику, які доцільно використовувати для підтримки прийняття рішень стосовно проектів реального інвестування. У межах зазначеного поряд з іншим запропоновано інтервальну версію цільового розмаху варіації, коефіцієнта цільового розмаху варіації, а також модифікованого коефіцієнта цільового розмаху варіації.

10. Також, у розглядуваному розділі сформульовано моделі для порівняльної оцінки економічної ефективності альтернативних інвестиційних проектів з використанням інтервальної адаптації аналізу чутливості. Розроблений інструментарій припускає як моно-, так і поліінтервальну версії. У першому випадку діапазони (інтервали) варіювання обраних для дослідження початкових параметрів визначаються точно по одному для кожного параметра, і при цьому в загальному випадку диференційовано для різних параметрів, виходячи з уявлень та методологічних настанов зацікавленої особи, у другому випадку для вихідних параметрів розглядається декілька діапазонів (інтервалів) можливих коливань. Як ризикова складова у побудованих моделях використовується: в одних – значення спеціально розробленого коефіцієнта чутливості, в інших – найгірші значення, які знаходяться на основі інтервальних оцінок часткових критеріїв економічної ефективності.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [38–60].

Список використаних джерел до розділу 3

1. Авдеенко С.Н. Моделирование и анализ финансово-экономических операций с интервальной неопределенностью в данных: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.18 / Том. гос. ун-т. Томск, 2003. 19 с.

2. Авдеенко С.Н., Домбровский В.В. Анализ инвестиционных проектов в

условиях интервальной неопределенности. *Вестник Томского государственного университета*. 2000. № 271. С. 125–126.

3. Авдеенко С.Н., Домбровский В.В. Применение интервальных методов в управлении инвестициями. *Вестник Томского государственного университета*. 2000. № 269. С. 78–81.

4. Алчиан А. Неопределенность, эволюция и экономическая теория. *Истоки: из опыта изучения экономики как структуры и процесса*: Научн. альманах. Вып. 5 / Отв. ред. Я.И. Кузьминов. Москва: ГУ ВШЭ, 2007. С. 33–52.

5. Афанасьев А.М. Методы оценки альтернативных возможностей инвестирования с учетом рисков изменения доходности: автореф. дис. … канд. экон. наук: 08.00.13 / Московский гос. ун-т. Москва, 2011. 25 с.

6. Беренс В., Хавранек П.М. Руководство по оценке эффективности инвестиций / пер. с англ. Перераб. и доп. изд. Москва: АОЗТ “Интерэксперт”, ИНФРА-М, 1995. 527 с.

7. Блех Ю., Гетце У. Инвестиционные расчеты: Модели и методы оценки инвестиционных проектов. Калининград: Янтарный сказ, 1997. 437 с.

8. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов / пер. с англ. Н. Барышниковой. Москва: ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2008. 1008 с.

9. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: полный курс в 2-х т. / пер. с англ. под ред. В.В. Ковалева. Санкт-Петербург: Экон. школа, 1997. Т. 1. XXX, 497 с.

10. Бромвич М. Анализ экономической эффективности капиталовложений / пер. с англ. А.Г. Пивовар. Москва: Инфра-М, 1996. 425 с.

11. Бронз П.В. Разработка методов оценки экономической эффективности инвестиционных проектов электростанций по интервальным данным: дис. … канд. экон. наук: спец. 08.00.05 / Центр. науч.-исслед. ин-т управления, экономики и информации Росатома. Москва, 2007. 148 с.

12. Бронз П.В., Вощинин А.П. Интервальный подход к оценке экономических рисков проектов энергетики и его сравнение со сценарным анализом. *Экономика и управление*: сб. науч. тр. (Москва, научная сессия МИФИ

2006 г.). Москва, 2006. Т. 13. С. 17–18.

13. Бронштейн Е.М., Лукманова А.Р. Сравнение инвестиционных проектов в условиях случайной процентной ставки. *Управление риском*. 2008. № 1. С. 34–40.

14. Вайсблат Б.И., Шилова Е.Н. Методика выбора инвестиционного проекта в условиях риска. *Экономический анализ: теория и практика*. 2009. N 8. С. 17–19.

15. Великоіваненко Г.І. Аналіз квантильних мір оцінювання фінансового ризику. *Економічний аналіз*: зб. наук. пр. / редкол.: С.І. Шкарабан (голов. ред.) та ін.; Тернопіл. нац. екон. ун-т. Тернопіль: Вид.-поліграф. центр Тернопіл. нац. екон. ун-ту “Екон. думка”, 2013. Т. 14, № 2. С. 58–62.

16. Верба В.А., Загородніх О.А. Проектний аналіз: підручник. Київ: КНЕУ, 2000. 322 с.

17. Верченко П.І. Багатокритеріальність і динаміка економічного ризику (моделі та методи): монографія. Київ: КНЕУ, 2006. 272 с.

18. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: учеб. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Дело, 2002. 888 с.

19. Вітлінський В.В. Кількісне оцінювання ступеня економічного ризику *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. Серія: Економічні науки. 2010. № 1 (51). С. 159–162.

20. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2003. 408 с.

21. Вітлінський В.В., Великоіваненко Г.І. Ризикологія в економіці та підприємництві: монографія. Київ: КНЕУ, 2004. 480 с.

22. Вітлінський В.В., Верченко П.І., Сігал А.В., Наконечний Я.С. Економічний ризик: ігрові моделі: навч. посіб. / ред. В.В. Вітлінський. Київ: КНЕУ, 2002. 446 с.

23. Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ: Продвинутый курс: учеб. пособ. Москва: ИНФРА-М, 2009. 495 с.

24. Воронцовский А.В. Управление рисками: учеб. пособ. Санкт-Петербург: ОЦЭиМ, 2004. 458 с.

25. Воронцовский А.В. Управление рисками: учебник и практикум. Москва: Изд-во “Юрайт”, 2016. 414 с.

26. Вощинин А.П. Задачи анализа с неопределенными данными – интервальность и/или случайность? *Труды Международной конференции по вычислительной математике МКВМ-2004. Рабочие совещания*. Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2004. С. 147–158.

27. Грачева М.В., Ляпина С.Ю. Управление рисками в инновационной деятельности: учеб. пособие. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. 351 с.

28. Давыдов Д.В. Интервальные методы и модели принятия решений в экономике: автореф. дис. … д-ра экон. наук: 08.00.13 / Рос. экон. акад. им. Г.В. Плеханова. Владивосток, 2009. 46 с.

29. Дамодаран А. Стратегический риск-менеджмент: принципы и методики / пер. с англ. Москва: ИД “Вильямс”, 2010. 496 с.

30. Деревянко П.М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. инж.-экон. ун-т. Санкт-Петербург, 2006. 224 с.

31. Джигимон А.В. Методы измерения риска в условиях интервальной неопределенности. *Информатика и системы управления*. 2010. № 3. С. 61–71.

32. Изосимов В.Ю. Комплексная оценка влияния неопределенности исходной технико экономической информации при оценке эффективности инвестиционных проектов. *Наука. Инновации. Образование*. 2008. № 4. С. 209–216.

33. Калмыков С.А., Шокин Ю.И., Юлдашев З.Х. Методы интервального анализа / отв. ред. В.А. Новиков. Новосибирск: Наука, 1986. 223 с.

34. Камінський А.Б. Моделювання фінансових ризиків: монографія. Київ: Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2006. 303 с.

35. Качалов Р.М. Управление хозяйственным риском. Москва: Наука, 2002. 192 с.

36. Колесников М.А. Оптимизация рисков и стоимости инвестиционных проектов: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.10 / Финанс. ун-т при Правительстве РФ.

Москва, 2014. 175 с.

37. Колиснык М. Принципы анализа рисков в проектах. *Стратегии*. 2005. № 2. URL: http://www.cfin.ru/finanalysis/invest/project_risk_assessment.shtml (дата обращения: 15.12.2017).

38. Коцюба О.С. Вибір інвестиційного проекту з множини альтернативних варіантів в разі нечітко-інтервальних оцінок початкових параметрів. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Вип. 15. URL: http://global-national.in.ua/archive/15-2017/122.pdf.

39. Коцюба О.С. Аналітична підтримка вибору найкращого інвестиційного проекту в умовах нечітких даних. *Проблеми економіки*. 2017. № 4. С. 416–423.

40. Коцюба О.С. Аналітична підтримка інвестиційних рішень на підприємстві за умов нестохастичної невизначеності даних. *Економічний потенціал країни: наукові підходи та практика реалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 26–27 лют. 2016 р. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2016. С. 103–106.

41. Коцюба О.С. Вибір інвестиційного проекту в разі невизначеності даних на основі модифікованого коефіцієнта варіації. *Модернізація та суспільний розвиток економічної системи*: зб. мат. міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 12–13 серпня 2016 р. Київ: АЦ «Нова Економіка», 2016. С. 60–62.

42. Коцюба О.С. Вибір інвестиційного проекту з множини альтернатив у разі нестохастичної невизначеності вихідних даних. *Стратегія підприємства: зміна парадигми управління та інноваційні рішення для бізнесу*: колективна монографія / за ред. А.П. Наливайка. Київ: КНЕУ, 2015. § 4.3. С. 185–200.

43. Коцюба О.С. Вибір найкращого інвестиційного проекту в ситуації інтервальної невизначеності початкових даних. *Бізнес Інформ*. 2016. № 10. С. 144–149.

44. Коцюба О.С. Вибір найкращого інвестиційного проекту в умовах невизначеності на основі відносних показників варіабельності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 10. С. 20–25.

45. Коцюба О.С. Вибір оптимального інвестиційного проекту в ситуації ймовірнісної невизначеності даних. *Стан та перспективи розвитку фінансів, обліку*

та підприємництва в умовах трансформації економіки: зб. мат. Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 8–9 лип. 2016 р. Київ: ГО “КЕНЦ”, 2016. С. 123–126.

46. Коцюба О.С. Використання аналізу чутливості для підтримки прийняття підприємницьких інвестиційних рішень. *Стратегія підприємства: підприємницький контекст*: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 16–17 лист. 2017 р. / голова ред. колегії О.В. Востряков. Київ: КНЕУ, 2017. С. 216-218.

47. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в межах сучасної ризикології. *Економічна система країни: зовнішні та внутрішні фактори впливу*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 6–7 трав. 2016 р.: у 2-х ч. Дніпропетровськ: НО “Перспектива, 2016. Ч. 2. С. 115–118.

48. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в умовах інтервальної невизначеності даних. *Економіка підприємства: теорія і практика*: зб. мат. VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 13 жовт. 2016 р. / відп. за вип. Г.О. Швиданенко. Київ: КНЕУ, 2016. С. 182–184.

49. Коцюба О.С. Вимірювання ризику в управлінні діяльністю підприємства. *Глобальний економічний простір: детермінанти розвитку*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 15 груд. 2017 р.: у 2-х ч. Миколаїв: МНУ ім. В.О. Сухомлинського, 2017. Ч. 2. С. 69–72.

50. Коцюба О.С. Інструментарій вимірювання ризику в управлінні економічними системами: нинішній стан та напрями розвитку. *Вдосконалення економіки та фінансової системи країни: актуальні проблеми та перспективи*: матеріали доповідей Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2 лют. 2018 р.: у 2-х ч. Запоріжжя: Класич. приват. ун-т, 2018. Ч. 2. С. 99–102.

51. Коцюба О.С. Інтервальне моделювання економічної привабливості реальних інвестицій. *Стратегія економічного розвитку України*. 2017. Вип. 41. С. 64–80.

52. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання господарського ризику підприємства. *Перспективи розвитку національної економіки*: зб. мат. II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 13–14 трав. 2016 р.: у 2-х ч. Запоріжжя: ГО “СІЕУ”, 2016. Ч. 2. С. 61–64 (0,16 д.а.).

53. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання ступеня економічного ризику на основі квантильної методології. *Стратегічні орієнтири розвитку економіки України*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 6–7 жовт. 2017 р. / відп. за випуск С.О. Якубовський. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2017. С. 179–182.

54. Коцюба О.С. Нечітко-множинна адаптація ймовірнісних показників ступеня ризику. *Проблеми економіки*. 2017. № 2. С. 317–323.

55. Коцюба О.С. Обґрунтування форми придбання виробничого устаткування в разі інтервальної оцінки дисконтної ставки. *Стратегія підприємства у постіндустріальній економіці*: монографія / за заг. ред. А.П. Наливайка, О.М. Гребешкової. Київ: КНЕУ, 2017. § 4.5. С. 299–312.

56. Коцюба О.С. Оптимізація інвестиційного рішення в умовах невизначеності та ризику як багатокритеріальна задача. *Бізнес Інформ*. 2017. № 10. С. 178–182.

57. Коцюба О.С. Оцінка економічної привабливості інвестиційних проектів в умовах невизначеності та ризику з використанням аналізу чутливості. *Бізнес Інформ*. 2018. № 2. С. 90–98.

58. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с.

59. Коцюба О.С. Порівняльна економічна оцінка альтернативних форм придбання устаткування в ситуації інтервальної невизначеності дисконтної ставки. *Інноваційна економіка: макро-, мезо-, та мікрорівні*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 10–11 груд. 2015 р. Херсон: ВД “Гельветика”, 2015. С. 147–150.

60. Коцюба О.С. Раціональний вибір інвестиційного проекту в разі інтервальних оцінок початкових параметрів. *Проблеми економіки*. 2016. № 4. С. 254–260.

61. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты: учебник / пер. с нем. Санкт-Петербург: Питер, 2001. 432 с.

62. Ли Ч.Ф., Финнерти Дж.И. Финансы корпораций: теория, методы и практика / пер. с англ. Москва: ИНФРА-М, 2000. XVIII, 686 с.

63. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на

развивающихся рынках: учеб.-практ. пособ. Москва: Дело, 2004. 527 с.

64. Лимитовский М.А., Минасян В.Б. Анализ рисков инвестиционного проекта. *Управление финансовыми рисками*. 2011. № 2. С. 132–150.

65. Липсиц И.В., Коссов В.В. Экономический анализ реальных инвестиций: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Экономистъ, 2004. 347 с.

66. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций: методы, модели, техника вычислений: учеб. пособ. Москва: Финансы, 1998. 400 с.

67. Мармоза А.Т. Теорія статистики: підручник. 2-ге вид. перероб. та доп. Київ: «Центр учбової літератури», 2013. 592 с.

68. Меньшиков И.С., Шелагин Д.А. Рыночные риски: модели и методы. Москва: ВЦ РАН, 2000. 55 с. (Наукове видання).

69. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов. Санкт-Петербург, 2003. 302 с.

70. Недосекин А.О., Кокош А.М. Оценка риска инвестиций для произвольно-размытых факторов инвестиционного проекта. 2003. URL: http://www.ifel.ru/br3/5.pdf (дата обращения: 10.07.2014).

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

72. Плеханова А.Ф. Анализ проблем сопоставимости и многокритериальности решений, принимаемых в экономике: монография. Нижний Новгород: изд-во НГТУ, 1999. 135 с.

73. Подиновский В.В. Среднее полуотклонение как информация для принятия решений в условиях риска. *Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы*. 2006. № 5. С. 26–30.

74. Риск-менеджмент инвестиционного проекта / М.В. Грачева и др.; под общ. ред. М.В. Грачевой, А.Б. Секерина. Москва: ЮНИТИ-Дана, 2009. 544 с.

75. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство

PMBOK®). 5-е изд. Ньютаун Сквэр: Институт управления проектами, 2013. 586 с.

76. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе, под ред. И.А. Ушакова. Москва: Радио и связь, 1991. 224 с.

77. Савчук В.П. Управление финансами предприятия. 3-е изд. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 483 с., с. 399–400.

78. Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта). Москва: Наука, 2002. 182 с.

79. Соболь И.М. Метод Монте-Карло. Москва: Наука, 1968. 64 с. (Популярные лекции по математике; вып. 46).

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

81. Теплова Т.В. Инвестиции: учебник для бакалавров. Москва: Юрайт, 2011. 724 с.

82. Уотшем Т.Дж., Паррамоу К. Количественные методы в финансах: учеб. пособ. / пер. с англ. под ред. проф. М.Р. Ефимовой. Москва: Финансы, ЮНИТИ, 1999. 527 с.

83. Финансовый менеджмент: учеб. пособ. Бишкек: корпорация “Прагма”, 2011. 236 с. (Проект по развитию предпринимательства).

84. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ: монография / Ин-т вычисл. технологий СО РАН. Новосибирск: Изд-во “XYZ”, 2018. 625 с.

85. Шведов А.С. О нечетко-случайных величинах. Москва: ИД ВШЭ, 2013. 28 с. (Препринт / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики»; WP2/2013/02).

86. Энциклопедия финансового риск-менеджмента / под ред. А.А. Лобанова и А.В. Чугунова. 4-е изд., испр. и доп. Москва: Альпина Бизнес Букс, 2009. 932 с.

87. Ястремський О.І. Основи теорії економічного ризику: навч. посіб. Київ: АртЕк, 1997. 248 с.

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

89. Artzner P., Delbaen F., Eber J.-M., Heath D. Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*. 1999. Vol. 9, No. 3. P. 203–228.

90. Bawa V.S. Safety First, Stochastic Dominance, and Optimal Portfolio Choice. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. 1978. Vol. 13. P. 225-271.

91. Bawa V.S., Lindenberg E.B. Capital Market Equilibrium in a Mean, Lower Partial Moment Framework. *Journal of Financial Economics*. 1977. Vol. 5. P. 189-200.

92. *Behrens W., Hawranek P.M. Manual for the preparation of Industrial Feasibility Studies. Newly revised and expanded edition. Vienna: UNIDO, 1991. XII, 386 p.*

93. Hertz D.B. Risk Analysis in Capital Investments. *Harvard Business Review*. 1964. Vol. 42, Iss. 1. P. 95–106.

94. Hochreiter R. Evolutionary stochastic portfolio optimization. *Natural Computing in Computational Finance* / eds.: A. Brabazon, M. O'Neill. Vol. 100. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. P. 67–87.

95. Lohre H., Neumann T., Winterfeldt T. Portfolio Construction with Downside Risk. *Portfolio theory and management* / edited by H.K. Baker, G. Filbeck. New York: Oxford University Press, 2013. P. 268–292.

96. Michalowski W., Ogryczak W. Extending the MAD Portfolio Optimization Model to Incorporate Downside Risk Aversion. Laxenburg: IIASA, 1998. IV, 17 p. (Interim Report / International Institute for Applied Systems Analysis; IR-98-041).

97. Pedersen C.S., Satchell S.E. An Extended Family of Financial-Risk Measures. *The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory*. 1998. Vol. 23, No. 2. P. 89–117.

98. Rachev S.T., Stoyanov S.V., Fabozzi F.J. A Probability Metrics Approach to Financial Risk Measures. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. XVI, 375 p.

99. Rockafellar R.T., Uryasev S., Zabarankin M. Generalized deviations in risk analysis. *Finance and Stochastics*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. Vol. 10, Iss. 1. P. 51–74.

100. Rockafellar R.T., Uryasev S., Zabarankin M. Optimality conditions in portfolio analysis with general deviation measures. Gainesville: University of Florida, 2004. 23 p. (Research Report 2004-7).

101. Rockafellar R.T., Uryasev S., Zabarankin M. Portfolio Analysis with General Deviation Measures. Gainesville: University of Florida, 2003. 36 p. (Research Report 2003-8).

102. Roman D., Mitra G. Portfolio selection models: A review and new directions. *Wilmott Journal*. 2009. Vol. 1, Iss. 2. P. 69–85.

103. Stone B.K. A General Class of Three-Parameter Risk Measures. *The Journal of Finance*. 1973. Vol. 28, No. 3. P. 675-685.

104. Zabarankin M., Uryasev S. Statistical Decision Problems: Selected Concepts and Portfolio Safeguard Case Studies. New York: Springer, 2014. XIV, 249 p.

РОЗДІЛ 4
ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ РИЗИКУ НЕЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ У РАЗІ НЕЧІТКИХ ДАНИХ

4.1. Показники ступеня ризику в межах нечітко-множинного підходу

Важливим завданням стосовно розвитку нечітко-множинного підходу в аналітичній підтримці інвестиційних рішень в умовах невизначеності є розроблення в його межах цілісного методичного апарату для оцінювання ступеня ризику. Відразу зауважимо, що проблематика кількісного моделювання ризику на основі теорії нечітких множин в економіці, фінансах та бізнесі вже досить тривалий час є предметом систематичної уваги з боку науковців. При цьому значно більша увага (якщо не сказати, основна) приділяється побудові і використанню нечітко-множинних адаптацій імовірнісних мір ризику для аналізу та оптимізації фінансових інвестицій. Що ж до врахування ризику в разі нечітких початкових даних для економічної оцінки та управління реальними інвестиціями, то цей напрям припускає свій плідний розвиток.

Нечіткість вихідних даних деякої проблемної ситуації зумовлює нечіткість одержуваних на їх основі критеріальних економічних показників (критеріїв). У багатьох випадках практичних фінансово-економічних обчислень нечіткі оцінки початкових параметрів і критеріїв припускають інтервальний за так званими рівнями належності (α-рівнями) спосіб опису і можуть бути проінтерпретовані як нечітко-інтервальні числа (скорочено – нечіткі числа).

Беручи до уваги останнє зауваження, структуру нечіткої оцінки критеріального економічного показника, яка в нашому дослідженні приймається як базова і яка інтерпретується як нечітко-інтервальне (скорочено – нечітке) число, визначають співвідношення (детально класичні визначення теоретичних конструкцій нечіткої величини, нечіткого інтервалу і нечіткого числа, які лежать в основі нечіткої арифметики, див., наприклад, [10, с. 42–44]).

Для неперервної (неперервно-інтервальної за рівнями належності) постановки:

1) $\max\left\{\alpha \mid [\underline{K}^{\alpha}, \overline{K}^{\alpha}] \subset \tilde{K}, \alpha \in [0,1]\right\} = 1$ (умова нормальності);

2) $\tilde{K} = \bigcup\limits_{\alpha \in [0,\,1]} [\underline{K}^{\alpha}, \overline{K}^{\alpha}]$;

3) $\underline{K}^{\alpha} < \overline{K}^{\alpha}$, $\alpha \in [0,1)$;

4) $\underline{K}^{1,0} \le \overline{K}^{1,0}$;

5) $\forall\left\{\alpha^{*}, \alpha^{**}\right\} \in [0,1]$: $\alpha^{*} < \alpha^{**} \Rightarrow \underline{K}^{\alpha^{*}} \le \underline{K}^{\alpha^{**}}$ & $\overline{K}^{\alpha^{**}} \le \overline{K}^{\alpha^{*}}$,

де K – критеріальний економічний показник (критерій);

$\tilde{K}$ – нечітке число (оцінка) критерію K;

$\underline{K}^{\alpha}$, $\overline{K}^{\alpha}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу нечіткої оцінки критерію K, який відповідає рівню належності α (такі інтервали прийнято також називати інтервалами достовірності).

Для дискретного (дискретно-інтервального за рівнями належності) представлення нечіткої оцінки критерію (тут і далі покладемо, що дискретизація здійснюється через рівні проміжки):

1) $\max\left\{\alpha_i \mid \alpha_i = \Delta\alpha \times i, \Delta\alpha > 0, i = \overline{0,n}\right\} = 1$ (звідси $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{0,n}$);

2) $\tilde{K} = \bigcup\limits_{i=0}^{n} [\underline{K}^{\alpha_i}, \overline{K}^{\alpha_i}]$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{0,n}$;

3) $\underline{K}^{\alpha_i} < \overline{K}^{\alpha_i}$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{0,n-1}$;

4) $\underline{K}^{1,0} \le \overline{K}^{1,0}$;

5) $\underline{K}^{\alpha_i} \le \underline{K}^{\alpha_{i+1}}$, $\overline{K}^{\alpha_{i+1}} \le \overline{K}^{\alpha_i}$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{0,n-1}$.

де i – індекс інтервалу достовірності в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки критерію K;

n – кількість кроків дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки критерію K;

α_i – значення функції належності для i-го інтервалу достовірності;

$\Delta\alpha$ – крок дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки критерію K;

$\underline{K}^{\alpha_i}$, $\overline{K}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу нечіткої оцінки

критерію K, який відповідає рівню належності α_i.

Принагідно зауважимо, що на рівні базових понять (категорій) теорії нечітких множин інтервали $\overline{\overline{K}}^{\alpha} = [\underline{K}^{\alpha}, \overline{K}^{\alpha}]$, $\alpha > 0$ ($\overline{\overline{K}}^{\alpha_i} = [\underline{K}^{\alpha_i}, \overline{K}^{\alpha_i}]$, $\alpha_i > 0$) являють собою множини рівня належності α (α_i) або α-зрізи (α_i-зрізи), в той час як інтервал $\overline{\overline{K}}^{0} = [\underline{K}^{0}, \overline{K}^{0}]$ – це замикання множини строгого рівня належності 0 (строгого 0-зріза) або носія нечіткого (нечітко-інтервального) числа критерію K, тобто $\overline{\overline{K}}^{0} = [\underline{K}^{0}, \overline{K}^{0}] = \overline{\operatorname{supp} \tilde{K}}$ (верхня горизонтальна рисочка у виразі після знака рівності означає замикання відповідної множини).

Проблематика вимірювання ризику за нечіткими оцінками критеріальних економічних показників під час аналізу реальних інвестицій досліджувалася такими вченими, як В.П. Бочарников, О.О. Недосєкін, П.В. Севастьянов, Д.П. Севастьянов, Л.Г. Димова, О.Є. Алтунін, М.В. Семухін, П.М. Дерев'янко, В.Г. Чернов, О.С. Птускін, Ф. Любан, М.О. Гавриленко, Т.А. Тищук, О.С. Мордовцев, С.М. Мордовцев, І.А. Федоренко, В.О. Мясников, О.А. Андренко та ін. [2; 3; 6; 7; 8; 9; 31; 38; 40; 41; 42; 43; 48]. З одного боку, в працях названих авторів представлено значущі результати за цим питанням. З іншого боку, в них розглядаються лише окремі показники ступеня ризику, тобто відсутній систематизований погляд на проблему.

За нашим припущенням, найбільш продуктивним шляхом формування цілісного набору нечітко-множинних мір ризику для потреб економічного обґрунтування інвестиційних проектів є використання як еталону, або стандарту, інструментарію кількісного оцінювання ступеня ризику, розробленого на основі теорії імовірностей. Нагадаємо, що згідно з результатами докладного розгляду останнього у попередньому розділі, у ньому можна виокремити чотири методологічні напрями або підходи. Отже, послідовно переходячи від одного методологічного підходу до іншого, здійснимо спробу побудови системи нечітко-множинних адаптацій імовірнісних показників ступеня ризику (по необхідності доповнюючи і розвиваючи вже існуючі адаптації), які доцільно використовувати в ході економічної оцінки реальних інвестицій.

Нехай K – економічний показник, який виконує функцію критерію прийняття рішення і який є предметом аналізу стосовно рівня ризику. Покладемо далі, що даний показник описується нечітким числом ($\tilde{K}$). Припустимо також, що зацікавленою особою (суб'єктом прийняття рішення, експертом) задано нормативний рівень (норматив) (G, $G = G(K)$) показника K, яким може бути якесь його цільове (заплановане, бажане) або гранично припустиме (порогове, критичне) значення.

Нечітко-множинна адаптація міри ризику як імовірності незадовільного (негативного, небажаного) результату, його невідповідності цільовому або гранично припустимому рівню у змістовному плані ґрунтується на можливісному підході до інтерпретації та аналізу невизначених (недетермінованих) даних. Концептуальна схема зазначеної міри ризику може бути записана так (на основі [31]):

$$Risk(\tilde{K}, G) = \begin{cases} Poss(K < G), K = K^{+} \\ Poss(K > G), K = K^{-} \end{cases}, \qquad (4.1)$$

де $Risk(\tilde{K}, G)$ – ступінь ризику невідповідності значення критерію K, змодельованого нечітким числом $\tilde{K}$, нормативу G;

$Poss(...)$ – ступінь (міра) можливості настання відповідної події;

$K = K^{+}$, $K = K^{-}$ – рівності, які фіксують відповідно додатний (позитивний) і від'ємний (негативний) інгредієнт для критерію K.

На відміну від класичної теорії імовірностей, де характеристика ймовірності для випадкової величини задається єдиним способом, в межах нечітко-множинної методології показник міри можливості для нечіткої величини (числа), може знаходитися по різному. Якщо звернутися до концепції міри можливості, яка одержала потужний імпульс розвитку в роботах О.О. Недосєкіна, то це можуть бути методи на основі інтервального за рівнями належності (α-рівнями) підходу [8; 18; 32; 36], або метод на основі теоретико-ймовірнісної аналогії [2; 30; 41; 48]. Враховуючи багатоваріантність мір можливості в теорії нечітких множин, у деталях представлений напрям в оцінюванні ступеня ризику буде досліджений у наступних двох пунктах.

Нехай можливі небажані наслідки (збитки, недоотриманий прибуток)

аналізованої економічної діяльності описуються нечітким числом ($\tilde{D}$). Тоді як міра ризику (W) може бути обране, по-перше, максимальне значення невдачі, а по-друге, її репрезентативне значення або число.

Репрезентативне число нечіткої величини (числа) являє собою детерміноване (точкове) значення, одержане шляхом процедури, яка називається дефаззифікацією. Зазначений формалізм припускає інтерпретацію як параметр, який відіграє роль, аналогічну ролі показника центра групування значень випадкової величини у теорії імовірностей. Репрезентативне число може знаходитися в різний спосіб (за допомогою різних методів дефаззифікації): як центр ваги, як центр площі, як мода, як квазімодальне значення, а також на основі інших підходів [4; 29, с. 197-201].

Поряд з іншими підходами, для економічних задач, особливо у сфері інвестиційного аналізу, видається доцільним звернення до методу, сформульованого з точки зору можливісної інтерпретації структури (параметрів) нечіткого числа в роботі К. Карлссона і Р. Фуллéра [44]. Зауважимо, що цей же метод, судячи з усього, незалежно від К. Карлссона і Р. Фуллéра, трохи пізніше був запропонований групою білоруських вчених [5]. На формальному рівні у даному методі реалізується принцип або підхід до моделювання числових характеристик нечіткого числа на основі визначення проміжних параметрів за окремими рівнями належності, тобто α-рівнями, з дальшим знаходженням їх середнього рівня (називатимемо його далі α-рівневим принципом числової характеризації). Отже, згідно з розглядуваним методом, репрезентативне число нечіткого числа ($Re(\tilde{K})$) слід розраховувати за допомогою співвідношення.

Для неперервної постановки:

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 w(\alpha) \times \frac{\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}}{2} d\alpha, \tag{4.2}$$

$$w(\alpha) = \frac{\alpha}{\int_0^1 \alpha d\alpha} = 2\alpha, \tag{4.3}$$

$$\alpha \in [0, 1], \tag{4.4}$$

звідки

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 \alpha \times (\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}) d\alpha . \quad (4.5)$$

Для дискретної постановки:

$$Re(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^{n} w(\alpha_i) \times \frac{\underline{K}^{\alpha_i} + \overline{K}^{\alpha_i}}{2}, \quad (4.6)$$

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i}, \quad (4.7)$$

$$\alpha_i = i/n, \; i = \overline{1, n} . \quad (4.8)$$

Стосовно формули (4.6)–(4.8) необхідно зазначити, що вона відповідає чисельному інтегруванню функції у виразі (4.2) методом правих прямокутників. У цьому зв'язку обумовимо, що у дальшому викладенні в дискретних постановках числових характеристик нечітких оцінок критеріальних економічних показників по умовчанню буде використовуватися саме цей метод. Також домовимося називати представлений підхід до визначення репрезентативного числа методом середнього α-зваженого.

Трохи згодом Р. Фуллéр і П. Майлендер розвинули аналізований підхід, запропонувавши узагальнену версію зважування середніх арифметичних границь інтервалів за рівнями належності у співвідношенні (4.2) на основі вагової функції [46]. З позицій зазначеної концепції розрахунок репрезентативного числа може бути виражений формулою:

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 f(\alpha) \times \frac{\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}}{2} d\alpha , \quad (4.9)$$

де функція зважування $f(\alpha)$ є невід'ємною, строго зростаючою на множині визначення і такою, що підпорядковується умові нормалізації:

$$\int_0^1 f(\alpha) d\alpha = 1 . \quad (4.10)$$

У разі дискретної постановки розглядувана модель репрезентативного числа задається формулою:

$$Re(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^{n} f(\alpha_i) \times \frac{\underline{K}^{\alpha_i} + \overline{K}^{\alpha_i}}{2}, \quad (4.11)$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{1,n}, \tag{4.12}$$

$$\sum_{i=1}^{n} f(\alpha_i) = 1, \tag{4.13}$$

$$f(\alpha_i) < f(\alpha_{i+1}), \tag{4.14}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0,n-1}. \tag{4.15}$$

Слідуючи термінології стосовно досліджуваного інструментарію, якої дотримуються Р. Фуллéр і П. Майлендер, а також враховуючи попередню домовленість, означимо підхід до дефаззифікації нечіткого числа на основі виразів (4.9)–(4.15) як метод середнього f -зваженого.

Поряд з викладеним, зазначеними авторами була запропонована модель репрезентативного числа з константною або постійною ваговою функцією ($f(\alpha) = const$). З урахуванням вимог невід'ємності і нормалізованості (нормальності) остання може бути записана так.

Для неперервної постановки:

$$f(\alpha) = 1, \tag{4.16}$$

$$\alpha \in [0,1]. \tag{4.17}$$

Для дискретної постановки:

$$f(\alpha_i) = \Delta\alpha = \frac{1}{n}, \tag{4.18}$$

$$i = \overline{1,n}.$$

За умови, що $f(\alpha) = 1$, $\alpha \in [0,1]$ ($f(\alpha_i) = \Delta\alpha = \frac{1}{n}$, $i = \overline{1,n}$), формула для розрахунку репрезентативного числа нечіткої оцінки в межах аналізованого підходу набуває вигляду.

Для неперервної постановки:

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 \frac{\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}}{2} d\alpha. \tag{4.19}$$

Для дискретної постановки:

$$Re(\tilde{K}) = \Delta\alpha \times \sum_{i=1}^{n} \frac{\underline{K}^{\alpha_i} + \overline{K}^{\alpha_i}}{2}, \tag{4.20}$$

$$\Delta\alpha = \frac{1}{n}, \tag{4.21}$$

$$\alpha_i = i \times \Delta\alpha,\ i = \overline{1, n}. \tag{4.22}$$

Підхід до дефаззифікації нечіткого числа на основі виразів (4.19)–(4.22) зручно і логічно назвати методом середнього простого або 0-зваженого.

Принагідно зауважимо, що репрезентативні числа, знайдені за допомогою методів середнього α-, f - та 0-зваженого, одержали у їх авторів назву можливісних середніх або сподіваних значень.

З метою формування більш цілісного уявлення за розглядуваним питанням варто записати розрахункові вирази репрезентативного числа згідно з різними методами для якоїсь "стандартної" форми нечіткості критеріального економічного показника, наприклад, трикутної. Після здійснення відповідних викладок можна одержати такі формули.

Для методу середнього α-зваженого:

$$Re(\tilde{K}) = \frac{K_{\min} + 4K_{\mathrm{mod}} + K_{\max}}{6}, \tag{4.23}$$

де $K_{\min}$, $K_{\max}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення для замикання носія трикутної оцінки критерію K;

K_{mod} – найочікуване (модальне) значення в межах трикутної оцінки критерію K (для нього значення функції належності дорівнює 1).

Для методу середнього простого:

$$Re(\tilde{K}) = \frac{K_{\min} + 2K_{\mathrm{mod}} + K_{\max}}{4}. \tag{4.24}$$

Для методу центра ваги:

$$Re(\tilde{K}) = \frac{K_{\min} + K_{\mathrm{mod}} + K_{\max}}{3}. \tag{4.25}$$

Неважко помітити, що перший вираз збігається з формулою для визначення сподіваного часу виконання роботи (операції, завдання) за трьома точковими оцінками (песимістичною, найбільш імовірною, оптимістичною) на основі використання бета-розподілу в аналітичній методології у сфері управління проектами, відомій як *PERT* [39, с. 170-171]. Третя формула відповідає результату

знаходження сподіваного значення випадкової величини, підпорядкованої трикутному розподілу. Що ж до другого виразу, то він збігається з формулою сподіваного значення для нечітко-трикутної оцінки (змінної) з позиції теорії міри достовірності [47].

Отже, якщо у запропонованій вище ситуації репрезентативне значення розраховувати за допомогою методу середнього α-зваженого, то досліджуваний показник ступеня ризику може бути представлений формулою.

Для неперервної постановки:

$$W = Re(\tilde{D}) = \int_0^1 \alpha \times (\underline{D}^{\alpha} + \overline{D}^{\alpha}) d\alpha, \tag{4.26}$$

де $\underline{D}^{\alpha}$, $\overline{D}^{\alpha}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α–рівня нечіткої оцінки $\tilde{D}$.

Для дискретної постановки:

$$W = Re(\tilde{D}) = \sum_{i=1}^{n} w(\alpha_i) \times \frac{\underline{D}^{\alpha_i} + \overline{D}^{\alpha_i}}{2}, \tag{4.27}$$

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i}, \tag{4.28}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{1, n}, \tag{4.29}$$

де $\underline{D}^{\alpha_i}$, $\overline{D}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i–рівня нечіткої оцінки $\tilde{D}$.

Розглянемо тепер нечітко-множинні адаптації для коефіцієнтів сподіваних втрат (збитків) (K_Z) і зважених сподіваних втрат (K_Z^w).

Виходячи зі статусу репрезентативного значення нечіткої величини (числа) як аналітичного еквівалента показника центра групування випадкової величини, нечітко-множинна адаптація коефіцієнта сподіваних втрат може бути сформульована в такий спосіб [22]:

$$K_Z(\tilde{K}) = \begin{cases} \dfrac{Z - Re(\tilde{K}_Z^-)}{(Z - Re(\tilde{K}_Z^-)) + (Re(\tilde{K}_Z^{+0}) - Z)}, K = K^+ \\ \dfrac{Re(\tilde{K}_Z^+) - Z}{(Z - Re(\tilde{K}_Z^{-0})) + (Re(\tilde{K}_Z^+) - Z)}, K = K^- \end{cases} =$$

$$= \begin{cases} \dfrac{Z - Re(\tilde{K}_Z^-)}{Re(\tilde{K}_Z^{+0}) - Re(\tilde{K}_Z^-)}, K = K^+ \\ \dfrac{Re(\tilde{K}_Z^+) - Z}{Re(\tilde{K}_Z^+) - Re(\tilde{K}_Z^{-0})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.30)$$

$$Z \in \{Re(\tilde{K}), G(K)\},$$

де Z – база зіставлення (порівняння) значень в межах нечіткої оцінки критерію K;

$\tilde{K}_Z^-$, $\tilde{K}_Z^+$ – частина нечіткої оцінки критеріального показника K, яка містить значення відповідно менше та більше бази зіставлення Z;

$\tilde{K}_Z^{-0}$, $\tilde{K}_Z^{+0}$ – частина нечіткої оцінки критеріального показника K, яка містить значення відповідно не більше та не менше бази зіставлення Z;

$Re(...)$ – репрезентативне значення (число) для відповідної нечіткої оцінки, розраховане за допомогою одного з доцільних в межах аналізованої проблемної ситуації методів.

Співвідношення (4.30) зумовлює таку нечітко-множинну версію коефіцієнта зважених сподіваних втрат [22]:

$$K_Z^w(\tilde{K}) = \begin{cases} \dfrac{Poss(K < Z)(Z - Re(\tilde{K}_Z^-))}{Poss(K < Z)(Z - Re(\tilde{K}_Z^-)) + Poss(K \geq Z)(Re(\tilde{K}_Z^{+0}) - Z)}, K = K^+ \\ \dfrac{Poss(K > Z)(Re(\tilde{K}_Z^+) - Z)}{Poss(K \leq Z)(Z - Re(\tilde{K}_Z^{-0})) + Poss(K > Z)(Re(\tilde{K}_Z^+) - Z)}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.31)$$

$$Z \in \{Re(\tilde{K}), G(K)\}.$$

Можливий дещо інший варіант нечітко-множинної адаптації коефіцієнта зважених сподіваних втрат (K_Z^μ), який був запропонований нами в роботі [27] (див. також [20]). В межах даної моделі репрезентативна величина відхилень зважується на основі середнього рівня належності для відповідної частини нечіткої оцінки критеріального показника, при цьому усереднення здійснюється виходячи з обраного способу знаходження репрезентативних значень:

$$K_Z^\mu(\tilde{K}) = \begin{cases} \dfrac{\mu_Z^-(Z - Re(\tilde{K}_Z^-))}{\mu_Z^-(Z - Re(\tilde{K}_Z^-)) + \mu_Z^{+0}(Re(\tilde{K}_Z^{+0}) - Z)}, K = K^+ \\ \dfrac{\mu_Z^+(Re(\tilde{K}_Z^+) - Z)}{\mu_Z^{-0}(Z - Re(\tilde{K}_Z^{-0})) + \mu_Z^+(Re(\tilde{K}_Z^+) - Z)}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.32)$$

$$\{\mu_Z^-, \mu_Z^+, \mu_Z^{-0}, \mu_Z^{+0}\} \subset (0, 1],$$

$$Z \in \{Re(\tilde{K}), G(K)\}.$$

де μ_Z^-, μ_Z^+ – середній рівень належності для частини нечіткої оцінки критеріального показника K, яка містить значення відповідно менше та більше бази зіставлення Z;

μ_Z^{-0}, μ_Z^{+0} – середній рівень належності для частини нечіткої оцінки критеріального показника K, яка містить значення відповідно не більше та не менше бази зіставлення Z.

Розглянемо другий з наведених вище варіантів нечітко-множинної адаптації коефіцієнта зважених сподіваних втрат докладніше. Серед іншого інтерес становить знаходження його аналітичного виразу для “стандартних” форм нечіткості критеріального економічного показника, зокрема, трикутної.

Отже, нехай критерій аналізованої економічної діяльності підприємства (реальні інвестиції, поточне виробництво) характеризується трикутною нечіткістю. Знайдемо аналітичні співвідношення коефіцієнта зважених сподіваних втрат у разі визначення репрезентативних чисел за допомогою різних методів: центра ваги, середнього α-зваженого, середнього простого.

Після виконання відповідних викладок можна одержати такі вирази для параметрів показника $K_Z^{\mu}(\tilde{K})$ [14]:

Для розрахунку репрезентативних чисел методом середнього α-зваженого:

$$Re(\tilde{K}_Z^-) = \begin{cases} \frac{1}{6} \times (K_{\min} + 5Z), K_{\min} < Z \le K_{\mathrm{mod}} \\ \frac{1}{6} \times (K_{\min} + 4K_{\mathrm{mod}} + K_{\max}) - \frac{1}{6} \times \frac{(K_{\max} - Z)^3}{(K_{\max} - K_{\mathrm{mod}})^2}, K_{\mathrm{mod}} < Z < K_{\max} \end{cases}, \quad (4.33)$$

$$Re(\tilde{K}_Z^+) = \begin{cases} \frac{1}{6} \times (K_{\min} + 4K_{\mathrm{mod}} + K_{\max}) + \frac{1}{6} \times \frac{(Z - K_{\min})^3}{(K_{\mathrm{mod}} - K_{\min})^2}, K_{\min} < Z < K_{\mathrm{mod}} \\ \frac{1}{6} \times (5Z + K_{\max}), K_{\mathrm{mod}} \le Z < K_{\max} \end{cases}, \quad (4.34)$$

$$\mu^- = \begin{cases} \frac{1}{2} \times \frac{Z - K_{\min}}{K_{\mathrm{mod}} - K_{\min}}, K_{\min} < Z < K_{\mathrm{mod}} \\ \frac{1}{2}, K_{\mathrm{mod}} \le Z < K_{\max} \end{cases}, \quad (4.35)$$

$$\mu^{+}=\begin{cases}\dfrac{1}{2}, K_{\min}<Z\le K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{1}{2}\times\dfrac{K_{\max}-Z}{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}, K_{\mathrm{mod}}<Z<K_{\max}\end{cases}. \tag{4.36}$$

Для розрахунку репрезентативних чисел методом середнього простого:

$$Re(\tilde{\tilde{K}}_Z^{-})=\begin{cases}\dfrac{1}{4}\times(K_{\min}+3Z), K_{\min}<Z\le K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{1}{4}\times(K_{\min}+2K_{\mathrm{mod}}+K_{\max})-\dfrac{1}{4}\times\dfrac{(K_{\max}-Z)^2}{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}, K_{\mathrm{mod}}<Z<K_{\max}\end{cases}, \tag{4.37}$$

$$Re(\tilde{\tilde{K}}_Z^{+})=\begin{cases}\dfrac{1}{4}\times(K_{\min}+2K_{\mathrm{mod}}+K_{\max})+\dfrac{1}{4}\times\dfrac{(Z-K_{\min})^2}{K_{\mathrm{mod}}-K_{\min}}, K_{\min}<Z<K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{1}{4}\times(3Z+K_{\max}), K_{\mathrm{mod}}\le Z<K_{\max}\end{cases}, \tag{4.38}$$

$$\mu^{-}=\begin{cases}\dfrac{Z-K_{\min}}{K_{\mathrm{mod}}-K_{\min}}, K_{\min}<Z<K_{\mathrm{mod}}\\ 1, K_{\mathrm{mod}}\le Z<K_{\max}\end{cases}, \tag{4.39}$$

$$\mu^{+}=\begin{cases}1, K_{\min}<Z\le K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{K_{\max}-Z}{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}, K_{\mathrm{mod}}<Z<K_{\max}\end{cases}. \tag{4.40}$$

Для розрахунку репрезентативних чисел методом центра ваги:

$$Re(\tilde{\tilde{K}}_Z^{-})=\begin{cases}\dfrac{1}{3}\times(K_{\min}+2Z), K_{\min}<Z\le K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{1}{3}\times\dfrac{K_{\max}(Z^2-K_{\mathrm{mod}}^2)+2Z^2(K_{\max}-Z)-K_{\min}(K_{\max}-K_{\mathrm{mod}})(K_{\min}+K_{\mathrm{mod}})}{(K_{\max}-K_{\mathrm{mod}})(Z-K_{\min})+(Z-K_{\mathrm{mod}})(K_{\max}-Z)}, K_{\mathrm{mod}}<Z<K_{\max}\end{cases}, \tag{4.41}$$

$$Re(\tilde{\tilde{K}}_Z^{+})=\begin{cases}\dfrac{1}{3}\times\dfrac{K_{\min}(Z^2-K_{\mathrm{mod}}^2)-2Z^2(Z-K_{\min})+K_{\max}(K_{\mathrm{mod}}-K_{\min})(K_{\mathrm{mod}}+K_{\max})}{(K_{\mathrm{mod}}-K_{\min})(K_{\max}-Z)+(K_{\mathrm{mod}}-Z)(Z-K_{\min})}, K_{\min}<Z<K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{1}{3}\times(2Z+K_{\max}), K_{\mathrm{mod}}\le Z<K_{\max}\end{cases}, \tag{4.42}$$

$$\mu^{-}=\begin{cases}\dfrac{1}{2}\times\dfrac{Z-K_{\min}}{K_{\mathrm{mod}}-K_{\min}}, K_{\min}<Z\le K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{1}{2}\times\left[1+\dfrac{(Z-K_{\mathrm{mod}})(K_{\max}-Z)}{(K_{\max}-K_{\mathrm{mod}})(Z-K_{\min})}\right], K_{\mathrm{mod}}<Z<K_{\max}\end{cases}, \tag{4.43}$$

$$\mu^{+}=\begin{cases}\dfrac{1}{2}\times\left[1+\dfrac{(K_{\mathrm{mod}}-Z)(Z-K_{\min})}{(K_{\mathrm{mod}}-K_{\min})(K_{\max}-Z)}\right], K_{\min}<Z<K_{\mathrm{mod}}\\ \dfrac{1}{2}\times\dfrac{K_{\max}-Z}{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}, K_{\mathrm{mod}}\le Z<K_{\max}\end{cases}. \tag{4.44}$$

Перейдемо тепер до опрацювання нечітко-множинних версій показників ступеня ризику як варіабельності результатів. Почнемо з показників цієї групи, які вимірюють ризик в абсолютному вираженні.

Моделювання показника розмаху варіації у площині теорії нечітких множин в силу його структурної простоти не передбачає якихось принципових нюансів. Для нечіткого числа як розмах варіації ($R(\tilde{K})$) виступає величина (ширина) замикання його носія (інтервалу 0-рівня), тобто даний показник слід розраховувати за формулою:

$$R(\tilde{K}) = K_{\max} - K_{\min}, \tag{4.45}$$

де $K_{\max}$, $K_{\min}$ – відповідно верхня і нижня границя замикання носія нечіткої оцінки критерію K.

Аналогічно розмаху варіації можуть бути сформульовані нечітко-множинні адаптації показників центрального ($R_{Re}(\tilde{K})$), а також цільового ($R_G(\tilde{K})$) розмаху варіації:

$$R_{Re}(\tilde{K}) = \begin{cases} R_{Re}^{(-)}(\tilde{K}), K = K^+ \\ R_{Re}^{(+)}(\tilde{K}), K = K^- \end{cases} = \begin{cases} Re(\tilde{K}) - K_{\min}, K = K^+ \\ K_{\max} - Re(\tilde{K}), K = K^- \end{cases}; \tag{4.46}$$

$$R_G(\tilde{K}) = \begin{cases} R_G^{(-)}(\tilde{K}), K = K^+ \\ R_G^{(+)}(\tilde{K}), K = K^- \end{cases}, \tag{4.47}$$

при цьому

$$R_G^{(-)}(\tilde{K}) = \begin{cases} 0, G \le K_{\min} \\ G - K_{\min}, K_{\min} < G < K_{\max} \\ 2G - (K_{\min} + K_{\max}), G \ge K_{\max} \end{cases}, \tag{4.48}$$

$$R_G^{(+)}(\tilde{K}) = \begin{cases} 0, G \ge K_{\max} \\ K_{\max} - G, K_{\min} < G < K_{\max} \\ (K_{\min} + K_{\max}) - 2G, G \le K_{\min} \end{cases}. \tag{4.49}$$

Перш ніж перейти до розгляду нечітко-множинних версій інших абсолютних показників варіабельності, зробимо зауваження методологічного характеру.

На відміну від класичної теорії імовірностей, де формалізм ймовірності підпорядковується чітко заданій схемі оперування ним, для функції належності (характеристичної функції) нечіткої множини (величини, числа), яка є базовою

конструкцією теорії нечітких множин, якась єдина концепція змістовної інтерпретації і якісь єдині правила побудови на її основі характеристик досліджуваних явищ за теперішнього часу відсутні. Натомість, згідно з нинішнім рівнем розвитку даної теорії, можливі різні варіанти як трактування, так і оперування характеристичною функцією нечіткої множини, залежно від вихідних гіпотез і контексту проблеми, яка розглядається.

Як одна з основних виступає інтерпретація функції належності як функції розподілу можливостей (ступенів можливості). Внаслідок своєї плідності цей підхід реалізований як окрема теорія. Причому сьогодні теорія можливостей присутня у декількох дещо відмінних версіях. Окрім цього, не так давно була запропонована теорія міри достовірності [47], яка одержала помітний розвиток і яка також спирається на формалізми теорії нечітких множин.

Цілком закономірно, що в межах різних теоретичних напрямів і концептуальних підходів, які ґрунтуються на теорії нечітких множин, або є її складовими, має місце детальне та повномасштабне розроблення числових характеристик нечітких величин (чисел, змінних), і в одну з перших черг, абсолютних показників варіабельності, передусім, внаслідок великого значення останніх як мір ризику в задачах оптимізації портфеля фінансових інвестицій. Зрозуміло, що використання різних підходів здатне зумовлювати різні нечітко-множинні варіанти тих чи інших показників варіабельності.

Для потреб дальшого дослідження найбільш продуктивним видається зосередитися на якомусь одному з можливих підходів до побудови абсолютних мір ризику в межах концепції варіабельності за нечіткими оцінками критеріальних економічних показників. Не виключаючи при цьому можливості й доцільності звернення до інших підходів. Конкретно, пропонується як базовий використати спосіб числової характеризації нечітких оцінок за рівнями належності, тобто α-рівнями, який, з одного боку, припускає прозору інтерпретацію, а з іншого боку, є зручним в обчислювальному аспекті. Виходячи зі зробленого припущення, розглянемо послідовно показники середнього абсолютного відхилення, семівідхилення, дисперсії (середньоквадратичного відхилення) та

семіквадратичного відхилення.

Якщо реалізовувати, згідно з прийнятою вище домовленістю, α-рівневий принцип числової характеризації нечітких оцінок, то нечітко-множинна версія показника середнього абсолютного відхилення може бути записана так [22; 25].

Для неперервної постановки:

$$MAD(\tilde{K}) = \frac{MAD^{(-)}(\tilde{K}) + MAD^{(+)}(\tilde{K})}{2}, \tag{4.50}$$

$$MAD^{(-)}(\tilde{K}) = \int_0^1 w(\alpha) \times | Re(\tilde{K}) - \underline{K}^{\alpha} | d\alpha, \tag{4.51}$$

$$MAD^{(+)}(\tilde{K}) = \int_0^1 w(\alpha) \times | \overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}) | d\alpha, \tag{4.52}$$

$$w(\alpha) = \frac{\alpha}{\int_0^1 \alpha d\alpha} = 2\alpha, \tag{4.53}$$

$$\alpha \in [0, 1], \tag{4.54}$$

звідки

$$MAD(\tilde{K}) = \int_0^1 \alpha \times | Re(\tilde{K}) - \underline{K}^{\alpha} | d\alpha + \int_0^1 \alpha \times | \overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}) | d\alpha, \tag{4.55}$$

де $MAD(\tilde{K})$ – середнє (середньозважене) абсолютне відхилення для нечіткої оцінки критерію K;

$MAD^{(-)}(\tilde{K})$, $MAD^{(+)}(\tilde{K})$ – відповідно від'ємне (негативне, лівостороннє, нижнє) і додатне (позитивне, правостороннє, верхнє) середнє абсолютне відхилення для нечіткої оцінки критерію K.

Для дискретної постановки:

$$MAD(\tilde{K}) = \frac{MAD^{(-)}(\tilde{K}) + MAD^{(+)}(\tilde{K})}{2}, \tag{4.56}$$

$$MAD^{(-)}(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^{n} w(\alpha_i) \times | Re(\tilde{K}) - \underline{K}^{\alpha_i} |, \tag{4.57}$$

$$MAD^{(+)}(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^{n} w(\alpha_i) \times | \overline{K}^{\alpha_i} - Re(\tilde{K}) |, \tag{4.58}$$

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i}, \tag{4.59}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{1,n}. \tag{4.60}$$

У праці [50] проведене розгорнуте опрацювання питання нечітко-множинного моделювання показника середнього абсолютного відхилення з точки зору теорії міри достовірності. Відповідна формула даного показника для частинних випадків нечіткості критерію має вигляд.

Для ситуації інтервальної нечіткості критерію:

$$MAD(\tilde{K}) = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{4}, \tag{4.61}$$

де $K_{\min}$, $K_{\max}$ – відповідно нижня і верхня границя нечітко-інтервальної оцінки критеріального показника.

В разі трикутної нечіткості критерію:

$$MAD(\tilde{K}) = \frac{(K_{\max} - K_{\min})^2 + 12\gamma^2}{64\gamma}, \tag{4.62}$$

при цьому

$$\gamma = \max\{K_{\text{mod}} - K_{\min}, K_{\max} - K_{\text{mod}}\}. \tag{4.63}$$

Нечітко-множинна версія семівідхилення (семідевіації) припускає різні підходи до свого визначення. Якщо ставити за мету реалізацію максимальної подібності до теоретико-ймовірнісної схеми даного показника, то можна одержати таку його конструкцію в межах нечітко-множинної методології [25] (див. також [17]).

Для неперервної постановки:

$$SeD_Z(\tilde{K}) = \begin{cases} SeD_Z^{(-)}(\tilde{K}),\ K = K^+ \\ SeD_Z^{(+)}(\tilde{K}),\ K = K^- \end{cases} = \begin{cases} \int_0^1 \alpha \times ({}^-\varphi_{\tilde{K}Z}^L(\alpha) + {}^-\varphi_{\tilde{K}Z}^R(\alpha))d\alpha,\ K = K^+ \\ \int_0^1 \alpha \times ({}^+\varphi_{\tilde{K}Z}^L(\alpha) + {}^+\varphi_{\tilde{K}Z}^R(\alpha))d\alpha,\ K = K^- \end{cases}, \tag{4.64}$$

$${}^-\varphi_{\tilde{K}Z}^L(\alpha) = \begin{cases} 0,\ Z \le \underline{K}^\alpha \\ Z - \underline{K}^\alpha,\ \underline{K}^\alpha < Z \end{cases}, \tag{4.65}$$

$${}^-\varphi_{\tilde{K}Z}^R(\alpha) = \begin{cases} 0,\ Z \le \overline{K}^\alpha \\ Z - \overline{K}^\alpha,\ \overline{K}^\alpha < Z \end{cases}, \tag{4.66}$$

$$^{+}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha)=\begin{cases}0, \underline{K}^{\alpha}\le Z\\ \underline{K}^{\alpha}-Z, Z<\underline{K}^{\alpha}\end{cases}, \tag{4.67}$$

$$^{+}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha)=\begin{cases}0, \overline{K}^{\alpha}\le Z\\ \overline{K}^{\alpha}-Z, Z<\overline{K}^{\alpha}\end{cases}, \tag{4.68}$$

$$\alpha\in[0,1], \tag{4.69}$$

$$Z\in\left\{Re(\tilde{K}), G(K)\right\},$$

де $SeD_Z(\tilde{K})$ – семівідхилення для нечіткої оцінки критерію K по відношенню до бази зіставлення (порівняння) Z;

$SeD_Z^{(-)}(\tilde{K})$, $SeD_Z^{(+)}(\tilde{K})$ – відповідно від'ємне (нижнє) і додатне (верхнє) семівідхилення значень в межах нечіткої оцінки $\tilde{K}$ відносно бази Z.

Для дискретної постановки:

$$SeD_Z(\tilde{K})=\begin{cases}SeD_Z^{(-)}(\tilde{K}), K=K^{+}\\ SeD_Z^{(+)}(\tilde{K}), K=K^{-}\end{cases}=\begin{cases}\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}w(\alpha_i)\times(^{-}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)+^{-}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)), K=K^{+}\\ \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}w(\alpha_i)\times(^{+}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)+^{+}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)), K=K^{-}\end{cases}, \tag{4.70}$$

$$^{-}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, Z\le\underline{K}^{\alpha_i}\\ Z-\underline{K}^{\alpha_i}, \underline{K}^{\alpha_i}<Z\end{cases}, \tag{4.71}$$

$$^{-}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, Z\le\overline{K}^{\alpha_i}\\ Z-\overline{K}^{\alpha_i}, \overline{K}^{\alpha_i}<Z\end{cases}, \tag{4.72}$$

$$^{+}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, \underline{K}^{\alpha_i}\le Z\\ \underline{K}^{\alpha_i}-Z, Z<\underline{K}^{\alpha_i}\end{cases}, \tag{4.73}$$

$$^{+}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, \overline{K}^{\alpha_i}\le Z\\ \overline{K}^{\alpha_i}-Z, Z<\overline{K}^{\alpha_i}\end{cases}, \tag{4.74}$$

$$w(\alpha_i)=\frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n}\alpha_i}, \tag{4.75}$$

$$\alpha_i=i/n,\ i=\overline{1,n}, \tag{4.76}$$

$$Z\in\left\{Re(\tilde{K}), G(K)\right\}.$$

Як аналітичний еквівалент середнього абсолютного відхилення, якщо обмежуватися ситуацією нечітких оцінок, які припускають інтервальну за рівнями

належності форму представлення, може бути запропонований до використання показник середнього (середньозваженого) розмаху варіації [16; 22]. Зазначений показник втілюють формули.

В разі неперервної постановки:

$$AR(\tilde{K}) = \int_0^1 w(\alpha) \times (\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha}) d\alpha , \tag{4.77}$$

$$w(\alpha) = \frac{\alpha}{\int_0^1 \alpha d\alpha} = 2\alpha , \tag{4.78}$$

$$\alpha \in [0,1] , \tag{4.79}$$

звідки

$$AR(\tilde{K}) = 2\int_0^1 \alpha \times (\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha}) d\alpha , \tag{4.80}$$

де $AR(\tilde{K})$ – середній розмах варіації для нечіткої оцінки критерію K.

Для дискретної постановки:

$$AR(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^{n} w(\alpha_i) \times (\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}) , \tag{4.81}$$

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i} , \tag{4.82}$$

$$\alpha_i = i/n , \; i = \overline{1, n} . \tag{4.83}$$

Виходячи зі способу його розрахунку, а також слідуючи прийнятій вище термінології, у розгорнутому варіанті показник $AR(\tilde{K})$ природно називати середнім розмахом варіації з α-зважуванням.

Показники $MAD(\tilde{K})$ і $AR(\tilde{K})$ є дуже близькими за своїм змістом, але при цьому показник середнього розмаху варіації з α-зважуванням є більш зручним у розрахунковому плані.

Якщо для нечіткої оцінки критеріального показника і його репрезентативного числа виконується: $\underline{K}^{\alpha} \le Re(\tilde{K}) \le \overline{K}^{\alpha}$, $\forall \alpha \in [0,1]$ (або, якщо використовується дискретна форма представлення оцінки $\tilde{K}$: $\underline{K}^{\alpha_i} \le Re(\tilde{K}) \le \overline{K}^{\alpha_i}$, $\forall \alpha_i = i/n$, $i = \overline{1, n}$), то для показників

$MAD(\tilde{K})$ і $AR(\tilde{K})$ справедливе таке співвідношення, яке встановлює зв'язок між ними [22]:

$$MAD(\tilde{K}) = \frac{1}{2} AR(\tilde{K}). \tag{4.84}$$

Зокрема, рівність (4.84) матиме місце в разі унімодального характеру нечіткої оцінки критерію K, якщо як репрезентативне значення обрано моду.

У монографії [9], присвяченій нечітко-множинному моделюванню стосовно задач управління у виробничих системах, серед іншого як міра ризику пропонується показник, структурно "споріднений" з показником $AR(\tilde{K})$, який відповідно до його схеми логічно називати середнім розмахом варіації з 0-зважуванням. Вираз для розрахунку даного показника може бути записаний в такий спосіб.

В разі неперервної постановки:

$$AR(\tilde{K}, 0) = \int_0^1 (\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha}) d\alpha, \tag{4.85}$$

де $AR(\tilde{K}, 0)$ – середній розмах варіації з 0-зважуванням для нечіткої оцінки критеріального економічного показника K.

Для дискретної постановки:

$$AR(\tilde{K}, 0) = \Delta\alpha \times \sum_{i=1}^{n} (\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}), \tag{4.86}$$

$$\Delta\alpha = 1/n, \tag{4.87}$$

$$\alpha_i = i \times \Delta\alpha, \; i = \overline{0, n}. \tag{4.88}$$

Аналогічно до інших показників варіабельності, для середнього розмаху варіації (з α- або 0-зважуванням) може бути сформульована його однобічна версія, яку доцільно використовувати як можливий різновид міри ризику небажаних відхилень. Якщо обмежитися варіантом з α-зважуванням, то розглядуваний показник припускає такий спосіб побудови [25].

За неперервної постановки:

$$ASR_Z(\tilde{K}) = = \begin{cases} ASR_Z^{(-)}(\tilde{K}), K = K^+ \\ ASR_Z^{(+)}(\tilde{K}), K = K^- \end{cases} = \begin{cases} 2\int_0^1 \alpha \times \varphi_{\tilde{K}Z}^{-}(\alpha) d\alpha, K = K^+ \\ 2\int_0^1 \alpha \times \varphi_{\tilde{K}Z}^{+}(\alpha) d\alpha, K = K^- \end{cases}, \tag{4.89}$$

$$\varphi^{-}_{\tilde{K}Z}(\alpha)=\begin{cases}0, Z\le \underline{K}^{\alpha}\\ Z-\underline{K}^{\alpha}, \underline{K}^{\alpha}<Z<\overline{K}^{\alpha}\\ \overline{K}^{\alpha}-\underline{K}^{\alpha}, \overline{K}^{\alpha}\le Z\end{cases}, \tag{4.90}$$

$$\varphi^{+}_{\tilde{K}Z}(\alpha)=\begin{cases}0, \overline{K}^{\alpha}\le Z\\ \overline{K}^{\alpha}-Z, \underline{K}^{\alpha}<Z<\overline{K}^{\alpha}\\ \overline{K}^{\alpha}-\underline{K}^{\alpha}, Z\le \underline{K}^{\alpha}\end{cases}, \tag{4.91}$$

$$\alpha\in[0,1], \tag{4.92}$$

$$Z\in\left\{Re(\tilde{K}),G(K)\right\},$$

де $ASR_Z(\tilde{K})$ – середній однобічний розмах варіації з α-зважуванням для нечіткої оцінки критерію K відносно бази зіставлення (порівняння) Z;

$ASR_Z^{(-)}(\tilde{K})$, $ASR_Z^{(+)}(\tilde{K})$ – відповідно середній від'ємний (нижній) і середній додатний (верхній) розмах варіації в межах нечіткої оцінки $\tilde{K}$ по відношенню до бази Z.

Для дискретної постановки:

$$ASR_Z(\tilde{K})=\begin{cases}ASR_Z^{(-)}(\tilde{K}), K=K^{+}\\ ASR_Z^{(+)}(\tilde{K}), K=K^{-}\end{cases}=\begin{cases}\sum\limits_{i=1}^{n} w(\alpha_i)\times\varphi^{-}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i), K=K^{+}\\ \sum\limits_{i=1}^{n} w(\alpha_i)\times\varphi^{+}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i), K=K^{-}\end{cases}, \tag{4.93}$$

$$\varphi^{-}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, Z\le \underline{K}^{\alpha_i}\\ Z-\underline{K}^{\alpha_i}, \underline{K}^{\alpha_i}<Z<\overline{K}^{\alpha_i}\\ \overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i}, \overline{K}^{\alpha_i}\le Z\end{cases}, \tag{4.94}$$

$$\varphi^{+}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, \overline{K}^{\alpha_i}\le Z\\ \overline{K}^{\alpha_i}-Z, \underline{K}^{\alpha_i}<Z<\overline{K}^{\alpha_i}\\ \overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i}, Z\le \underline{K}^{\alpha_i}\end{cases}, \tag{4.95}$$

$$w(\alpha_i)=\frac{\alpha_i}{\sum\limits_{i=1}^{n}\alpha_i}, \tag{4.96}$$

$$\alpha_i=i/n,\ i=\overline{1,n}, \tag{4.97}$$

$$Z\in\left\{Re(\tilde{K}),G(K)\right\}.$$

Доцільно розрізняти два види середнього однобічного розмаху варіації, залежно від того, який показник, $Re(\tilde{K})$ чи $G(K)$, береться як база зіставлення:

- якщо $Z = Re(\tilde{K})$, то має місце різновид середнього однобічного розмаху варіації, який зручно і коректно називати середнім центральним розмахом варіації;
- якщо $Z = G(K)$, то одержуваний при цьому різновид середнього однобічного розмаху варіації природно називати середнім цільовим розмахом варіації.

Нескладно бачити, що для представлених вище показників варіабельності є справедливими такі рівності, які слід розцінювати як свідчення взаємної узгодженості їх конструкцій:

$$MAD(\tilde{K}) = SeD_{Re}^{(-)}(\tilde{K}) + SeD_{Re}^{(+)}(\tilde{K}), \tag{4.98}$$

$$AR(\tilde{K}) = ASR_{Z}^{(-)}(\tilde{K}) + ASR_{Z}^{(+)}(\tilde{K}). \tag{4.99}$$

Серед виявлених нами підходів до нечітко-множинного моделювання абсолютних показників варіабельності з точки зору методологічної близькості до схеми на основі принципу α-рівневої числової характеризації, реалізованої у запропонованих вище нечітко-множинних адаптаціях середнього абсолютного відхилення та семівідхилення, на особливу увагу заслуговують узагальнені математичні конструкції за цією проблематикою, які належать А. Саейдіфару та Е. Паші. В роботі [51] ними, зокрема, формулюється можливий варіант нечітко-множинної адаптації нижнього і верхнього частинного моменту r-го ($r \in \aleph$) порядку випадкової величини:

$$m_r^{(-)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = \int_0^1 f(\alpha)(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r d\alpha, \tag{4.100}$$

$$m_r^{(+)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = \int_0^1 f(\alpha)(\overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r d\alpha, \tag{4.101}$$

при цьому

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 f(\alpha) \times \frac{\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}}{2} d\alpha, \tag{4.102}$$

де $m_r^{(-)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K}))$, $m_r^{(+)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K}))$ – відповідно нижній і верхній частинний момент r-го порядку стосовно $Re(\tilde{K})$ для нечіткого числа $\tilde{K}$;

$f(\alpha)$, $\alpha \in [0,1]$ – вагова функція, для якої справедливо: $f(\alpha) \geq 0$, $\forall \alpha \in [0,1]$; $\forall \{\alpha^*, \alpha^{**}\} \in [0,1]$: $\alpha^* < \alpha^{**} \Rightarrow f(\alpha^*) < f(\alpha^{**})$; $\int_0^1 f(\alpha) d\alpha = 1$.

Якщо покласти $f(\alpha) = 2\alpha$, $\alpha \in [0,1]$, то можна одержати нечітко-множинні частинні моменти r-го порядку з α-зважуванням:

$$m_r^{(-)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = 2\int_0^1 \alpha(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r d\alpha, \tag{4.103}$$

$$m_r^{(+)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = 2\int_0^1 \alpha(\overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r d\alpha, \tag{4.104}$$

при цьому

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 \alpha \times (\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}) d\alpha. \tag{4.105}$$

При $r = 1$ співвідношення (4.103), (4.104) визначають можливий варіант нечітко-множинної адаптації показників нижнього і верхнього семівідхилення:

$$m_1^{(-)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = 2\int_0^1 \alpha(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K})) d\alpha, \tag{4.106}$$

$$m_1^{(+)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = 2\int_0^1 \alpha(\overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K})) d\alpha, \tag{4.107}$$

при цьому

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 \alpha \times (\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}) d\alpha. \tag{4.108}$$

З одного боку, є очевидною методологічна близькість нечітко-множинної моделі семівідхилення, сформульованої нами, і підходом, який пропонується А. Саейдіфаром та Е. Пашою. Водночас, між ними має місце й істотна відмінність, яка полягає у тому, що як інваріант врахування відхилень у конструкції частинних моментів Саейдіфара – Паші виступає характер границі (нижня, верхня) інтервалів достовірності досліджуваної нечіткої оцінки, тоді як у нашій моделі інваріантом є напрям відхилень, тобто для границь інтервалів достовірності нечіткої оцінки врахуванню підлягають лише відхилення або у лівий, або у правий бік стосовно бази зіставлення, залежно від виду показника семівідхилення, який розглядається.

У праці [54] здійснено узагальнений аналіз однобічних мір варіабельності в

межах математичної конструкції нижніх частинних моментів з позиції теорії міри достовірності. Є корисним на якомусь конкретному прикладі порівняти результати використання теоретико-достовірнісного і запропонованого нами варіантів нечітко-множинної адаптації показника семівідхилення.

Отже, нехай чиста теперішня вартість інвестиційного проекту описується трикутною оцінкою (числом), млн гр. од.:

$$NPV = (NPV_{\min}, NPV_{\mathrm{mod}}, NPV_{\max}) = (-500, 300, 700).$$

Покладемо також, що $G = 0$.

Необхідно розрахувати і зіставити між собою значення показника семівідхилення, знайдені на основі теорії міри достовірності, а також підходу, розробленого нами.

Враховуючи, що для умови прикладу $NPV_{\min} < G < NPV_{\mathrm{mod}}$, результати розрахунку розглядуваного показника згідно із зазначеними методами є такими.

Для методу на основі теорії міри достовірності:

$$SeD_G(\tilde{\tilde{NPV}}) = \frac{(G - NPV_{\min})^2}{4(NPV_{\mathrm{mod}} - NPV_{\min})} = \frac{(0+500)^2}{4(300+500)} = 78{,}125.$$

Для пропонованого нами методу:

$$SeD_G(\tilde{\tilde{NPV}}) = \frac{(G - NPV_{\min})^3}{6(NPV_{\mathrm{mod}} - NPV_{\min})^2} = \frac{(0+500)^3}{6(300+500)^2} = 32{,}552.$$

Як бачимо, різниця між альтернативними значеннями показника семівідхилення є істотною. Хоча, зрозуміло, повноцінне виявлення того, як співвідносяться між собою в аналітичному аспекті використані у прикладі методи, потребує окремого ґрунтовного дослідження.

В межах досліджуваної проблематики А. Саейдіфаром та Е. Пашою [51] серед іншого було сформульовано можливий варіант нечітко-множинної адаптації показника центрального моменту r-го порядку випадкової величини:

$$m_r(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = \frac{1}{2}\left(\int_0^1 f(\alpha)[(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r]d\alpha + \int_0^1 f(\alpha)[(\overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r]d\alpha\right), \qquad (4.109)$$

$$r \in \aleph,$$

або, якщо покласти $f(\alpha) = 2\alpha$, $\alpha \in [0,1]$,

$$m_r(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = \int_0^1 \alpha[(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r]d\alpha + \int_0^1 \alpha[(\overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^r]d\alpha, \quad (4.110)$$

$$r \in \aleph,$$

де $m_r(\tilde{K}, Re(\tilde{K}))$ – r-й центральний момент стосовно $Re(\tilde{K})$ нечіткого числа $\tilde{K}$.

При $r = 2$ співвідношення (4.110) визначає модель показника варіації ($V(\tilde{K})$), яка повністю вкладається в концептуальну схему, в межах якої вище нами було побудовано нечітко-множинну адаптацію середнього абсолютного відхилення:

$$V(\tilde{K}) = \int_0^1 \alpha[(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^2]d\alpha + \int_0^1 \alpha[(\overline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^2]d\alpha. \quad (4.111)$$

Дискретна версія розглядуваної моделі показника варіації може бути записана так:

$$V(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^{n} q(\alpha_i) \times (\underline{K}^{\alpha_i} - Re(\tilde{K}))^2 + \sum_{i=1}^{n} q(\alpha_i) \times (\overline{K}^{\alpha_i} - Re(\tilde{K}))^2, \quad (4.112)$$

$$q(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{2\sum_{i=1}^{n} \alpha_i}, \quad (4.113)$$

$$\alpha_i = {}^{i}\!/_{n}, \; i = \overline{1, n}. \quad (4.114)$$

В разі трикутної нечіткості критерію формула для розрахунку варіації на основі співвідношення (4.111) набуває вигляду:

$$V(\tilde{K}) = Re^2(\tilde{K}) - 2Re(\tilde{K})Re^*(\tilde{K}) + Re^{**}(\tilde{K}), \quad (4.115)$$

$$Re^*(\tilde{K}) = \frac{K_{\min} + 4K_{\mathrm{mod}} + K_{\max}}{6}, \quad (4.116)$$

$$Re^{**}(\tilde{K}) = \frac{(K_{\min} + K_{\mathrm{mod}})^2 + 4K_{\mathrm{mod}}^2 + (K_{\mathrm{mod}} + K_{\max})^2}{12}. \quad (4.117)$$

Покладемо $Re(\tilde{K}) = \frac{K_{\min} + 4K_{\mathrm{mod}} + K_{\max}}{6}$, тоді представлена формула може бути зведена до такого [56]:

$$V(\tilde{K}) = \frac{(\gamma + \lambda)^2}{24} + \frac{(\gamma - \lambda)^2}{72}, \quad (4.118)$$

при цьому

$$\gamma = K_{\mathrm{mod}} - K_{\min}, \quad (4.119)$$

$$\lambda = K_{\max} - K_{\mathrm{mod}}. \quad (4.120)$$

В межах теорії міри достовірності показник варіації в ситуації трикутної нечіткості критерію, за умови, що $Re(\tilde{K}) = \frac{K_{\min} + 2K_{\text{mod}} + K_{\max}}{4}$, виражається формулою [49]:

$$V(\tilde{K}) = \frac{33\gamma^3 + 21\gamma^2\lambda + 11\gamma\lambda^2 - \lambda^3}{384\gamma}, \tag{4.121}$$

при цьому

$$\gamma = \max\{K_{\text{mod}} - K_{\min}, K_{\max} - K_{\text{mod}}\}, \tag{4.122}$$

$$\lambda = \min\{K_{\text{mod}} - K_{\min}, K_{\max} - K_{\text{mod}}\}. \tag{4.123}$$

Для запропонованого вище прикладу показник варіації, розрахований за допомогою різних підходів, якщо припустити, що $Re(\tilde{K}) = \frac{K_{\min} + 2K_{\text{mod}} + K_{\max}}{4}$, становить.

В разі методу Саейдіфара – Паші:

$$V(\tilde{N}\tilde{P}\tilde{V}) = 200^2 - 2 \times 200 \times \frac{700}{3} + \frac{350\,000}{3} = 63\,333,(3).$$

Для методу на основі теорії міри достовірності:

$$V(\tilde{N}\tilde{P}\tilde{V}) = \frac{33 \times 800^3 + 21 \times 800^2 \times 400 + 11 \times 800 \times 400^2 - 400^3}{384 \times 800} = 76\,875.$$

Відштовхуючись від сформульованої нами раніше нечітко-множинної адаптації показника семівідхилення, в аналогічний спосіб можна побудувати відповідну нечітко-множинну версію показника семіваріації ($SV_Z(\tilde{K})$). Отже, виходячи із зазначеного шукана модель останнього має вигляд [24, с. 167–170].

Для неперервної постановки:

$$SV_Z(\tilde{K}) = \begin{cases} SV_Z^{(-)}(\tilde{K}), K = K^+ \\ SV_Z^{(+)}(\tilde{K}), K = K^- \end{cases} = \begin{cases} \int_0^1 \alpha \times ([^-\varphi_{\tilde{K}Z}^L(\alpha)]^2 + [^-\varphi_{\tilde{K}Z}^R(\alpha)]^2) d\alpha, K = K^+ \\ \int_0^1 \alpha \times ([^+\varphi_{\tilde{K}Z}^L(\alpha)]^2 + [^+\varphi_{\tilde{K}Z}^R(\alpha)]^2) d\alpha, K = K^- \end{cases}, \tag{4.124}$$

$$^-\varphi_{\tilde{K}Z}^L(\alpha) = \begin{cases} 0, Z \le \underline{K}^\alpha \\ Z - \underline{K}^\alpha, \underline{K}^\alpha < Z \end{cases}, \tag{4.125}$$

$$^-\varphi_{\tilde{K}Z}^R(\alpha) = \begin{cases} 0, Z < \overline{K}^\alpha \\ Z - \overline{K}^\alpha, Z \ge \overline{K}^\alpha \end{cases}, \tag{4.126}$$

$$^{+}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha)=\begin{cases}0, \underline{K}^{\alpha}<Z\\ \underline{K}^{\alpha}-Z, Z\le \underline{K}^{\alpha}\end{cases}, \tag{4.127}$$

$$^{+}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha)=\begin{cases}0, Z\ge \overline{K}^{\alpha}\\ \overline{K}^{\alpha}-Z, Z<\overline{K}^{\alpha}\end{cases}, \tag{4.128}$$

$$\alpha\in[0,1], \tag{4.129}$$

$$Z\in\left\{Re(\tilde{K}), G(K)\right\},$$

де $SV_Z^{(-)}(\tilde{K})$, $SV_Z^{(+)}(\tilde{K})$ – відповідно від'ємна (негативна, лівостороння, нижня) і додатна (позитивна, правостороння, верхня) семіваріація значень в межах нечіткої оцінки $\tilde{K}$ по відношенню до бази зіставлення (порівняння) Z.

Для дискретної постановки:

$$SV_Z(\tilde{K})=\begin{cases}SV_Z^{(-)}(\tilde{K}), K=K^{+}\\ SV_Z^{(+)}(\tilde{K}), K=K^{-}\end{cases}=\begin{cases}\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}w(\alpha_i)\times([^{-}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)]^2+[^{-}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)]^2), K=K^{+}\\ \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}w(\alpha_i)\times([^{+}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)]^2+[^{+}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)]^2), K=K^{-}\end{cases}, \tag{4.130}$$

$$^{-}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, Z\le \underline{K}^{\alpha_i}\\ Z-\underline{K}^{\alpha_i}, \underline{K}^{\alpha_i}<Z\end{cases}, \tag{4.131}$$

$$^{-}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, Z<\overline{K}^{\alpha_i}\\ Z-\overline{K}^{\alpha_i}, Z\ge \overline{K}^{\alpha_i}\end{cases}, \tag{4.132}$$

$$^{+}\varphi^{L}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, \underline{K}^{\alpha_i}<Z\\ \underline{K}^{\alpha_i}-Z, Z\le \underline{K}^{\alpha_i}\end{cases}, \tag{4.133}$$

$$^{+}\varphi^{R}_{\tilde{K}Z}(\alpha_i)=\begin{cases}0, Z\ge \overline{K}^{\alpha_i}\\ \overline{K}^{\alpha_i}-Z, Z<\overline{K}^{\alpha_i}\end{cases}, \tag{4.134}$$

$$w(\alpha_i)=\frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n}\alpha_i}, \tag{4.135}$$

$$\alpha_i=i/n,\ i=\overline{1,n}, \tag{4.136}$$

$$Z\in\left\{Re(\tilde{K}), G(K)\right\}.$$

В межах методології частинних моментів Саейдіфара – Паші [51] нечітко-множинну версію показника семіваріації фіксує формула:

$$m_2^{(-)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = \int_0^1 f(\alpha)(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^2 d\alpha, \quad (4.137)$$

$$m_2^{(+)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = \int_0^1 f(\alpha)(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^2 d\alpha, \quad (4.138)$$

при цьому

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 f(\alpha) \times \frac{\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}}{2} d\alpha, \quad (4.139)$$

де $m_2^{(-)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K}))$, $m_2^{(+)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K}))$ – відповідно нижня та верхня семіваріація стосовно $Re(\tilde{K})$ для нечіткого числа $\tilde{K}$.

Якщо покласти $f(\alpha) = 2\alpha$, $\alpha \in [0,1]$, то одержимо:

$$m_2^{(-)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = 2\int_0^1 \alpha(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^2 d\alpha, \quad (4.140)$$

$$m_2^{(+)}(\tilde{K}, Re(\tilde{K})) = 2\int_0^1 \alpha(\underline{K}^{\alpha} - Re(\tilde{K}))^2 d\alpha, \quad (4.141)$$

при цьому

$$Re(\tilde{K}) = \int_0^1 \alpha \times (\underline{K}^{\alpha} + \overline{K}^{\alpha}) d\alpha. \quad (4.142)$$

Зрозуміло, що викладені раніше міркування з приводу відмінності у підходах до нечітко-множинного моделювання абсолютних однобічних мір варіабельності А. Саейдіфара та Е. Паші, з одного боку, і запропонованого нами, з іншого боку, повністю зберігають свою актуальність для представлених конструкцій показника семіваріації.

Для ознайомлення з результатами аналізу питання нечітко-множинного моделювання семіваріації з точки зору теорії міри достовірності можна рекомендувати роботи [45; 54].

Результати знаходження арифметичного квадратного кореня з показників варіації і семіваріації в межах розглянутих вище їх моделей визначають відповідні нечітко-множинні версії середньо- і семіквадратичного відхилення ($\sigma(\tilde{K})$, $SSV_Z(\tilde{K})$):

$$\sigma(\tilde{K}) = \sqrt{V(\tilde{K})}, \quad (4.143)$$

$$SSV_Z(\tilde{K}) = \sqrt{SV_Z(\tilde{K})} = \begin{cases} \sqrt{SV_Z^{(-)}(\tilde{K})}, K = K^+ \\ \sqrt{SV_Z^{(+)}(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases} = \begin{cases} SSV_Z^{(-)}(\tilde{K}), K = K^+ \\ SSV_Z^{(+)}(\tilde{K}), K = K^- \end{cases}, \quad (4.144)$$

$$Z \in \{Re(\tilde{K}), G(K)\},$$

де $SSV_Z^{(-)}(\tilde{K})$, $SSV_Z^{(+)}(\tilde{K})$ – відповідно від'ємне (негативне, лівостороннє, нижнє) і додатне (позитивне, правостороннє, верхнє) семіквадратичне відхилення значень в межах нечіткої оцінки $\tilde{K}$ у зіставленні з базою Z.

Очевидно, що концептуальна схема коефіцієнтів варіабельності, початково розроблених в межах теоретико-ймовірнісної методології, виступає як інваріантна по відношенню до ситуацій випадковості та нечіткості (див., наприклад, [52; 53; 55]). З урахуванням цього, нечітко-множинні адаптації коефіцієнтів варіабельності, розглянутих нами у п. 3.1, можуть бути записані так [24, с. 171–172].

Коефіцієнт осциляції ($\rho(\tilde{K})$):

$$\rho(\tilde{K}) = \frac{R(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.145)$$

Коефіцієнт центрального розмаху варіації ($CR_{Re}(\tilde{K})$):

$$CR_{Re}(\tilde{K}) = \frac{R_{Re}(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.146)$$

Коефіцієнт цільового розмаху варіації ($CR_G(\tilde{K})$):

$$CR_G(\tilde{K}) = \frac{R_G(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.147)$$

Лінійний коефіцієнт варіації ($CLV(\tilde{K})$):

$$CLV(\tilde{K}) = \frac{MAD(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.148)$$

Коефіцієнт семівідхилення ($CSeD_{Re}(\tilde{K})$):

$$CSeD_{Re}(\tilde{K}) = \frac{SeD_{Re}(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.149)$$

Коефіцієнт цільового семівідхилення ($CSeD_G(\tilde{K})$):

$$CSeD_G(\tilde{K}) = \frac{SeD_G(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.150)$$

Коефіцієнт варіації ($CV(\tilde{K})$):

$$CV(\tilde{K}) = \frac{\sigma(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.151)$$

Коефіцієнт семіваріації ($CSV_{Re}(\tilde{K})$):

$$CSV_{Re}(\tilde{K}) = \frac{SSV_{Re}(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.152)$$

Коефіцієнт цільової семіваріації ($CSV_G(\tilde{K})$):

$$CSV_G(\tilde{K}) = \frac{SSV_G(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.153)$$

Буде цілком логічним доповнити представлений перелік відносних мір ризику коефіцієнтом варіабельності на основі середнього розмаху варіації ($CAR(\tilde{K})$), який слід розраховувати за формулою [16]:

$$CAR(\tilde{K}) = \frac{AR(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}. \quad (4.154)$$

Аналогічно попередньому можуть бути сформульовані нечітко-множинні версії модифікованих коефіцієнтів варіабельності. Відповідні вирази мають вигляд [16; 24, с. 172–173]:

$$\rho^m(\tilde{K}) = \begin{cases} \frac{R(\tilde{K})}{Re(\tilde{K}) - Z_0}, K = K^+ \\ \frac{R(\tilde{K})}{Z_0 - Re(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.155)$$

$$CR_Z^m(\tilde{K}) = \begin{cases} \frac{R_Z(\tilde{K})}{Re(\tilde{K}) - Z_0}, K = K^+ \\ \frac{R_Z(\tilde{K})}{Z_0 - Re(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.156)$$

$$CLV^m(\tilde{K}) = \begin{cases} \frac{MAD(\tilde{K})}{Re(\tilde{K}) - Z_0}, K = K^+ \\ \frac{MAD(\tilde{K})}{Z_0 - Re(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.157)$$

$$CSeD_Z^m(\tilde{K}) = \begin{cases} \frac{SeD_Z(\tilde{K})}{Re(\tilde{K}) - Z_0}, K = K^+ \\ \frac{SeD_Z(\tilde{K})}{Z_0 - Re(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.158)$$

$$CV^m(\tilde{K}) = \begin{cases} \dfrac{\sigma(\tilde{K})}{Re(\tilde{K}) - Z_0}, K = K^+ \\ \dfrac{\sigma(\tilde{K})}{Z_0 - Re(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.159)$$

$$CSV_Z^m(\tilde{K}) = \begin{cases} \dfrac{SSV_Z(\tilde{K})}{Re(\tilde{K}) - Z_0}, K = K^+ \\ \dfrac{SSV_Z(\tilde{K})}{Z_0 - Re(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.160)$$

$$CAR^m(\tilde{K}) = \begin{cases} \dfrac{AR(\tilde{K})}{Re(\tilde{K}) - Z_0}, K = K^+ \\ \dfrac{AR(\tilde{K})}{Z_0 - Re(\tilde{K})}, K = K^- \end{cases}, \quad (4.161)$$

$$Z \in \{Re(\tilde{K}), G(K)\},$$

де верхній індекс m позначає, що даний показник є модифікацією відповідного коефіцієнта варіабельності;

Z_0 – порогове (граничне) значення критеріального економічного показника, при цьому припускається, що $Re(\tilde{K}) > Z_0$ для $K = K^+$ і $Z_0 > Re(\tilde{K})$ для $K = K^-$.

Розглянемо тепер у площині нечітко-множинної методології квантильний підхід до вимірювання ризику. Передусім слід врахувати, що на відміну від більшості використовуваних у ймовірнісному моделюванні розподілів, які мають нескінченний розмах варіації, замикання носія нечіткого числа являє собою інтервал. Виходячи з цього, в ситуації, коли критеріальний показник описується нечітким числом, його ефективне значення може бути сформульоване в такий спосіб [24, с. 173]:

$$B(\tilde{K}, \beta) = \begin{cases} B^{(-)}(\tilde{K}, \beta)\ K = K^+ \\ B^{(+)}(\tilde{K}, \beta)\ K = K^- \end{cases}, \quad (4.162)$$

$$B^{(-)}(\tilde{K}, \beta) = \begin{cases} \underline{K}^0, \beta = 1 \\ {}^-B^*(\tilde{K}, \beta) : Poss(K <^- B^*(\tilde{K}, \beta)) = \\ = 1 - \beta, 0 < \beta < 1 \end{cases}, \quad (4.163)$$

$$B^{(+)}(\tilde{K}, \beta) = \begin{cases} \overline{K}^0, \beta = 1 \\ {}^+B^*(\tilde{K}, \beta) : Poss(K >^+ B^*(\tilde{K}, \beta)) = \\ = 1 - \beta, 0 < \beta < 1 \end{cases}, \quad (4.164)$$

де β – параметр, який фіксує рівень надійності (довіри) ефективного значення критерію, $\beta \in (0,1]$;

$B(\tilde{K}, \beta)$ – ефективне значення в межах нечіткої оцінки (числа) критерію для рівня надійності (довіри) β.

4.2. Оцінювання ступеня ризику як міри можливості невідповідності критеріального показника нормативному рівню

Як зазначалося у попередньому викладенні, згідно з сучасними уявленнями ризикології одним з базових аспектів (компонентів) міри ризику виступає ступінь можливості (ймовірність, якщо використовується теоретико-ймовірнісний підхід) того, що значення показника (критерію) економічної ефективності аналізованого господарського заходу або виду діяльності (поточне виробництво, інвестиційний проект, фінансові інвестиції) не відповідатиме деякому заданому рівню (нормативу). У формальному сенсі таке трактування кількісної оцінки ступеня ризику потребує використання відповідної математичної конструкції можливісної міри. В контексті нечітко-множинного моделювання зазначений формалізм може будуватися по різному. Стосовно проблематики кількісного аналізу ризику в межах процесів реального інвестування великий інтерес становить концепція міри можливості, яка задовольняє вимоги зліченої адитивності і нормованості. Нині даний напрям одержав розвиток у двох базових варіантах або версіях: на основі теоретико-ймовірнісної аналогії [2; 30; 41; 48], а також на основі інтервальної за рівнями належності (α-рівнями) методології, яка має два різновиди – “без” та “з” зважуванням [8; 18; 31; 36].

Поряд з очевидним прогресом, досягнутим на шляху розроблення можливісної, на основі апарату теорії нечітких множин, методології у вимірюванні ризику, потреба одержання за нею цілісної картини, зумовлює доцільність продовження наукових пошуків у цьому напрямі. Протягом досить тривалого періоду часу нами здійснювалися систематичні дослідження різних аспектів порушеної проблематики. Останні з цих досліджень знайшли втілення у роботах

[12; 13; 19; 26]. Висвітлимо нижче найістотніші з одержаних у них результатів.

Відразу оговоримо, що без зниження рівня загальності подальший розгляд методів вимірювання ризику обмежується випадком критеріальних показників, які оптимізуються в напрямі їх максимуму, тобто мають позитивний інгредієнт.

Ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію в межах можливісного методологічного напряму згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії слід розраховувати в такий спосіб [2; 30; 41; 48]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{P} = \begin{cases} 0, G \le K_{\min} \\ \dfrac{\int_{K\min}^{G} \mu_{\tilde{K}}(K)dK}{\int_{K\min}^{K\max} \mu_{\tilde{K}}(K)dK}, K_{\min} < G < K_{\max}, \\ 1, K_{\max} \le G \end{cases} \quad (4.165)$$

де $Risk_{\tilde{K}}^{P}$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K на основі теоретико-ймовірнісної аналогії;

K – показник (критерій) економічної ефективності аналізованого господарського заходу або діяльності;

$\tilde{K}$ – нечітка оцінка критерію K;

$\mu_{\tilde{K}}$ – функція належності для нечіткої оцінки критерію K;

$K_{\min}$, $K_{\max}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення для замикання носія нечіткої оцінки критерію K;

G – нормативний рівень (норматив) критерію K.

Якщо виходити з інтервального за рівнями належності представлення нечіткої оцінки критерію, тоді показник ступеня ризику в межах розглядуваного підходу можна виразити за допомогою формули [19, с. 196–197]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{P} = \frac{\int_{0}^{\mu_{\tilde{K}}(G)} f^{-}(\alpha)d\alpha}{\int_{0}^{1} f(\alpha)d\alpha}, \quad (4.166)$$

при цьому

$$f^{-}(\alpha)=\begin{cases}0, G\le \underline{K}^{\alpha}\\ G-\underline{K}^{\alpha}, \underline{K}^{\alpha}<G<\overline{K}^{\alpha}\\ \overline{K}^{\alpha}-\underline{K}^{\alpha}, G\ge \overline{K}^{\alpha}\end{cases}, \tag{4.167}$$

$$f(\alpha)=\overline{K}^{\alpha}-\underline{K}^{\alpha}, \tag{4.168}$$

$$\alpha\in[0,1], \tag{4.169}$$

де α – значення функції належності нечіткої оцінки критерію K;

$\underline{K}^{\alpha}$, $\overline{K}^{\alpha}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу нечіткої оцінки критерію K, який відповідає рівню належності α;

$\mu_{\tilde{K}}(G)$ – значення функції належності нечіткої оцінки критерію K в разі, коли $K=G$.

Як альтернативний для підходу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії виступає метод вимірювання ризику на основі інтервальної за рівнями належності (α-рівнями) методології, закладений О.О. Недосєкіним спільно з К.І. Вороновим [36], згодом комплексно розвинутий О.О. Недосєкіним. Згідно з цим методом ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію потрібно розраховувати за формулою [31]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{I}=\int_{0}^{1}\varphi_{\tilde{K}}(\alpha)d\alpha, \tag{4.170}$$

при цьому

$$\varphi_{\tilde{K}}(\alpha)=\begin{cases}0, G\le \underline{K}^{\alpha}\\ \dfrac{G-\underline{K}^{\alpha}}{\overline{K}^{\alpha}-\underline{K}^{\alpha}}, \underline{K}^{\alpha}<G<\overline{K}^{\alpha}\\ 1, \overline{K}^{\alpha}\le G\end{cases}, \tag{4.171}$$

де $Risk_{\tilde{K}}^{I}$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K згідно з інтервальним за рівнями належності підходом;

$\varphi_{\tilde{K}}(\alpha)$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K для рівня належності α.

Відповідно до змістовних міркувань, на яких ґрунтується метод Недосєкіна – Воронова, значення функції $\varphi_{\tilde{K}}(\alpha)$ припускають інтерпретацію як локальні за

рівнями належності α, $\alpha \in [0,1]$, оцінки ступеня ризику. В межах їх інтегрування в загальну оцінку вони трактуються як рівнозначущі або рівноцінні. Очевидно, що останній аспект припускає й інше розуміння. Якщо вважати зазначені локальні оцінки нерівноцінними, що означає необхідність їх відповідного зважування, тоді метод Недосєкіна – Воронова може бути трансформований до такої своєї модифікації (інтервальний за рівнями належності (α-рівнями) метод з α-зважуванням) [8; 18; 20; 23]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = \int_0^1 \varphi_{\tilde{K}}(\alpha) w(\alpha) d\alpha, \qquad (4.172)$$

при цьому

$$w(\alpha) = \frac{\alpha}{\int_0^1 \alpha d\alpha}, \qquad (4.173)$$

де $Risk_{\tilde{K}}^{Iw}$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K згідно з інтервальним за α-рівнями методом з α-зважуванням;

$w(\alpha)$ – ваговий коефіцієнт, що відповідає локальній оцінці ризику для рівня належності α.

Для проведення строгого порівняльного аналізу представлених вище методів потрібна конкретизація відповідних розрахункових виразів. Це, у свою чергу, передбачає конкретизацію форми нечіткості оцінки критеріального показника.

Нехай прогнозна оцінка критерію економічної ефективності деякого господарського заходу або діяльності підприємства (поточне виробництво, реальні інвестиції, інвестування у фінансові активи) характеризується трикутною нечіткістю, тобто $\tilde{K} = (K_{\min}, K_{\mathrm{mod}}, K_{\max})$, де $K_{\min}$, $K_{\max}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення K; K_{mod} – найочікуване (модальне) значення критерію K (для нього значення функції належності дорівнює 1).

В межах методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії формула ступеня ризику в цьому разі матиме вигляд [20; 21]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{P}=\begin{cases}0, G\le K_{\min}\\ \alpha_1 R, K_{\min}<G<K_{\mod}\\ R, G=K_{\mod}\\ 1-\alpha_1(1-R), K_{\mod}<G<K_{\max}\\ 1, G\ge K_{\max}\end{cases}, \quad (4.174)$$

при цьому

$$R=\frac{G-K_{\min}}{K_{\max}-K_{\min}}, K_{\min}<G<K_{\max}, \quad (4.175)$$

$$\alpha_1=\begin{cases}\frac{G-K_{\min}}{K_{\mod}-K_{\min}}, K_{\min}<G<K_{\mod}\\ \frac{K_{\max}-G}{K_{\max}-K_{\mod}}, K_{\mod}<G<K_{\max}\end{cases}. \quad (4.176)$$

Для методу на основі інтервальної за рівнями належності методології без зважування (метод Недосєкіна – Воронова) в межах аналізованої ситуації кількісну оцінку ступеня ризику репрезентує вираз [36; 20]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{I}=\begin{cases}0, G\le K_{\min}\\ R\times\left(1+\frac{1-\alpha_1}{\alpha_1}\times\ln(1-\alpha_1)\right), K_{\min}<G<K_{\mod}\\ R, G=K_{\mod}\\ 1-(1-R)\left(1+\frac{1-\alpha_1}{\alpha_1}\times\ln(1-\alpha_1)\right), K_{\mod}<G<K_{\max}\\ 1, G\ge K_{\max}\end{cases}. \quad (4.177)$$

Якщо ж в зробленому припущенні щодо форми нечіткості критеріального показника звернутися до методу на основі інтервальної методології з α-зважуванням (модифікований метод Недосєкіна – Воронова), то формула ступеня ризику набуде вигляду [18; 20; 23]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{Iw}=\begin{cases}0, G\le K_{\min}\\ R\times\left(1+(1-\alpha_1)+\frac{2(1-\alpha_1)}{\alpha_1}\times\ln(1-\alpha_1)\right), K_{\min}<G<K_{\mod}\\ R, G=K_{\mod}\\ 1-(1-R)\left(1+(1-\alpha_1)+\frac{2(1-\alpha_1)}{\alpha_1}\times\ln(1-\alpha_1)\right), K_{\mod}<G<K_{\max}\\ 1, G\ge K_{\max}\end{cases}. \quad (4.178)$$

Якщо у формулах (4.174), (4.177), (4.178) показник G локалізувати в межах

параметра α_1, що означає представлення параметра R як функції від α_1, тоді вирази для показників ступеня ризику за трикутно-нечіткою оцінкою критеріального показника згідно з розглядуваними методами можуть бути записані так [19, с. 199].

Для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії:

$$Risk_{\tilde{K}}^{P} = \begin{cases} 0, G \le K_{\min} \\ S_1\alpha_1^2, K_{\min} < G < K_{\mod} \\ S_1, G = K_{\mod} \\ 1 - S_1\alpha_1^2, K_{\mod} < G < K_{\max} \\ 1, G \ge K_{\max} \end{cases}, \quad (4.179)$$

при цьому

$$S_1 = \begin{cases} \dfrac{K_{\mod} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, K_{\min} < G \le K_{\mod} \\ \dfrac{K_{\max} - K_{\mod}}{K_{\max} - K_{\min}}, K_{\mod} < G < K_{\max} \end{cases}. \quad (4.180)$$

Для методу за допомогою інтервальної за α-рівнями методології без зважування:

$$Risk_{\tilde{K}}^{I} = \begin{cases} 0, G \le K_{\min} \\ S_1 \times [\alpha_1 + (1-\alpha_1) \times \ln(1-\alpha_1)], K_{\min} < G < K_{\mod} \\ S_1, G = K_{\mod} \\ 1 - S_1[\alpha_1 + (1-\alpha_1) \times \ln(1-\alpha_1)], K_{\mod} < G < K_{\max} \\ 1, G \ge K_{\max} \end{cases}. \quad (4.181)$$

Для методу згідно з інтервальною за α-рівнями методологією з α-зважуванням:

$$Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = \begin{cases} 0, G \le K_{\min} \\ S_1 \times [\alpha_1 + \alpha_1(1-\alpha_1) + 2(1-\alpha_1) \times \ln(1-\alpha_1)], K_{\min} < G < K_{\mod} \\ S_1, G = K_{\mod} \\ 1 - S_1 \times [\alpha_1 + \alpha_1(1-\alpha_1) + 2(1-\alpha_1) \times \ln(1-\alpha_1)], K_{\mod} < G < K_{\max} \\ 1, G \ge K_{\max} \end{cases}. \quad (4.182)$$

Для потреб теоретичного аналізу форма запису на основі виразів (4.179), (4.181), (4.182) в цілому є більш зручною, ніж вихідний варіант.

В теоретичному аспекті також може виявитися корисним спосіб запису розглядуваних оцінок ступеня ризику як функції від параметра, який при зміні нормативу G в межах носія нечіткої оцінки критеріального показника змінюється на

нормованому проміжку. Після відповідних перетворень вихідних формул в цьому разі мають місце такі вирази [19, с. 200].

Для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії:

$$Risk_{\tilde{K}}^{P} = \begin{cases} 1, \beta \le -1 \\ 1 - S_1(1-\beta)^2, -1 < \beta < 0 \\ S_1, \beta = 0 \\ S_1(1-\beta)^2, 0 < \beta < 1 \\ 0, \beta \ge 1 \end{cases}, \tag{4.183}$$

при цьому

$$S_1 = \begin{cases} \dfrac{K_{\max} - K_{\mathrm{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}, -1 < \beta < 0 \\ \dfrac{K_{\mathrm{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, 0 \le \beta < 1 \end{cases}, \tag{4.184}$$

$$\beta = \begin{cases} \dfrac{K_{\mathrm{mod}} - G}{K_{\max} - K_{\mathrm{mod}}}, K_{\mathrm{mod}} \le G \\ \dfrac{K_{\mathrm{mod}} - G}{K_{\mathrm{mod}} - K_{\min}}, G < K_{\mathrm{mod}} \end{cases}. \tag{4.185}$$

Для методу за допомогою інтервальної за α-рівнями методології без зважування:

$$Risk_{\tilde{K}}^{I} = \begin{cases} 1, \beta \le -1 \\ 1 - S_1[(1-\beta) + \beta \times \ln \beta], -1 < \beta < 0 \\ S_1, \beta = 0 \\ S_1 \times [(1-\beta) + \beta \times \ln \beta], 0 < \beta < 1 \\ 0, \beta \ge 1 \end{cases}. \tag{4.186}$$

Для методу згідно з інтервальною за α-рівнями методологією з α-зважуванням:

$$Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = \begin{cases} 1, \beta \le -1 \\ 1 - S_1 \times [(1-\beta) + \beta(1-\beta) + 2\beta \times \ln \beta], -1 < \beta < 0 \\ S_1, \beta = 0 \\ S_1 \times [(1-\beta) + \beta(1-\beta) + 2\beta \times \ln \beta], 0 < \beta < 1 \\ 0, \beta \ge 1 \end{cases}. \tag{4.187}$$

Неважко впевнитися, що між результатами оцінювання ступеня ризику за допомогою аналізованих альтернативних методів в ситуації трикутної нечіткості критеріального показника має місце така система співвідношень [18; 20; 23].

1. Якщо $G \le K_{\min}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = Risk_{\tilde{K}}^{I} = Risk_{\tilde{K}}^{P} = 0$.

2. Якщо $K_{\min} < G < K_{\mod}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^{Iw} < Risk_{\tilde{K}}^{I} < Risk_{\tilde{K}}^{P}$. При цьому $Risk_{\tilde{K}}^{I} - Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = Risk_{\tilde{K}}^{P} - Risk_{\tilde{K}}^{I}$. Тобто $Risk_{\tilde{K}}^{I} = \frac{1}{2}(Risk_{\tilde{K}}^{P} + Risk_{\tilde{K}}^{Iw})$.

3. Якщо $G = K_{\mod}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = Risk_{\tilde{K}}^{I} = Risk_{\tilde{K}}^{P} = \frac{K_{\mod} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}$.

4. Якщо $K_{\mod} < G < K_{\max}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^{P} < Risk_{\tilde{K}}^{I} < Risk_{\tilde{K}}^{Iw}$. При цьому $Risk_{\tilde{K}}^{I} - Risk_{\tilde{K}}^{P} = Risk_{\tilde{K}}^{Iw} - Risk_{\tilde{K}}^{I}$. Тобто $Risk_{\tilde{K}}^{I} = \frac{1}{2}(Risk_{\tilde{K}}^{P} + Risk_{\tilde{K}}^{Iw})$.

5. Якщо $G \ge K_{\max}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^{P} = Risk_{\tilde{K}}^{I} = Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = 1$.

Доповнити уявлення за досліджуваним питанням дозволяє розгляд границь розбіжностей в оцінках ступеня ризику в разі використання альтернативних методів. Враховуючи наведені вище закономірності, аналіз зазначених границь достатньо обмежити будь-якою двійкою з розглядуваних альтернативних методів. Звернемося, наприклад, до методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу Недосєкіна – Воронова.

Нехай Z_L^{P-I}, Z_R^{P-I} – максимальне значення модуля розбіжності між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу Недосєкіна – Воронова на проміжку відповідно $K_{\min} < G < K_{\mod}$ та $K_{\mod} < G < K_{\max}$. Показники Z_L^{P-I}, Z_R^{P-I} визначають такі рівності [20; 23]:

$$Z_L^{P-I} = \alpha_1^*(1-\alpha_1^*)\frac{K_{\mod} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, \tag{4.188}$$

$$Z_R^{P-I} = \alpha_1^*(1-\alpha_1^*)\frac{K_{\max} - K_{\mod}}{K_{\max} - K_{\min}}, \tag{4.189}$$

де α_1^* – значення параметра α_1 для якого справедливо: $\ln(1-\alpha_1^*) = -2\alpha_1^*$.

Виходячи з того, що $\alpha_1^* \approx 0{,}797$, можна записати співвідношення для наближеного розрахунку показників Z_L^{P-I}, Z_R^{P-I} [20; 23]:

$$Z_L^{P-I} \approx 0{,}162\frac{K_{\mod} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, \tag{4.190}$$

$$Z_R^{P-I} \approx 0{,}162\frac{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}{K_{\max}-K_{\min}}. \qquad (4.191)$$

Дроби $\frac{K_{\mathrm{mod}}-K_{\min}}{K_{\max}-K_{\min}}$, $\frac{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}{K_{\max}-K_{\min}}$ у виразах (4.188), (4.189) можна розцінювати як характеристику асиметричності відповідної трикутно-нечіткої оцінки критерію K. Очевидно, що для них виконуються співвідношення:

$$0 \le \frac{K_{\mathrm{mod}}-K_{\min}}{K_{\max}-K_{\min}} \le 1, \qquad (4.192)$$

$$0 \le \frac{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}{K_{\max}-K_{\min}} \le 1, \qquad (4.193)$$

$$\frac{K_{\mathrm{mod}}-K_{\min}}{K_{\max}-K_{\min}} + \frac{K_{\max}-K_{\mathrm{mod}}}{K_{\max}-K_{\min}} = 1. \qquad (4.194)$$

З наведених вище виразів випливає, що за трикутної нечіткості критерію K можлива розбіжність в оцінках ступеня ризику при застосуванні методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу Недосєкіна - Воронова в загальному випадку знаходиться в межах від 0 до приблизно 0,162. У разі ж симетрично-трикутних оцінок критерію K коридор можливих розбіжностей максимально звужується і становить від 0 до приблизно 0,081.

Доцільно унаочнити закономірності щодо співвідношень між результатами оцінювання ступеня ризику на основі альтернативних методів в межах методології можливісної міри за допомогою умовної розрахункової ситуації [19].

Нехай показник економічної ефективності деякої діяльності підприємства (поточне виробництво, інвестиційний проект, фінансові інвестиції) характеризується трикутною нечіткістю, млн гр. од.: $\tilde{K} = (-5, 10, 20)$.

Необхідно знайти ризик-функції за нормативом ефективності G для альтернативних методів кількісного оцінювання ступеня ризику, відповідно $Risk_{\tilde{K}}^{P}(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^{I}(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^{Iw}(G)$.

Визначення шуканих ризик-функцій дозволяє отримати результати, відображені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Ризик-функції за нормативом G для вимірювання ризику за допомогою альтернативних методів на основі можливісної міри

Норматив G	Значення ступеня господарського ризику в межах альтернативних варіантів можливісної міри:		
	для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії	для методу Недосєкіна – Воронова	для модифікованого методу Недосєкіна – Воронова
-5	0	0	0
0	0,067	0,038	0,009
5	0,267	0,180	0,094
10	0,600	0,600	0,600
15	0,900	0,939	0,977
20	1	1	1

Джерело: розраховано автором [19, с. 202]

На рис. 4.1 показано графіки аналізованих ризик-функцій.

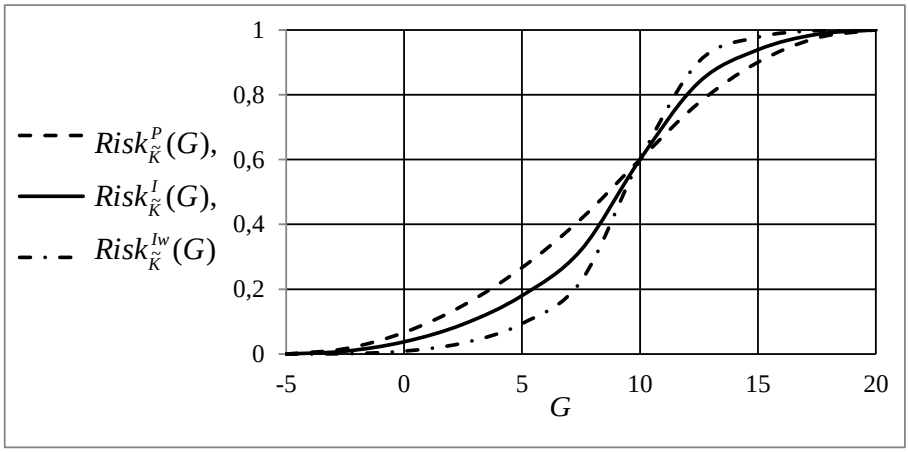


Рис. 4.1. Ризик-функції $Risk_{\tilde{K}}^{P}(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^{I}(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^{Iw}(G)$

Джерело: на основі розрахунків автора [19, с. 202]

Дані табл. 4.1 і рис. 4.1 підтверджують репрезентовані вище відомості щодо співвідношень між оцінками ступеня ризику згідно з вихідною і модифікованою версіями методу Недосєкіна – Воронова, а також методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії.

Наступним кроком у порівняльному аналізі альтернативних методів вимірювання ризику має бути деталізоване дослідження величини розбіжностей між результатами їх застосування в межах практично значущого (релевантного) проміжку зміни нормативу критеріального показника. Як і вище, керуючись при

цьому тими самими міркуваннями, обмежимо пропоноване дослідження двома з трьох розглядуваних методів: методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методом Недосєкіна – Воронова. Передбачуваний поглиблений аналіз розбіжностей між альтернативними оцінками ступеня ризику потребує введення відповідної функції. Якщо зіставляти між собою оговорені методи, то для проміжку зміни нормативу G від $K_{\min}$ до K_{mod} зазначена функція розбіжностей може бути подана в такий спосіб [13, с. 108]:

$$\Delta_I^P(\alpha_1, S_1) = \begin{cases} 0,\ \alpha_1 = 0,\ S_1 \in [0,1] \\ S_1[\alpha_1^2 - \alpha_1 - (1-\alpha_1)\ln(1-\alpha_1)],\ \alpha_1 \in (0,1),\ S_1 \in [0,1] \\ 0,\ \alpha_1 = 1,\ S_1 \in [0,1] \end{cases}, \tag{4.195}$$

де $\Delta_I^P = \Delta_I^P(\alpha_1, S_1)$ – функція розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу Недосєкіна – Воронова, при цьому $\alpha_1 = \alpha_1(G)$.

Сформульовану вище функцію розбіжностей можна записати дещо інакше [13, с. 108]:

$$\Delta_I^P(\alpha_1, S_1) = S_1 \Delta_I^P(\alpha_1), \tag{4.196}$$

$$\alpha_1 \in [0,1],\ S_1 \in [0,1],$$

$$\Delta_I^P(\alpha_1) = \begin{cases} 0,\ \alpha_1 = 0, \\ [\alpha_1^2 - \alpha_1 - (1-\alpha_1)\ln(1-\alpha_1)],\ \alpha_1 \in (0,1). \\ 0,\ \alpha_1 = 1, \end{cases} \tag{4.197}$$

Максимальні розбіжності на множині визначення функції $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1)$ досягаються, якщо $S_1 = 1$. Максимальне значення на множині визначення функція $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = const)$ набуває для значення α_1^*, для якого справедливо [20; 23, с. 677–678]: $\ln(1-\alpha_1^*) = -2\alpha_1^*$, $\alpha_1^* \approx 0{,}797$. При цьому на проміжку від 0 до α_1^* функція $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = const)$ строго зростає, а на проміжку від α_1^* до 1 – строго спадає.

На рис. 4.2 зображено графік функції $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = const)$ для $S_1 = 1$ і $S_1 = 0{,}5$.

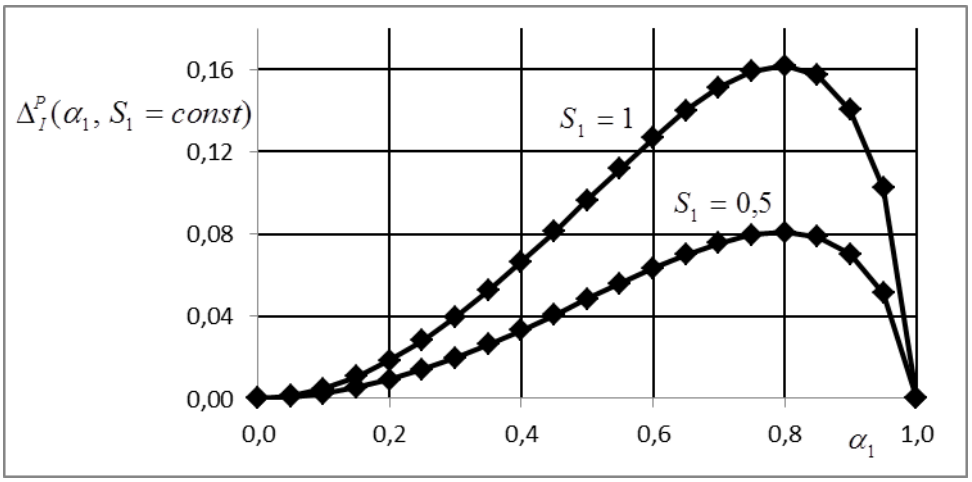


Рис. 4.2. Графік сформульованої автором функції розбіжностей між альтернативними оцінками ступеня ризику $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = const)$ для $S_1 = 1$ і $S_1 = 0{,}5$

Джерело: на основі розрахунків автора [13, с. 109]

З практичної точки зору інтерес становить аналіз розбіжностей в межах якоїсь системи градацій ступеня ризику. Звернемося з цією метою до шкали, яка пропонується в роботі [28] (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Шкала градацій ступеня ризику

Інтервал значень ступеня ризику	Найменування інтервалу (якісна оцінка)
0,0–0,1	мінімальний
0,1–0,3	невеликий
0,3–0,4	середній
0,4–0,6	високий
0,6–0,8	максимальний
0,8–1,0	критичний

Джерело: [28, с. 114]

У табл. 4.3 відображено результати оцінювання розбіжностей в оцінках ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу Недосєкіна – Воронова в межах шестирівневої шкали градацій, прийнятої вище. При цьому для кожної градації ступеня ризику обчислена величина середньої розбіжності, а також величина розбіжності, яка відповідає середньому значенню для даної градації.

Таблиця 4.3

Аналіз розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу на основі інтервальної за α -рівнями методології без зважування в межах шестирівневої шкали ($S_1 = 1$)

Інтервал значень (градація) ступеня ризику	Найменування або якісна ідентифікація інтервалу (градації)	Інтервал значень параметра α_1, що відповідає даній градації ступеня ризику	Середня величина розбіжності для даного інтервалу	Значення параметра α_1, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику	Величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику
0,0 – 0,1	мінімальний	0,000 – 0,413	0,0249	0,299	0,0394
0,1 – 0,3	невеликий	0,413 – 0,666	0,1081	0,563	0,1157
0,3 – 0,4	середній	0,666 – 0,748	0,1521	0,709	0,1529
0,4 – 0,6	високий	0,748 – 0,868	0,1598	0,813	0,1615
0,6 – 0,8	максимальний	0,868 – 0,950	0,1328	0,913	0,1330
0,8 – 1,0	критичний	0,950 – 1,000	0,0632	0,980	0,0586

Джерело: сформульовано й розраховано автором [13, с. 109]

В основу представленого в табл. 4.3 аналізу було покладено такі припущення:

1) параметр S_1 зафіксовано на рівні 1;

2) відповідність між параметром α_1 і градаціями ступеня ризику визначалася для методу Недосєкіна – Воронова (тобто його обрано як базу порівняння);

3) оцінювання середньої величини розбіжності між альтернативними оцінками ступеня ризику в межах його окремих градацій здійснювалося на основі співвідношення:

$$AD_I^P(\alpha_1^*, \alpha_1^{**}, S_1) = \frac{S_1}{\alpha_1^{**} - \alpha_1^*} \int_{\alpha_1^*}^{\alpha_1^{**}} \Delta_I^P(\alpha_1) d\alpha_1, \qquad (4.198)$$

$$\{\alpha_1^*, \alpha_1^{**}\} \in [0,1],\ \alpha_1^* < \alpha_1^{**},$$

де $AD_I^P(\alpha_1^*, \alpha_1^{**}, S_1)$ – середня величина розбіжності в оцінках ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу Недосєкіна – Воронова в межах проміжку значень параметра α_1 від α_1^* до α_1^{**} і заданого значення параметра S_1.

Наприклад, якщо взяти градацію, яка відповідає мінімальному ступеню

ризику, то обчислення середньої величини розбіжності в межах зроблених раніше припущень згідно з наведеним співвідношенням має вигляд:

$$AD_I^P(0,\,0{,}413,\,1) = \frac{1}{0{,}413}\int_0^{0{,}413}[\alpha_1^2 - \alpha_1 - (1-\alpha_1)\ln(1-\alpha_1)]d\alpha_1 \approx 0{,}0249.$$

Аналіз даних табл. 4.3 дозволяє дійти таких висновків:

- для градації, яка відповідає мінімальному ступеню ризику в межах прийнятої шкали, можливі розбіжності для порівнюваних методів з погляду їх значущості для прийняття управлінського рішення не є критичними, оскільки в середньому вони становлять 0,0249, тобто трохи менше 2,5 відсоткових пункти. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації, дорівнює 0,0394. Можна до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,0703. В цілому це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова виявиться мінімальним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він буде або також мінімальним, або невеликим, ближче до мінімального, ніж до середнього;
- для градації, яка відповідає невеликому ступеню ризику, можливі розбіжності в межах порівнюваних методів є такими, що вони здатні вплинути на управлінське рішення, оскільки в середньому вони становлять 0,1081, тобто трохи більше 10,8 відсоткових пункти. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації, дорівнює 0,1157. Доцільно до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,1438. Це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова буде невеликим, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він з великою можливістю може виявитися середнім. Також існує можливість того, що останній метод покаже високий ступінь ризику;
- в разі, якщо ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова виявиться середнім, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він гарантовано буде високим, оскільки для лівого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність між альтернативними оцінками ступеня ризику

становить, як вже було зазначено вище, близько 0,1438.

Проведений вище аналіз здійснювався в припущенні, що $S_1 = 1$, яке є похідним від граничної за своїм характером умови, згідно з якою $K_{\text{mod}} = K_{\max}$. Очевидно, що як більш реалістичну або поширену слід розцінювати ситуацію, коли $K_{\text{mod}} < K_{\max}$ і, відповідно, $S_1 < 1$. Виходячи з гіпотези про принципове переважання небажаних відхилень від найбільш очікуваного сценарію в межах деякої господарської діяльності або заходу, покладемо значення параметра S_1 рівним 0,75. Тоді кількісні характеристики розбіжностей в оцінках ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу Недосєкіна – Воронова набудуть значень, які наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Аналіз розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу на основі інтервальної за α-рівнями методології без зважування в межах шестирівневої шкали ($S_1 = 0{,}75$)

Інтервал значень (градація) ступеня ризику	Найменування або якісна ідентифікація інтервалу (градації)	Інтервал значень параметра α_1, що відповідає даній градації ступеня ризику	Середня величина розбіжності для даного інтервалу	Значення параметра α_1, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику	Величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику
0,00 – 0,10	мінімальний	0,000 – 0,470	0,0236	0,343	0,0380
0,10 – 0,30	невеликий	0,470 – 0,747	0,0953	0,634	0,1019
0,30 – 0,40	середній	0,747 – 0,833	0,1207	0,793	0,1214
0,40 – 0,60	високий	0,833 – 0,950	0,1050	0,899	0,1056
0,60 – 0,75	максимальний	0,950 – 1,000	0,0474	0,980	0,0440
0,75 – 0,80	максимальний	Дані значення ступеня ризику в межах прийнятих припущень ($K_{\min} \le G \le K_{\text{mod}}$, $S_1 = 0{,}75$) не досягаються.			
0,80 – 1,00	критичний				

Джерело: сформульовано й розраховано автором [13, с. 110]

Аналіз даних табл. 4.4 показує, що зниження значення параметра S_1 до 0,75 в межах градацій мінімального і невеликого ризику майже не змінює порівняно з попередньою ситуацією ($S_1 = 1$) рівень узгодженості/неузгодженості між якісними інтерпретаціями (розпізнаваннями) оцінок ступеня ризику, отриманих за допомогою

альтернативних методів. Середня величина розбіжності в межах зазначених градацій становить відповідно 0,0236 і 0,0953. Величина розбіжності для середнього значення в межах даних градацій дорівнює відповідно 0,0380 і 0,1019. Додамо до цього, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваних градацій розбіжність становить відповідно 0,0655 і 0,1190. Тобто в розглядуваній ситуації, так само, як це мало місце для $S_1 = 1$, якщо ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова виявиться мінімальним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він буде або також мінімальним, або невеликим, ближче до мінімального, ніж до середнього. Якщо ж ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова буде невеликим, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він з великою можливістю може виявитися середнім.

Також, якщо за умови $S_1 = 0{,}75$ ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова виявиться середнім, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він гарантовано буде високим, з тенденцією ближче до середнього, ніж до максимального, оскільки для лівого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність між альтернативними оцінками ступеня ризику дорівнює, як вже було зазначено вище, близько 0,1190, середня величина розбіжності в межах даної градації становить близько 0,1207, а для правого кінця аналізованої градації розбіжність дорівнює близько 0,1198.

Зрозуміло, що використана в межах проведеного аналізу шкала градацій ступеня ризику не є єдино можливою або універсальною. Самими її розробниками – І.Г. Лапустою та Л.Г. Шаршуковою – вона, з одного боку, репрезентується як результат емпіричного узагальнення, а з іншого боку, автори шкали підкреслюють її умовний характер. З приводу останнього вони, зокрема, зауважують [28, с. 114]: “У будь-якому випадку, остаточне рішення щодо допустимої для конкретної угоди ймовірності небажаного результату залишається за підприємцем”.

Поряд з шкалою, запропонованою І.Г. Лапустою та Л.Г. Шаршуковою, окремий інтерес становить шкала градацій ступеня ризику, яка використовується в роботі О.О. Недосєкіна і З.І. Абдулаєвої [1, с. 75]. Пріоритетною сферою її застосування, як можна судити на основі змісту зазначеної публікації, слід вважати

проекти реального інвестування та інвестиційно-інноваційну діяльність підприємства. Порівняно з попередньою шкалою дана шкала висуває більш жорсткі вимоги стосовно рівня ризику, який припускає рішення на користь реалізації аналізованої господарської діяльності або заходу (проекту), і містить у своєму складі три градації:

- прийнятний ризик, який визначається ступенем ризику менше 10 %;
- граничний ризик, якому відповідає величина ризику від 10 % до 20 %;
- неприйнятний ризик, якщо ступінь ризику перевищує 20 %.

Доцільно проаналізувати розбіжності в оцінках ступеня ризику для альтернативних нечітко-множинних методів в межах представленої трирівневої шкали. Одержані результати відображені в табл. 4.5. Керуючись міркуваннями, наведеними раніше, параметр S_1 при цьому було зафіксовано на рівні 0,75.

Таблиця 4.5

Аналіз розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії і методу на основі інтервальної за α-рівнями методології без зважування в межах трирівневої шкали ($S_1 = 0{,}75$)

Інтервал значень (градація) ступеня ризику	Найменування або якісна ідентифікація інтервалу (градації)	Інтервал значень параметра α_1, що відповідає даній градації ступеня ризику	Середня величина розбіжності для даного інтервалу	Значення параметра α_1, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику	Величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику
0,00 – 0,10	прийнятний	0,000 – 0,470	0,0236	0,343	0,0380
0,10 – 0,20	граничний	0,470 – 0,635	0,0842	0,560	0,0861
0,20 – 0,75	неприйнятний	0,635 – 1,000	0,1028	0,884	0,1105
0,75 – 1,00	неприйнятний	Дані значення ступеня ризику в межах прийнятих припущень ($K_{\min} \le G \le K_{\mod}$, $S_1 = 0{,}75$) не досягаються.			

Джерело: сформульовано й розраховано автором [13, с. 111]

Аналіз даних табл. 4.5 дає можливість зробити такі висновки:

- для градації, яка відповідає прийнятному ступеню ризику, можливі розбіжності для порівнюваних альтернативних методів в середньому становлять близько 0,0236. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому

значенню для даної градації, дорівнює близько 0,0380. Можна до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,0655. Це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова виявиться прийнятним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії в більшості випадків він буде також прийнятним, в решті випадків – граничним, за мізерним виключенням ближче до прийнятного, ніж до неприйнятного;

- для градації, яка відповідає граничному ступеню ризику, можливі розбіжності в межах порівнюваних методів в середньому становлять 0,0842. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації, дорівнює 0,0861. Доцільно до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,1021. В цілому це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова буде граничним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він в більшості випадків буде неприйнятним, в решті (приблизно в 30 %) випадків – також граничним.

Представлені вище підходи до вимірювання ризику в межах можливісного методологічного напряму не вичерпують досліджувану проблему. З міркувань розвитку зазначеної методології нами був сформульований нечітко-множинний метод оцінювання ступеня ризику на основі комбінованої версії можливісної міри, яка у формальному аспекті поєднує в собі ідею теоретико-ймовірнісної аналогії й інтервальну за α -рівнями з α -зважуванням методологію [19].

Загальна формула ступеня ризику за нечіткою оцінкою критеріального показника згідно з комбінованою можливісною мірою ($Risk_{\tilde{K}}^{PIw}$) має вигляд:

$$Risk_{\tilde{K}}^{PIw} = \frac{\int_0^{\mu_{\tilde{K}}(G)} f^{-}(\alpha) w(\alpha) d\alpha}{\int_0^1 f(\alpha) w(\alpha) d\alpha}, \qquad (4.199)$$

при цьому

$$f^{-}(\alpha)=\begin{cases}0, G \le \underline{K}^{\alpha} \\ G-\underline{K}^{\alpha}, \underline{K}^{\alpha} < G < \overline{K}^{\alpha} \\ \overline{K}^{\alpha}-\underline{K}^{\alpha}, G \ge \overline{K}^{\alpha}\end{cases}, \tag{4.200}$$

$$f(\alpha)=\overline{K}^{\alpha}-\underline{K}^{\alpha}, \tag{4.201}$$

$$w(\alpha)=\frac{\alpha}{\int_0^1 \alpha d\alpha}, \tag{4.202}$$

$$\alpha \in [0,1], \tag{4.203}$$

або, враховуючи, що $w(\alpha)=2\alpha$,

$$Risk_{\tilde{K}}^{PIw}=\frac{\int_0^{\mu_{\tilde{K}}(G)} f^{-}(\alpha)\alpha d\alpha}{\int_0^1 f(\alpha)\alpha d\alpha}, \tag{4.204}$$

де $\mu_{\tilde{K}}(G)$ – значення функції належності нечіткої оцінки критерію K у разі, коли $K=G$;

$w(\alpha)$ – ваговий коефіцієнт, який відповідає проміжним кількісним характеристикам оцінюваного ступеня ризику для рівня належності α.

Якщо має місце трикутна нечіткість критерію K, ступінь ризику в межах розглядуваного підходу виражає формула:

$$Risk_{\tilde{K}}^{PIw}=\begin{cases}0, G \le K_{\min} \\ \alpha_1^2 R, K_{\min} < G < K_{\mathrm{mod}} \\ R, G = K_{\mathrm{mod}} \\ 1-\alpha_1^2(1-R), K_{\mathrm{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, G \ge K_{\max}\end{cases}, \tag{4.205}$$

або

$$Risk_{\tilde{K}}^{PIw}=\begin{cases}0, G \le K_{\min} \\ S_1\alpha_1^3, K_{\min} < G < K_{\mathrm{mod}} \\ S_1, G = K_{\mathrm{mod}} \\ 1-S_1\alpha_1^3, K_{\mathrm{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, G \ge K_{\max}\end{cases}. \tag{4.206}$$

За умови симетрично-трикутної нечіткості критерію K оцінка ступеня ризику на основі комбінованої можливісної міри може бути представлена, так само, як і в

разі інших методів, як залежність від введеного О.О. Недосєкіним у роботі [35] коефіцієнта стійкості:

$$Risk_{\tilde{K}}^{PIw}(\lambda)=\begin{cases}1, \lambda \le -1\\ 1-\frac{1}{2}(1+\lambda)^3, -1<\lambda<0\\ 0{,}5, \lambda=0\\ \frac{1}{2}(1-\lambda)^3, 0<\lambda<1\\ 0, \lambda \ge 1\end{cases}, \tag{4.207}$$

при цьому

$$\lambda=(K_{av}-G)/\Delta, \tag{4.208}$$

де λ – коефіцієнт стійкості;

K_{av} – середнє значення в межах симетрично-трикутної оцінки критерію K;

$\Delta=K_{av}-K_{\min}=K_{\max}-K_{av}$ – розкид можливих значень критерію K від середнього.

У ситуації довільної нечіткості критеріального показника, яка передбачає його дискретно-інтервальне подання, кількісне оцінювання ризику за допомогою комбінованої можливісної міри слід здійснювати за формулою:

$$Risk_{\tilde{K}}^{PIw}=\frac{\sum_{i=1}^{N} f^{-}(\alpha_i)\times\alpha_i}{\sum_{i=1}^{N} f(\alpha_i)\times\alpha_i}, \tag{4.209}$$

при цьому

$$f^{-}(\alpha_i)=\begin{cases}0, G \le \underline{K}^{\alpha_i}\\ G-\underline{K}^{\alpha_i}, \underline{K}^{\alpha_i}<G<\overline{K}^{\alpha_i}\\ \overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i}, G \ge \overline{K}^{\alpha_i}\end{cases}, \tag{4.210}$$

$$f(\alpha_i)=\overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i}, \tag{4.211}$$

$$\alpha_i=i/N,\ i=\overline{1,N}. \tag{4.212}$$

В межах формування попередніх уявлень про властивості запропонованого методу доцільно розглянути його застосування на конкретних числових даних. Звернемося з цією метою до умовного прикладу, який використовувався вище.

Отже, маючи трикутно-нечіткий показник економічної ефективності деякої діяльності або заходу підприємства, млн гр. од.: $\tilde{K} = (-5, 10, 20)$, необхідно знайти ризик-функцію за нормативом ефективності G для методу кількісного оцінювання ризику на основі комбінованої можливісної міри – $Risk_{\tilde{K}}^{PIw}(G)$.

Відповідні розрахунки дозволили отримати результати, які наводяться у табл. 4.6.

Таблиця 4.6

Ризик-функція за нормативом G для вимірювання ризику за допомогою комбінованої можливісної міри

G	$Risk_{\tilde{K}}^{PIw}(G)$	G	$Risk_{\tilde{K}}^{PIw}(G)$
-5	0,000	10	0,600
-2,5	0,003	12,5	0,831
0	0,022	15	0,950
2,5	0,075	17,5	0,994
5	0,178	20	1,000
7,5	0,347	–	–

Джерело: розраховано автором [19, с. 205]

Порівняння даних табл. 4.1 і табл. 4.6 показує взаємну близькість оцінок ступеня ризику на основі розглядуваного методу й методу Недосєкіна – Воронова.

Графіки, зображені на рис. 4.3, дозволяють також спостерігати подібність конфігурацій ризик-функцій для цих методів.

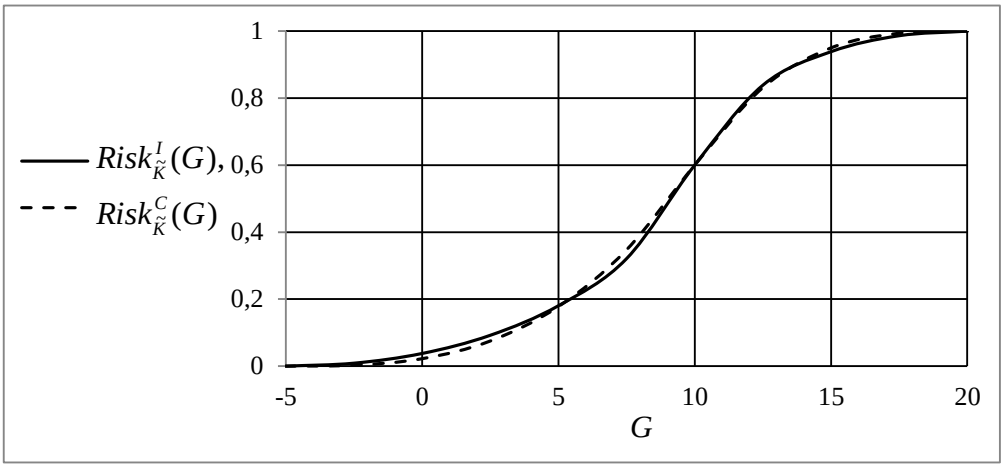


Рис. 4.3. Ризик-функції $Risk_{\tilde{K}}^{I}(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^{PIw}(G)$

Джерело: на основі розрахунків автора [19, с. 205]

Очевидний інтерес становить питання щодо границь розбіжностей в оцінках ступеня ризику в разі використання методу на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосєкіна – Воронова.

Нехай $Z_L^{PIw\_I}$, $Z_R^{PIw\_I}$ – максимальне значення модуля розбіжності між оцінками ступеня ризику для методу на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосєкіна – Воронова на проміжку відповідно $K_{\min} < G < K_{\mathrm{mod}}$ та $K_{\mathrm{mod}} < G < K_{\max}$. Після виконання необхідних аналітичних процедур одержуємо:

$$Z_L^{PIw\_I} = \alpha_1^*(1-\alpha_1^*)(2\alpha_1^* - 1)\frac{K_{\mathrm{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, \tag{4.213}$$

$$Z_R^{PIw\_I} = \alpha_1^*(1-\alpha_1^*)(2\alpha_1^* - 1)\frac{K_{\max} - K_{\mathrm{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}, \tag{4.214}$$

де α_1^* – те значення з двох значень локального екстремуму параметра α_1 на проміжку відповідно $K_{\min} < G < K_{\mathrm{mod}}$ та $K_{\mathrm{mod}} < G < K_{\max}$ для функції розбіжності між оцінками ступеня ризику на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосєкіна – Воронова, яке визначає на кожному з цих проміжків максимальну за модулем розбіжність. Згідно зі способом свого знаходження α_1^* є одним з двох розв'язків рівняння: $\ln(1-\alpha_1^*) = -3\alpha_1^{*2}$, яке відповідає зазначеній умові максимального модуля розбіжності.

Зафіксувавши параметр α_1^* на рівні 0,922, можна знайти наближені рівності для показників $Z_L^{PIw\_I}$, $Z_R^{PIw\_I}$:

$$Z_L^{PIw\_I} \approx 0{,}061\frac{K_{\mathrm{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, \tag{4.215}$$

$$Z_R^{PIw\_I} \approx 0{,}061\frac{K_{\max} - K_{\mathrm{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}. \tag{4.216}$$

З наявних виразів випливає, що за трикутної нечіткості критерію K можлива розбіжність в оцінках ступеня ризику при застосуванні методу на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосєкіна – Воронова в загальному випадку знаходиться в межах від 0 до приблизно 0,061. В разі ж симетрично-трикутних оцінок критерію K коридор можливих розбіжностей максимально звужується і становить від 0 до приблизно 0,0305.

4.3. Вимірювання ризику інвестиційних проектів в ситуації одночасної нечіткості критерію економічної ефективності та його нормативу

Одночасно з нечіткістю оцінок критеріїв економічної ефективності реальних інвестицій може мати місце нечіткість їх нормативів. Нечіткість нормативів поряд з нечіткістю критеріїв ускладнює задачу оцінювання ступеня ризику. Для методу вимірювання ризику на основі інтервальної за рівнями належності (α-рівневої) методології без зважування (методу Недосєкіна – Воронова) це питання досліджувалося О.О. Недосєкіним [34], а також А.М. Кокошем [11], у результаті чого ними були знайдені відповідні розрахункові формули. Згодом ці індивідуальні здобутки були узагальнені і доповнені в їх спільній публікації [37]. Якщо звернутися до нечітко-множинного методу оцінювання ступеня ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії, то для нього порушена проблема ще не отримала свого належного вирішення. Виходячи з безсумнівної важливості забезпечення повноти методичного апарату вимірювання ризику в разі нечітких вихідних даних, у роботах [12; 26] (див. також [15]) нами було реалізоване завдання усунення зазначеної прогалини. Представимо далі найзначущі з одержаних у межах цього результатів.

Відразу оговоримо, що без зниження рівня загальності пропонований нижче аналіз відповідних методів кількісного оцінювання ризику обмежується випадком критеріальних показників, які оптимізуються в напрямі їх максимуму, тобто мають додатний (позитивний) інгредієнт. Очевидним чином, всі наведені при цьому розрахункові формули передбачають адаптацію стосовно критеріїв з від'ємним (негативним) інгредієнтом.

Спочатку доцільно розглянути ситуацію довільної нечіткості оцінки критеріального показника поряд з детермінованим (точковим) значенням його нормативного рівня. При цьому тут і далі як основний будемо використовувати дискретно-інтервальний за рівнями належності з однаковим кроком дискретизації спосіб представлення нечітких оцінок досліджуваних показників.

Для методу вимірювання ризику на основі інтервальної за рівнями належності (α-рівневої) методології без зважування (методу Недосєкіна – Воронова) ступінь

ризику в межах зазначеної ситуації виражає формула [33]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{I} = \Delta\alpha \times \sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}}(\alpha_i), \tag{4.217}$$

при цьому

$$\varphi_{\tilde{K}}(\alpha_i) = \begin{cases} 0, G \le \underline{K}^{\alpha_i} \\ \dfrac{G - \underline{K}^{\alpha_i}}{\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}}, \underline{K}^{\alpha_i} < G < \overline{K}^{\alpha_i} \\ 1, G \ge \overline{K}^{\alpha_i} \end{cases}, \tag{4.218}$$

$$\Delta\alpha = 1/n, \tag{4.219}$$

$$\alpha_i = i \times \Delta\alpha, \tag{4.220}$$

$$i = \overline{1, n},$$

де $Risk_{\tilde{K}}^{I}$ – ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова в разі нечіткості критеріального показника й детермінованого значення нормативу;

K – критерій економічної ефективності аналізованої господарської діяльності (інвестиційного проекту);

$\tilde{K}$ – нечітка оцінка критерію K;

G – нормативний рівень (норматив) критерію K;

$\Delta\alpha$ – крок дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки критерію K;

i – індекс інтервалу достовірності в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки критерію K;

n – кількість кроків дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки критерію K;

α_i – значення функції належності для i-го інтервалу достовірності в дискретно-інтервальному представленні нечіткої оцінки критерію K;

$\varphi_{\tilde{K}}(\alpha_i)$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K для рівня належності α_i;

$\underline{K}^{\alpha_i}$, $\overline{K}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу для нечіткої оцінки критерію K, який відповідає рівню належності α_i.

Формула (4.217)–(4.220) ґрунтується на наближеному знаходженні

відповідного інтеграла за допомогою методу правих прямокутників. Цей же підхід використовуватиметься й у подальшому викладенні.

Для методу вимірювання ризику на основі інтервальної за рівнями належності (α-рівневої) методології із α-зважуванням або модифікованого методу Недосєкіна – Воронова, який передбачає зважування локальних за рівнями належності оцінок ризику, ступінь ризику стосовно довільно нечіткої оцінки критерію економічної ефективності в разі детермінованого значення нормативу слід розраховувати за формулою [8; 18; 20; 23]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{Iw} = \sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}}(\alpha_i) \times w(\alpha_i), \tag{4.221}$$

при цьому

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i}, \tag{4.222}$$

$$\alpha_i = i/n, \tag{4.223}$$

$$i = \overline{1, n}.$$

де $Risk_{\tilde{K}}^{Iw}$ – ступінь ризику згідно з модифікованим методом Недосєкіна – Воронова в разі нечіткості критерію K й детермінованого значення нормативу G;

$w(\alpha_i)$ – ваговий коефіцієнт, який відповідає локальній оцінці ризику для рівня належності α_i.

Звернемося тепер до підходу до вимірювання ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії. Для нього розглядувана ситуація довільної нечіткості оцінки критерію й детермінованого значення його нормативу може бути виражена співвідношенням [18; 20; 23]:

$$Risk_{\tilde{K}}^{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varphi_1(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_2(\alpha_i)}, \tag{4.224}$$

при цьому

$$\varphi_1(\alpha_i) = \begin{cases} 0, G \le \underline{K}^{\alpha_i} \\ G - \underline{K}^{\alpha_i}, \underline{K}^{\alpha_i} < G < \overline{K}^{\alpha_i} \\ \overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, G \ge \overline{K}^{\alpha_i} \end{cases}, \tag{4.225}$$

$$\varphi_2(\alpha_i) = \overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, \tag{4.226}$$

$$\alpha_i = i/n, \tag{4.227}$$

$$i = \overline{1, n},$$

де $Risk_{\tilde{K}}^{P}$ – значення ступеня ризику за нечіткою оцінкою критерію K в разі детермінованого значення нормативу G згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії.

Нечітка оцінка критеріального показника може мати форму, що не припускає інтервального за рівнями належності представлення. В цьому разі наведені вище формули для оцінювання ступеня ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії мають бути відповідним чином трансформовані виходячи з розбиття зазначеної нечіткої оцінки уздовж замикання її носія.

Розглянемо тепер ситуацію одночасної нечіткості критеріального показника та його нормативного рівня.

В межах вимірювання ризику на основі методу Недосєкіна – Воронова, якщо має місце одночасна нечіткість оцінок критерію і нормативу, які припускають аналітичну форму представлення, показник ступеня ризику слід розраховувати за формулою [34]:

$$Risk_{\tilde{\tilde{K}}\tilde{\tilde{G}}}^{I} = \int_0^1 \varphi_{\tilde{\tilde{K}}\tilde{\tilde{G}}}(\alpha) d\alpha, \tag{4.228}$$

при цьому

$$\varphi_{\tilde{\tilde{K}}\tilde{\tilde{G}}}(\alpha) = \begin{cases} 0, \overline{G}^{\alpha} \le \underline{K}^{\alpha} \\ \dfrac{(\overline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})^2}{2(\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})(\overline{G}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha})}, \underline{G}^{\alpha} < \underline{K}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} < \overline{K}^{\alpha} \\ \dfrac{(\underline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha}) + (\overline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})}{2(\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})}, \underline{K}^{\alpha} \le \underline{G}^{\alpha} \le \overline{G}^{\alpha} \le \overline{K}^{\alpha} \;\&\; \underline{K}^{\alpha} < \overline{K}^{\alpha} \\ \dfrac{(\overline{G}^{\alpha} - \overline{K}^{\alpha}) + (\overline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})}{2(\overline{G}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha})}, \underline{G}^{\alpha} \le \underline{K}^{\alpha} \le \overline{K}^{\alpha} \le \overline{G}^{\alpha} \;\&\; \underline{G}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} \\ 1 - \dfrac{(\overline{K}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha})^2}{2(\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})(\overline{G}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha})}, \underline{K}^{\alpha} < \underline{G}^{\alpha} < \overline{K}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} \\ 1, \overline{K}^{\alpha} \le \underline{G}^{\alpha} \;\&\; \underline{K}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} \end{cases}, \tag{4.229}$$

$$\alpha \in [0, 1], \tag{4.230}$$

де $Risk^{I}_{\tilde{K}\tilde{G}}$ – ступінь ризику згідно з методом Недосєкіна – Воронова за одночасної нечіткості критеріального показника K та нормативу G;

$\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha)$ – ступінь ризику для рівня належності α в разі нечітких оцінок параметрів K та G;

$\underline{K}^{\alpha}$, $\overline{K}^{\alpha}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α-рівня нечіткої оцінки критерію K;

$\underline{G}^{\alpha}$, $\overline{G}^{\alpha}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α-рівня нечіткої оцінки нормативу G.

Для модифікованого методу Недосєкіна – Воронова ступінь ризику за нечітким критерієм в разі одночасної нечіткості нормативу за умови можливості їх аналітичного представлення виражає формула [18; 20; 23]:

$$Risk^{Iw}_{\tilde{K}\tilde{G}} = \int_{0}^{1} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha) w(\alpha) d\alpha, \tag{4.231}$$

при цьому

$$w(\alpha) = \frac{\alpha}{\int_{0}^{1} \alpha d\alpha}, \tag{4.232}$$

$$\alpha \in [0,1], \tag{4.233}$$

де $Risk^{Iw}_{\tilde{K}\tilde{G}}$ – ступінь ризику згідно з модифікованим методом Недосєкіна – Воронова за одночасної нечіткості параметрів K та G;

$w(\alpha)$ – ваговий коефіцієнт, який відповідає локальній оцінці ризику для рівня належності α.

Якщо тепер звернутися до методу вимірювання ризику на основі теоретико-йомвірнісної аналогії, то для нього розглядувану ситуацію одночасної нечіткості оцінок критерію і нормативу в разі можливості їх аналітичного представлення виражає співвідношення [21, с. 66]:

$$Risk^{P}_{\tilde{K}\tilde{G}} = \iint_{(ZR)} \rho_{\tilde{K}\tilde{G}}(K,G) dZR, \tag{4.234}$$

при цьому

$$\rho_{\tilde{K}\tilde{G}}(K,G) = \frac{\mu_{\tilde{K}}(K)\mu_{\tilde{G}}(G)}{\int_{K\min}^{K\max} \mu_{\tilde{K}}(K) dK \int_{G\min}^{G\max} \mu_{\tilde{G}}(G) dG}, \tag{4.235}$$

де $Risk^{P}_{\tilde{K}\tilde{G}}$ – ступінь ризику згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії при одночасній нечіткості параметрів K та G;

$K_{\min}$, $K_{\max}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення в межах замикання носія нечіткої оцінки критерію K;

$G_{\min}$, $G_{\max}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення в межах замикання носія нечіткої оцінки нормативу G;

(ZR) – зона ризику, в якій виконується: $K < G$, $K \in [K_{\min}, K_{\max}]$, $G \in [G_{\min}, G_{\max}]$;

$\rho_{\tilde{K}\tilde{G}}$ – функція щільності можливості для системи нечітких оцінок, відповідно критерію K і нормативу G;

$\mu_{\tilde{K}}$, $\mu_{\tilde{G}}$ – функція належності для нечіткої оцінки відповідно критерію K та нормативу G.

У загальній ситуації нечітка оцінка критеріального показника має довільно нечітку форму, представлення якої здійснюється в дискретно-інтервальний за рівнями належності спосіб. Формула ступеня ризику в межах методу Недосєкіна – Воронова за умови довільної нечіткості критерію і нечіткої оцінки для нормативу, представлених в дискретно-інтервальній за рівнями належності формі, може бути записана так [37]:

$$Risk^{I}_{\tilde{K}\tilde{G}} = \Delta\alpha \times \sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i), \tag{4.236}$$

при цьому

$$\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i) = \begin{cases} 0, \overline{G}^{\alpha_i} \le \underline{K}^{\alpha_i} \\ \dfrac{(\overline{G}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i})^2}{2(\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i})(\overline{G}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i})}, \underline{G}^{\alpha_i} < \underline{K}^{\alpha_i} < \overline{G}^{\alpha_i} < \overline{K}^{\alpha_i} \\ \dfrac{(\underline{G}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}) + (\overline{G}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i})}{2(\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i})}, \underline{K}^{\alpha_i} \le \underline{G}^{\alpha_i} \le \overline{G}^{\alpha_i} \le \overline{K}^{\alpha_i} \;\&\; \underline{K}^{\alpha_i} < \overline{K}^{\alpha_i} \\ \dfrac{(\overline{G}^{\alpha_i} - \overline{K}^{\alpha_i}) + (\overline{G}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i})}{2(\overline{G}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i})}, \underline{G}^{\alpha_i} \le \underline{K}^{\alpha_i} \le \overline{K}^{\alpha_i} \le \overline{G}^{\alpha_i} \;\&\; \underline{G}^{\alpha_i} < \overline{G}^{\alpha_i} \\ 1 - \dfrac{(\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i})^2}{2(\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i})(\overline{G}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i})}, \underline{K}^{\alpha_i} < \underline{G}^{\alpha_i} < \overline{K}^{\alpha_i} < \overline{G}^{\alpha_i} \\ 1, \overline{K}^{\alpha_i} \le \underline{G}^{\alpha_i} \;\&\; \underline{K}^{\alpha_i} < \overline{G}^{\alpha_i} \end{cases}, \tag{4.237}$$

$$\Delta\alpha = 1/n, \tag{4.238}$$

$$\alpha_i = i/n, \tag{4.239}$$

$$i = \overline{1, n},$$

де $\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$ – ступінь ризику за нечітким критерієм K в разі нечіткості нормативу G для рівня належності α_i;

$\underline{G}^{\alpha_i}$, $\overline{G}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки нормативу G.

У разі використання модифікованого методу Недосєкіна – Воронова відповідна формула ступеня ризику для ситуації довільної нечіткості критерію і нечіткої оцінки нормативу, представлених в дискретно-інтервальній за рівнями належності формі, має вигляд [18; 23]:

$$Risk^{Iw}_{\tilde{K}\tilde{G}} = \sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i) \times w(\alpha_i), \tag{4.240}$$

при цьому

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i}, \tag{4.241}$$

$$\alpha_i = i/n, \tag{4.242}$$

$$i = \overline{1, n}.$$

Для підходу до вимірювання ризику на основі теоретико-йомвірнісної аналогії розглядувана ситуація одночасної нечіткості оцінок критерію і нормативу не отримала належного розвитку. В цьому зв’язку нами був запропонований відповідний метод наближеного визначення ступеня ризику [12] (див. також [15]).

Пропонований підхід передбачає використання дискретних представлень для нечітких оцінок критерію K та нормативу G. Для визначеності, як це робилося раніше, будемо виходити конкретно з дискретно-інтервальної форми представлення, тобто приймемо, що

$$\tilde{K} = \bigcup_{s=0}^{n} [\underline{K}^{\alpha_s}, \overline{K}^{\alpha_s}], \tag{4.243}$$

$$\alpha_s = s/n, \; s = \overline{0, n}; \tag{4.244}$$

$$\tilde{\tilde{G}} = \bigcup_{l=0}^{n} [\underline{G}^{\alpha_l}, \overline{G}^{\alpha_l}], \tag{4.245}$$

$$\alpha_l = l/n, \; l = \overline{0, n}, \tag{4.246}$$

де $\tilde{\tilde{G}}$ – нечітка оцінка нормативу G.

Окрім цього в межах пропонованого підходу для нечіткої оцінки нормативного показника припускатимемо:

$$Poss\left(G = \underline{G}^{\alpha_l}\right) = Poss\left(G = \overline{G}^{\alpha_l}\right) = \frac{\alpha_l}{2\sum_{l=1}^{n} \alpha_l}, \tag{4.247}$$

$$\alpha_l = l/n, \; l = \overline{1, n}, \tag{4.248}$$

де $Poss(...)$ – оператор ступеня можливості відповідної події.

З урахуванням зроблених припущень наближене значення ступеня ризику невідповідності критеріального показника нормативному рівню в разі одночасної нечіткості оцінок для критерію і нормативу за допомогою методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії може бути знайдене так:

$$Risk^{P}_{\tilde{\tilde{K}}\tilde{\tilde{G}}} = \sum_{l=1}^{n} Poss\left(G = \underline{G}^{\alpha_l}\right) \times Poss\left(K < \underline{G}^{\alpha_l}\right) +$$

$$+ \sum_{l=1}^{n} Poss\left(G = \overline{G}^{\alpha_l}\right) \times Poss\left(K < \overline{G}^{\alpha_l}\right), \tag{4.249}$$

при цьому

$$Poss\left(G = \underline{G}^{\alpha_l}\right) = Poss\left(G = \overline{G}^{\alpha_l}\right) = \frac{\alpha_l}{2\sum_{l=1}^{n} \alpha_l}, \tag{4.250}$$

$$Poss\left(K < \underline{G}^{\alpha_l}\right) = \frac{\sum_{s=1}^{n} \varphi_1(\underline{G}^{\alpha_l}, \alpha_s)}{\sum_{s=1}^{n} \varphi_2(\alpha_s)}, \tag{4.251}$$

$$Poss\left(K < \overline{G}^{\alpha_l}\right) = \frac{\sum_{s=1}^{n} \varphi_1(\overline{G}^{\alpha_l}, \alpha_s)}{\sum_{s=1}^{n} \varphi_2(\alpha_s)}, \tag{4.252}$$

$$\varphi_1(\underline{G}^{\alpha_l}, \alpha_s) = \begin{cases} 0, \underline{G}^{\alpha_l} \le \underline{K}^{\alpha_s} \\ \underline{G}^{\alpha_l} - \underline{K}^{\alpha_s}, \underline{K}^{\alpha_s} < \underline{G}^{\alpha_l} < \overline{K}^{\alpha_s} \\ \overline{K}^{\alpha_s} - \underline{K}^{\alpha_s}, \overline{K}^{\alpha_s} \le \underline{G}^{\alpha_l} \end{cases}, \tag{4.253}$$

$$\varphi_1(\overline{G}^{\alpha_l}, \alpha_s) = \begin{cases} 0, \overline{G}^{\alpha_l} \le \underline{K}^{\alpha_s} \\ \overline{G}^{\alpha_l} - \underline{K}^{\alpha_s}, \underline{K}^{\alpha_s} < \overline{G}^{\alpha_l} < \overline{K}^{\alpha_s} \\ \overline{K}^{\alpha_s} - \underline{K}^{\alpha_s}, \overline{K}^{\alpha_s} \le \overline{G}^{\alpha_l} \end{cases}, \quad (4.254)$$

$$\varphi_2(\alpha_s) = \overline{K}^{\alpha_s} - \underline{K}^{\alpha_s}, \quad (4.255)$$

$$\alpha_s = s/n, \ s = \overline{1, n}, \quad (4.256)$$

$$\alpha_l = l/n, \ l = \overline{1, n}, \quad (4.257)$$

де $Risk^P_{\widetilde{K}\widetilde{G}}$ – ступінь ризику згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії за одночасної нечіткості параметрів K та G.

Розглянемо використання представлених підходів на умовному прикладі.

Нехай оцінки критерію і нормативу економічної ефективності деякого господарського заходу або виду діяльності підприємства (поточне виробництво, інвестиційний проект, фінансові інвестиції) характеризуються трикутною нечіткістю, млн гр. од.: $\widetilde{K} = (-500, 300, 700)$, $\widetilde{G} = (-150, 0, 200)$.

Необхідно оцінити ступінь ризику даного заходу (діяльності) відносно критеріального показника за допомогою вихідної і модифікованої версій методу Недосєкіна – Воронова, а також методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії.

У табл. 4.7 і 4.8 відображено результати проміжних обчислень шуканого показника згідно з досліджуваними методами.

Згідно з даними табл. 4.7 і 4.8 для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії ступінь ризику в межах запропонованої умовної ситуації є максимальним і становить 0,258. В разі використання модифікованого методу Недосєкіна – Воронова одержуємо мінімальну величину ризику, яка більш ніж в три рази менша за попереднє значення – 0,084. Вихідна версія методу Недосєкіна – Воронова показує ступінь ризику, близький до середнього арифметичного між зазначеними граничними оцінками – 0,165.

В ситуації, коли ядро нечіткої оцінки нормативу за аналізованим критерієм є інтервалом, для забезпечення більшої точності вимірювання ризику при використанні методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії дискретизацію оцінки нормативного показника слід здійснювати не за рівнями належності, а за

Таблиця 4.7

Значення проміжних параметрів для оцінювання ступеня ризику неефективності господарського заходу (інвестиційного проекту) в разі одночасної нечіткості критерію та нормативу на основі вихідної і модифікованої версій методу Недосєкіна – Воронова

α_i, $i=\overline{1,10}$	$\underline{K}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\overline{K}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\underline{G}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\overline{G}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$	$w(\alpha_i)$	$w(\alpha_i)\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$
0,1	-420	660	-135	180	0,410	0,018	0,007
0,2	-340	620	-120	160	0,375	0,036	0,014
0,3	-260	580	-105	140	0,330	0,055	0,018
0,4	-180	540	-90	120	0,271	0,073	0,020
0,5	-100	500	-75	100	0,188	0,091	0,017
0,6	-20	460	-60	80	0,074	0,109	0,008
0,7	60	420	-45	60	0,000	0,127	0,000
0,8	140	380	-30	40	0,000	0,145	0,000
0,9	220	340	-15	20	0,000	0,164	0,000
1,0	300	300	0	0	0,000	0,182	0,000
Всього:	–	–	–	–	0,165	1,000	0,084

Джерело: розраховано автором [26]

Таблиця 4.8

Значення проміжних параметрів для оцінювання ступеня ризику неефективності господарського заходу (інвестиційного проекту) в разі одночасної нечіткості критерію і нормативу за допомогою сформульованого автором методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії

α_l, $l=\overline{1,10}$	$\underline{G}^{\alpha_l}$, млн гр. од.	$Poss\left(G=\underline{G}^{\alpha_l}\right)$	$Poss\left(K<\underline{G}^{\alpha_l}\right)$	$Poss\left(G=\underline{G}^{\alpha_i}\right)\times$ $\times Poss\left(K<\underline{G}^{\alpha_l}\right)$	$\overline{G}^{\alpha_l}$, млн гр. од.	$Poss\left(G=\overline{G}^{\alpha_l}\right)$	$Poss\left(K<\overline{G}^{\alpha_l}\right)$	$Poss\left(G=\overline{G}^{\alpha_l}\right)\times$ $\times Poss\left(K<\overline{G}^{\alpha_l}\right)$
0,1	-135	0,009	0,140	0,001	180	0,009	0,483	0,004
0,2	-120	0,018	0,152	0,003	160	0,018	0,455	0,008
0,3	-105	0,027	0,163	0,004	140	0,027	0,427	0,012
0,4	-90	0,036	0,176	0,006	120	0,036	0,402	0,015
0,5	-75	0,045	0,190	0,009	100	0,045	0,377	0,017
0,6	-60	0,055	0,203	0,011	80	0,055	0,352	0,019
0,7	-45	0,064	0,217	0,014	60	0,064	0,327	0,021
0,8	-30	0,073	0,231	0,017	40	0,073	0,305	0,022
0,9	-15	0,082	0,245	0,020	20	0,082	0,283	0,023
1,0	0	0,091	0,262	0,024	0	0,091	0,262	0,024

Джерело: розраховано автором [12]

значеннями носія. Розрахункові співвідношення (4.249)–(4.257) в цьому разі трансформуються до такого:

$$Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^{P} = \sum_{v=0}^{V} Poss\left(G = G_v\right) \times Poss\left(K < G_v\right), \tag{4.258}$$

при цьому

$$Poss\left(G = G_v\right) = \frac{\mu_{\tilde{G}}(G_v)}{\sum_{v=0}^{V} \mu_{\tilde{G}}(G_v)}, \tag{4.259}$$

$$Poss\left(K < G_v\right) = \frac{\sum_{s=1}^{n} \varphi_1(G_v, \alpha_s)}{\sum_{s=1}^{n} \varphi_2(\alpha_s)}, \tag{4.260}$$

$$\varphi_1(G_v, \alpha_s) = \begin{cases} 0, G_v \le \underline{K}^{\alpha_s} \\ G_v - \underline{K}^{\alpha_s}, \underline{K}^{\alpha_s} < G_v < \overline{K}^{\alpha_s} \\ \overline{K}^{\alpha_s} - \underline{K}^{\alpha_s}, \overline{K}^{\alpha_s} \le G_v \end{cases}, \tag{4.261}$$

$$\varphi_2(\alpha_s) = \overline{K}^{\alpha_s} - \underline{K}^{\alpha_s}, \tag{4.262}$$

$$\alpha_s = s/n, \; s = \overline{1, n}, \tag{4.263}$$

$$v = \overline{0, V},$$

$$G_v - G_{v-1} = \Delta G, \; v = \overline{1, V}, \tag{4.264}$$

$$\Delta G = \frac{G_{\max} - G_{\min}}{V}, \tag{4.265}$$

де $\mu_{\tilde{G}}$ – функція належності для нечіткої оцінки нормативу G;

G_{v-1}, G_v – відповідно мінімальне і максимальне значення для v-го інтервалу розбиття замикання носія нечіткої оцінки нормативу G;

ΔG – крок у розбитті замикання носія нечіткої оцінки нормативу G.

Можна помітити можливість сформулювати метод вимірювання ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії для випадку одночасної нечіткості критеріального економічного показника та його нормативу дещо інакше, ніж це зроблено вище. Конкретно, якщо орієнтуватися на якомога більш повне врахування конструктивних особливостей інтервальної за рівнями належності форми представлення нечітких оцінок, яку покладено в основу даного дослідження,

відповідна розрахункова модель для випадку одночасної нечіткості критерію і нормативу може бути побудована у такий спосіб [26].

В разі неперервної постановки:

$$Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^{P} = \frac{\int_{0}^{1} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{*}(\alpha) d\alpha}{\int_{0}^{1} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{**}(\alpha) d\alpha}, \tag{4.266}$$

при цьому

$$\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{*}(\alpha) = \begin{cases} 0, \overline{G}^{\alpha} \le \underline{K}^{\alpha} \\ \frac{1}{2}(\overline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})^{2}, \underline{G}^{\alpha} < \underline{K}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} < \overline{K}^{\alpha} \\ \frac{1}{2}(\overline{G}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha})[(\underline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha}) + (\overline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})], \underline{K}^{\alpha} \le \underline{G}^{\alpha} \le \overline{G}^{\alpha} \le \overline{K}^{\alpha} \;\&\; \underline{K}^{\alpha} < \overline{K}^{\alpha} \\ \frac{1}{2}(\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})[(\overline{G}^{\alpha} - \overline{K}^{\alpha}) + (\overline{G}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})], \underline{G}^{\alpha} \le \underline{K}^{\alpha} \le \overline{K}^{\alpha} \le \overline{G}^{\alpha} \;\&\; \underline{G}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} \\ (\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})(\overline{G}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha}) - \frac{1}{2}(\overline{K}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha})^{2}, \underline{K}^{\alpha} < \underline{G}^{\alpha} < \overline{K}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} \\ (\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})(\overline{G}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha}), \overline{K}^{\alpha} \le \underline{G}^{\alpha} \;\&\; \underline{K}^{\alpha} < \overline{G}^{\alpha} \end{cases}, \tag{4.267}$$

$$\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{**}(\alpha) = (\overline{K}^{\alpha} - \underline{K}^{\alpha})(\overline{G}^{\alpha} - \underline{G}^{\alpha}), \tag{4.268}$$

$$\alpha \in [0,1], \tag{4.269}$$

де $\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{*}(\alpha)$ – величина (площа) зони (області) ризику для рівня належності α, де остання являє собою фігуру, утворену можливими комбінаціями параметрів K та G в межах зазначеного значення функції належності, для яких виконується умова: $K < G$;

$\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{**}(\alpha)$ – величина (площа) зони (області) усіх можливих комбінацій параметрів K та G для рівня належності α.

В ситуації дискретної постановки:

$$Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^{P} = \frac{\Delta\alpha \times \sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{*}(\alpha_i)}{\Delta\alpha \times \sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{**}(\alpha_i)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{*}(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}^{**}(\alpha_i)}, \tag{4.270}$$

при цьому

$$\varphi^{*}_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)=\begin{cases}0, \overline{G}^{\alpha_i}\le\underline{K}^{\alpha_i}\\ \frac{1}{2}(\overline{G}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})^2, \underline{G}^{\alpha_i}<\underline{K}^{\alpha_i}<\overline{G}^{\alpha_i}<\overline{K}^{\alpha_i}\\ \frac{1}{2}(\overline{G}^{\alpha_i}-\underline{G}^{\alpha_i})[(\underline{G}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})+(\overline{G}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})], \underline{K}^{\alpha_i}\le\underline{G}^{\alpha_i}\le\overline{G}^{\alpha_i}\le\overline{K}^{\alpha_i}\ \&\ \underline{K}^{\alpha_i}<\overline{K}^{\alpha_i}\\ \frac{1}{2}(\overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})[(\overline{G}^{\alpha_i}-\overline{K}^{\alpha_i})+(\overline{G}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})], \underline{G}^{\alpha_i}\le\underline{K}^{\alpha_i}\le\overline{K}^{\alpha_i}\le\overline{G}^{\alpha_i}\ \&\ \underline{G}^{\alpha_i}<\overline{G}^{\alpha_i}\\ (\overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})(\overline{G}^{\alpha_i}-\underline{G}^{\alpha_i})-\frac{1}{2}(\overline{K}^{\alpha_i}-\underline{G}^{\alpha_i})^2, \underline{K}^{\alpha_i}<\underline{G}^{\alpha_i}<\overline{K}^{\alpha_i}<\overline{G}^{\alpha_i}\\ (\overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})(\overline{G}^{\alpha_i}-\underline{G}^{\alpha_i}), \overline{K}^{\alpha_i}\le\underline{G}^{\alpha_i}\ \&\ \underline{K}^{\alpha_i}<\overline{G}^{\alpha_i}\end{cases}, \quad (4.271)$$

$$\varphi^{**}_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)=(\overline{K}^{\alpha_i}-\underline{K}^{\alpha_i})(\overline{G}^{\alpha_i}-\underline{G}^{\alpha_i}), \quad (4.272)$$

$$\Delta\alpha=1/n, \quad (4.273)$$

$$\alpha_i=i/n,\ i=\overline{1,n}, \quad (4.274)$$

де $\varphi^{*}_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$ – величина (площа) зони (області) ризику для рівня належності α_i, де остання являє собою фігуру, утворену можливими комбінаціями параметрів K та G в межах зазначеного значення функції належності, для яких є справедливою умова: $K<G$;

$\varphi^{**}_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$ – величина (площа) зони (області) усіх можливих комбінацій параметрів K та G для рівня належності α_i.

Якщо реалізувати представлену, називатимемо її α-рівневою, версію методу оцінювання ступеня ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії стосовно даних прикладу, розглянутого раніше, то будуть одержані результати, які відображено у табл. 4.9. Згідно з відомостями табл. 4.9 для α-рівневої версії методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії ступінь ризику в межах аналізованої гіпотетичної ситуації становить 0,312.

Очевидно, що окреслені вище підходи не ставлять крапку в розв’язанні досліджуваного питання. Зокрема, окремого опрацювання потребує ситуація, коли і критеріальний показник, і його норматив описуються нечіткими величинами, які мають високий ступінь довільності своєї структури, наприклад, не належать до нечітких чисел (у розумінні останніх, зафіксованому на початку розділу). Як доповнення до основного матеріалу торкнемося її [26].

Таблиця 4.9

Значення проміжних параметрів для оцінювання ступеня ризику неефективності господарського заходу (діяльності) в ситуації одночасної нечіткості критерію і нормативу за допомогою сформульованої автором α -рівневої версії методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії

α_i, $i=\overline{1,10}$	$\underline{K}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\overline{K}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\underline{G}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\overline{G}^{\alpha_i}$, млн гр. од.	$\varphi^{*}_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$	$\varphi^{**}_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$
0,1	-420	660	-135	180	139 387,50	340 200,00
0,2	-340	620	-120	160	100 800,00	268 800,00
0,3	-260	580	-105	140	67 987,50	205 800,00
0,4	-180	540	-90	120	40 950,00	151 200,00
0,5	-100	500	-75	100	19 687,50	105 000,00
0,6	-20	460	-60	80	5 000,00	67 200,00
0,7	60	420	-45	60	0,00	37 800,00
0,8	140	380	-30	40	0,00	16 800,00
0,9	220	340	-15	20	0,00	4 200,00
1,0	300	300	0	0	0,00	0,00
Всього:	–	–	–	–	373 812,50	1 197 000,00

Джерело: розраховано автором [26]

Отже, нехай критерій деякого господарського заходу або виду діяльності, а також його норматив моделюються нечіткими оцінками, які не припускають інтервального за рівнями належності (α-рівнями) способу представлення, але можуть бути сформульовані як скінченні сукупності впорядкованих пар, тобто

$$\tilde{K} = \left\{ \left(K_u, \mu_{\tilde{K}}(K_u) \right) \middle| K_u \in \Re,\ \mu_{\tilde{K}}(K_u) \in (0,1],\ u = \overline{1,U} \right\}, \tag{4.275}$$

$$\tilde{G} = \left\{ \left(G_v, \mu_{\tilde{G}}(G_v) \right) \middle| G_v \in \Re,\ \mu_{\tilde{G}}(G_v) \in (0,1],\ v = \overline{1,V} \right\}, \tag{4.276}$$

де U, V – кількість значень в межах носія для нечіткої оцінки критеріального показника K та його нормативу G, відповідно;

K_u – u-те значення для носія нечіткої оцінки критерію K;

G_v – v-те значення для носія нечіткої оцінки нормативу G;

$\mu_{\tilde{K}}$, $\mu_{\tilde{G}}$ – функція належності нечіткої оцінки відповідно критерію K та нормативу G.

При зроблених припущеннях ступінь ризику невідповідності критеріального показника K його нормативному рівню G, якщо спиратися на

теоретико-ймовірнісну аналогію, може бути визначений так (як і у попередньому викладенні, у розрахунковій моделі нижче припускається, що критерій K оптимізується у напрямі максимуму):

$$Risk^{P}_{\tilde{K}\tilde{G}} = \sum_{v=1}^{V}\sum_{u=1}^{U}\beta_{vu}Poss(G=G_v)Poss(K=K_u) =$$

$$= \sum_{v=1}^{V}\left(Poss(G=G_v)\sum_{u=1}^{U}\beta_{vu}Poss(K=K_u)\right) =$$

$$= \sum_{u=1}^{U}\left(Poss(K=K_u)\sum_{v=1}^{V}\beta_{vu}Poss(G=G_v)\right), \qquad (4.277)$$

$$\beta_{vu} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } K_u \geq G_v \\ 1, \text{ якщо } K_u < G_v \end{cases}, \qquad (4.278)$$

$$Poss(G=G_v) = \frac{\mu_{\tilde{G}}(G_v)}{\sum_{v=1}^{V}\mu_{\tilde{G}}(G_v)}, \qquad (4.279)$$

$$Poss(K=K_u) = \frac{\mu_{\tilde{K}}(K_u)}{\sum_{u=1}^{U}\mu_{\tilde{K}}(K_u)}, \qquad (4.280)$$

$$v = \overline{1,V}, \; u = \overline{1,U},$$

де $Poss(...)$ – ступінь можливості відповідної події.

Поряд з висвітленим, як практично значуща по відношенню до задач інвестиційного аналізу виступає комбінована ситуація, коли нечітка оцінка критеріального економічного показника характеризується високим ступенем довільності своєї структури, у той час як оцінка його нормативу припускає інтервальну за рівнями належності форму представлення. Для оговорених припущень ступінь ризику невідповідності критерію K його нормативу G, якщо виходити з теоретико-ймовірнісної аналогії, може бути знайдений за допомогою співвідношень (як і раніше, нижче передбачається, що критеріальний показник K оптимізується у напрямі максимуму):

$$Risk^{P}_{\tilde{K}\tilde{G}} = \sum_{u=1}^{U}Poss(K=K_u)\times Poss\left(K_u < G\right), \qquad (4.281)$$

$$Poss(K=K_u) = \frac{\mu_{\tilde{K}}(K_u)}{\sum_{u=1}^{U}\mu_{\tilde{K}}(K_u)}, \qquad (4.282)$$

$$Poss(K_u < G) = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_1(K_u, \alpha_i)}{\sum_{i=1}^{n} f_2(\alpha_i)}, \quad (4.283)$$

$$f_1(K_u, \alpha_i) = \begin{cases} 0, \overline{G}^{\alpha_i} \le K_u \\ \overline{G}^{\alpha_i} - K_u, \underline{G}^{\alpha_i} < K_u < \overline{G}^{\alpha_i} \\ \overline{G}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i}, K_u \le \underline{G}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (4.284)$$

$$f_2(\alpha_i) = \overline{G}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i}, \quad (4.285)$$

$$\alpha_i = i/n, \ i = \overline{1, n}, \quad (4.286)$$

$$u = \overline{1, U}.$$

Висновки до розділу 4

Основні положення та результати цього розділу полягають у такому.

1. З одного боку, кількісне моделювання ризику на основі теорії нечітких множин в межах управління та економічного обґрунтування реальних інвестицій вже досить тривалий час є предметом окремої уваги з боку вчених. З іншого боку, у різних роботах, у яких представлено значущі результати за даним напрямом, розглядаються лише окремі показники ступеня ризику, тобто відсутній систематизований погляд на проблему. Згідно з висунутим у дисертації припущенням, найбільш продуктивним шляхом формування цілісного набору нечітко-множинних мір ризику для потреб оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів є використання як еталону інструментарію кількісного оцінювання ступеня ризику, розробленого на основі теорії імовірностей.

2. Спираючись на систему теоретико-ймовірнісних мір ризику, а також звертаючись до напрацьованих нині відповідних засобів (методів, показників) у галузі нечітко-множинного моделювання, було сформовано цілісний набір нечітко-множинних мір ризику, які доцільно використовувати для підтримки прийняття рішень у сфері реального інвестування. При цьому поряд з іншим було запропоновано авторську версію нечітко-множинної адаптації показників

середнього абсолютного відхилення і семіваріації, сформульовано нечітко-множинну адаптацію коефіцієнта сподіваних втрат, а також коефіцієнта зважених сподіваних втрат.

3. Для одного з можливих варіантів нечітко-множинної адаптації коефіцієнта зважених сподіваних втрат було знайдено його аналітичні вирази в разі, коли має місце трикутна форма нечіткості критеріального економічного показника. При цьому зазначені вирази було одержано відразу для трьох різних методів визначення репрезентативних чисел, на використанні яких ґрунтується нечітко-множинна модель даного коефіцієнта: центра ваги, середнього α-зваженого, середнього простого.

4. Набули подальшого розвитку нечітко-множинні інструментальні засоби вимірювання ризику як ступеня можливості незадовільних результатів, їх невідповідності цільовому (запланованому, бажаному) або гранично припустимому (пороговому, критичному) рівню. Зокрема, у площині названого методологічного напряму сформульовано комбінований метод оцінювання ступеня ризику, який ґрунтується на поєднанні аналогії між відповідними формалізмами теорії нечітких множин і теорії імовірностей, а також α-рівневого принципу числової характеризації нечітких оцінок. Для ситуації одночасної нечіткості оцінок критерію і нормативу в межах підходу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії запропоновано, у двох практично значущих версіях, метод наближеного визначення ступеня ризику, який доповнює метод, розроблений раніше О.О. Недосєкіним, який у свою чергу ґрунтується на іншому концептуальному принципі.

5. Також у межах зазначеного у попередньому пункті методологічного напряму з точки зору інструментарію шкал градацій величини ризику проведено аналіз розбіжностей між альтернативними оцінками ступеня ризику. Конкретно, розглядуваний порівняльний аналіз було здійснено для три- і шестирівневої шкал градацій величини ризику, які пропонуються різними вченими в опрацьованих автором наукових джерелах відповідного профілю.

Одержані результати показали, що можливі розбіжності в оцінках ступеня ризику на основі різних нечітко-множинних методів є такими, що орієнтація на той

чи інший метод здатна принципово вплинути на управлінське рішення. Тобто альтернативні оцінки ступеня ризику в межах якоїсь шкали його градацій можуть конфліктувати між собою. Найменшою мірою це стосується градації мінімального (якщо використовується шестирівнева шкала), або прийнятного (в разі звернення до трирівневої шкали) ризику. Скажімо, якщо згідно з методом Недосєкіна – Воронова, який було обрано як базу зіставлення, ступінь ризику виявиться мінімальним (прийнятним), то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він скоріше за все також буде мінімальним (прийнятним), або дуже близьким до мінімального (прийнятного). Ситуація докорінно змінюється вже для наступної градації. Конкретно це виражається в такому. Якщо в межах шестирівневої шкали метод Недосєкіна – Воронова покаже невеликий ступінь ризику, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісного підходу має місце велика можливість, що він буде середнім. В разі ж використання трирівневої шкали, якщо ступінь ризику за допомогою методу Недосєкіна – Воронова буде граничним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісного аналогії він у більшості випадків буде вже неприйнятним.

Якщо керуватися суто формальними міркуваннями, то в межах підданих порівняльному аналізу трьох альтернативних методів можна рекомендувати як основний використовувати метод Недосєкіна – Воронова, який в разі трикутної нечіткості критерію економічної діяльності або заходу показує середнє арифметичне між значеннями ступенями ризику, одержаними за допомогою двох інших методів. Якщо ж спробувати встановити структуру пріоритетності для розглядуваних методів виходячи з рівня їх теоретичної обґрунтованості, то в межах наявних сьогодні уявлень не визначені якісь чіткі підстави (у всякому разі, нам вони невідомі), щоб, скажімо, метод Недосєкіна – Воронова вважати більш обґрунтованим, ніж його модифіковану версію, або метод на основі теоретико-ймовірнісної аналогії.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [12–17; 19; 22; 24; 25; 26].

Список використаних джерел до розділу 4

1. Абдулаева З.И., Недосекин А.О. Стратегический анализ инновационных рисков. Санкт-Петербург: СПбПУ, 2013. 150 с.

2. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Расчеты в условиях риска и неопределенности в нефтегазовых технологиях: монография. Тюмень: Изд-во ТГУ, 2004. 296 с.

3. Андренко Е.А., Мордовцев А.С., Мордовцев С.М. Прогнозирование инвестиционных рисков в условиях неопределенности. *Бизнес Информ*. 2017. № 4. С. 113–118.

4. Ахрамейко А.А., Железко Б.А. Многокритериальные методы обоснования управленческих решений в условиях нестохастической неопределенности данных. *V-я междунар. науч.-практ. конф. «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте»*: сб. науч. трудов (Коломна, 28–30 мая 2009 г.). Москва: Физматлит, 2009. Т. 2. С. 785–798.

5. Ахрамейко А.А., Железко Б.А., Ксеневич Д.В., Ксеневич С.В. Обобщение метода анализа иерархий Саати для использования нечетко-интервальных экспертных данных. *Новые информационные технологии*: материалы V междунар. науч. конф. (Минск, 29–31 окт. 2002 г.) / под ред. А.Н. Морозевича и др. Минск: БГЭУ, 2002. Т. 1. С. 217–222.

6. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике. Санкт-Петербург: Наука, 2001. 328 с.

7. Гавриленко М.А. Применение теории нечетких множеств в оценке рисков инвестиционных проектов. *Аудит и финансовый анализ*. 2013. № 5. С. 75–81.

8. Деревянко П.М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. инж.-экон. ун-т. Санкт-Петербург, 2006. 224 с.

9. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в

условиях неопределенности: технология, экономика, экология: монография. Москва: Изд-во «Машиностроение – 1», 2004. 401 с.

10. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / пер. с фр. В.Б. Тарасова; под ред. С.А. Орловского. Москва: Радио и связь, 1990. 288 с.

11. Кокош А.М. Применение теории нечетких множеств при оценке риска неэффективности инвестиций: курс. раб. Пермь, 2002. URL: sedok.narod.ru/s_files/students/Kokosh_1.zip (дата обращения: 15.06.2014).

12. Коцюба О.С. Оцінювання ступеня ризику в разі одночасної нечіткості критерію і нормативу привабливості господарської діяльності. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 6. URL: http://global-national.in.ua/archive/6-2015/195.pdf (дата звернення: 24.09.2015).

13. Коцюба О.С. Аналіз розбіжностей в оцінках ступеня ризику на основі альтернативних методів в межах нечітко-множинної методології. *Бізнес Інформ*. 2016. № 6. С. 106–112.

14. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в межах бюджетування діяльності підприємства. *Стратегія економічного розвитку України*. 2013. Вип. 32. С. 209–216.

15. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в ситуації одночасної нечіткості критерію і нормативу ефективності. *Стратегія підприємства: результативність за умов системних трансформацій*: зб. мат. міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–20 листоп. 2015 р. Київ: КНЕУ, 2015. С. 276–281.

16. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику за нечітко-інтервальними оцінками критеріїв ефективності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 12. С. 29–34.

17. Коцюба О.С. Інструментарій вимірювання ризику в управлінні економічними системами: нинішній стан та напрями розвитку. *Вдосконалення економіки та фінансової системи країни: актуальні проблеми та перспективи*: матеріали доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2 лютого 2018 р.: у 2-х ч. Запоріжжя: Класич. приват. ун-т, 2018. Ч. 2. С. 99–102.

18. Коцюба О.С. Кількісна оцінка господарського ризику в контексті нечітко-множинного моделювання. Київ: КНЕУ, 2006. 23 с. Деп. в ДНТБ України 27.03.06, № 24.

19. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання господарського ризику в межах нечітко-множинної методології. *Стратегія економічного розвитку України*. 2015. Вип. 36. С. 195–208.

20. Коцюба О.С. Механізм та аналітико-інструментальні засоби забезпечення економічної стійкості підприємства (за матеріалами поліграфічних підприємств України): дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / ДВНЗ "Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана". Київ, 2009. 284 с.

21. Коцюба О.С. Моделювання ризику інвестиційної діяльності. *Фінанси України*. 2004. № 7. С. 56–67.

22. Коцюба О.С. Нечітко-множинна адаптація ймовірнісних показників ступеня ризику. *Проблеми економіки*. 2017. № 2. С. 317–323.

23. Коцюба О.С. Нечітко-множинні методи вимірювання господарського ризику. *Економіка: проблеми теорії та практики*. Вип. 241, т. ІІІ. 2008. С. 668–699.

24. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с.

25. Коцюба О.С. Розвиток інструментарію вимірювання ризику при моделюванні невизначеності за допомогою нечітко-множинного підходу. *Бізнес Інформ*. 2019. № 11. С. 149–156.

26. Коцюба О.С. Розвиток нечітко-множинного апарату вимірювання ризику: випадок одночасної нечіткості критеріального показника та його нормативу. *Проблеми економіки*. 2019. № 4. С. 264–271.

27. Коцюба О.С. Розрахунок ступеня господарського ризику на основі процедури дефаззифікації. *Економіка: проблеми теорії та практики*. 2009. Вип. 253, т. ІІІ. С. 673–681.

28. Лапуста М.Г., Шаршукова Л.Г. Риски в предпринимательской деятельности. Москва: Инфра-М, 1998. 223 с.

29. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и

fuzzyTECH. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.

30. Мельников В.И. Применение теории нечетких множеств в анализе рисков инвестиционных проектов. *Экономическая теория, анализ, практика*. 2010. № 3. С. 57–71.

31. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов. Санкт-Петербург, 2003. 302 с.

32. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. Санкт-Петербург: Типография «Сезам», 2002. 181 с.

33. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы. 2003. URL: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_100303.doc (дата обращения: 19.08.2015).

34. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами. *Аудит и финансовый анализ*. 2000. № 2. URL: http://www.auditfin.com/fin/2000/2/upr_fin/uprfin1.asp (дата обращения: 07.05.2014).

35. Недосекин А.О. Простейшая оценка риска инвестиционного проекта. 2002. URL: http://sedok.narod.ru/s_files/Art_15_2002.doc (дата обращения: 09.10.2012).

36. Недосекин А.О., Воронов К.И. Новый показатель оценки риска инвестиций. 1999. URL: http://www.cfin.ru/finanalysis/vm_ratio.shtml (дата обращения: 09.10.2012).

37. Недосекин А.О., Кокош А.М. Оценка риска инвестиций для произвольно-размытых факторов инвестиционного проекта. 2003. URL: http://www.ifel.ru/br3/5.pdf (дата обращения: 10.07.2014).

38. Птускин А.С. Нечеткие модели и методы в менеджменте: учеб. пособ. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 216 с.

39. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®). 5-е изд. Ньютаун Сквэр: Институт управления проектами, 2013. 586 с.

40. Севастьянов П.В., Севастьянов Д.П. Оценка финансовых параметров и

риска инвестиций с позиций теории нечетких множеств. *Надежные программы*. 1997. № 1. С. 10–18.

41. Тищук Т.А. Економіко-математичне моделювання процесів управління проектами на основі теорії нечітких множин: дис. ... канд. екон. наук: 08.03.02 / Донец. нац. ун-т. Донецьк, 2001. 160 с.

42. Федоренко І.А., Мордовцев О.С., Мясников В.О. Прогнозування інноваційних ризиків машинобудівних підприємств із використанням нечітких множин. *Проблеми економіки*. 2017. № 1. С. 447–456.

43. Чернов В.Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. Москва: Горячая линия–Телеком, 2007. 312 с.

44. Carlsson C., Fullér R. On possibilistic mean value and variance of fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*. 2001. Vol. 122, Iss. 2. P. 315–326.

45. Fono L.A., Kamdem J.S., Tassak C. Moments and semi-moments for fuzzy portfolio selection. 2011. URL: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00567012 (Last accessed: 05.07.2018).

46. Fullér R., Majlender P. On weighted possibilistic mean and variance of fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*. 2003. Vol. 136, Iss. 3. P. 363–374.

47. Liu B., Liu Y.-K. Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models. *IEEE transactions on Fuzzy Systems*. 2002. Vol. 10, No. 4. P. 445–450.

48. Luban F. Fuzzy model for risk analysis. *Journal of Industrial Engineering International*. 2007. Vol. 3, № 5. P. 19–26.

49. Qin Z., Li X., Ji X. Portfolio selection based on fuzzy cross-entropy. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2009. Vol. 228, Iss. 1. P. 139–149.

50. Qin Z., Wen M., Gu C. Mean-absolute Deviation Portfolio Selection Model with Fuzzy Returns. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*. 2011. Vol. 8, No. 4. P. 61–75.

51. Saeidifar A., Pasha E. The possibilistic moments of fuzzy numbers and their applications. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2009. Vol. 223, Iss. 2. P. 1028–1042.

52. Sang X., Liu X. Possibility mean and variation coefficient based ranking

methods for type-1 fuzzy numbers and interval type-2 fuzzy numbers. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2016. Vol. 30, No. 4. P. 2157–2168.

53. Sari I.U., Kahraman C., Kabak Ö. Fuzzy Dispersion Measures. *Fuzzy Statistical Decision-Making: Theory and Applications* / eds.: C. Kahraman, Ö Kabak. Switzerland: Springer, 2016. P. 85–99.

54. Tassak C., Kamdem J.S., Fono L.A. Dominances on fuzzy variables based on credibility measure. 2012. URL: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00796215 (Last accessed: 05.07.2018).

55. Tsao C.-T. The expectation-deviation net present value by fuzzy arithmetic for capital investments. *Journal of Statistics and Management Systems*. 2010. Vol. 13, No. 2. P. 267–281.

56. Zhang W.-G., Zhang X.-L., Xu W.-J. A risk tolerance model for portfolio adjusting problem with transaction costs based on possibilistic moments. *Insurance: Mathematics and Economics*. 2010. Vol. 46, Iss. 3. P. 493–499.

РОЗДІЛ 5
НЕЧІТКО-МНОЖИННЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

5.1. Побудова нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту

Нечіткість вихідних даних інвестиційного проекту приводить до того, що результуючі показники його економічної ефективності також виявляються нечіткими величинами. У порівнянні з іншими показниками ефективності реальних інвестицій, які враховують зміну вартості грошей у часі, нечітко-множинне оцінювання показника чистої теперішньої вартості (Net Present Value, NPV) найменшою мірою обтяжене формальними обмеженнями та неоднозначностями, в силу чого це питання є найменш дискусійним і найбільш добре опрацьованим. Разом з тим його більш "допитливий" розгляд дозволяє виявити для нього певні актуальні як предмет дослідження методичні аспекти. Аналізу останніх були присвячені дві наші роботи [11; 18] (див. також [17]). Викладемо у цьому пункті узагальнену версію одержаних у зазначених публікаціях результатів.

Основоположний внесок у початкове становлення методології моделювання дисконтованих грошових потоків і чистої теперішньої вартості інвестиційних проектів на основі теорії нечітких множин належить Т.Л. Уорду, Дж.Дж. Баклі, Ч.-Ю. Ч'ю, Ч.С. Паку, А. Кофману, Х. Хілу Алусі, І. Гутьєррес [8; 29; 30; 32; 36; 46]. Цілісне уявлення стосовно сучасної ситуації за порушеною проблемою дозволяють сформувати дослідження, авторами яких є Д. Кухта, Дж. Кахраман, А. Терсеньо, Х. де Андрес, М.Г. Барбера, Т. Лоренсана, І.Е.Г. Банхольцер, А.Л. Санчес, Е.О. Памплона, Х.А. Монтевечі, О.О. Недосєкін, П.М. Дерев'янко та ін. [6; 20; 27; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45].

У межах напрацьованого нині аналітико-розрахункового апарату як базові наявні два підходи до нечітко-множинного оцінювання показників економічної ефективності реальних інвестицій у цілому і показника NPV зокрема.

Перший підхід реалізує методологічну настанову спрощених обчислень. Він передбачає єдине (уніфіковане) представлення вихідних параметрів у формі нечіткого числа певного виду, трикутного або трапецієподібного, і зведення арифметичних операцій над побудованими в такий спосіб оцінками вихідних параметрів до арифметичних операцій над їх релевантними (визначальними, реперними, опорними) точками (точковими значеннями). У разі використання трикутних оцінок (чисел) таких релевантних точок виокремлюється три, які відображають мінімальне, найбільш очікуване (модальне) та максимальне значення. Якщо ж оцінки початкових параметрів моделюються за допомогою формалізму трапецієподібного числа, в межах чого модальний рівень задається не одним точковим значенням, а інтервалом, то зазначених точок виокремлюється чотири – дві точки фіксують мінімум і максимум можливих значень параметра в цілому, і дві точки відображають мінімальне і максимальне значення для модального інтервалу. Ключове обмеження окресленого підходу пов’язане з тим, що огрублення оцінки аналізованого результуючого показника, зумовлене спрощеною схемою розрахунків на основі лише декількох значень, може досягати неприпустимо високого рівня.

Другий підхід ґрунтується на так званому α-рівневому принципі узагальнення або розширення [25, с. 24–25], який виступає як універсальна методологія обчислень з нечіткими (нечітко-інтервальними) числами і полягає у тому, що арифметичні операції над останніми зводяться до арифметичних операцій над їх так званими α-зрізами або інтервалами достовірності в межах окремих рівнів належності (α-рівнів). Виходячи з переваг описаного підходу, у пропонованому в цьому розділі дослідженні він приймається як основний.

У межах методології на основі α-рівневого принципу розширення знаходження оцінки показника чистої теперішньої вартості, за умови дискретно-інтервального за рівнями належності представлення вихідних параметрів, зводиться до сукупності однотипних оптимізаційних задач. При цьому нерідко, залежно від характеристик нечітких оцінок грошових потоків інвестиційного проекту, розв’язки частини цих задач можуть бути знайдені безпосередньо, за допомогою відповідних аналітичних виразів, інші ж задачі передбачають звернення

до апарату спеціальних методів оптимізації.

Подальший аналіз розглядуваної проблеми ґрунтується на таких припущеннях (гіпотезах):

- оцінки грошових потоків інвестиційного проекту мають характер або припускають представлення у формі нечітких (нечітко-інтервальних) чисел, де останні будемо розуміти як нечіткі величини з нормальною і опуклою функцією належності [26, с. 71], які припускають інтервальний за рівнями належності спосіб формалізації;

- оцінки грошових потоків інвестиційного проекту, за виключенням початкових інвестиційних витрат, можуть містити одночасно додатні і від'ємні значення;

- для різних розрахункових періодів оцінки ставки дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту можуть різнитися між собою. Зазначені оцінки мають характер або припускають представлення у формі нечітких чисел у сенсі, наведеному вище;

- початкові параметри, на основі яких розраховуються грошові потоки інвестиційного проекту, вважаються незалежними між собою за зміни їх значень у межах носіїв нечітких оцінок (чисел), якими вони описуються.

Також, орієнтуючись на потреби практичних розрахунків, будемо виходити з дискретно-інтервального за рівнями належності способу опису нечітких оцінок. При цьому припускатимемо, що дискретизація здійснюється через рівні проміжки.

Відповідно до оговорених гіпотез структуру нечітких оцінок грошових потоків інвестиційного проекту і дисконтної ставки визначають співвідношення:

1) $\max\left\{\alpha_i \mid \alpha_i = \Delta\alpha \times i, \Delta\alpha > 0, i = \overline{0,n}\right\} = 1$ (звідси $\alpha_i = {i}/{n}$, $i = \overline{0,n}$);

2) $\tilde{\tilde{CF}}_k = \bigcup_{i=0}^{n} [\underline{CF}_k^{\alpha_i}, \overline{CF}_k^{\alpha_i}]$, $k = \overline{0,T}$, $\tilde{\tilde{r}}_s = \bigcup_{i=0}^{n} [\underline{r}_s^{\alpha_i}, \overline{r}_s^{\alpha_i}]$, $s = \overline{1,T}$, $\alpha_i = {i}/{n}$, $i = \overline{0,n}$;

3) $\underline{CF}_k^{\alpha_i} < \overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{0,T}$, $\underline{r}_s^{\alpha_i} < \overline{r}_s^{\alpha_i}$, $s = \overline{1,T}$, $\alpha_i = {i}/{n}$, $i = \overline{0,n-1}$;

4) $\underline{CF}_k^{1,0} \le \overline{CF}_k^{1,0}$, $k = \overline{0,T}$, $\underline{r}_s^{1,0} \le \overline{r}_s^{1,0}$, $s = \overline{1,T}$;

5) $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \le \underline{CF}_k^{\alpha_{i+1}}$, $\overline{CF}_k^{\alpha_{i+1}} \le \overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{0,T}$, $\underline{r}_s^{\alpha_i} \le \underline{r}_s^{\alpha_{i+1}}$, $\overline{r}_s^{\alpha_{i+1}} \le \overline{r}_s^{\alpha_i}$, $s = \overline{1,T}$, $\alpha_i = {i}/{n}$, $i = \overline{0,n-1}$.

У наведених вище співвідношеннях використовуються такі умовні позначення:

CF_k, $\tilde{\tilde{C}}\tilde{\tilde{F}}_k$, $k=\overline{0,T}$ – відповідно детерміноване (точково фіксоване) значення й нечітка оцінка грошового потоку інвестиційного проекту в k-му розрахунковому періоді;

r_s, $\tilde{r}_s$, $s=\overline{1,T}$ – відповідно детерміноване значення й нечітка оцінка ставки дисконтування грошового потоку інвестиційного проекту в s-му розрахунковому періоді;

i, n – відповідно індекс інтервалу достовірності й кількість кроків дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки аналізованого параметра;

α_i – значення функції належності для i-го інтервалу достовірності в межах дискретно-інтервального за рівнями належності представленні нечіткої оцінки досліджуваного параметра;

$\Delta\alpha$ – крок дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки аналізованого параметра;

$\underline{CF}_k^{\alpha_i}$, $\overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k=\overline{0,T}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня в межах нечіткої оцінки грошового потоку в k-му розрахунковому періоді;

$\underline{r}_s^{\alpha_i}$, $\overline{r}_s^{\alpha_i}$, $s=\overline{1,T}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки ставки дисконтування грошового потоку в s-му розрахунковому періоді.

При зроблених припущеннях оцінювання чистої теперішньої вартості може бути формалізоване як набір двійок (пар) оптимізаційних задач, де кожна двійка відповідає окремому рівню належності [6, с. 126]:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i}=CF_0^{\alpha_i}+\sum_{k=1}^{T}\frac{CF_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s^{\alpha_i})}\to\min, \tag{5.1}$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i}=CF_0^{\alpha_i}+\sum_{k=1}^{T}\frac{CF_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s^{\alpha_i})}\to\max, \tag{5.2}$$

$$CF_k^{\alpha_i}\in[\underline{CF}_k^{\alpha_i},\overline{CF}_k^{\alpha_i}],\ k=\overline{0,T}, \tag{5.3}$$

$$r_s^{\alpha_i} \in [\underline{r}_s^{\alpha_i}, \overline{r}_s^{\alpha_i}],\ s = \overline{1, T}, \tag{5.4}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}, \tag{5.5}$$

де $\underline{NPV}^{\alpha_i}$, $\overline{NPV}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня в межах нечіткої оцінки показника NPV;

$CF_k^{\alpha_i}$ – значення в межах інтервалу α_i-рівня для нечіткої оцінки грошового потоку в k-му розрахунковому періоді;

$r_s^{\alpha_i}$ – значення в межах інтервалу α_i-рівня для нечіткої оцінки ставки дисконтування грошового потоку в s-му розрахунковому періоді.

Виходячи із зафіксованих на початку припущень $\forall k = \overline{1, T}$, $\forall \alpha_i = i/n$, $i = \overline{0, n}$:

$$\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s)} \le \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s)}, \tag{5.6}$$

$$r_s \in (0, +\infty),\ s = \overline{1, T}, \tag{5.7}$$

й відповідно $\forall \alpha_i = i/n$, $i = \overline{0, n}$:

$$\underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s)} \le \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s)}, \tag{5.8}$$

$$r_s \in (0, +\infty),\ s = \overline{1, T}. \tag{5.9}$$

Звідси вихідна модель визначення нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості може бути спрощена і сформульована в такий спосіб:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s^{\alpha_i})} \to \min, \tag{5.10}$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+r_s^{\alpha_i})} \to \max, \tag{5.11}$$

$$r_s^{\alpha_i} \in [\underline{r}_s^{\alpha_i}, \overline{r}_s^{\alpha_i}],\ s = \overline{1, T}, \tag{5.12}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}. \tag{5.13}$$

Якщо має місце єдина ставка дисконтування, то аналізована модель набуває ще більш простого вигляду:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+r^{\alpha_i})^k} \to \min, \tag{5.14}$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+r^{\alpha_i})^k} \to \max, \tag{5.15}$$

$$r^{\alpha_i} \in [\underline{r}^{\alpha_i}, \bar{r}^{\alpha_i}], \tag{5.16}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}, \tag{5.17}$$

де $\underline{r}^{\alpha_i}$, $\bar{r}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки ставки дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту.

У частинній ситуації, коли $\forall k = \overline{1, T}$: $\overline{\text{supp}}\, \tilde{\tilde{CF}}_k \subset \Re^+ \cup \{0\}$, функція $NPV(CF_0, ..., CF_T, r_1, ..., r_T)$, $CF_k \in \overline{\text{supp}}\, \tilde{\tilde{CF}}_k$, $k = \overline{0, T}$, $r_s \in (0, +\infty)$, $s = \overline{1, T}$, монотонно не зростає за кожною дисконтною ставкою r_s, $s \in \{1, ..., T\}$, на області визначення за даним аргументом, якщо інші аргументи вважати фіксованими в межах множин (проміжків) їх можливих значень. Відповідно, знаходження оцінки чистої теперішньої вартості в цьому разі може бути зведене до аналітичних співвідношень [6, с. 126]:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k} (1+\bar{r}_s^{\alpha_i})}, \tag{5.18}$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k} (1+\underline{r}_s^{\alpha_i})}, \tag{5.19}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}. \tag{5.20}$$

Якщо в останній ситуації поряд з іншими припущеннями передбачається єдина оцінка ставки дисконтування для всіх розрахункових періодів, то відповідні аналітичні співвідношення для оцінювання чистої теперішньої вартості набувають вигляду [22, с. 72]:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\bar{r}^{\alpha_i})^k}, \tag{5.21}$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{r}^{\alpha_i})^k}, \tag{5.22}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}. \qquad (5.23)$$

Більш поширеними є змішані випадки, які в межах інтервального за рівнями належності розбиття нечітких оцінок грошових потоків інвестиційного проекту поєднують у собі різні частинні ситуації. З урахуванням представленого вище, в цьому разі параметри чистої теперішньої вартості для окремого рівня належності α_i, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n} \middle| i = \overline{0, n}\right\}$, можуть бути оцінені в комбінований спосіб:

1) якщо для даного рівня належності $\forall k = \overline{1, T}$: $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \in \Re^+ \cup \{0\}$, то нижню границю (лівий кінець) інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ залежно від характеру дисконтної ставки слід визначати за допомогою співвідношення (5.18) або (5.21);

2) якщо для аналізованого рівня належності $\forall k = \overline{1, T}$: $\overline{CF}_k^{\alpha_i} \in \Re^+ \cup \{0\}$, то верхню границю (правий кінець) інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ залежно від характеру дисконтної ставки слід оцінювати на основі виразів (5.19) або (5.22);

3) якщо для розглядуваного рівня належності $\forall k = \overline{1, T}$: $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \in \Re^- \cup \{0\}$, то оскільки функція $NPV(CF_0, ..., CF_T, r_1, ..., r_T)$, $CF_k \in \Re^- \cup \{0\}$, $k = \overline{1, T}$, $r_s \in (0, +\infty)$, $s = \overline{1, T}$, монотонно не спадає за кожною дисконтною ставкою r_s, $s \in \{1, ..., T\}$, на області визначення за даним аргументом, якщо інші аргументи вважати фіксованими в межах множин (проміжків) їх можливих значень, знаходження лівого кінця інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ в цьому разі може бути здійснене за допомогою таких аналітичних співвідношень.

Для диференційованої за розрахунковими періодами дисконтної ставки:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k} (1 + \underline{r}_s^{\alpha_i})}. \qquad (5.24)$$

Для єдиної дисконтної ставки:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1 + \underline{r}^{\alpha_i})^k}; \qquad (5.25)$$

4) якщо для досліджуваного рівня належності $\forall k = \overline{1, T}$: $\overline{CF}_k^{\alpha_i} \in \Re^- \cup \{0\}$, то виходячи з попереднього зауваження правий кінець інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ в

даному разі може бути оцінений на основі таких виразів.

Для диференційованої за розрахунковими періодами дисконтної ставки:

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^{k}(1+\bar{r}_s^{\alpha_i})}. \tag{5.26}$$

Для єдиної дисконтної ставки:

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\bar{r}^{\alpha_i})^k}; \tag{5.27}$$

5) якщо має місце ситуація, відмінна від ситуацій 1–4, то параметри інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ можуть бути визначені за допомогою оптимізаційних моделей (5.10)–(5.13) або (5.14)–(5.17), залежно від характеру дисконтної ставки.

Чуй-Юй Ч'ю та Чхан С. Пак запропонували аналітичний метод наближеного знаходження нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості [32], який можна інтерпретувати як узагальнення наведеної вище схеми, в якому аналітичні розрахункові вирази для ситуацій 1–4 поширені на можливі інші випадки (означені як ситуація 5), за рахунок чого зникає необхідність розв'язувати оптимізаційні задачі. Безпосередньо зміст даного методу репрезентують формули:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T}\left(\frac{\max(\underline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^{k}(1+\bar{r}_s^{\alpha_i})} + \frac{\min(\underline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^{k}(1+\underline{r}_s^{\alpha_i})}\right), \tag{5.28}$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T}\left(\frac{\max(\overline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^{k}(1+\underline{r}_s^{\alpha_i})} + \frac{\min(\overline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^{k}(1+\bar{r}_s^{\alpha_i})}\right), \tag{5.29}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}. \tag{5.30}$$

Очевидно, що в разі, коли має місце ситуація, відмінна від ситуацій 1–4 (згідно з прийнятою вище класифікацією), використання виразів (5.28), (5.29) може супроводжуватися завищенням величини відповідних інтервалів достовірності, і, як наслідок цього, шуканої нечіткої оцінки в цілому. Водночас, підхід Ч'ю – Пака користується популярністю і більш того, сьогодні сприймається як класичний.

Цілком закономірно постає питання про величину можливих розбіжностей

між результатами оцінювання показника *NPV* на основі викладених вище пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів. З метою його з'ясування розглянемо використання цих методів на умовному розрахунковому прикладі [11].

Нехай грошові потоки і ставка дисконтування для умовного (гіпотетичного) інвестиційного проекту описуються трапецієподібними нечіткими оцінками (числами), реперні (визначальні) точки яких відображено в табл. 5.1 і 5.2. Термін реалізації проекту становить 6 років.

Необхідно за допомогою пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів оцінити чисту теперішню вартість розглядуваного інвестиційного проекту.

Таблиця 5.1

Трапецієподібні нечіткі оцінки грошових потоків інвестиційного проекту, млн грн

Рік	$\underline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,6}$	$\underline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,6}$	$\overline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,6}$	$\overline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,6}$
0	-5	-4	-3	-2
1	-10	-9	-8	-7
2	6	7	8	9
3	6	8	10	12
4	6	8	10	12
5	6	7	8	9
6	-5	-4	-3	-2

Таблиця 5.2

Трапецієподібні нечіткі оцінки ставки дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту

Рік	$\underline{r}_k^0,\ k=\overline{0,6}$	$\underline{r}_k^1,\ k=\overline{0,6}$	$\overline{r}_k^1,\ k=\overline{0,6}$	$\overline{r}_k^0,\ k=\overline{0,6}$
1	0,14	0,18	0,26	0,30
2	0,14	0,18	0,26	0,30
3	0,16	0,20	0,28	0,32
4	0,16	0,20	0,28	0,32
5	0,18	0,22	0,30	0,32
6	0,18	0,22	0,30	0,32

У табл. 5.3 наведено результати визначення нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості на основі досліджуваних методів.

Таблиця 5.3

Нечітка оцінка чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту в межах пошуково-оптимізаційного ($\tilde{\tilde{NPV}}_{so}$) й аналітичного ($\tilde{\tilde{NPV}}_{an}$) методів

α_i, $i=\overline{0,5}$	$\tilde{\tilde{NPV}}_{so}$, млн грн		$\tilde{\tilde{NPV}}_{an}$, млн грн		α_i, $i=\overline{6,10}$	$\tilde{\tilde{NPV}}_{so}$, млн грн		$\tilde{\tilde{NPV}}_{an}$, млн грн	
	$\underline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\underline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$		$\underline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\underline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$
0,0	-3,961	17,234	-6,004	18,334	0,6	-0,845	12,293	-2,130	13,180
0,1	-3,459	16,375	-5,366	17,446	0,7	-0,300	11,517	-1,473	12,359
0,2	-2,950	15,531	-4,725	16,570	0,8	0,252	10,754	-0,811	11,548
0,3	-2,434	14,700	-4,081	15,706	0,9	0,812	10,003	-0,146	10,748
0,4	-1,912	13,884	-3,434	14,853	1,0	1,379	9,265	0,524	9,956
0,5	-1,382	13,082	-2,784	14,011	–	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором [11, с. 153]

Рис. 5.1 демонструє графіки одержаних нечітких оцінок аналізованого показника.

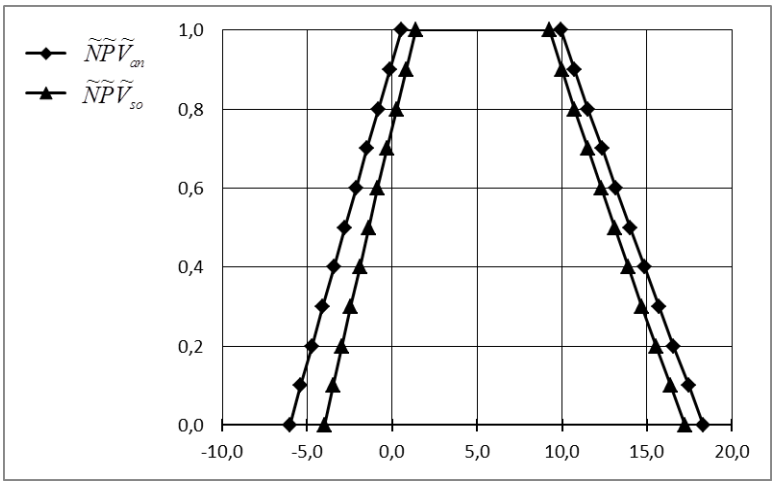


Рис. 5.1. Нечітка оцінка чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту на основі пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів, млн грн

Джерело: на основі розрахунків автора [11, с. 153]

Як видно з даних табл. 5.3 і рис. 5.1, оцінки $\tilde{\tilde{NPV}}_{so}$ і $\tilde{\tilde{NPV}}_{an}$, з одного боку, характеризуються високим ступенем взаємної близькості, а з іншого боку, розбіжності, які для них мають місце, є досить помітними, щоб скласти предмет спеціального аналізу. Практичний інтерес становить з'ясування значущості (релевантності) зазначених розбіжностей для оцінювання економічної ефективності інвестиційного проекту. Виходячи з цього, видається доцільним провести детальний

порівняльний аналіз альтернативних нечітких оцінок показника чистої теперішньої вартості, дослідивши такі їх характеристики:

- міру схожості між оцінками – $S(\tilde{\tilde{NPV}}_{so}, \tilde{\tilde{NPV}}_{an})$;
- репрезентативні значення (числа) оцінок – $Re(\tilde{\tilde{NPV}}_{so})$, $Re(\tilde{\tilde{NPV}}_{an})$;
- середній (середньозважений) розмах варіації значень в межах оцінок – $AR(\tilde{\tilde{NPV}}_{so})$, $AR(\tilde{\tilde{NPV}}_{an})$;
- семівідхилення (семідевіацію) значень в межах оцінок, взявши нуль як базу зіставлення – $SeD(\tilde{\tilde{NPV}}_{so}, G)$, $SeD(\tilde{\tilde{NPV}}_{an}, G)$, за умови, що $G = 0$, де G – нормативний рівень критеріального показника (чистої теперішньої вартості);
- коефіцієнт середнього розмаху варіації для оцінок – $CAR(\tilde{\tilde{NPV}}_{so})$, $CAR(\tilde{\tilde{NPV}}_{an})$;
- коефіцієнт цільового семівідхилення для оцінок – $CSeD(\tilde{\tilde{NPV}}_{so}, G)$, $CSeD(\tilde{\tilde{NPV}}_{an}, G)$, за умови, що $G = 0$;
- ступінь можливості (ризику) від'ємного значення в межах оцінок – $Risk(\tilde{\tilde{NPV}}_{so}, G) = Poss_{\tilde{\tilde{NPV}}_{so}}(NPV < G)$, $Risk(\tilde{\tilde{NPV}}_{an}, G) = Poss_{\tilde{\tilde{NPV}}_{an}}(NPV < G)$, за умови, що $G = 0$.

Перелічені показники докладно розглядалися у розд. 4. Виняток становить міра схожості. Коротко опишемо цю числову характеристику.

Міра схожості нечітких множин (підмножин) відображає ступінь їх збігу (однаковості, близькості), виходячи з того, що ситуації повного збігу відповідає максимальне значення міри – 1, коли ж порівнювані нечіткі множини не мають спільних елементів, значення міри має дорівнювати 0. Для скінченних нечітких множин у всіх інших випадках значення міри варіюється у відкритому проміжку від 0 до 1, відображаючи градації часткового збігу, залежно від обсягу (кількості) спільних елементів і значень функції належності, які їм відповідають, а також обсягу елементів, які містяться лише в одній з порівнюваних нечітких множин. У разі нескінченних нечітких множин загальна структура міри схожості дещо складніша. Конкретна математична конструкція міри схожості може бути побудована в різний спосіб. У межах досліджуваного питання доцільно використати її варіант, згідно з яким ступінь схожості (S) між деякими нечіткими оцінками

(величинами, числами) $\tilde{K}_1$ і $\tilde{K}_2$ слід визначати за формулою (на основі [23, с. 262]):

$$S(\tilde{K}_1, \tilde{K}_2) = \frac{|\tilde{K}_1 \cap \tilde{K}_2|}{|\tilde{K}_1 \cup \tilde{K}_2|}, \qquad (5.31)$$

де $|\cdot|$ – потужність (кардинальне число) нечіткої підмножини.

Також, враховуючи варіативність побудови деяких з пропонованих для проведення аналізу характеристик (див. розд. 4), зафіксуємо їх версії, які будуть використовуватися в даному пункті (тут і далі):

- для розрахунку репрезентативних значень приймається метод α-зваженого середнього;
- ступінь можливості від'ємного значення буде розраховуватися за допомогою методу Недосєкіна – Воронова.

Неважко помітити, що обрані для порівняльного аналізу нечітких оцінок $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ і $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ показники або параметри, за винятком міри схожості, характеризують два фундаментальні аспекти будь-якого управлінського рішення в умовах невизначеності, коли критеріальні показники, на основі яких воно приймається, описуються недетермінованими величинами [4]:

- центральну тенденцію можливих значень використовуваних критеріальних показників;
- ризик, який у межах прийнятого вище набору характеристик представлений як параметрами, які відображають варіабельність значень критеріїв, так і параметром, який фіксує можливість небажаного відхилення (невідповідності) значень критеріальних показників від деякого їх критичного (гранично припустимого, порогового) або цільового (оптимального) рівня.

У табл. 5.4 відображено значення аналітичних характеристик оцінок $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ та $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$, розраховані на основі даних табл. 5.3.

Проаналізуємо результати, наведені в табл. 5.4.

1. Значення міри схожості на рівні 86,1 % можна тлумачити як проміжний між дуже високим і високим ступінь близькості оцінок $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ і $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$.

2. Репрезентативні числа порівнюваних оцінок також характеризуються дуже

Таблиця 5.4

Аналітичні характеристики альтернативних оцінок чистої теперішньої вартості

№	Назва показника	Позначення показника, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}, \tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}\}$	Значення показника для оцінки		Абсолютна величина (модуль) різниці між показниками
			$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$	$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$	
1	Міра схожості	$S(\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}, \tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an})$	0,861		–
2	Репрезентативне значення	$Re(\tilde{K})$	5,639	5,464	0,175
3	Середньозважений розмах варіації	$AR(\tilde{K})$	2,514	2,924	0,410
4	Семівідхилення	$SeD(\tilde{K}, 0)$	0,349	0,778	0,429
5	Коефіцієнт середнього розмаху варіації	$CAR(\tilde{K})$	0,446	0,535	–
6	Коефіцієнт цільового семівідхилення	$CSeD(\tilde{K}, 0)$	0,062	0,142	–
7	Ступінь можливості (ризик) від'ємного значення	$Risk(\tilde{K}, 0)$	0,078	0,134	0,056

Джерело: розраховано автором [11, с. 158]

високим ступенем близькості. Для показника $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ репрезентативне число є дещо більшим і дорівнює 5,639, у той час як для показника $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ воно дорівнює 5,464. Тобто абсолютна величина (модуль) різниці між ними становить всього 0,175. У відносному вираженні, якщо як базу порівняння взяти оцінку $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ (з цієї домовленості будемо виходити й далі), це трохи більше 3 %.

3. Середньозважений розмах варіації для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ є дещо більшим, ніж для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$. Абсолютна величина різниці за даною характеристикою дорівнює 0,410, що у відносному вираженні становить 16,3 %.

4. Якщо попередні розбіжності можна було розцінювати як дуже незначні, або незначні, то в разі показника семівідхилення ситуація до деякої міри є іншою. Для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ ця характеристика є більш ніж у два рази більшою порівняно з оцінкою $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$. Враховуючи важливість семівідхилення як однієї з мір ризику, просто так знехтувати цим фактом не можна.

5. Дуже високий ступінь близькості репрезентативних чисел, в поєднанні з близьким до високого ступенем близькості значень середньозваженого розмаху варіації, зумовлює досить близькі між собою величини коефіцієнта середнього розмаху варіації для аналізованих оцінок. Для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ цей показник дорівнює

0,446, а для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ – 0,535. Це означає, що на кожну гр. од. репрезентативного рівня чистої теперішньої вартості в разі оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ припадає майже на 20 % менше величини ризику відхилень, ніж для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$.

6. Внаслідок великої розбіжності між значеннями показника семівідхилення, в поєднанні з дуже високим ступенем близькості репрезентативних чисел, має місце велика розбіжність між величинами коефіцієнта цільового семівідхилення для порівнюваних оцінок. Для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ ця характеристика є більш ніж у два рази більшою, ніж для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$.

7. Розбіжність в оцінках ризику від'ємного значення для порівнюваних оцінок показника чистої теперішньої вартості становить 5,6 відсоткових пункти. При цьому для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ величина зазначеного аспекту міри ризику є меншою і дорівнює 7,8 %, у той час як для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ вона дорівнює 13,4 %. Для оцінювання значущості розглядуваної розбіжності видається доцільним використати інструментарій шкал градацій ступеня ризику. Звернемося з цією метою до трирівневої шкали з роботи [1, с. 75], яка вже використовувалася нами у п. 4.2. У межах даної шкали значення 7,8 % відповідає градації прийнятного ризику, а значення 13,4 % попадає вже до наступної градації і розпізнається як граничний ризик.

Отже, в разі запропонованої ситуації для альтернативних оцінок чистої теперішньої вартості, з одного боку, можна спостерігати високий ступінь близькості характеристик, які відображають центральну тенденцію, а також варіабельність як таку, тобто без врахування її спрямованості, а з іншого боку, для параметрів, які фіксують несприятливу варіабельність, а також можливість небажаного відхилення мають місце розбіжності, які хоча й не набувають якогось однозначно критичного рівня, разом з тим, є доволі помітними, і змушують насторожитися.

Враховуючи останнє зауваження, для розширення уявлень за досліджуваним питанням доцільно розглянути ще один умовний розрахунковий приклад [11].

Нехай, як і раніше, грошові потоки і ставка дисконтування гіпотетичного інвестиційного проекту описуються трапецієподібними нечіткими оцінками

(числами). При цьому оцінки ставки дисконтування запозичимо з попереднього прикладу без змін. Що ж до грошових потоків, то для них покладемо більш тривалу (на один розрахунковий період) інвестиційну фазу, відсутність ліквідаційних витрат, а також трохи вищий загальний рівень притоків і відтоків. Реперні точки трапецієподібних оцінок грошових потоків відображено в табл. 5.5. Термін реалізації проекту, як і перед цим, взято на рівні 6 років.

Необхідно зіставити між собою оцінки чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту, знайдені за допомогою пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів.

Таблиця 5.5

Трапецієподібні нечіткі оцінки грошових потоків інвестиційного проекту, млн грн

Рік	$\underline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,6}$	$\underline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,6}$	$\overline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,6}$	$\overline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,6}$
0	-5	-4	-3	-2
1	-8	-7	-6	-5
2	-9	-8	-7	-6
3	9	10	11	12
4	10	11	12	13
5	10	11	12	13
6	9	10	11	12

У табл. 5.6 наводяться результати визначення нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості на основі досліджуваних методів.

Таблиця 5.6

Нечітка оцінка чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту в межах пошуково-оптимізаційного ($\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$) й аналітичного ($\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$) методів

$\alpha_i,$ $i=\overline{0,5}$	$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$, млн грн		$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$, млн грн		$\alpha_i,$ $i=\overline{6,10}$	$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$, млн грн		$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$, млн грн	
	$\underline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\underline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$		$\underline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\underline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$
0,0	-4,514	15,097	-7,186	17,226	0,6	-1,740	10,586	-3,516	12,155
0,1	-4,066	14,313	-6,582	16,351	0,7	-1,257	9,878	-2,893	11,349
0,2	-3,613	13,542	-5,975	15,489	0,8	-0,767	9,181	-2,266	10,552
0,3	-3,154	12,784	-5,365	14,639	0,9	-0,271	8,495	-1,635	9,766
0,4	-2,689	12,039	-4,752	13,800	1,0	0,232	7,821	-1,000	8,989
0,5	-2,218	11,307	-4,136	12,972	–	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором [11, с. 160]

На рис. 5.2 показано графіки знайдених нечітких оцінок аналізованого показника.

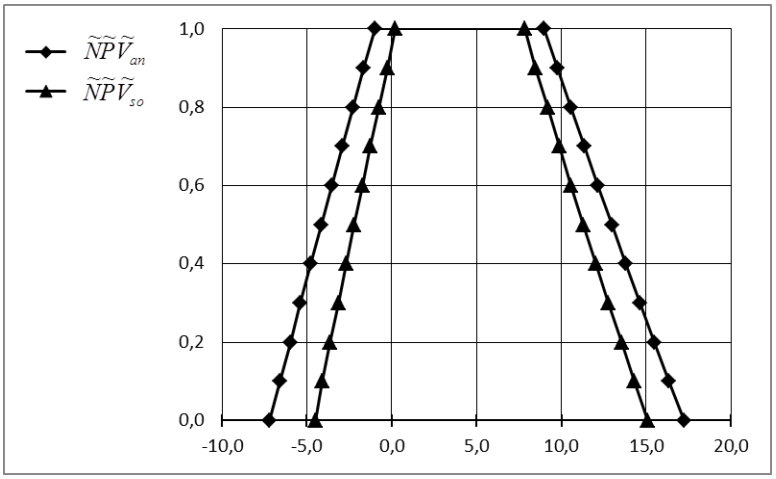


Рис. 5.2. Нечітка оцінка чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту на основі пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів, млн грн

Джерело: на основі розрахунків автора [11, с. 161]

Порівняно з попередньою гіпотетичною ситуацією, вже суто візуально розбіжності між одержаними у розглядуваному прикладі оцінками $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ та $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ не виглядають незначними або невинними. Так само, як це було зроблено вище, необхідно провести ґрунтовний аналіз їх структури і можливих наслідків.

У табл. 5.7 представлено значення порівняльних аналітичних характеристик для оцінок $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ та $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$, розраховані на основі даних табл. 5.6.

Проаналізуємо відомості табл. 5.7.

1. Значення міри схожості на рівні 79,1 % можна трактувати як високий ступінь близькості оцінок $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ і $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$.

2. Репрезентативні числа порівнюваних оцінок також характеризуються дуже високим ступенем близькості. Для показника $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ репрезентативне число є дещо більшим і дорівнює 4,337, у той час як для показника $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ воно дорівнює 4,249. Тобто абсолютна величина (модуль) різниці між ними становить всього 0,088. У відносному вираженні, якщо як базу порівняння використати оцінку $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ (з цього припущення будемо виходити й далі), це 2 %.

Таблиця 5.7

Аналітичні характеристики альтернативних оцінок чистої теперішньої вартості

№	Назва показника	Позначення показника, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}, \tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}\}$	Значення показника для оцінки		Абсолютна величина (модуль) різниці між показниками
			$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$	$\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$	
1	Міра схожості	$S(\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}, \tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an})$	0,791		–
2	Репрезентативне значення	$Re(\tilde{K})$	4,337	4,249	0,088
3	Середньозважений розмах варіації	$AR(\tilde{K})$	2,354	2,985	0,631
4	Семівідхилення	$SeD(\tilde{K}, 0)$	0,640	1,441	0,801
5	Коефіцієнт середнього розмаху варіації	$CAR(\tilde{K})$	0,543	0,703	–
6	Коефіцієнт цільового семівідхилення	$CSeD(\tilde{K}, 0)$	0,148	0,339	–
7	Ступінь можливості (ризик) від'ємного значення	$Risk(\tilde{K}, 0)$	0,134	0,218	0,084

Джерело: розраховано автором [11, с. 161]

3. Середньозважений розмах варіації для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ є дещо більшим, ніж для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$. Абсолютна величина різниці за даною характеристикою становить 0,631, що у відносному вираженні становить 26,8 %.

4. Як істотну слід кваліфікувати розбіжність між значеннями показника семівідхилення. Для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ ця характеристика є більш ніж у два рази більшою порівняно з оцінкою $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$.

5. Помірна розбіжність в значеннях середньозваженого розмаху варіації, у поєднанні з дуже високим ступенем близькості репрезентативних чисел, зумовлює помірну розбіжність між величинами коефіцієнта середнього розмаху варіації для аналізованих оцінок. Для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ цей показник дорівнює 0,543, а для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ – 0,703. Це означає, що на кожну гр. од. репрезентативного рівня чистої теперішньої вартості в разі оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ припадає десь на 29,5 % менше величини ризику відхилень, ніж для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$.

6. Унаслідок великої розбіжності між значеннями показника семівідхилення, у поєднанні з дуже високим ступенем близькості репрезентативних чисел, має місце

велика розбіжність між величинами коефіцієнта цільового семівідхилення для порівнюваних оцінок. Для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ ця характеристика є більш ніж у два рази більшою, ніж для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$.

7. Розбіжність в оцінках ризику від'ємного значення для порівнюваних оцінок показника чистої теперішньої вартості становить 8,4 відсоткових пункти. При цьому для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{so}$ величина зазначеного аспекту міри ризику є суттєво меншою і дорівнює 13,4 %, у той час як для оцінки $\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}_{an}$ вона дорівнює 21,8 %. У межах трирівневої шкали градацій ступеня ризику (див. відомості щодо цього, викладені у п. 4.2) значення 13,4 % відповідає градації граничного ризику, ближче до прийнятного, а значення 21,8 % попадає до наступної градації і розпізнається вже як неприйнятний ризик.

Таким чином, у межах розглянутої умовної ситуації розбіжності між альтернативними оцінками чистої теперішньої вартості є настільки значними, що використання аналітичного методу може зумовити неправильне рішення стосовно доцільності реалізації інвестиційного проекту. Тобто в даному випадку цей метод не забезпечує прийнятний рівень наближення (точності).

Проведений аналіз, з одного боку, впевнює у сформованості інструментарію для нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості, а з іншого боку, показує орієнтири для його можливого розвитку. З урахуванням одержаних вище результатів, інтерес становить розширення діапазону ситуацій стосовно вихідних даних для складових (параметрів інтервалів достовірності) нечіткої оцінки цього показника, які в межах загального пошуково-оптимізаційного підходу припускають можливість безпосереднього знаходження розв'язків на основі аналітичних співвідношень.

В контексті зазначеного пропонується розглянути аналітико-оптимізаційний потенціал стосовно досліджуваної проблеми для ситуацій грошових потоків інвестиційного проекту, які припускають інтерпретацію з позиції концепції породжуючої грошової операції вкладу (див. п. 1.3) [6].

Нехай послідовність детермінованих оцінок грошових потоків інвестиційного

проекту CF_k^*, $k=\overline{0,T}$, $CF_0^*<0$, може бути проінтерпретована в межах концепції породжуючої грошової операції вкладу. Формально це означає, що розв'язок відносно параметра r системи нерівностей

$$\begin{cases} \dfrac{CF_1^*}{(1+r)^1}+\dfrac{CF_2^*}{(1+r)^2}+...+\dfrac{CF_T^*}{(1+r)^T}>0 \\ \dfrac{CF_2^*}{(1+r)^2}+...+\dfrac{CF_T^*}{(1+r)^T}>0 \\ ... \\ \dfrac{CF_T^*}{(1+r)^T}>0 \\ r>0 \end{cases} \tag{5.32}$$

є непустим. Згідно з результатами п. 1.3 він являє собою проміжок виду: $(0,a^*)$, $a^*\in(0,+\infty)\cup\{+\infty\}$. При цьому функція

$$NPV(CF_0^*,...,CF_T^*,r)=\sum_{k=0}^{T}\frac{CF_k^*}{(1+r)^k} \tag{5.33}$$

за параметром r на даному проміжку є строго спадною.

Неважко бачити, що, в разі виконання для деякого значення $r>0$ системи нерівностей (5.32), серед оцінок CF_k^*, $k=\overline{1,T-1}$, поряд з додатними можуть бути також і від'ємні значення, тобто грошові потоки такого проекту можуть змінювати свій знак більше одного разу.

Нагадаємо, що в контексті концепції породжуючої грошової операції вкладу система нерівностей (5.32) виражає вимогу додатного значення величини активів для віртуального альтернативного вкладення коштів, за допомогою якого інтерпретуються грошові потоки аналізованого інвестиційного проекту. Відповідно до цього, як і в п. 1.3, скорочено називатимемо цю систему умовою додатності активів.

Задамо тепер послідовність детермінованих оцінок грошових потоків CF_k^{**}, $k=\overline{0,T}$, поклавши, що $\forall k=\overline{1,T}$: $CF_k^*\le CF_k^{**}$. Очевидно, що для неї, в разі наявності непустого розв'язку для системи (5.32), умова додатності активів, тобто система нерівностей

$$\begin{cases} \dfrac{CF_1^{**}}{(1+r)^1}+\dfrac{CF_2^{**}}{(1+r)^2}+...+\dfrac{CF_T^{**}}{(1+r)^T}>0 \\ \dfrac{CF_2^{**}}{(1+r)^2}+...+\dfrac{CF_T^{**}}{(1+r)^T}>0 \\ ... \\ \dfrac{CF_T^{**}}{(1+r)^T}>0 \\ r>0 \end{cases}, \qquad (5.34)$$

також має непустий розв'язок відносно параметра r. Зазначений розв'язок задається проміжком виду $(0, a^{**})$, $a^{**} \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$. При цьому $a^* \le a^{**}$, тобто $(0, a^*) \subseteq (0, a^{**})$. Функція

$$NPV(CF_0^{**}, ..., CF_T^{**}, r) = \sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k^{**}}{(1+r)^k} \qquad (5.35)$$

за параметром r на проміжку $(0, a^{**})$ строго спадає.

Розглянемо тепер ситуацію, коли грошові потоки інвестиційного проекту моделюються нечіткими оцінками $\tilde{\tilde{CF}}_k$, $k = \overline{0, T}$. Нехай, додатково до припущень щодо їх структури, оговорених на початку даного пункту, для кожного рівня належності α_i, $\alpha_i = i/n$, елементи $\underline{CF}_k^{\alpha_i}$, $\overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{1, T}$, $i = \overline{0, n}$, передбачають справедливість умови додатності активів. Це означає, що системи нерівностей

$$\begin{cases} \dfrac{\underline{CF}_1^{\alpha_i}}{(1+r)^1}+\dfrac{\underline{CF}_2^{\alpha_i}}{(1+r)^2}+...+\dfrac{\underline{CF}_T^{\alpha_i}}{(1+r)^T}>0 \\ \dfrac{\underline{CF}_2^{\alpha_i}}{(1+r)^2}+...+\dfrac{\underline{CF}_T^{\alpha_i}}{(1+r)^T}>0 \\ ... \\ \dfrac{\underline{CF}_T^{\alpha_i}}{(1+r)^T}>0 \\ r>0 \end{cases} \qquad (5.36)$$

та

$$\begin{cases} \dfrac{\overline{CF}_1^{\alpha_i}}{(1+r)^1} + \dfrac{\overline{CF}_2^{\alpha_i}}{(1+r)^2} + \ldots + \dfrac{\overline{CF}_T^{\alpha_i}}{(1+r)^T} > 0 \\ \dfrac{\overline{CF}_2^{\alpha_i}}{(1+r)^2} + \ldots + \dfrac{\overline{CF}_T^{\alpha_i}}{(1+r)^T} > 0 \\ \ldots \\ \dfrac{\overline{CF}_T^{\alpha_i}}{(1+r)^T} > 0 \\ r > 0 \end{cases}, \qquad (5.37)$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}, \qquad (5.38)$$

мають непусті розв'язки відносно параметра r, відповідно проміжки $(0, a_*^{\alpha_i})$, $a_*^{\alpha_i} \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$ та $(0, a_{**}^{\alpha_i})$, $a_{**}^{\alpha_i} \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{0, n}$. При цьому $\forall \{\alpha_i^*, \alpha_i^{**}\} \subset \{\alpha_i \mid \alpha_i = i/n, i = \overline{0, n}\}$: $\alpha_i^* < \alpha_i^{**} \Rightarrow (0, a_*^{\alpha_i^*}) \subseteq (0, a_*^{\alpha_i^{**}}) \subseteq (0, a_{**}^{\alpha_i^{**}}) \subseteq (0, a_{**}^{\alpha_i^*})$.

Очевидно, що достатньою умовою для існування непустих розв'язків для всіх систем нерівностей (5.36)–(5.38) є наявність непустого розв'язку для системи нерівностей

$$\begin{cases} \dfrac{\underline{CF}_1^0}{(1+r)^1} + \dfrac{\underline{CF}_2^0}{(1+r)^2} + \ldots + \dfrac{\underline{CF}_T^0}{(1+r)^T} > 0 \\ \dfrac{\underline{CF}_2^0}{(1+r)^2} + \ldots + \dfrac{\underline{CF}_T^0}{(1+r)^T} > 0 \\ \ldots \\ \dfrac{\underline{CF}_T^0}{(1+r)^T} > 0 \\ r > 0 \end{cases}. \qquad (5.39)$$

Таким чином, якщо грошові потоки інвестиційного проекту описуються нечіткими оцінками $\widetilde{\widetilde{CF}}_k$, $k = \overline{0, T}$, для яких справедливі базові припущення, прийняті на початку пункту, і для яких система нерівностей (5.39) має непустий розв'язок відносно параметра r: $(0, a_*^0)$, $a_*^0 \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$, то в цьому разі за умови використання єдиної дисконтної ставки оцінювання показника чистої теперішньої вартості може бути здійснене на основі аналітичних виразів:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\bar{r}^{\alpha_i})^k}, \tag{5.40}$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{r}^{\alpha_i})^k}, \tag{5.41}$$

$$\alpha_i = {}^{i}\!/_{n},\ i = \overline{0, n}. \tag{5.42}$$

В межах використання співвідношень (5.40)–(5.42) також припускається, що $\bar{r}^0 \le a_*^0$.

Представлені результати дозволяють розвинути загальний пошуково-оптимізаційний підхід до знаходження нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості шляхом включення до його аналітичної складової ситуацій, які можуть бути проінтерпретовані з позиції концепції породжуючої грошової операції вкладу.

Отже, з урахуванням закономірностей для послідовностей грошових потоків, які припускають інтерпретацію в межах концепції породжуючої грошової операції вкладу, в разі використання єдиної ставки дисконтування можна запропонувати таку схему нечітко-множинного оцінювання чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту, згідно з якою для окремого рівня належності α_i, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, елементи (параметри інтервалу α_i-рівня) зазначеного показника слід оцінювати в такий спосіб:

1) якщо $\forall k = \overline{1, T}$: $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \in \Re^+ \cup \{0\}$, то лівий кінець інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ потрібно визначати за допомогою співвідношення:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\bar{r}^{\alpha_i})^k}; \tag{5.43}$$

2) якщо умова попереднього пункту не виконується, але при цьому для параметрів $\underline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{1, T}$, $\bar{r}^{\alpha_i} > 0$, справедлива система нерівностей:

$$\begin{cases} \underline{CF}_1^{\alpha_i} + \dfrac{\underline{CF}_2^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\underline{CF}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-1}} > 0 \\ \underline{CF}_2^{\alpha_i} + \dfrac{\underline{CF}_3^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\underline{CF}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-2}} > 0, \\ \ldots \\ \underline{CF}_T^{\alpha_i} > 0 \end{cases} \tag{5.44}$$

то лівий кінець інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{\overline{NPV}}^{\alpha_i}]$ може бути знайдений також на основі формули (5.43);

3) якщо $\forall k = \overline{1,T}$: $\overline{\overline{CF}}_k^{\alpha_i} \in \Re^+ \cup \{0\}$, то правий кінець інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{\overline{NPV}}^{\alpha_i}]$ слід оцінювати за допомогою виразу:

$$\overline{\overline{NPV}}^{\alpha_i} = \overline{\overline{CF}}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{\overline{CF}}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{r}^{\alpha_i})^k}; \tag{5.45}$$

4) якщо умова попереднього пункту не виконується, але при цьому для параметрів $\overline{\overline{CF}}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{1,T}$, $\bar{r}^{\alpha_i} > 0$, справедлива система нерівностей:

$$\begin{cases} \overline{\overline{CF}}_1^{\alpha_i} + \dfrac{\overline{\overline{CF}}_2^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\overline{\overline{CF}}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-1}} > 0 \\ \overline{\overline{CF}}_2^{\alpha_i} + \dfrac{\overline{\overline{CF}}_3^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\overline{\overline{CF}}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-2}} > 0, \\ \ldots \\ \overline{\overline{CF}}_T^{\alpha_i} > 0 \end{cases} \tag{5.46}$$

то правий кінець інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{\overline{NPV}}^{\alpha_i}]$ може бути визначений також на основі формули (5.45);

5) якщо $\forall k = \overline{1,T}$: $\underline{\underline{CF}}_k^{\alpha_i} \in \Re^- \cup \{0\}$, то знаходження лівого кінця інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{\overline{NPV}}^{\alpha_i}]$ в цьому разі може бути здійснене за допомогою аналітичного співвідношення:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{\underline{CF}}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\underline{\underline{CF}}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{r}^{\alpha_i})^k}; \tag{5.47}$$

6) якщо умова попереднього пункту не виконується, але при цьому для параметрів $\underline{\underline{CF}}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{1,T}$, $\bar{r}^{\alpha_i} > 0$, справедлива система нерівностей:

$$\begin{cases} \underline{\underline{CF}}_1^{\alpha_i} + \dfrac{\underline{\underline{CF}}_2^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\underline{\underline{CF}}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-1}} < 0 \\ \underline{\underline{CF}}_2^{\alpha_i} + \dfrac{\underline{\underline{CF}}_3^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\underline{\underline{CF}}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-2}} < 0, \\ \ldots \\ \underline{\underline{CF}}_T^{\alpha_i} < 0 \end{cases} \tag{5.48}$$

то лівий кінець інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ може бути визначений також на основі виразу (5.47);

7) якщо $\forall k = \overline{1,T}$: $\overline{CF}_k^{\alpha_i} \in \Re^- \cup \{0\}$, то знаходження правого кінця інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ в цьому разі може бути здійснене за допомогою аналітичного співвідношення:

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\bar{r}^{\alpha_i})^k}; \qquad (5.49)$$

8) якщо умова попереднього пункту не виконується, але при цьому для параметрів $\overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{1,T}$, $\bar{r}^{\alpha_i} > 0$, справедлива система нерівностей:

$$\begin{cases} \overline{CF}_1^{\alpha_i} + \dfrac{\overline{CF}_2^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\overline{CF}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-1}} < 0 \\ \overline{CF}_2^{\alpha_i} + \dfrac{\overline{CF}_3^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^1} + \ldots + \dfrac{\overline{CF}_T^{\alpha_i}}{\left(1+\bar{r}^{\alpha_i}\right)^{T-2}} < 0, \\ \ldots \\ \overline{CF}_T^{\alpha_i} < 0 \end{cases} \qquad (5.50)$$

то правий кінець інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ може бути визначений також на основі формули (5.49);

9) якщо має місце ситуація, відмінна від ситуацій 1–8, то параметри інтервалу $[\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}]$ можуть бути знайдені в результаті розв'язання оптимізаційної моделі (5.14)–(5.17).

Зрозуміло, що спектр ситуацій, які припускають можливість майже безпосереднього, в декілька кроків, визначення параметра або параметрів нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості, може бути розширений.

Нерідко інвестиційна фаза реальних інвестицій може тривати протягом декількох розрахункових періодів. Якщо при цьому виходити з невід'ємних грошових потоків під час експлуатаційної фази і єдиної ставки дисконтування, то найменше і найбільше значення показника чистої теперішньої вартості на деякому інтервалі зміни дисконтної ставки в багатьох випадках може бути знайдене шляхом нескладної аналітико-розрахункової процедури.

Нехай для грошових потоків інвестиційного проекту CF_k, $k = \overline{0,T}$, виконується таке: $CF_0 < 0$; $\forall k \in \{1,...,k^*-1\}$: $CF_k \le 0$; $CF_{k^*} > 0$; $\forall k \in \{k^*+1,...,T\}$: $CF_k \ge 0$, де $k^* \in \{2,...,T\}$. Тобто в послідовності грошових потоків має місце одна зміна знака (нульові значення при підрахунку зміни знака не враховуються).

Тоді, згідно з теоремою Декарта, рівняння $NPV'(r) = 0$ або не має додатних розв'язків, або має один додатний розв'язок. Враховуючи диференційовність функції $NPV(r)$ на множині $\Re^+$, згідно з теоремою Ферма, якщо на деякому проміжку $(\underline{r}, \bar{r}) \in \Re^+$ при значенні дисконтної ставки r^* досягається найбільше (максимальне), або найменше (мінімальне) значення показника NPV, тобто $NPV(r^*) = \max\limits_{r \in (\underline{r}, r)} NPV(r)$, або $NPV(r^*) = \min\limits_{r \in (\underline{r}, r)} NPV(r)$, то $NPV'(r^*) = 0$. Відповідно, на довільному проміжку $(\underline{r}, \bar{r}) \in \Re^+$ функція (графік функції) $NPV(r)$ може або містити одну точку, в якій досягає найбільшого значення, і при цьому не мати точки з найменшим значенням, або містити одну точку, в якій досягає найменшого значення, і при цьому не мати точки з найбільшим значенням, або ж взагалі не набувати на даному проміжку ані найбільшого, ані найменшого значення.

Виходячи з наведених закономірностей, у разі, коли послідовність грошових потоків інвестиційного проекту підпорядковується зазначеній вище умові, можна запропонувати таку схему визначення найбільшого та найменшого значення показника NPV на деякому інтервалі значень дисконтної ставки $[\underline{r}, \bar{r}] \in \Re^+$.

1. $NPV'(\underline{r}) < 0$ і $NPV'(\bar{r}) < 0$, або $NPV'(\underline{r}) = 0$ і $NPV'(\bar{r}) < 0$, або $NPV'(\underline{r}) < 0$ і $NPV'(\bar{r}) = 0$ – функція $NPV(r)$ строго спадає на інтервалі $[\underline{r}, \bar{r}]$. Звідси, $\max\limits_{r \in [\underline{r}, \bar{r}]} NPV(r) = NPV(\underline{r})$, $\min\limits_{r \in [\underline{r}, \bar{r}]} NPV(r) = NPV(\bar{r})$.

2. $NPV'(\underline{r}) > 0$ і $NPV'(\bar{r}) > 0$, або $NPV'(\underline{r}) = 0$ і $NPV'(\bar{r}) > 0$, або $NPV'(\underline{r}) > 0$ і $NPV'(\bar{r}) = 0$ – функція $NPV(r)$ строго зростає на інтервалі $[\underline{r}, \bar{r}]$. Звідси, $\max\limits_{r \in [\underline{r}, \bar{r}]} NPV(r) = NPV(\bar{r})$, $\min\limits_{r \in [\underline{r}, \bar{r}]} NPV(r) = NPV(\underline{r})$.

3. $NPV'(\underline{r}) < 0$, $NPV'(\bar{r}) > 0$ – $\exists! r^* \in (\underline{r}, \bar{r})$: $NPV'(r^*) = 0$. На проміжку $(\underline{r}, r^*)$ функція

$NPV(r)$ строго спадає, на проміжку $(r^*, \bar{r})$ – строго зростає, в точці r^* – набуває найменшого значення ($NPV(r^*) = \min\limits_{r\in[\underline{r},\,\bar{r}]} NPV(r)$), в одній з точок – $\underline{r}$, або $\bar{r}$ набуває найбільшого значення ($\max\limits_{r\in[\underline{r},\,\bar{r}]} NPV(r) = \max\{NPV(\underline{r}), NPV(\bar{r})\}$).

4. $NPV'(\underline{r}) > 0$, $NPV'(\bar{r}) < 0$ – $\exists! r^* \in (\underline{r}, \bar{r})$: $NPV'(r^*) = 0$. На проміжку $(\underline{r}, r^*)$ функція $NPV(r)$ строго зростає, на проміжку $(r^*, \bar{r})$ – строго спадає, в точці r^* – набуває найбільшого значення ($NPV(r^*) = \max\limits_{r\in[\underline{r},\,\bar{r}]} NPV(r)$), в одній з точок – $\underline{r}$, або $\bar{r}$ набуває найменшого значення ($\min\limits_{r\in[\underline{r},\,\bar{r}]} NPV(r) = \min\{NPV(\underline{r}), NPV(\bar{r})\}$).

У ситуаціях 3 і 4 в межах визначення відповідно найменшого і найбільшого значення функції $NPV(r)$ на інтервалі $[\underline{r}, \bar{r}]$ постає завдання вирішення рівняння $NPV'(r^*) = 0$. У загальному випадку наближене, із необхідним ступенем точності, знаходження його розв'язку передбачає звернення до відповідних чисельних методів.

Використання викладеної аналітико-розрахункової схеми дозволяє розвинути загальну модель нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості. Тобто, якщо для деякого рівня належності α_i, $\alpha_i \in \left\{ i/n \mid i = \overline{0, n} \right\}$, послідовність, скажімо, мінімальних значень грошових потоків $\underline{CF}_0^{\alpha_i}$, $k = \overline{0, T}$, підпорядковується умові: $\underline{CF}_0^{\alpha_i} < 0$; $\forall k \in \{1, ..., k^* - 1\}$: $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \le 0$; $\underline{CF}_{k^*}^{\alpha_i} > 0$; $\forall k \in \{k^* + 1, ..., T\}$: $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \ge 0$, де $k^* \in \{2, ..., T\}$, то параметр $\underline{NPV}^{\alpha_i}$ може бути знайдений за її допомогою. Аналогічне стосується параметра $\overline{NPV}^{\alpha_i}$, якщо відповідна умова виконується для послідовності елементів $\overline{CF}_0^{\alpha_i}$, $k = \overline{0, T}$.

5.2. Визначення нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту

Нечітко-множинне оцінювання показників доходності (прибутковості, рентабельності) інвестиційних проектів, таких як облікова норма доходності

(Accounting Rate of Return, ARR), індекс прибутковості (Profitability Index, PI) і подібних до них інших відносних показників, не містить якихось істотних труднощів або проблем. Їх розрахунок ґрунтується на тих самих принципах і підходах, що й у разі показників ефекту (чистої вартості (Net Value, NV), чистої теперішньої вартості (Net Present Value, NPV)).

Кардинально іншою є ситуація для показника внутрішньої норми доходності (Internal Rate of Return, IRR). До проблем, які ускладнюють його використання в межах детермінованої постановки, додаються проблеми, пов'язані з переходом від останньої до нечітко-множинних описів. Як дослідження, які відображають досягнутий рівень і містять значущі нові ідеї та підходи стосовно знаходження у нечіткій формі показника IRR, можна назвати праці, які належать Л. Бьячіно, М.Р. Сімонеллі, Д. Кухті, Дж. Кахраману, І.Е.Г. Банхольцеру, А.Л. Санчесу, Е.О. Памплоні, Х.А. Монтевечі, К. Карлссону, Р. Фуллéру, Л.Г. Димовій, П.В. Севастьянову, Д.П. Севастьянову, П.М. Дерев'янку, О.С. Волковій, В.Б. Гісіну та ін. [5; 6; 27; 28; 31; 33; 34; 35; 42; 43]. У них пропонуються різні методи, які ґрунтуються на різних формальних конструкціях і змістовних інтерпретаціях, які їх супроводжують. Разом з тим акумульовані в зазначених працях результати не надають вичерпного розв'язання порушеної проблеми. З огляду на це, а також враховуючи особливе місце показника IRR в системі показників економічної ефективності реальних інвестицій, подальше розроблення методології його нечітко-множинного моделювання зберігає свою актуальність (на основі [12; 14; 16; 17]).

Нагадаємо, що внутрішня норма доходності може розумітися як додатна величина ставки дисконту, за якої чиста теперішня вартість аналізованого проекту дорівнює нулю. Тобто при наведеному трактуванні показник IRR слід знаходити як додатний розв'язок рівняння:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k}{(1+IRR)^k} = 0, \qquad (5.51)$$

де T – кількість розрахункових періодів (років) реалізації інвестиційного проекту;

CF_k – очікуваний грошовий потік за проектом у k-му періоді (році).

Відразу оговоримо, що подальший аналіз обмежується ситуацією строго спадної залежності між дисконтною ставкою і чистою теперішньою вартістю для можливих комбінацій значень грошових потоків інвестиційного проекту в межах замикань носіїв їх нечітких оцінок. Тобто $\forall CF_k \in \overline{\overline{CF}}_k^0 = [\underline{CF}_k^0, \overline{CF}_k^0]$, $k = \overline{0, T}$, $\forall \{r_1, r_2\} \in \Re^+ \cup \{0\}$:

$$r_1 < r_2 \Rightarrow \sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k}{(1+r_2)^k} < \sum_{k=0}^{T} \frac{CF_k}{(1+r_1)^k},$$

де r_1, r_2 – значення ставки дисконтування;

$\overline{\overline{CF}}_k^0$ – замикання носія (інтервал 0-рівня) нечіткої оцінки грошового потоку в k-му розрахунковому періоді (році);

$\underline{CF}_k^0$, $\overline{CF}_k^0$ – відповідно нижня і верхня границя замикання носія (інтервалу 0-рівня) нечіткої оцінки грошового потоку в k-му розрахунковому періоді (році).

Оцінювання показника *IRR* у разі нечітких початкових даних у межах методологічного напряму, який нами взято як базовий, означає розв'язування сукупності однотипних інтервальних рівнянь, які будуються на основі складових інтервального (дискретно-інтервального) за рівнями належності представлення (розбиття) нечітких оцінок грошових потоків розглядуваного інвестиційного проекту [34, с. 7; 6, с. 132]:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{\overline{CF}}_k^{\alpha_i}}{(1+\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i})^k} = [0, 0], \tag{5.52}$$

$$\alpha_i = i/n, \; i = \overline{0, n}, \tag{5.53}$$

де i, n – відповідно індекс інтервалу достовірності й кількість кроків дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки досліджуваного параметра;

α_i – значення функції належності для i-го інтервалу достовірності в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки параметра;

$\overline{\overline{CF}}_k^{\alpha_i}$ – інтервал α_i-рівня нечіткої оцінки грошового потоку в k-му

розрахунковому періоді;

$\overline{\underline{IRR}}^{\alpha_i}$ – інтервал α_i-рівня нечіткої оцінки показника IRR.

У вигляді співвідношень (5.52), (5.53) задачу знаходження нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності коректно розв'язати не можна, оскільки інтервальні оцінки грошових потоків інвестиційного проекту в межах окремих рівнів належності зумовлюють інтервальні ж значення чистої теперішньої вартості.

Згідно з підходом, який ґрунтується на використанні розширеного набору операцій інтервальної (нечітко-інтервальної) арифметики, рівняння (5.52), (5.53) можуть бути розв'язані, якщо від операції стандартного ділення інтервальних чисел перейти до операції додаткового ділення [6, с. 134]:

$$\sum_{k=0}^{T}[\overline{\underline{CF}}_k^{\alpha_i} \,//(1+\overline{\underline{IRR}}^{\alpha_i})^k] = [0, 0], \tag{5.54}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}, \tag{5.55}$$

де "//" – операція додаткового ділення.

Пошук розв'язку (рішення) окремого інтервального рівняння в межах сукупності (5.54), (5.55) зводиться до розв'язування відповідної двійки "звичайних" детермінованих рівнянь [43, с. 380; 6, с. 134]:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i})^k} = 0, \tag{5.56}$$

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\overline{IRR}^{\alpha_i})^k} = 0, \tag{5.57}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i = \overline{0, n}\right\},$$

де $\underline{CF}_k^{\alpha_i}$, $\overline{CF}_k^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки грошового потоку в k-му розрахунковому періоді;

$\underline{IRR}^{\alpha_i}$, $\overline{IRR}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки показника IRR.

Розглянемо викладений підхід на умовних (гіпотетичних) даних, звернувшись до прикладу з роботи [34].

Нехай на підприємстві аналізується економічна ефективність інвестиційного проекту, який має реалізовуватися протягом трьох років. Інвестиційні витрати здійснюються одноразово, їх сума становить 1 000 тис. грн. Інші потоки грошових коштів за проектом описуються трапецієподібними оцінками. Їх релевантні (реперні) значення (точки) відображено в табл. 5.8.

Необхідно розрахувати показник внутрішньої норми доходності за допомогою методу на основі розширеної нечітко-інтервальної арифметики.

Таблиця 5.8

Трапецієподібні оцінки грошових потоків за проектом, тис. грн

Рік реалізації проекту	$\underline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,3}$	$\underline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,3}$	$\overline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,3}$	$\overline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,3}$
0	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000
1	1 000	1 000	2 000	2 000
2	1 500	1 600	2 000	3 000
3	1 000	1 200	1 500	2 000

Результати застосування розглядуваного методу репрезентує табл. 5.9.

Таблиця 5.9

Параметри нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності на основі розширеної нечітко-інтервальної арифметики

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$
0	1,000	2,153	0,6	1,036	1,992
0,1	1,006	2,127	0,7	1,042	1,964
0,2	1,012	2,101	0,8	1,048	1,935
0,3	1,018	2,074	0,9	1,054	1,906
0,4	1,024	2,047	1	1,060	1,876
0,5	1,030	2,020	–	–	–

Джерело: розраховано автором [14, с. 55]

На рис. 5.3 зображено графік отриманої нечіткої оцінки IRR.

Л.Г. Димовою, П.В. Севастьяновим і Д.П. Севастьяновим був сформульований свій метод розрахунку нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності [34]. Згідно з даним підходом задача нечіткого оцінювання показника IRR розв’язується в два етапи.

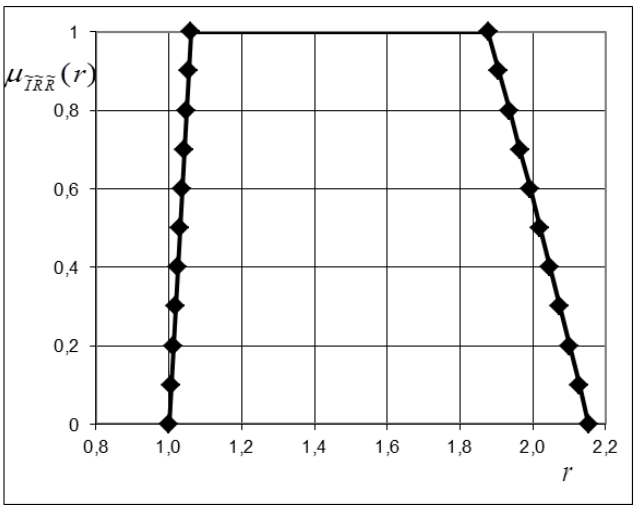


Рис. 5.3. Нечітка оцінка *IRR* на основі розширеної нечітко-інтервальної арифметики

Джерело: на основі розрахунків автора [14, с. 55]

На першому етапі для кожного рівня належності α_i розраховується нечітка оцінка дисконтної ставки, яка визначає симетричну відносно нуля інтервальну оцінку показника чистої теперішньої вартості.

На другому етапі отримані нечіткі оцінки ставки дисконту на основі адитивної згортки інтегруються в результуючу єдину нечітку оцінку шуканого показника.

Поряд із продуктивністю методу Севастьянових - Димової його застосування призводить до переоцінювання величини носія нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності. Виходячи з цього факту, П.М. Дерев'янком було запропоновано для припустимих значень аналізованого показника в межах його нечітко-інтервальної форми встановлювати обмеження знизу [6, с. 136–137]. Як варіант такого обмеження було зазначене значення $\underline{IRR}^0$, знайдене за допомогою співвідношення (5.56). У загальному ж випадку, згідно з П.М. Дерев'янком, його має визначати особа, що приймає рішення.

Осмислення окресленої проблеми дозволяє дійти висновку про припустимість і доцільність введення додаткового обмеження для значень внутрішньої норми доходності в межах її нечіткого оцінювання за допомогою методу Севастьянових - Димової. При цьому підхід до коригування нечіткої оцінки розглядуваного показника, висунутий П.М. Дерев'янком, припускає свій розвиток,

суть якого полягає в такому: на нашу думку, додаткове обмеження має встановлюватися як знизу, так і зверху, а також окремо для кожного рівня належності α_i, тобто має задаватися не одне єдине обмеження знизу, як це пропонує П.М. Дерев'янко, а їх набір, відповідно до структури нечіткої оцінки шуканого показника. Спираючись на ідею П.М. Дерев'янка, зазначені додаткові обмеження слід задавати на основі співвідношень (5.56), (5.57).

Викладені вище міркування дозволили нам сформулювати відповідну модифікацію методу знаходження нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності Севастьянових – Димової [14]. Схема пропонованої модифікації є такою.

1. Шукана нечітка оцінка внутрішньої норми доходності ($\tilde{\tilde{IRR}}$) будується як агрегат проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок – $\tilde{\tilde{IRR}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{1, n}$. На першому кроці для кожної проміжної оцінки $\tilde{\tilde{IRR}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n}\right\}$, визначається нижня і верхня межа її носія, відповідно $\underset{\bullet}{IRR}^{\alpha_i}$ та $\dot{IRR}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n}\right\}$. Рівняння для розрахунку зазначених показників мають вигляд:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1 + \underset{\bullet}{IRR}^{\alpha_i})^k} = 0, \tag{5.58}$$

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1 + \dot{IRR}^{\alpha_i})^k} = 0, \tag{5.59}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n}\right\}.$$

2. У структурі нечітких оцінок чистої теперішньої вартості, які відповідають проміжним за α_i-рівнями нечітким оцінкам $\tilde{\tilde{IRR}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n}\right\}$, визначаються інтервали максимальної довжини. Ці інтервали мають знаходитися в межах, які задаються показниками $\underset{\bullet}{IRR}^{\alpha_i}$ та $\dot{IRR}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n}\right\}$, розрахованими на попередньому кроці, а також задовольняти умову симетричності відносно нульового значення. Праві кінці розглядуваних інтервалів ($y_{\max}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n}\right\}$) слід знаходити на основі співвідношень:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+I\underset{\bullet}{R}R^{\alpha_i})^k}=y_1^{\alpha_i}>0, \tag{5.60}$$

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+I\underset{\bullet}{R}R^{\alpha_i})^k}=y_2^{\alpha_i}<0, \tag{5.61}$$

$$\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\},$$

звідки

$$y_{\max}^{\alpha_i}=\min\left\{y_1^{\alpha_i},\left|y_2^{\alpha_i}\right|\right\}, \tag{5.62}$$

$$\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}.$$

3. Для носіїв проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}$, визначаються їх точні нижні і точні верхні межі, відповідно $\underline{\underline{IRR}}^{\alpha_i 0}$ та $\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i 0}$, $\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}$. Знаходження зазначених показників здійснюється виходячи з рівнянь:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i 0})^k}=-y_{\max}^{\alpha_i}, \tag{5.63}$$

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{\underline{IRR}}^{\alpha_i 0})^k}=y_{\max}^{\alpha_i}, \tag{5.64}$$

$$\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}.$$

4. Для проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}$, знаходяться значення з максимальним рівнем належності – $IRR_{\text{mod}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}$. Рівняння для розрахунку даних показників мають вигляд:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}+\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+IRR_{\text{mod}}^{\alpha_i})^k}=0, \tag{5.65}$$

$$\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}.$$

5. У структурі нечітких оцінок чистої теперішньої вартості, які відповідають проміжним за α_i-рівнями нечітким оцінкам $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{1,n}\right\}$, значення $IRR_{\text{mod}}^{\alpha_i}$,

$\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, задають інтервали мінімальної довжини. Праві кінці цих інтервалів $y_{\min}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, можуть бути знайдені на основі співвідношень:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1 + IRR_{\text{mod}}^{\alpha_i})^k} = -y_{\min}^{\alpha_i} < 0, \tag{5.66}$$

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1 + IRR_{\text{mod}}^{\alpha_i})^k} = y_{\min}^{\alpha_i} > 0, \tag{5.67}$$

$$\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}.$$

6. Здійснюється відтворення проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$. Деякий інтервал $[\underline{IRR}^{\alpha_i \beta_j}, \overline{IRR}^{\alpha_i \beta_j}]$ у межах нечіткої оцінки $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, який відповідає рівню належності β_j, $\beta_j \in \left\{ \frac{j}{m} \middle| j = \overline{0, m} \right\}$, може бути розрахований виходячи з співвідношень:

$$y^{\alpha_i \beta_j} = y_{\max}^{\alpha_i} - \beta_j (y_{\max}^{\alpha_i} - y_{\min}^{\alpha_i}), \tag{5.68}$$

$$\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\},$$

$$\beta_j \in \left\{ \frac{j}{m} \middle| j = \overline{0, m} \right\},$$

при цьому

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1 + \overline{IRR}^{\alpha_i \beta_j})^k} = -y^{\alpha_i \beta_j} < 0, \tag{5.69}$$

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha_i \beta_j})^k} = y^{\alpha_i \beta_j} > 0, \tag{5.70}$$

$$\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\},$$

$$\beta_j \in \left\{ \frac{j}{m} \middle| j = \overline{0, m} \right\}.$$

7. Шляхом агрегування знайдених на попередньому етапі проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, визначається шукана нечітка оцінка $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}$. Зазначене агрегування слід здійснювати так:

$$\tilde{I}\tilde{R}\tilde{R} = \bigcup_{j=0}^{m} [\underline{IRR}^{\beta_j}, \overline{IRR}^{\beta_j}], \tag{5.71}$$

$$\beta_j = {}^{j}\!/_{m}, \ j = \overline{0, m}, \tag{5.72}$$

при цьому

$$\underline{IRR}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i} \times \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \times \underline{IRR}^{\alpha_i \beta_j}, \tag{5.73}$$

$$\overline{IRR}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i} \times \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \times \overline{IRR}^{\alpha_i \beta_j}, \tag{5.74}$$

$$\beta_j = {}^{j}\!/_{m}, \ j = \overline{0, m}, \tag{5.75}$$

$$\alpha_i = {}^{i}\!/_{n}, \ i = \overline{1, n}. \tag{5.76}$$

Застосування вихідної і модифікованої версії методу Севастьянових – Димової на основі прийнятої для розгляду умовної ситуації дозволяє отримати результати, відображені у табл. 5.10.

Таблиця 5.10

Нечітка оцінка внутрішньої норми доходності згідно з вихідною і запропонованою автором модифікованою версією методу Севастьянових – Димової

β_j, $j = \overline{0, 10}$	Параметри нечіткої оцінки *IRR* за методом Севастьянових – Димової		Параметри нечіткої оцінки *IRR* за модифікацією методу Севастьянових – Димової	
	$\underline{IRR}^{\beta_j}$	$\overline{IRR}^{\beta_j}$	$\underline{IRR}^{\beta_j}$	$\overline{IRR}^{\beta_j}$
0	0,000	2,162	1,300	1,963
0,1	0,459	2,145	1,318	1,904
0,2	0,690	2,102	1,336	1,849
0,3	0,858	2,049	1,354	1,798
0,4	0,994	1,989	1,374	1,748
0,5	1,108	1,924	1,393	1,702
0,6	1,206	1,852	1,413	1,657
0,7	1,293	1,775	1,433	1,615
0,8	1,370	1,691	1,454	1,574
0,9	1,438	1,599	1,476	1,535
1	1,498	1,498	1,498	1,498

Джерело: розраховано автором [14, с. 56; 15, с. 191]

На рис. 5.4 показано графіки нечіткої оцінки *IRR* у межах вихідної і модифікованої версії методу Севастьянових – Димової.

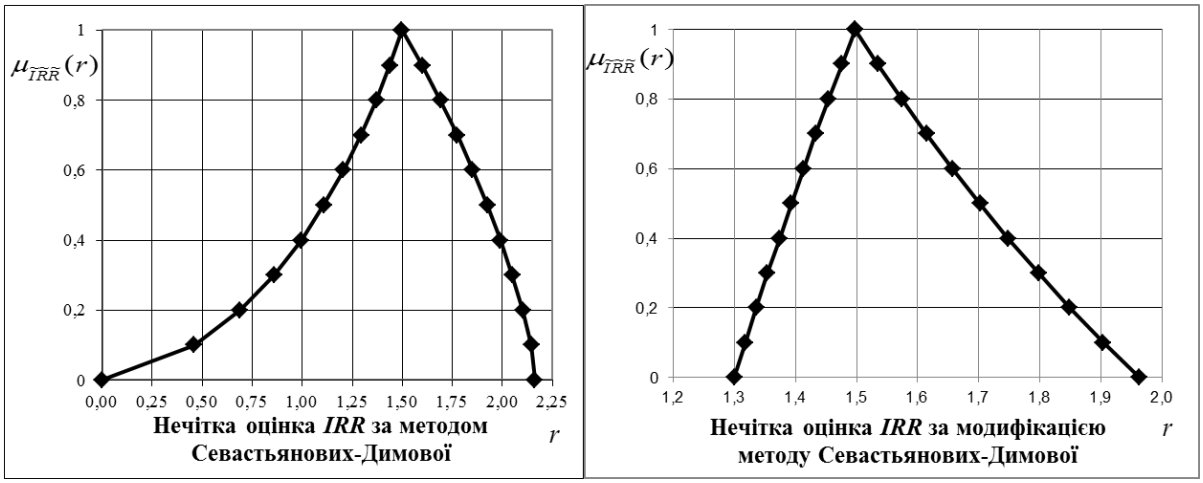


Рис. 5.4. Нечітка оцінка *IRR* згідно з вихідною і запропонованою автором модифікованою версією методу Севастьянових – Димової

Джерело: на основі розрахунків автора [13, с. 59; 14, с. 57; 15, с. 192]

З рис. 5.4 видно, що поряд зі схожістю або збігом окремих характеристик альтернативних нечітких оцінок *IRR* – близькість в обох випадках до трикутної форми, однакові модальні значення – для них мають місце принципові відмінності – істотний незбіг носіїв (більшою мірою в їх лівій частині), різні проміжки опуклості і ввігнутості.

Окрім запропонованої вище модифікації метод Севастьянових – Димової припускає й інші модифіковані версії, які виходять з тієї самої методологічної настанови щодо обмежень для параметрів проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$, в межах шуканої нечіткої оцінки $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}$, але в послабленому вигляді, тобто ґрунтуються на послабленій системі обмежень. Модель однієї з таких модифікацій з помірно послабленими обмеженнями для носіїв проміжних нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$, може бути сформульована в такий спосіб [14].

1. На першому кроці розраховуються два значення дисконтної ставки – $\dot{I}\dot{R}R^0$ та $I\dot{R}R^0$, які є відповідно нижньою і верхньою межею для носіїв одночасно всіх

проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$. Рівняння для знаходження зазначених показників мають вигляд:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^0}{(1+I\underset{\bullet}{R}R^0)^k}=0, \tag{5.77}$$

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\overline{CF}_k^0}{(1+I\dot{R}R^0)^k}=0. \tag{5.78}$$

2. В структурі нечітких оцінок чистої теперішньої вартості, які відповідають проміжним за α_i-рівнями нечітким оцінкам $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$, визначаються інтервали максимальної довжини. Ці інтервали мають знаходитися в межах, які задаються показниками $I\underset{\bullet}{R}R^0$ та $I\dot{R}R^0$, розрахованими на попередньому кроці, а також задовольняти умову симетричності відносно нульового значення. Праві кінці розглядуваних інтервалів $y_{\max}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$, слід знаходити за допомогою співвідношень:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+I\underset{\bullet}{R}R^0)^k}=y_1^{\alpha_i}>0, \tag{5.79}$$

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+I\dot{R}R^0)^k}=y_2^{\alpha_i}<0, \tag{5.80}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\},$$

звідки

$$y_{\max}^{\alpha_i}=\min\left\{y_1^{\alpha_i}, \left|y_2^{\alpha_i}\right|\right\}, \tag{5.81}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}.$$

Наступні етапи збігаються з відповідними (з 3-го по 7-й) етапами для попередньої модифікації методу Севастьянових – Димової, яку зручно розглядати як базову.

Реалізація модифікації методу Севастьянових – Димової з помірно послабленими обмеженнями щодо параметрів проміжних за α_i-рівнями нечітких

оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$, на основі використовуваних умовних даних дозволяє отримати результати, представлені у табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Нечітка оцінка внутрішньої норми доходності згідно з модифікацією методу Севастьянових – Димової з помірно послабленими обмеженнями

β_j, $j=\overline{0,5}$	$\underline{IRR}^{\beta_j}$	$\overline{IRR}^{\beta_j}$	β_j, $j=\overline{6,10}$	$\underline{IRR}^{\beta_j}$	$\overline{IRR}^{\beta_j}$
0	1,248	2,153	0,6	1,389	1,710
0,1	1,270	2,065	0,7	1,415	1,653
0,2	1,293	1,984	0,8	1,442	1,598
0,3	1,316	1,909	0,9	1,469	1,546
0,4	1,339	1,838	1	1,498	1,498
0,5	1,364	1,772	–	–	–

Джерело: розраховано автором [14, с. 57]

Рис. 5.5 репрезентує графік нечіткої оцінки *IRR* в разі використання модифікації методу Севастьянових – Димової з помірно послабленою системою обмежень.

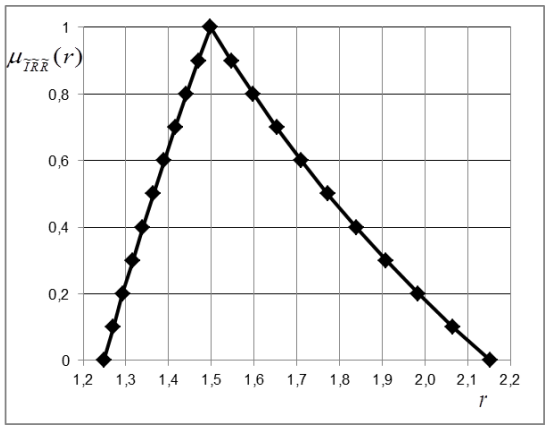


Рис. 5.5. Нечітка оцінка *IRR* за модифікацією методу Севастьянових – Димової з помірно послабленою системою обмежень

Джерело: на основі розрахунків автора [14, с. 58]

Порівняння графіків нечіткої оцінки *IRR* згідно з базовою і спрощеною модифікацією методу Севастьянових – Димової (див. рис., відповідно, 5.4 і 5.5), дозволяє констатувати високий, на межі збігу, ступінь їх взаємної близькості. Власне, вся відмінність між ними полягає в незначній “розтягнутості” нечіткої оцінки аналізованого показника в разі послаблення обмежуючих вимог порівняно з

її виглядом для базового варіанта модифікування.

Неважко також помітити, що сформульована спрощена модифікація методу Севастьянових – Димової за своєю конструкцією є близькою до варіанта, запропонованого П.М. Дерев'янком (з приводу структури останнього див. зауваження, зроблене вище). Водночас, принципова роль обмеження зверху для припустимих значень внутрішньої норми доходності на основі співвідношення (5.78), яке наявне в аналізованій спрощеній модифікації і відсутнє в межах підходу П.М. Дерев'янка, зберігає свою актуальність.

Доцільно розглянути ще одну запропоновану нами модифікацію методу Севастьянових – Димової із послабленими обмеженнями, в межах якої проміжні за α_i-рівнями оцінки показника IRR визначаються не у вигляді нечітких оцінок, а зводяться до інтервальної форми [14]. Реалізація даного підходу передбачає виконання таких розрахункових процедур.

1. Як і в попередніх випадках, шукана нечітка оцінка внутрішньої норми доходності $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}$ будується як агрегат інтервальних за α_i-рівнями оцінок $\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i = \overline{0, n}\right\}$. На першому кроці для кожної інтервальної оцінки $\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i = \overline{0, n}\right\}$, визначається її нижня і верхня межа, відповідно $I\underset{\bullet}{R}R^{\alpha_i}$ та $I\dot{R}R^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i = \overline{0, n}\right\}$. Рівняння для знаходження зазначених показників мають вигляд:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{\underline{CF}}_k^{\alpha_i}}{(1 + I\underset{\bullet}{R}R^{\alpha_i})^k} = 0, \tag{5.82}$$

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{\overline{CF}}_k^{\alpha_i}}{(1 + I\dot{R}R^{\alpha_i})^k} = 0, \tag{5.83}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i = \overline{0, n}\right\}.$$

2. Для кожного α_i-рівня серед інтервальних оцінок чистої теперішньої вартості, симетричних відносно нуля, які відповідають інтервальним оцінкам внутрішньої норми доходності, визначаються інтервали максимальної довжини. Ці інтервали мають знаходитися в межах, які задаються показниками $I\underset{\bullet}{R}R^{\alpha_i}$ та $I\dot{R}R^{\alpha_i}$,

$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{0,n}\right\}$, розрахованими на попередньому кроці, а також задовольняти умову симетричності відносно нульового значення. Праві кінці розглядуваних інтервалів $y_{\max}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{0,n}\right\}$, слід знаходити на основі співвідношень:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+I\dot{R}R^{\alpha_i})^k}=y_1^{\alpha_i}>0, \tag{5.84}$$

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+I\dot{R}R^{\alpha_i})^k}=y_2^{\alpha_i}<0, \tag{5.85}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{0,n}\right\},$$

звідки

$$y_{\max}^{\alpha_i}=\min\left\{y_1^{\alpha_i}, \left|y_2^{\alpha_i}\right|\right\}, \tag{5.86}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{0,n}\right\}.$$

3. Визначаються нижні і верхні границі інтервальних за α_i-рівнями оцінок $\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i}$, відповідно $\underline{\underline{IRR}}^{\alpha_i}$ та $\overline{\underline{IRR}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{0,n}\right\}$. Знаходження зазначених показників здійснюється виходячи з рівнянь:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\overline{\underline{IRR}}^{\alpha_i})^k}=-y_{\max}^{\alpha_i}<0, \tag{5.87}$$

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{\underline{IRR}}^{\alpha_i})^k}=y_{\max}^{\alpha_i}>0, \tag{5.88}$$

$$\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{0,n}\right\}.$$

4. Відтворюється шукана нечітка оцінка $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}$ шляхом агрегування знайдених на попередньому етапі інтервальних за α_i-рівнями оцінок $\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{0,n}\right\}$. Зазначене агрегування слід здійснювати так:

$$\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}=\bigcup_{i=0}^{n}[\underline{\underline{IRR}}^{\alpha_i}, \overline{\underline{IRR}}^{\alpha_i}], \tag{5.89}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i=\overline{0,n}. \tag{5.90}$$

Відомості табл. 5.12 відображають результати апробації модифікації методу оцінювання показника *IRR* Севастьянових – Димової з істотно послабленою системою обмежень для аналізованого умовного інвестиційного проекту.

Таблиця 5.12

Нечітка оцінка внутрішньої норми доходності за модифікацією методу Севастьянових – Димової з істотно послабленими обмеженнями

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$
0	1,399	2,153	0,6	1,314	1,992
0,1	1,385	2,127	0,7	1,300	1,964
0,2	1,371	2,101	0,8	1,286	1,935
0,3	1,357	2,074	0,9	1,272	1,906
0,4	1,342	2,047	1	1,258	1,877
0,5	1,328	2,020	–	–	–

Джерело: розраховано автором [14, с. 58]

На рис. 5.6 показаний графік отриманої нечіткої оцінки показника *IRR*.

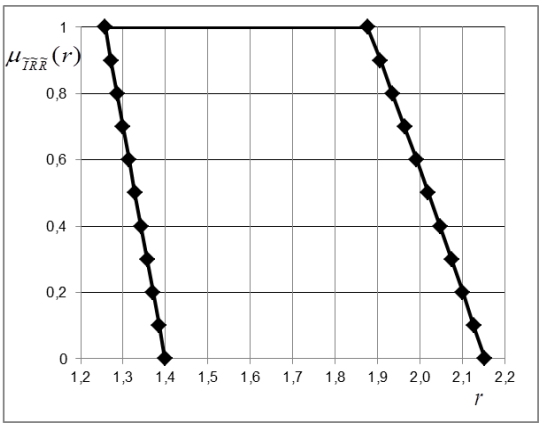


Рис. 5.6. Нечітка оцінка показника *IRR* за модифікацією методу Севастьянових – Димової з істотно послабленою системою обмежень

Джерело: на основі розрахунків автора [14, с. 58]

Як можна бачити з рис. 5.6, істотне послаблення обмежуючих умов приводить до нечіткої оцінки досліджуваного показника, форма якої сильно різниться від її структури як для основної, так і помірно спрощеної модифікації методу Севастьянових – Димової. В першому випадку має місце подібність до трапеції (або навіть до паралелограма), тоді як у двох останніх ситуаціях, як вже зауважувалося

вище, спостерігається близькість до трикутника. При цьому в разі істотного послаблення системи обмежуючих умов права по відношенню до ядра частина нечіткої оцінки IRR збігається з цією ж частиною оцінки даного показника згідно з методом на основі розширеної нечітко-інтервальної арифметики (див. рис. 5.3 і 5.6, а також дані табл. 5.9 і 5.12).

Представлені вище методи, з одного боку, висвічують суть аналізованої проблеми, складнощі і обмеження, пов'язані з її подоланням, а з іншого боку, демонструють потенціал засобів нечітко-множинної методології стосовно її розв'язання. В аспекті останнього видається доцільним розглянути ще один можливий підхід до оцінювання показника IRR у нечіткій формі [16].

З попереднього викладення можна бачити, що ключом для формулювання різних підходів для досліджуваної проблеми є передусім різна інтерпретація нечіткого нуля в межах пошуку показника IRR як розв'язку рівняння на основі показника чистої теперішньої вартості з нечіткими оцінками грошових потоків. Оскільки згідно з методологічним напрямом, який прийнято нами як базовий, розв'язування зазначеного рівняння зводиться до розв'язування сукупності відповідних інтервальних за рівнями належності рівнянь, в цілому різні підходи можуть формулюватися як результат різної інтерпретації відповідно інтервального і нечіткого нуля.

Відштовхуючись від концепції нечіткого нуля, запропонованої Л.Г. Димовою, П.В. Севастьяновим і Д.П. Севастьяновим (див. вище), можна розуміти інтервальний нуль як будь-який інтервал, симетричний відносно нульового значення. В межах інтервального за рівнями належності моделювання нечіткої оцінки показника чистої теперішньої вартості ступінь відповідності інтервалів α_i-рівня даної оцінки інтервальному нулю, який трактується у зазначеному сенсі, можна встановлювати у такий спосіб:

$$\eta^{\alpha_i} = \begin{cases} 0, \overline{NPV}^{\alpha_i} \le 0 \\ \dfrac{\min\left\{\left|\underline{NPV}^{\alpha_i}\right|, \overline{NPV}^{\alpha_i}\right\}}{\max\left\{\left|\underline{NPV}^{\alpha_i}\right|, \overline{NPV}^{\alpha_i}\right\}}, \underline{NPV}^{\alpha_i} < 0 < \overline{NPV}^{\alpha_i} \\ 0, \underline{NPV}^{\alpha_i} \ge 0 \end{cases}, \tag{5.91}$$

$$\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{0, n} \right\},$$

де η^{α_i} – ступінь відповідності інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки показника NPV інтервальному нулю;

$\underline{NPV}^{\alpha_i}$, $\overline{NPV}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки показника NPV.

Очевидно, що показник ступеня відповідності η^{α_i} може бути використаний для знаходження проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$. Дійсно, в межах деякого фіксованого α_i-рівня та інтервальних оцінок грошових потоків, які йому відповідають, довільна детермінована дисконтна ставка r задає інтервал α_i-рівня нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості, для якого за допомогою співвідношення (5.91) може бути визначений ступінь його відповідності інтервальному нулю. Цілком природно цей параметр припускає інтерпретацію як значення функції належності нечіткої оцінки $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, в точці r, тобто $\mu(\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}, r) = \eta^{\alpha_i}(r)$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, або остаточно:

$$\mu(\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}, r) = \begin{cases} 0, \overline{NPV}^{\alpha_i}(r) \le 0 \\ \min\left\{ \underline{NPV}^{\alpha_i}(r), \overline{NPV}^{\alpha_i}(r) \right\} \\ \max\left\{ \underline{NPV}^{\alpha_i}(r), \overline{NPV}^{\alpha_i}(r) \right\} \\ 0, \underline{NPV}^{\alpha_i}(r) \ge 0 \end{cases}, \underline{NPV}^{\alpha_i}(r) < 0 < \overline{NPV}^{\alpha_i}(r), \qquad (5.92)$$

$$\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\},$$

де $\mu(\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}, r)$ – значення функції належності проміжної α_i-рівня нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності, яке відповідає дисконтній ставці r.

Шукана нечітка оцінка внутрішньої норми доходності може бути визначена шляхом агрегування проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{1, n} \right\}$, знайдених за допомогою співвідношення (5.92).

Ґрунтуючись на викладеній вище ідеї, можна сформулювати відповідний

метод знаходження нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності. Послідовність кроків або етапів в межах пропонованого методу є такою.

1. Виходячи з співвідношення (5.92), здійснюється відтворення проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$. Деякий інтервал в межах нечіткої оцінки $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$, який відповідає рівню належності β_j, $\beta_j \in \left\{\frac{j}{m}\middle| j=\overline{0,m}\right\}$, – $\overline{\overline{IRR}}^{\alpha_i\beta_j} = [\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j}, \overline{IRR}^{\alpha_i\beta_j}]$, $\alpha_i \in \left\{\frac{i}{n}\middle| i=\overline{1,n}\right\}$, $\beta_j \in \left\{\frac{j}{m}\middle| j=\overline{0,m}\right\}$ – може бути визначений в такий спосіб.

1.1. Для нижньої границі шуканого інтервалу ($\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j}$) справедливі рівності:

$$\beta_j = \frac{-\underline{NPV}^{\alpha_i}(\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})}{\overline{NPV}^{\alpha_i}(\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})}, \tag{5.93}$$

при цьому

$$\begin{cases} \sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k} = \underline{NPV}^{\alpha_i} \\ \sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k} = \overline{NPV}^{\alpha_i} \end{cases}. \tag{5.94}$$

Відповідно

$$\begin{cases} \sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k} = -\beta_j \overline{NPV}^{\alpha_i} \\ \sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k} = \overline{NPV}^{\alpha_i} \end{cases}, \tag{5.95}$$

або

$$\begin{cases} \sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k} = -\beta_j \overline{NPV}^{\alpha_i} \\ \sum_{k=0}^{T} \frac{\beta_j \overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k} = \beta_j \overline{NPV}^{\alpha_i} \end{cases}, \tag{5.96}$$

звідки показник $\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j}$ може бути знайдений на основі розв'язання рівняння:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i} + \beta_j \overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k} = 0. \tag{5.97}$$

1.2. У результаті аналогічних до попередніх міркувань верхня границя шуканого інтервалу ($\overline{IRR}^{\alpha_i\beta_j}$) може бути визначена на основі пошуку розв'язку такого рівняння:

$$\sum_{k=0}^{T}\frac{\beta_j\underline{CF}_k^{\alpha_i}+\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{(1+\overline{IRR}^{\alpha_i\beta_j})^k}=0. \qquad (5.98)$$

2. Шляхом агрегування знайдених на попередньому етапі проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}^{\alpha_i}$, $\alpha_i\in\left\{\frac{i}{n}\middle|i=\overline{0,n}\right\}$, визначається шукана нечітка оцінка $\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}$. Зазначене агрегування може бути здійснене у різний спосіб. Зокрема, доцільним видається використання підходу, який виражають співвідношення:

$$\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}=\bigcup_{j=0}^{m}[\underline{IRR}^{\beta_j},\overline{IRR}^{\beta_j}], \qquad (5.99)$$

$$\beta_j=j/m,\ j=\overline{0,m}, \qquad (5.100)$$

при цьому

$$\underline{IRR}^{0}=\underline{IRR}^{00}, \qquad (5.101а)$$

$$\overline{IRR}^{0}=\overline{IRR}^{00}, \qquad (5.101б)$$

$$\underline{IRR}^{\beta_j}=\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\gamma_i}\times\sum_{i=1}^{n}\gamma_i\times\underline{IRR}^{\alpha_i\beta_j}, \qquad (5.102а)$$

$$\overline{IRR}^{\beta_j}=\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\gamma_i}\times\sum_{i=1}^{n}\gamma_i\times\overline{IRR}^{\alpha_i\beta_j}, \qquad (5.102б)$$

$$\gamma_i=\begin{cases}\alpha_i,\ \alpha_i\le\beta_i\\ 0,\ \alpha_i>\beta_i\end{cases},\ i=\overline{1,n}, \qquad (5.103)$$

$$\beta_j=j/m,\ j=\overline{1,m}, \qquad (5.104а)$$

$$\alpha_i=i/n,\ i=\overline{1,n}. \qquad (5.104б)$$

Табл. 5.13 репрезентує результати реалізації розглядуваного методу стосовно прийнятого для потреб апробації умовного прикладу.

Таблиця 5.13

Нечітка оцінка внутрішньої норми доходності на основі запропонованого автором методу посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$
0	1,000	2,153	0,6	1,408	1,660
0,1	1,113	2,028	0,7	1,438	1,612
0,2	1,200	1,931	0,8	1,462	1,570
0,3	1,269	1,848	0,9	1,482	1,532
0,4	1,325	1,777	1	1,498	1,498
0,5	1,371	1,715	–	–	–

Джерело: розраховано автором (див. також [16, с. 233])

На рис. 5.7 зображений графік отриманої нечіткої оцінки IRR.

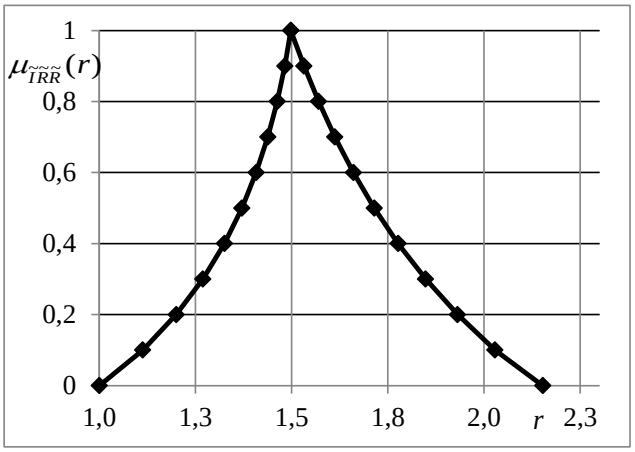


Рис. 5.7. Нечітка оцінка IRR на основі запропонованого автором методу посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю

Джерело: на основі розрахунків автора (див. також [16, с. 233])

Дещо раніше нами був запропонований метод оцінювання внутрішньої норми доходності виходячи з принципу відповідності нечіткому нулю [10; 12; 14]. Змістовно його можна розглядати як закономірний розвиток методу посегментного відтворення за допомогою принципу відповідності інтервальному нулю. Для забезпечення повноти дослідження коротко опишемо і проаналізуємо даний підхід.

Як і в усіх вищевикладених методах, концептуальну основу зазначеного методу становить певна конструкція нечіткого нуля. Конкретно, в межах розглядуваного підходу нечіткий нуль слід розуміти як нечітке число, врівноважене (збалансоване) відносно нульового значення в сенсі врівноваженості ступенів

можливості реалізації відповідно від'ємних і додатних значень, які належать його носію. В такому разі ступінь відповідності деякої нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості нечіткому нулю можна визначати в такий спосіб:

$$\eta = \begin{cases} 0, \ \overline{NPV}^{0} \le 0 \\ \dfrac{\min\left\{Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}}(NPV<0), Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}}(NPV>0)\right\}}{\max\left\{Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}}(NPV<0), Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}}(NPV>0)\right\}}, \ \underline{NPV}^{0} < 0 < \overline{NPV}^{0}, \\ 0, \ \underline{NPV}^{0} \ge 0 \end{cases} \quad (5.105)$$

де η – ступінь відповідності нечіткої оцінки показника NPV нечіткому нулю;

$\underline{NPV}^{0}$, $\overline{NPV}^{0}$ – відповідно нижня і верхня границя замикання носія (інтервалу 0-рівня) нечіткої оцінки показника NPV;

$Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}}(...)$ – ступінь (міра) можливості відповідної події в межах нечіткої оцінки показника NPV.

Виходячи з припущення $\mu_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r) = \eta(r)$, одержуємо:

$$\mu_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r) = \begin{cases} 0, \quad \overline{NPV}^{0}(r) \le 0 \\ \dfrac{\min\left\{Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r)}(NPV<0), Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r)}(NPV>0)\right\}}{\max\left\{Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r)}(NPV<0), Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r)}(NPV>0)\right\}}, \quad \underline{NPV}^{0}(r) < 0 < \overline{NPV}^{0}(r), \\ 0, \quad \underline{NPV}^{0}(r) \ge 0 \end{cases} \quad (5.106)$$

де $\mu_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r)$ – значення функції належності в межах нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності, яке відповідає дисконтній ставці r.

Викладений вище принцип дозволяє сформулювати відповідний метод знаходження нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності. Отже, реалізація даного методу передбачає виконання таких кроків (етапів).

1. На першому кроці визначається нижня і верхня границя замикання носія нечіткої оцінки показника IRR, відповідно $\underline{IRR}^{0}$ та $\overline{IRR}^{0}$. Рівняння для знаходження зазначених показників мають вигляд:

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\underline{CF}_k^{0}}{(1+\underline{IRR}^{0})^k} = 0, \quad (5.107)$$

$$\sum_{k=0}^{T} \frac{\overline{CF}_k^{0}}{(1+\overline{IRR}^{0})^k} = 0. \quad (5.108)$$

2. На основі співвідношення (5.106) здійснюється відтворення функції

належності шуканої нечіткої оцінки показника *IRR* в межах її носія.

Проведення розрахунків згідно з представленим методом для аналізованої умовної ситуації дозволяє отримати результати, відображені у табл. 5.14.

Таблиця 5.14

Нечітка оцінка внутрішньої норми доходності за методом на основі принципу відповідності нечіткому нулю

r	$Poss_{\tilde{\tilde{NPV}}(r)}(NPV<0)$	$Poss_{\tilde{\tilde{NPV}}(r)}(NPV>0)$	$\mu_{\tilde{\tilde{IRR}}}(r)$	r	$Poss_{\tilde{\tilde{NPV}}(r)}(NPV<0)$	$Poss_{\tilde{\tilde{NPV}}(r)}(NPV>0)$	$\mu_{\tilde{\tilde{IRR}}}(r)$
1,0	0	1	0	1,6	0,576	0,424	0,738
1,1	0,070	0,930	0,076	1,7	0,677	0,323	0,478
1,2	0,171	0,829	0,207	1,8	0,778	0,222	0,286
1,3	0,272	0,728	0,374	1,9	0,878	0,122	0,139
1,4	0,373	0,627	0,596	2,0	0,954	0,046	0,048
1,5	0,474	0,526	0,903	2,1	0,994	0,006	0,006
1,5	0,5	0,5	1	2,16	1	0	0

Джерело: розраховано автором [10, с. 6; 15, с. 190]

Рис. 5.8 демонструє графік нечіткої оцінки показника *IRR* в разі використання методу на основі принципу відповідності нечіткому нулю.

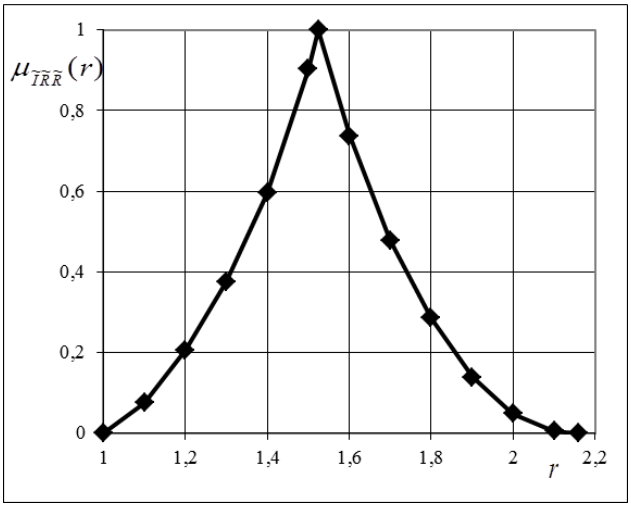


Рис. 5.8. Нечітка оцінка показника *IRR* згідно з методом на основі принципу відповідності нечіткому нулю

Джерело: на основі розрахунків автора [10, с. 7; 13, с. 59; 15, с. 192]

Розглянуті вище методи не охоплюють усіх можливих підходів до побудови нечіткої оцінки показника *IRR*. Дослідження іншого, ніж для цих методів, аспекту зв'язку між чистою теперішньою вартістю і внутрішньою нормою доходності дало

нам змогу сформулювати ще один метод [16].

Як добре відомо, в межах детермінованої постановки в разі строго спадної залежності між дисконтною ставкою і чистою теперішньою вартістю умова додатного значення чистої теперішньої вартості рівносильна тому, що рівень внутрішньої норми доходності перевищує прийняту для використання ставку дисконтування, тобто

$$NPV(r) > 0 \;\Leftrightarrow\; IRR > r\,.$$

В ситуації нечітких даних наведена рівносильність двох співвідношень трансформується у рівність ступенів можливості їх реалізації:

$$Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r)}(NPV > 0) = Poss(IRR > r)\,, \qquad (5.109)$$

де $Poss(...)$ – ступінь (міра) можливості відповідної події.

Якщо звернутися до теоретико-ймовірнісного варіанта можливісної міри, то можна сформулювати метод, в межах якого нечітка оцінка показника IRR будується за принципом відтворення розподілу ступенів можливості, який фіксується рівністю (5.109). Схема пропонованого методу є такою.

1. Спочатку на основі рівнянь (5.56), (5.57) визначається нижня і верхня границя замикання носія нечіткої оцінки показника IRR, відповідно $\underline{IRR}^{0}$ та $\overline{IRR}^{0}$.

2. Знайдене на попередньому кроці замикання носія піддається розбиттю, яке ділить його на деяке число n однакових інтервалів $[r_{i-1}, r_i]$, $r_i - r_{i-1} = \Delta r$, $i = \overline{1, n}$. За кожною дисконтною ставкою, яка є кінцем одного з інтервалів даного розбиття, окрім r_0 і r_n, визначається нечітка оцінка чистої теперішньої вартості і розраховується ступінь можливості додатного значення в її межах: $Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r_i)}(NPV > 0)$, $i = \overline{1, n-1}$. Що ж до ставок r_0 і r_n, то оскільки за принципом їх формування $r_0 = \underline{IRR}^{0}$ і $r_n = \overline{IRR}^{0}$, для них має виконуватися: $Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r_0)}(NPV > 0) = 1$, $Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}(r_n)}(NPV > 0) = 0$.

3. Розраховуються прирости ступеня можливості додатного значення чистої теперішньої вартості в результаті покрокового, на величину Δr, збільшення дисконтної ставки в межах проміжку від r_0 до r_n:

$$\Delta Poss_{\tilde{\tilde{\tilde{NPV}}}}(r_{i-1}, r_i) = Poss_{\tilde{\tilde{\tilde{NPV}}}(r_{i-1})}(NPV > 0) - Poss_{\tilde{\tilde{\tilde{NPV}}}(r_i)}(NPV > 0), \quad (5.110)$$

$i = \overline{1, n}$.

4. Визначається максимальний приріст ступеня можливості додатної чистої теперішньої вартості: $M = \max\left\{\Delta Poss_{\tilde{\tilde{\tilde{NPV}}}}(r_{i-1}, r_i) \mid i = \overline{1, n}\right\}$. Дисконтним ставкам інтервалу розбиття замикання носія нечіткої оцінки IRR, для якого має місце цей максимальний приріст, присвоюється значення функції належності, рівне 1. Відповідно, можна розрахувати площу S_M частини шуканої нечіткої оцінки, яка знаходиться в межах даного інтервалу:

$$S_M = \Delta r \times 1 = \Delta r. \quad (5.111)$$

Тепер можна знайти площу $S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}$ усієї нечіткої оцінки показника IRR:

$$S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}} = \frac{S_M}{M} = \frac{\Delta r}{M}. \quad (5.112)$$

5. Визначаються площі частин шуканої нечіткої оцінки показника IRR у межах окремих інтервалів розбиття замикання її носія:

$$S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_{i-1}, r_i) = S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}} \times \Delta Poss_{\tilde{\tilde{\tilde{NPV}}}}(r_{i-1}, r_i),\ i = \overline{1, n}, \quad (5.113)$$

де $S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_{i-1}, r_i)$ – площа частини нечіткої оцінки показника IRR, що відповідає інтервалу $[r_{i-1}, r_i]$ розбиття замикання її носія.

6. Здійснюється відтворення значень функції належності $\mu_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}$ шуканої нечіткої оцінки показника IRR:

6.1) для $r = r_0$:

$$\mu_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r) = \left[0, \frac{S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_0, r_1)}{\Delta r}\right]; \quad (5.114)$$

6.2) при зміні параметра r у проміжку (r_{i-1}, r_i), $i = \overline{1, n-1}$:

$$\mu_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r) = \frac{S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_{i-1}, r_i)}{\Delta r}; \quad (5.115)$$

6.3) в разі, коли $r = r_i$, $i = \overline{1, n-1}$:

$$\mu_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r) = \left[\begin{array}{l} \min\left\{\dfrac{S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_{i-1}, r_i)}{\Delta r}, \dfrac{S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_i, r_{i+1})}{\Delta r}\right\}, \\ \max\left\{\dfrac{S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_{i-1}, r_i)}{\Delta r}, \dfrac{S_{\tilde{\tilde{\tilde{IRR}}}}(r_i, r_{i+1})}{\Delta r}\right\} \end{array}\right]; \quad (5.116)$$

6.4) при зміні параметра r у проміжку (r_i, r_{i+1}), $i = \overline{1, n-1}$:

$$\mu_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r) = \frac{S_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r_i, r_{i+1})}{\Delta r}; \qquad (5.117)$$

6.5) для $r = r_n$:

$$\mu_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r) = \left[0, \frac{S_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r_{n-1}, r_n)}{\Delta r}\right]. \qquad (5.118)$$

Дані табл. 5.15 відображають результати оцінювання показника *IRR* за допомогою відтворення розподілу ступенів можливості стосовно розглядуваного в пункті умовного прикладу.

Таблиця 5.15

Нечітка оцінка внутрішньої норми доходності на основі запропонованого автором методу відтворення розподілу ступенів можливості

$r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i), i = \overline{1, n}$	$\Delta Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}}(r_{i-1}, r_i), i = \overline{1, n}$	$\mu_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r), r \in \{r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i) \mid i = \overline{1, n}\}$	$r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i), i = \overline{1, n}$	$\Delta Poss_{\tilde{\tilde{N}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{V}}}(r_{i-1}, r_i), i = \overline{1, n}$	$\mu_{\tilde{\tilde{I}}\tilde{\tilde{R}}\tilde{\tilde{R}}}(r), r \in \{r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i) \mid i = \overline{1, n}\}$
1	–	[0,000, 0,695]	(1,6, 1,7)	0,101	1,000
(1, 1,1)	0,070	0,695	1,7	–	1,000
1,1	–	[0,695, 0,998]	(1,7, 1,8)	0,101	1,000
(1,1, 1,2)	0,101	0,998	1,8	–	[0,991, 1,000]
1,2	–	[0,998, 0,999]	(1,8, 1,9)	0,100	0,991
(1,2, 1,3)	0,101	0,999	1,9	–	[0,755, 0,991]
1,3	–	0,999	(1,9, 2,0)	0,076	0,755
(1,3, 1,4)	0,101	0,999	2,0	–	[0,397, 0,755]
1,4	–	[0,999, 1,000]	(2,0, 2,1)	0,040	0,397
(1,4, 1,5)	0,101	1,000	2,1	–	[0,111, 0,397]
1,5	–	1,000	(2,1, 2,16)	0,006	0,111
(1,5, 1,6)	0,101	1,000	2,16	–	[0,000, 0,111]
1,6	–	1,000	–	–	–

Джерело: розраховано автором [16, с. 238]

На рис. 5.9 показано графік отриманої нечіткої оцінки показника *IRR*.

Недоліком представленого вище підходу є те, що його застосування обмежене теоретико-ймовірнісним варіантом можливісної міри. Втім, якщо поглянути на досліджувану проблему з більш широких позицій, і не обмежувати себе описами виключно у формі нечітких величин, то зазначений недолік можна обійти. Якщо

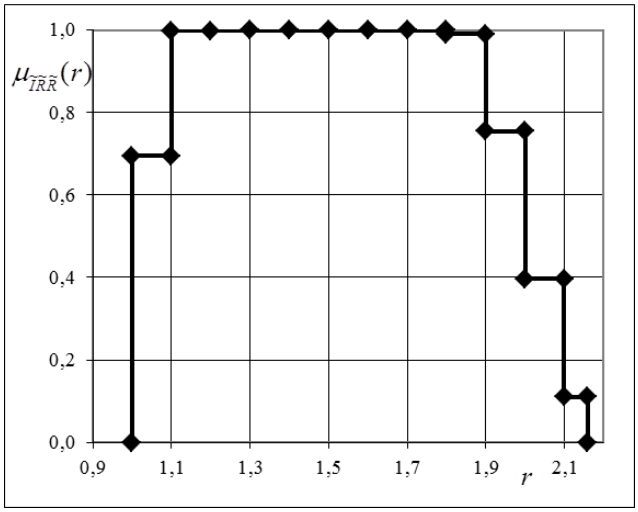


Рис. 5.9. Нечітка оцінка показника *IRR* на основі запропонованого автором методу відтворення розподілу ступенів можливості

Джерело: на основі розрахунків автора [16, с. 237]

поглянути на умову (5.109) більш уважно, то можна помітити, що на її основі можна здійснити оцінювання показника *IRR* у формі функції розподілу ступенів можливості, побудованої аналогічно функції розподілу випадкової величини в теорії імовірностей. У цьому разі обмеження щодо допустимих мір можливості природним чином виявляється відсутнім. Відповідно до зазначеного функція розподілу ступенів можливості для показника *IRR* в ситуації нечітких початкових даних має вигляд:

$$F_{IRR}(r) = Poss(IRR \le r), \tag{5.119}$$

при цьому

$$Poss(IRR \le r) = Poss_{\tilde{N}\tilde{P}\tilde{V}(r)}(NPV \le 0). \tag{5.120}$$

У табл. 5.16 репрезентовано результати оцінювання внутрішньої норми доходності за допомогою функції розподілу ступенів можливості для різних варіантів можливісної міри в межах прийнятого для потреб апробації умовного прикладу.

Аналіз відомостей табл. 5.16 дозволяє констатувати дуже високий ступінь взаємної близькості одержаних функцій, що окрім внутрішнього зв’язку між альтернативними можливісними мірами, зумовлене особливостями початкових даних розглядуваного прикладу.

Таблиця 5.16

Характеристика внутрішньої норми доходності на основі функції розподілу ступенів можливості для різних варіантів можливісної міри

r	Значення функції розподілу ступенів можливості $F_{IRR}(r)$ для можливісної міри на основі		
	теоретико-ймовірнісної методології	інтервальної за рівнями належності методології без зважування	інтервальної за рівнями належності методології зі зважуванням
[0,0 1,0]	0	0	0
1,1	0,069	0,068	0,063
1,2	0,172	0,173	0,175
1,3	0,275	0,277	0,286
1,4	0,378	0,381	0,396
1,5	0,481	0,485	0,506
1,6	0,584	0,589	0,614
1,7	0,686	0,692	0,723
1,8	0,789	0,796	0,830
1,9	0,889	0,896	0,933
2,0	0,961	0,965	0,985
2,1	0,997	0,997	1,000
[2,2, 2,5]	1	1	1

Джерело: розраховано автором [16, с. 239]

5.3. Нечітко-множинне моделювання терміну окупності інвестиційного проекту

Як було зафіксовано у попередньому викладенні (див. п. 1.2), основу аналізу часового аспекту окупності реальних інвестицій становлять два показники: термін окупності без дисконтування (*Payback Period, PP*) і термін окупності за дисконтованими грошовими потоками (*Discounted Payback Period, DPP*). Виходячи з пріоритетної ролі останнього з названих двох показників, дослідимо далі проблему нечітко-множинного моделювання окупності інвестиційних проектів у часі на його прикладі (на основі [9; 17]).

В силу структурної специфіки показника *DPP* його оцінювання у нечіткій формі з точки зору ступеня методологічної неоднозначності і модельних обмежень слід поставити, якщо не на одному рівні з аналогічною проблемою для показника внутрішньої норми доходності, то цілком точно на друге місце після неї. Сучасну

ситуацію за даним питанням репрезентативно відображають праці [2; 6; 7; 19; 21; 24; 37; 39; 40; 41; 42; 43].

В межах пропонованого в цьому пункті дослідження будемо спиратися на визначення, згідно з яким термін окупності з дисконтуванням трактується як мінімальний період, після якого накопичений (наростаючим підсумком, кумулятивний) дисконтований грошовий потік (Cumulative Discounted Cash Flow, $CDCF$) за проектом набуває і в подальшому зберігає невід'ємне значення [3, с. 317–321].

Аналіз порушеної проблеми, який передбачається здійснити нижче, обмежується інвестиційними проектами з нечіткими оцінками грошових потоків, для кожного з яких справедливі такі властивості (припущення):

- протягом терміну своєї реалізації проект обов'язково окупається за показником накопиченого дисконтованого грошового потоку;
- після мінімального терміну, коли серед інших сценаріїв може мати місце окупність проекту, послідовність нечітких оцінок показника $CDCF$ є неспадною:

$$\underline{CDCF}_k^{\alpha_i} \le \underline{CDCF}_{k+1}^{\alpha_i}, \tag{5.121}$$

$$\overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \le \overline{CDCF}_{k+1}^{\alpha_i}, \tag{5.122}$$

$$\alpha_i = {}^{i}\!/_{n},\ i = \overline{0, n}, \tag{5.123}$$

$$k = \overline{k^*, T},\ k^* = \min\{k \mid \overline{CDCF}_k^0 \ge 0, k = \overline{1, T}\},$$

де i, n – відповідно індекс інтервалу достовірності й кількість кроків дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки досліджуваного параметра;

α_i – значення функції належності для i-го інтервалу достовірності в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки аналізованого параметра;

$\underline{CDCF}_k^{\alpha_i}$, $\underline{CDCF}_{k+1}^{\alpha_i}$ – нижня границя інтервалу α_i-рівня в межах нечіткої оцінки $CDCF$ для (на кінець) відповідно k-го і $k+1$-го періоду реалізації інвестиційного проекту;

$\overline{CDCF}_k^{\alpha_i}$, $\overline{CDCF}_{k+1}^{\alpha_i}$ – верхня границя інтервалу α_i-рівня в межах нечіткої оцінки

$CDCF$ для відповідно k-го і $k+1$-го періоду реалізації інвестиційного проекту;

T – термін (строк) реалізації інвестиційного проекту (горизонт інвестування).

Підхід до нечітко-множинного оцінювання показника DPP, який нами розглядається як базовий, ґрунтується на інтервальній за рівнями належності методології представлення й розрахунково-аналітичної обробки нечітких оцінок. Згідно з ним нечітку оцінку терміну окупності з дисконтуванням виражають співвідношення [21, с. 3; 43, с. 379]:

$$\overline{\overline{DPP}}^{\alpha_i} = [\underline{DPP}^{\alpha_i}, \overline{DPP}^{\alpha_i}], \tag{5.124}$$

$$\underline{DPP}^{\alpha_i} = \min\{k \mid \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \geq 0, k = \overline{1, T}\}, \tag{5.125}$$

$$\overline{DPP}^{\alpha_i} = \min\{k \mid \underline{CDCF}_k^{\alpha_i} \geq 0, k = \overline{1, T}\}, \tag{5.126}$$

$$\alpha_i = i/n, \; i = \overline{0, n}, \tag{5.127}$$

де $\overline{\overline{DPP}}^{\alpha_i}$ – інтервал у межах нечіткої оцінки DPP, який відповідає рівню належності α_i;

$\underline{DPP}^{\alpha_i}$, $\overline{DPP}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу в межах нечіткої оцінки DPP, який відповідає рівню належності α_i.

Розглянемо представлений метод на гіпотетичному прикладі [9].

Нехай на підприємстві аналізується доцільність деякого інвестиційного проекту. Термін реалізації проекту становить п’ять років. Інвестиційні витрати здійснюються одноразово, їх сума дорівнює 2 000 тис. грн. Інші потоки коштів за проектом описуються трапецієподібними оцінками. Їх ключові (релевантні, реперні) значення (точки) наведено в табл. 5.17 (при цьому використано такі умовні позначення: $\underline{CF}_k^{\alpha_i}$, $\overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $\alpha_i = 0,1$, $k = \overline{0, 5}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня трапецієподібної оцінки грошового потоку для k-го періоду (року) реалізації інвестиційного проекту). Дисконтна ставка, так само, як і операційні грошові потоки, задається трапецієподібною оцінкою: $\tilde{r} = (\underline{r}^0, \underline{r}^1, \bar{r}^1, \bar{r}^0) = (0{,}1, 0{,}15, 0{,}25, 0{,}3)$ (у даному записі прийнято такі позначення: $\tilde{r}$ – нечітка оцінка дисконтної ставки; $\underline{r}^{\alpha_i}$, $\bar{r}^{\alpha_i}$, $\alpha_i = 0,1$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня нечіткої трапецієподібної оцінки дисконтної ставки).

Таблиця 5.17

Трапецієподібні оцінки річних потоків коштів за інвестиційним проектом, тис. грн

Рік реалізації проекту	$\underline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$	$\underline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$
0	-2 000	-2 000	-2 000	-2 000
1	600	800	1 000	1 200
2	800	1 000	1 200	1 400
3	1 000	1 200	1 400	1 600
4	1 000	1 200	1 400	1 600
5	1 000	1 100	1 300	1 400

Необхідно знайти оцінку дисконтованого терміну окупності на основі інтервального за рівнями належності відтворення її параметрів.

Результати застосування розглядуваного методу репрезентовано в табл. 5.18.

Таблиця 5.18

Параметри нечіткої оцінки *DPP* для інтервального за рівнями належності методу

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{DPP}^{\alpha_i}$	$\overline{DPP}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{DPP}^{\alpha_i}$	$\overline{DPP}^{\alpha_i}$
0	2	5	0,6	3	4
0,1	2	5	0,7	3	4
0,2	2	5	0,8	3	4
0,3	2	5	0,9	3	4
0,4	2	5	1	3	4
0,5	2	4	–	–	–

Джерело: розраховано автором [9, с. 1027]

На рис. 5.10 зображено графік отриманої нечіткої оцінки *DPP*.

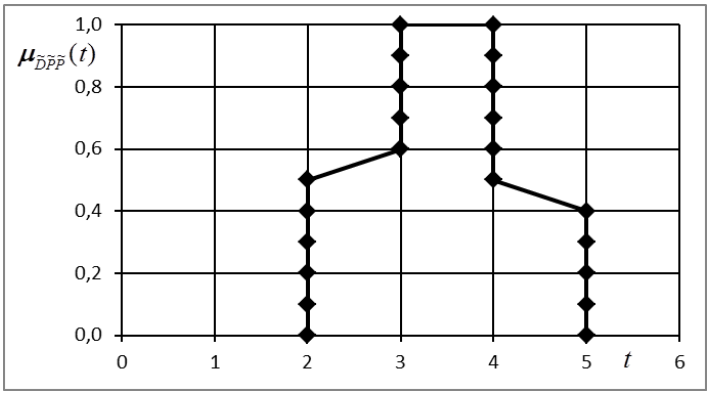


Рис. 5.10. Нечітка оцінка *DPP* на основі інтервального за рівнями належності методу

Джерело: на основі розрахунків автора [9, с. 1027]

Поряд з викладеним вище проблема побудови нечіткої оцінки *DPP* припускає й інші підходи до свого розв'язання. Зокрема, у роботі [9] з цією метою нами була використана концепція інтервального нуля.

Як і в попередньому пункті, розумітимемо інтервальний нуль як будь-який інтервал, центр якого відповідає нульовому значенню. У цьому разі ступінь відповідності інтервалів α_i-рівня нечітких оцінок накопиченого дисконтованого грошового потоку інтервальному нулю слід визначати в такий спосіб:

$$\eta_k^{\alpha_i} = \frac{\min\left\{Poss(CDCF_k^{\alpha_i} < 0),\, Poss(CDCF_k^{\alpha_i} > 0)\right\}}{\max\left\{Poss(CDCF_k^{\alpha_i} < 0),\, Poss(CDCF_k^{\alpha_i} > 0)\right\}}, \tag{5.128}$$

$$Poss(CDCF_k^{\alpha_i} < 0) = \begin{cases} 1, \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \le 0 \\ \dfrac{-\underline{CDCF}_k^{\alpha_i}}{\overline{CDCF}_k^{\alpha_i} - \underline{CDCF}_k^{\alpha_i}}, \underline{CDCF}_k^{\alpha_i} < 0 < \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \\ 0, \underline{CDCF}_k^{\alpha_i} \ge 0 \end{cases}, \tag{5.129}$$

$$Poss(CDCF_k^{\alpha_i} > 0) = \begin{cases} 0, \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \le 0 \\ \dfrac{\overline{CDCF}_k^{\alpha_i}}{\overline{CDCF}_k^{\alpha_i} - \underline{CDCF}_k^{\alpha_i}}, \underline{CDCF}_k^{\alpha_i} < 0 < \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \\ 1, \underline{CDCF}_k^{\alpha_i} \ge 0 \end{cases}, \tag{5.130}$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{0, n}, \tag{5.131}$$

$$k = \overline{0, T},$$

де $\eta_k^{\alpha_i}$ – ступінь відповідності інтервалу $[\underline{CDCF}_k^{\alpha_i}, \overline{CDCF}_k^{\alpha_i}]$ інтервальному нулю;

$Poss(...)$ – ступінь можливості відповідної події;

$CDCF_k^{\alpha_i}$ – значення в межах інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки *CDCF* для k-го періоду.

Ґрунтуючись на показнику ступеня відповідності $\eta_k^{\alpha_i}$, можна знаходити проміжні за α_i-рівнями нечіткі оцінки $\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}(\alpha_i)$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{0, n}$. Дійсно, для деякої нечіткої оцінки *CDCF*, яка відповідає деякому k-му періоду реалізації інвестиційного проекту, кожний α_i-рівень задає інтервал, для якого за допомогою співвідношення (5.128) може бути визначений ступінь його відповідності

інтервальному нулю, що припускає інтерпретацію як значення функції належності проміжної нечіткої оцінки дисконтованого терміну окупності, яка відповідає даному α_i-рівню, в точці k, тобто $\mu_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}(\alpha_i)}(k) = \eta_k^{\alpha_i}$, $k \in \{1, ..., T\}$, $\alpha_i \in \left\{ \frac{i}{n} \middle| i = \overline{0, n} \right\}$, або в розгорнутому вигляді:

$$\mu_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}(\alpha_i)}(k) = \begin{cases} 0, \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \le 0 \\ \min\left\{ -\underline{CDCF}_k^{\alpha_i}, \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \right\}, \\ \max\left\{ -\underline{CDCF}_k^{\alpha_i}, \overline{CDCF}_k^{\alpha_i} \right\}, \underline{CDCF}_k^{\alpha_i} < 0 < \overline{CDCF}_k^{\alpha_i}, \\ 0, \underline{CDCF}_k^{\alpha_i} \ge 0 \end{cases} \quad (5.132)$$

$$\alpha_i = i/n, \; i = \overline{0, n}, \quad (5.133)$$

$$k = \overline{0, T},$$

де $\mu_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}(\alpha_i)}(k)$ – значення функції належності проміжної за α_i-рівнем нечіткої оцінки DPP, яке відповідає періоду реалізації інвестиційного проекту k.

Шукана нечітка оцінка дисконтованого терміну окупності може бути визначена шляхом агрегування проміжних за α_i-рівнями нечітких оцінок $\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}(\alpha_i)$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{0, n}$, які знаходяться за допомогою співвідношення (5.132).

Використання викладеної вище ідеї дозволило нам сформулювати відповідний метод знаходження нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням. Послідовність розрахункових процедур в межах пропонованого методу є такою.

1. За нечіткими оцінками грошових потоків інвестиційного проекту і ставки дисконтування згідно з правилами нечіткої арифметики розраховуються нечіткі оцінки накопиченого дисконтованого грошового потоку $\tilde{\tilde{C}}\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{C}}\tilde{\tilde{F}}_k$, $k = \overline{0, T}$.

2. На основі співвідношення (5.132) визначаються проміжні нечіткі оцінки дисконтованого терміну окупності, які відповідають окремим рівням належності: $\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}(\alpha_i)$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{1, n}$.

3. Для одержаних на попередньому кроці проміжних за α_i-рівнями оцінок $\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}(\alpha_i)$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{1, n}$, знаходяться їх модальні значення. Відповідні розрахункові формули, виходячи з принципу побудови даних оцінок, мають вигляд:

$$t_{\text{mod}}^{\alpha_i} = k_*(\alpha_i) + \frac{0{,}5 - Poss(CDCF_{k_*(\alpha_i)}^{\alpha_i} \geq 0)}{Poss(CDCF_{k_*(\alpha_i)+1}^{\alpha_i} \geq 0) - Poss(CDCF_{k_*(\alpha_i)}^{\alpha_i} \geq 0)}, \quad (5.134)$$

$$Poss(CDCF_{k_*(\alpha_i)}^{\alpha_i} \geq 0) \leq 0{,}5, \quad (5.135)$$

$$Poss(CDCF_{k_*(\alpha_i)+1}^{\alpha_i} \geq 0) > 0{,}5, \quad (5.136)$$

$$k_*(\alpha_i) \in \{0, ..., T-1\},$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{1, n}, \quad (5.137)$$

де $t_{\text{mod}}^{\alpha_i}$ – модальне значення для нечіткої оцінки DPP, яка відповідає рівню належності α_i;

$CDCF_{k_*(\alpha_i)}^{\alpha_i}$, $CDCF_{k_*(\alpha_i)+1}^{\alpha_i}$ – значення в межах інтервалу α_i-рівня нечіткої оцінки $CDCF$ для відповідно $k_*(\alpha_i)$-го і $k_*(\alpha_i)+1$-го періоду.

4. Проміжні за α_i-рівнями оцінки $\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{1, n}$, приводяться до дискретно-інтервального способу представлення в межах єдиного розбиття множини значень їх функцій належності. Це здійснюється шляхом кусково-лінійної інтерполяції:

$$\underline{DPP}^{\alpha_i \beta_j} = k_j^*(\alpha_i) + \frac{\beta_j - \mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(k_j^*(\alpha_i))}{\mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(t_j^*(\alpha_i)) - \mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(k_j^*(\alpha_i))}, \quad (5.138)$$

$$k_j^*(\alpha_i) = \max\{k \mid \mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(k) \leq \beta_j \ \&\ k < t_{\text{mod}}^{\alpha_i}, k = \overline{0, T-1}\}, \quad (5.139)$$

$$t_j^*(\alpha_i) = \begin{cases} k_j^*(\alpha_i) + 1, k_j^*(\alpha_i) + 1 \leq t_{\text{mod}}^{\alpha_i} \\ t_{\text{mod}}^{\alpha_i}, k_j^*(\alpha_i) + 1 > t_{\text{mod}}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (5.140)$$

$$\overline{DPP}^{\alpha_i \beta_j} = t_j^{**}(\alpha_i) + \frac{\beta_j - \mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(t_j^{**}(\alpha_i))}{\mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(k_j^{**}(\alpha_i)) - \mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(t_j^{**}(\alpha_i))}, \quad (5.141)$$

$$k_j^{**}(\alpha_i) = \min\{k \mid \mu_{\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)}(k) \leq \beta_j \ \&\ k > t_{\text{mod}}^{\alpha_i}, k = \overline{1, T}\}, \quad (5.142)$$

$$t_j^{**}(\alpha_i) = \begin{cases} k_j^{**}(\alpha_i) - 1, k_j^{**}(\alpha_i) - 1 \geq t_{\text{mod}}^{\alpha_i} \\ t_{\text{mod}}^{\alpha_i}, k_j^{**}(\alpha_i) - 1 < t_{\text{mod}}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (5.143)$$

$$\beta_j = j/m,\ j = \overline{0, m}, \quad (5.144)$$

$$\alpha_i = i/n,\ i = \overline{1, n}, \quad (5.145)$$

де $\underline{DPP}^{\alpha_i\beta_j}$, $\overline{DPP}^{\alpha_i\beta_j}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу β_j-рівня в межах проміжної нечіткої оцінки $\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)$.

5. Шляхом агрегування проміжних за α_i-рівнями оцінок $\tilde{\tilde{DPP}}(\alpha_i)$, $\alpha_i = i/n$, $i = \overline{1, n}$, в межах їх дискретно-інтервального представлення, знайденого кроком раніше, визначається шукана нечітка оцінка терміну окупності з дисконтуванням – $\tilde{\tilde{DPP}}$. Зазначене агрегування може бути здійснене у різний спосіб. Зокрема, доцільним видається використання підходу, який виражають співвідношення:

$$\tilde{\tilde{DPP}} = \bigcup_{j=0}^{m} [\underline{DPP}^{\beta_j}, \overline{DPP}^{\beta_j}], \tag{5.146}$$

$$\beta_j = j/m, \ j = \overline{0, m}, \tag{5.147}$$

$$\underline{DPP}^{0} = \underline{DPP}^{00}, \tag{5.148а}$$

$$\overline{DPP}^{0} = \overline{DPP}^{00}, \tag{5.148б}$$

$$\underline{DPP}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \gamma_i} \times \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \times \underline{DPP}^{\alpha_i\beta_j}, \tag{5.149а}$$

$$\overline{DPP}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \gamma_i} \times \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \times \overline{DPP}^{\alpha_i\beta_j}, \tag{5.149б}$$

$$\gamma_i = \begin{cases} \alpha_i, \alpha_i \le \beta_i \\ 0, \alpha_i > \beta_i \end{cases}, \ i = \overline{1, n}, \tag{5.150}$$

$$\alpha_i = i/n, \ i = \overline{1, n}, \tag{5.151а}$$

$$\beta_j = j/m, \ j = \overline{1, m}, \tag{5.151б}$$

де $\underline{DPP}^{\beta_j}$, $\overline{DPP}^{\beta_j}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу β_j-рівня в межах нечіткої оцінки DPP.

Апробуємо викладений метод на умовному прикладі, який було сформульовано вище. Після виконання всіх необхідних розрахунків отримуємо результати, які відображено в табл. 5.19.

Таблиця 5.19

Параметри нечіткої оцінки *DPP* для запропонованого автором методу на основі принципу відповідності інтервальному нулю

$\beta_j,\ j=\overline{0,5}$	$\underline{DPP}^{\beta_j}$	$\overline{DPP}^{\beta_j}$	$\beta_j,\ j=\overline{6,10}$	$\underline{DPP}^{\beta_j}$	$\overline{DPP}^{\beta_j}$
0	1,00	5,00	0,6	2,38	2,87
0,1	1,52	3,95	0,7	2,45	2,81
0,2	2,03	3,61	0,8	2,51	2,75
0,3	2,12	3,27	0,9	2,57	2,69
0,4	2,21	2,99	1	2,63	2,63
0,5	2,30	2,93	–	–	–

Джерело: розраховано автором (див. також [9, с. 1029])

Рис. 5.11 демонструє графік отриманої нечіткої оцінки *DPP*.

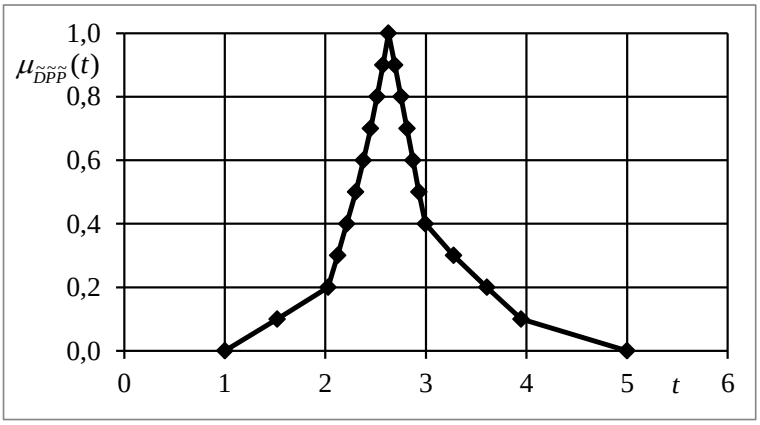


Рис. 5.11. Нечітка оцінка *DPP* на основі запропонованого автором методу посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю

Джерело: на основі розрахунків автора (див. також [9, с. 1029])

Аналогічно методу на основі відповідності інтервальному нулю нечітку оцінку дисконтованого терміну окупності можна знаходити на основі принципу відповідності нечіткому нулю [9], звернувшись до концепції останнього як нечіткої величини, для якої виконується умова рівності ступенів можливості реалізації від'ємних і додатних значень. В такому разі значення функції належності для нечіткої оцінки *DPP*, яке відповідає k-му періоду ($\mu_{\tilde{\tilde{DPP}}}(k)$), слід визначати в такий спосіб:

$$\mu_{\tilde{\tilde{DPP}}}(k)=\begin{cases}0,\ \overline{CDCF}_k^0\le 0\\ \dfrac{\min\{Poss(CDCF_k<0),\ Poss(CDCF_k>0)\}}{\max\{Poss(CDCF_k<0),\ Poss(CDCF_k>0)\}},\ \underline{CDCF}_k^0<0<\overline{CDCF}_k^0,\\ 0,\ \underline{CDCF}_k^0\ge 0\end{cases} \qquad (5.152)$$

$k = \overline{0,T}$,

де $\underline{CDCF}_k^0$, $\overline{CDCF}_k^0$ – відповідно нижня і верхня границя замикання носія (інтервалу 0-рівня) нечіткої оцінки $CDCF$, яка відповідає k-му періоду.

Виходячи з співвідношення (5.152), знаходження нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням на основі принципу відповідності нечіткому нулю передбачає виконання таких розрахункових операцій.

1. За нечіткими оцінками грошових потоків інвестиційного проекту і ставки дисконтування згідно з правилами нечіткої арифметики розраховуються нечіткі оцінки накопиченого дисконтованого грошового потоку $\tilde{\tilde{C}}\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{C}}\tilde{\tilde{F}}_k$, $k = \overline{0,T}$.

2. На основі виразу (5.152) для окремих розрахункових періодів інвестиційного проекту в межах терміну його реалізації знаходяться значення функції належності шуканої нечіткої оцінки дисконтованого терміну окупності $\mu_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}}(k)$, $k = \overline{0,T}$.

3. Визначається модальне значення для шуканої нечіткої оцінки $\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}$. Виходячи з принципу її побудови, відповідна розрахункова формула має вигляд:

$$DPP_{\text{mod}} = k_* + \frac{0{,}5 - Poss(CDCF_{k_*} \geq 0)}{Poss(CDCF_{k_*+1} \geq 0) - Poss(CDCF_{k_*} \geq 0)}, \tag{5.153}$$

$$Poss\,(CDCF_{k_*} \geq 0) \leq 0{,}5\,, \tag{5.154}$$

$$Poss(CDCF_{k_*+1} \geq 0) > 0{,}5, \tag{5.155}$$

$$k_* \in \{0, ..., T-1\},$$

де DPP_{mod} – модальне значення для нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням;

$CDCF_{k_*}$, $CDCF_{k_*+1}$ – значення накопиченого дисконтованого грошового потоку для відповідно k_*-го і k_*+1-го періоду.

4. Одержана в межах двох попередніх кроків нечітка оцінка $\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}$ приводиться до дискретно-інтервального способу представлення. Це здійснюється шляхом кусково-лінійної інтерполяції:

$$\underline{DPP}^{\alpha_i} = k_i^* + \frac{\alpha_i - \mu_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}}(k_i^*)}{\mu_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}}(t_i^*) - \mu_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}}(k_i^*)}, \tag{5.156}$$

$$k_i^* = \max\left\{k \mid \mu_{\tilde{D}\tilde{P}\tilde{P}}(k) \le \alpha_i \;\&\; k < DPP_{\text{mod}}, k = \overline{0, T-1}\right\}, \tag{5.157}$$

$$t_i^* = \begin{cases} k_i^* + 1, k_i^* + 1 \le DPP_{\text{mod}} \\ DPP_{\text{mod}}, k_i^* + 1 > DPP_{\text{mod}} \end{cases}, \tag{5.158}$$

$$\overline{DPP}^{\alpha_i} = t_i^{**} + \frac{\alpha_i - \mu_{\tilde{D}\tilde{P}\tilde{P}}(t_i^{**})}{\mu_{\tilde{D}\tilde{P}\tilde{P}}(k_i^{**}) - \mu_{\tilde{D}\tilde{P}\tilde{P}}(t_i^{**})}, \tag{5.159}$$

$$k_i^{**} = \min\left\{k \mid \mu_{\tilde{D}\tilde{P}\tilde{P}}(k) \le \alpha_i \;\&\; k > DPP_{\text{mod}}, k = \overline{1, T}\right\}, \tag{5.160}$$

$$t_i^{**} = \begin{cases} k_i^{**} - 1, k_i^{**} - 1 \ge DPP_{\text{mod}} \\ DPP_{\text{mod}}, k_i^{**} - 1 < DPP_{\text{mod}} \end{cases}, \tag{5.161}$$

$$\alpha_i = i/n, \; i = \overline{0, n}, \tag{5.162}$$

де $\underline{DPP}^{\alpha_i}$, $\overline{DPP}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня і верхня границя інтервалу α_i-рівня в межах нечіткої оцінки дисконтованого терміну окупності.

Визначимо нечітку оцінку терміну окупності з дисконтуванням на основі принципу відповідності нечіткому нулю для розглядуваної протягом даного пункту умовної ситуації. Виконання всіх необхідних розрахунків дозволяє отримати результати, які наводяться в табл. 5.20.

Таблиця 5.20

Параметри нечіткої оцінки DPP для запропонованого автором методу на основі принципу відповідності нечіткому нулю

α_i, $i = \overline{0,5}$	$\underline{DPP}^{\alpha_i}$	$\overline{DPP}^{\alpha_i}$	α_i, $i = \overline{6,10}$	$\underline{DPP}^{\alpha_i}$	$\overline{DPP}^{\alpha_i}$
0	1,00	5,00	0,6	2,37	2,85
0,1	2,03	3,75	0,7	2,43	2,80
0,2	2,09	3,42	0,8	2,50	2,75
0,3	2,16	3,10	0,9	2,57	2,69
0,4	2,23	2,96	1	2,64	2,64
0,5	2,30	2,91	–	–	–

Джерело: розраховано автором [9, с. 1029]

Рис. 5.12 репрезентує графік знайденої нечіткої оцінки DPP.

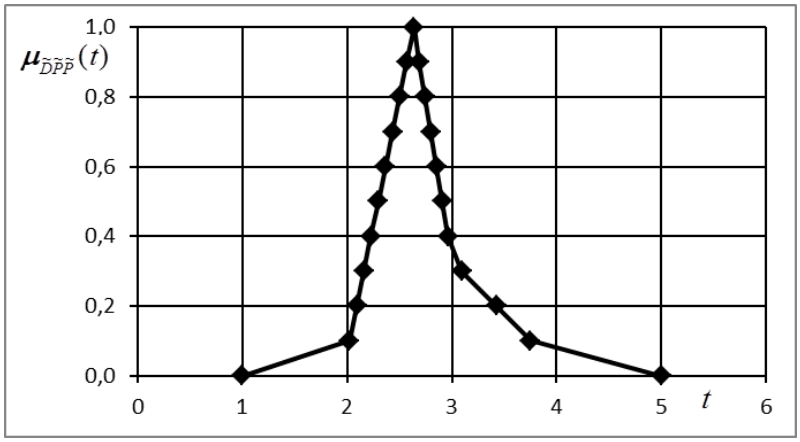


Рис. 5.12. Нечітка оцінка *DPP* для запропонованого автором методу на основі принципу відповідності нечіткому нулю

Джерело: на основі розрахунків автора [9, с. 1030]

Згідно з припущеннями, зробленими на початку пункту, сферою застосування представлених методів є інвестиційні проекти, які в межах згенерованих для них сценаріїв мають обов'язково окупитися протягом терміну своєї реалізації. Ситуації, коли розрахункова модель інвестиційного проекту містить сценарії, за яких показник його чистої теперішньої вартості (*NPV*) може набувати від'ємних значень, потребують розроблення спеціальних підходів до оцінювання дисконтованого терміну окупності.

О.О. Недосєкіним було запропоновано для проектів з ненульовим ризиком неефективності (неокупності) визначати нечітку оцінку показника *DPP* за допомогою екстраполяції наявних значень грошових потоків в часовій перспективі після передбачуваного терміну їх реалізації [21]. Межею екстраполяції виступає розрахунковий період, коли аналізований інвестиційний проект гарантовано окупається. Поряд з потенціалом цього підходу він не є вільним від певних обмежень або недоліків, які стримують його широке застосування [6, с. 130–131; 15, с. 192–194].

По-перше, залишається відкритим питання щодо припустимості екстраполювання грошових потоків інвестиційного проекту поза планованим терміном його реалізації. По-друге, цілком не обов'язково тенденція динаміки грошових потоків інвестиційного проекту є такою, що в результаті її екстраполяції має досягатися гарантована окупність здійснених капіталовкладень. По-третє,

ступінь ризику неокупності проекту за нечіткою оцінкою показника DPP, одержаної на основі екстраполяції грошових потоків, у загальному випадку істотно розбігається із ступенем ризику від'ємного значення показника NPV.

Позбавленим наведених вище обмежень і недоліків є метод оцінювання терміну окупності з дисконтуванням на основі функції окупності, яка пропонується в праці [24, с. 72–78]. Структурно функція окупності певною мірою подібна функції розподілу випадкової величини з теорії ймовірностей і відображає розподіл ступенів можливості окупності проекту в межах часового горизонту його здійснення, виходячи з гіпотези:

$$Poss(DPP \le t) = Poss(CDCF_t \ge 0),\ t \in [0, +\infty), \tag{5.163}$$

де $CDCF_t$ – значення накопиченого дисконтованого грошового потоку для t-го моменту часу.

Відповідно до зазначеного, а також припускаючи дискретний, за розрахунковими періодами, спосіб визначення нечітких оцінок накопиченого дисконтованого грошового потоку інвестиційного проекту, функція окупності (F_{DPP}) може бути записана так (на основі [24, с. 72–78]):

$$F_{DPP}(t) = Poss(DPP \le t),\ t \in [0, +\infty), \tag{5.164}$$

$$Poss(DPP \le t) = \begin{cases} Poss(CDCF_{k-1} \ge 0) + (t - (k-1)) \times \\ \times \Delta Poss(CDCF_k, CDCF_{k-1}), k-1 \le t \le k, t \in [0, T], k = \overline{1, T}, \\ Poss(CDCF_t \ge 0), t > T \end{cases} \tag{5.165}$$

$$\Delta Poss(CDCF_k, CDCF_{k-1}) = Poss(CDCF_k \ge 0) - Poss(CDCF_{k-1} \ge 0),\ k = \overline{1, T}, \tag{5.166}$$

де $CDCF_{k-1}$, $CDCF_k$ – значення накопиченого дисконтованого грошового потоку для (на кінець) відповідно $k-1$-го і k-го періоду.

Функція окупності, як вона формулюється в [24], ґрунтується на теоретико-ймовірнісній версії можливісної міри. Водночас, за своєю загальною структурою вона не передбачає якихось обмежень щодо цього і для її побудови може бути використаний будь-який варіант міри можливості з тих, що досліджувалися раніше (див. розд. 4).

Виходячи з вищевикладеного, а також враховуючи зауваження стосовно розглядуваної функції, наведені в [15, с. 194–195], як переваги оцінювання

дисконтованого терміну окупності за її допомогою можна назвати таке.

По-перше, функція окупності має універсальне значення і дозволяє однаково ефективно моделювати окупність в часі як проектів, які гарантовано окупаються протягом терміну реалізації, так і проектів, що характеризуються ненульовим ризиком від'ємного NPV. По-друге, в разі проектів з ненульовим ризиком від'ємного NPV застосування цієї функції не потребує додаткових припущень щодо можливих грошових потоків поза планованим терміном здійснення й експлуатації інвестицій. По-третє, за самим принципом її побудови функції окупності властива абсолютна узгодженість із розподілом ступенів ризику від'ємного значення для накопиченого дисконтованого грошового потоку за розрахунковими періодами реалізації проекту.

З метою забезпечення якомога більш повного використання аналітичного потенціалу функції окупності є доцільним визначення набору показників, які можуть бути виокремлені на її основі і які відображають окремі аспекти окупності інвестиційного проекту в часі. В результаті відповідного аналізу як такі локальні або деталізовані характеристики на основі функції окупності нами були запропоновані аналітичні показники, які представлено в табл. 5.21.

Таблиця 5.21

Аналітичні показники на основі функції окупності інвестиційного проекту

№	Назва (зміст) показника	Позначення показника	Розрахункова модель показника
1	Момент початку стабільної ненульової (додатної) можливості окупності інвестиційного проекту	$DPP_{\min}$	$DPP_{\min} = \max\{t \mid F_{DPP}(t) = 0,\ t \in [0, +\infty)\}$
2	Медіанне значення дисконтованого терміну окупності	DPP_{med}	$DPP_{\text{med}} = k_* + \dfrac{0{,}5 - F_{DPP}(k_*)}{F_{DPP}(k_* + 1) - F_{DPP}(k_*)}$, $F_{DPP}(k_*) < 0{,}5,\ F_{DPP}(k_* + 1) \geq 0{,}5,\ k_* \in \{0, ..., T-1\}$
3	Ступінь ризику того, що термін окупності проекту перевищить період часу до моменту t	$Risk_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}}(t)$	$Risk_{\tilde{\tilde{D}}\tilde{\tilde{P}}\tilde{\tilde{P}}}(t) = 1 - F_{DPP}(t)$, $t \in [0, +\infty)$

Джерело: сформульовано автором [9, с. 1031]

Розрахункова модель показника $DPP_{\min}$ в табл. 5.21 була знайдена, виходячи з припущення, що після мінімального терміну, коли серед інших сценаріїв може мати

місце окупність проекту, послідовність нечітких оцінок показника $CDCF$ є неспадною (в сенсі визначення на початку пункту). Для показника DPP_{med} додатково до цього припускається: $F_{DPP}(T) \geq 0{,}5$.

Очевидно, що за допомогою розглянутих вище підходів можна також оцінювати термін окупності без дисконтування (Payback Period, PP). Необхідні аналітичні вирази можуть бути одержані, якщо у відповідних формулах параметр $CDCF$ замінити на його недисконтований еквівалент (Cumulative Cash Flow, CCF). Ключова особливість використання показника PP порівняно з показником DPP, як для детермінованої постановки, так і в разі нечітких даних, полягає у принципово більшому спектрі практично значущих ситуацій, які передбачають можливість його знаходження, оскільки окупність реальних інвестицій за недисконтованими грошовими потоками являє собою мінімальну вимогу стосовно їх економічної прийнятності (спроможності).

Висновки до розділу 5

Результати виконання поставлених у даному розділі завдань дають змогу стверджувати таке.

1. Початкове становлення методології оцінювання показників економічної ефективності інвестиційних проектів на основі теорії нечітких множин пов’язане з іменами передусім західних вчених. В останні два десятиліття до досліджень за даним напрямом, надаючи їм окремого імпульсу розвитку, приєдналися вчені країн пострадянського простору, у тому числі України. Як свідчать результати відповідних оглядів, найменш проблемними і такими, що одержали розв’язання з високим ступенем завершеності, є питання знаходження нечітких оцінок показників ефекту (чистої вартості, чистої теперішньої вартості), а також показників доходності, за виключенням показника внутрішньої норми доходності. До найбільш проблемних як об’єкти нечітко-множинного моделювання відносяться показники внутрішньої норми доходності, а також терміну окупності (“з” і “без” дисконтування).

2. Проведений у розділі комплексний аналіз розбіжностей, які можуть виникати між результатами нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості на основі пошуково-оптимізаційного та аналітичного методів, показав, що у певних ситуаціях розбіжності між альтернативними оцінками чистої теперішньої вартості можуть бути настільки значними, що використання аналітичного методу (який є наближеним за своєю внутрішньою логікою) може зумовити неправильне інвестиційне рішення. Тобто останній не завжди забезпечує прийнятний рівень наближення (точності). Ще одним недоліком аналітичного методу є те, що його використання не передбачає можливості врахування взаємодії між параметрами показника чистої теперішньої вартості.

3. Результати дослідження інструментарію для нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості, з одного боку, впевнили у високому рівні його опрацьованості, а з іншого боку, висвітили орієнтири для його можливого розвитку. Конкретно, інтерес становить розширення діапазону ситуацій стосовно вихідних даних для складових нечіткої оцінки цього показника, які в межах загального пошуково-оптимізаційного підходу припускають можливість безпосереднього знаходження розв’язків на основі аналітичних співвідношень. У цьому контексті було розглянуто потенціал стосовно означеного питання ситуацій грошових потоків інвестиційного проекту, які припускають інтерпретацію з позиції концепції породжуючої грошової операції вкладу.

4. У розділі було проаналізовано й узагальнено наявні методи побудови нечіткої оцінки показника внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту. Для одного з методів (метод Севастьянових – Димової) сформульовано його модифікацію. Окрім цього запропоновано методи нечітко-множинного оцінювання зазначеного показника, які доповнюють вже існуючі методичні підходи: на основі посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю, а також на основі відтворення розподілу ступенів можливості.

5. Також у розділі було проаналізовано напрацьований нині методичний апарат для нечітко-множинного оцінювання дисконтованого терміну окупності проектів реального інвестування. Як його розвиток запропоновано два методи

знаходження нечіткої оцінки даного показника: на основі посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю, а також на основі відтворення за принципом відповідності нечіткому нулю.

Сферою застосування “магістральних” методів нечітко-множинного моделювання терміну окупності реальних інвестицій є інвестиційні проекти, які в межах згенерованих для них сценаріїв мають обов’язково окупитися протягом терміну своєї реалізації. Актуальність для практики інвестиційного аналізу ситуацій, коли фінансово-економічна модель інвестиційного проекту містить сценарії, за яких його чиста вартість та/або чиста теперішня вартість набувають від’ємних значень, зумовлює необхідність розроблення й розвитку спеціальних методів нечітко-множинного оцінювання показників терміну окупності. В аспекті останнього як перспективний було визначено і піддано аналізу підхід до оцінювання терміну окупності інвестиційних проектів в умовах нечітких даних на основі функції окупності, яка відображає розподіл ступенів можливості окупності проекту в межах часового горизонту його здійснення.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [9; 11; 12; 14; 16; 17; 18].

Список використаних джерел до розділу 5

1. Абдулаева З.И., Недосекин А.О. Стратегический анализ инновационных рисков. Санкт-Петербург: СПбПУ, 2013. 150 с.

2. Аньшин В.М., Демкин И.В., Царьков И.Н., Никонов И.М. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов. *Проблемы анализа риска*. 2008. Т. 5. № 3. С. 8–21.

3. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: учеб. пособ. Москва: Дело, 2002. 888 с.

4. Вітлінський В.В. Кількісне оцінювання ступеня економічного ризику. *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. *Економічні*

науки. Житомир, 2010. № 1 (51). С. 159–162.

5. Волкова Е.С., Гисин В.Б. Меры возможности и внутренняя норма доходности инвестиционных проектов с нечетко определенными платежами. *Вестник Финансового университета*. 2014. № 3. С. 93–104.

6. Деревянко П.М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. инж.-экон. ун-т. Санкт-Петербург, 2006. 224 с.

7. Забоев М.В. Модели и методы экспресс-анализа инвестиционных проектов на основе теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей: автореф. дис. … канд. экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. ун-т. Санкт-Петербург, 2009. 27 с.

8. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями / пер. с исп. Минск: Вышэйшая школа, 1992. 224 с.

9. Коцюба О.С. Оцінювання дисконтованого терміну окупності інвестиційного проекту за умов нечітких вихідних даних. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 10. С. 1026–1031. URL: http://global-national.in.ua/archive/10-2016/214.pdf (дата звернення: 21.10.2016).

10. Коцюба О.С. Альтернативний підхід до побудови нечіткої внутрішньої норми доходності. Київ: КНЕУ, 2006. 10 с. (Депонований рукопис / ДНТБ України; 06.02.06. № 10. Ук 06).

11. Коцюба О.С. Аналіз підходів до нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості. *Стратегія економічного розвитку України*. 2017. Вип. 40. С. 149–166.

12. Коцюба О.С. Визначення внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту за умов нечітких вихідних даних. *Стратегія підприємства: зміна парадигми управління та інноваційні рішення для бізнесу*: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 14–15 листоп. 2013 р. Київ: КНЕУ, 2013. С. 348–350.

13. Коцюба О.С. Діагностика привабливості реальних інвестицій за використання нечітко-множинних описів. *Стратегія економічного розвитку*

України. 2007. Вип. 20–21. С. 56–67.

14. Коцюба О.С. Знаходження внутрішньої норми доходності в разі нечітких початкових даних. *Інвестиції: практика та досвід*. 2013. № 18. С. 54–59.

15. Коцюба О.С. Механізм та аналітико-інструментальні засоби забезпечення економічної стійкості підприємства (за матеріалами поліграфічних підприємств України): дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана. Київ, 2009. 284 с.

16. Коцюба О.С. Оцінювання внутрішньої норми доходності в ситуації нечітких грошових потоків. *Стратегія економічного розвитку України*. 2013. Вип. 33. С. 228–241.

17. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с.

18. Коцюба О.С. Оцінювання чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту в ситуації нечітких початкових даних. *Проблеми економіки*. 2017. № 1. С. 413–420.

19. Макарова М.С. Нечеткие методы оценки дисконтированного периода окупаемости. *European research*. 2015. № 3(4). С. 42–46.

20. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / С.-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов. Санкт-Петербург, 2003. 302 с.

21. Недосекин А.О. Нечеткий DPBP и новый подход к рациональному отбору инвестиционных проектов. URL: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_090603.doc (дата обращения: 12.08.2015).

22. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. Санкт-Петербург: Типография «Сезам», 2002. 181 с.

23. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ. 3-е изд. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 801 с.

24. Тищук Т.А. Економіко-математичне моделювання процесів управління проектами на основі теорії нечітких множин: дис. ... канд. екон. наук: 08.03.02 /

Донец. нац. ун-т. Донецьк, 2001. 160 с.

25. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Москва: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.

26. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учеб. пособ. Москва: ИНТУИТ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 316 с.

27. Banholzer I.E.G., Sanches A.L., Pamplona E.O., Montevechi J.A.B. An interpretation for the internal rate of returns through fuzzy calculation. *XII Congress of International Association for Fuzzy-Set Management and Economy*: Proceedings, Bahia Blanca, Argentina, October 26–28, 2005. Bahia Blanca: SIGEF, 2005. P. 33–51.

28. Biacino L., Simonelli M.R. The internal rate of return of fuzzy cash flows. *Stochastica*, 1992. Vol. XIII, Iss. 1. P. 13–22.

29. Buckley J.J. Solving fuzzy equations in economics and finance. *Fuzzy Sets and Systems*. 1992. Vol. 48, Iss. 3. P. 289–296.

30. Buckley J.J. The fuzzy mathematics of finance. *Fuzzy Sets and Systems* / ed. C.V. Negotia. 1987. Vol. 21, Iss. 3. P. 257–273.

31. Carlsson C., Fuller R. Capital budgeting problems with fuzzy cash flows. *Mathware and Soft Computing*. 1999. Vol. 6, Iss. 1. P. 81–89.

32. Chiu C.Y., Park C.S. Fuzzy Cash Flow Analysis Using Present Worth Criterion. *The Engineering Economist*. 1994. Vol. 39, No. 2. P. 113–138.

33. Dimova L., Sevastjanov P., Sevastjanov D. Fuzzy Capital Budgeting: Investment Project Valuation and Optimization. *Chenstohova Tech. University Proceedings*. 2003. URL: http://sedok.narod.ru/s_files/poland/DimSevSev2003.doc (Last accessed: 07.07.2013).

34. Dimova L., Sevastjanov P., Sevastjanov D. On the Fuzzy Internal Rate of Return. *Chenstohova Tech. University Proceedings*. 2001. URL: http://sedok.narod.ru/s_files/poland/FuzzyIRR2.zip (Last accessed: 07.07.2013).

35. Gonzalez S.F., Flores R.J., Flores R.B., Mendoza R.J. Multiple fuzzy IRR in the financial decision environment. *Fuzzy Sets in Management, Economy and Marketing* / ed. by C. Zopounidis and oth. World Scientific Pub Co, 2001. P. 223–237.

36. Gutiérrez I. Fuzzy numbers and net present value. *Scandinavian Journal of*

Management. 1989. Vol. 5, No. 2. P. 149–159.

37. Kahraman C. Capital Budgeting Techniques Using Discounted Fuzzy Cash Flows. *Soft Computing for Risk Evaluation and Management* / eds.: D. Ruan, J. Kacprzyk, M. Fedrizzi. Heidelberg: Physica-Verlag, 2001. P. 375–396.

38. Kahraman C., Beskese A, Ruan D. Measuring flexibility of computer integrated manufacturing systems using fuzzy cash flow analysis. *Information Sciences*. 2004. Vol. 168, No. 1–4. P. 77–94.

39. Kahraman C., Bozdağ C.E. Fuzzy Investment Analysis Using Capital Budgeting and Dynamic Programming Techniques. *Computational Intelligence in Economics and Finance* / eds.: S.-H. Chen., P.P. Wang. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. P. 93–128.

40. Kahraman C., Gülbay M., Ulukan Z. Applications of Fuzzy Capital Budgeting Techniques. *Fuzzy Applications in Industrial Engineering* / ed. C. Kahraman. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. Vol. 201. P. 177–203.

41. Kahraman C., Ruan D., Tolga E. Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows. *Information Sciences*. 2002. Vol. 142, No. 1–4. P. 57–76.

42. Kahraman C., Tolga A.Ç. Fuzzy Investment Planning and Analyses in Production Systems. *Production Engineering and Management under Fuzziness* / eds.: C. Kahraman, M. Yavuz. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. Vol. 252. P. 279–298.

43. Kuchta D. Fuzzy capital budgeting. *Fuzzy Sets and Systems*. 2000. Vol. 111, Iss. 3. P. 367–385.

44. Terceño A., Andrés J. de, Barberà G., Lorenzana T. Using Fuzzy Set Theory to Analyse Investments and Select Portfolios of Tangible Investments in Uncertain Environments. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*. 2003. Vol. 11, No. 3. P. 263–281.

45. Terceño A., Andrés J. de, Barberà M.G., Lorenzana T. Investment management in uncertainty. *Handbook of Management under Uncertainty* / ed. J. Gil-Aluja. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2001. Vol. 55.

P. 323–390.

46. Ward T.L. Discounted fuzzy cash flow analysis. *Fall Industrial Engineering Conference*: Proceedings, Chicago, Illinois, USA, December 8–11, 1985. Norcross, Ga.: Institute of Industrial Engineers, 1985. P. 476–481.

РОЗДІЛ 6
СКЛАДОВІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

6.1. Окремі аспекти організаційно-економічного механізму впровадження інструментів для оцінки економічної ефективності проектних заходів з реального інвестування в умовах невизначеності

Впровадження інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах, або з урахуванням, невизначеності у практичну діяльність підприємств передбачає формування відповідного організаційно-економічного механізму. Беручи до уваги, з одного боку, те, що зазначене питання може бути предметом окремого дисертаційного дослідження, а з іншого боку, те, що воно не входить до складу основних завдань цієї роботи, в межах його аналізу у даному розділі обмежимося далі розглядом таких двох аспектів:

- передумови (детермінанти) впровадження сучасних підходів і методів економічної оцінки проектних інвестиційних заходів в умовах (з урахуванням) невизначеності в межах інвестиційної діяльності окремо взятого підприємства;
- функціонально-економічна привабливість використання в межах інвестиційної діяльності підприємства того чи іншого інструмента, або комплексу інструментів, оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах (з урахуванням) невизначеності.

Послідовно дослідимо означені вище проблемні питання.

З точки зору характеру локалізації по відношенню до підприємства передумови (детермінанти) продуктивного використання інструментальних засобів економічного обґрунтування проектів реального інвестування з урахуванням невизначеності можуть бути розбиті на дві групи: зовнішні, а також внутрішні. Логіку оцінювання доцільності впровадження на систематичній (систематизованій)

основі опрацьовуваного у цій роботі аналітичного інструментарію у розрізі зазначених двох груп передумов, якщо обмежитися трирівневою оціночною шкалою (низький рівень (Н), середній рівень (С), високий рівень (В)), виражає матриця, представлена нижче (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Матриця для визначення рівня доцільності комплексного впровадження на підприємстві інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності

		Якісна оцінка рівня передумов зовнішнього середовища		
Якісна оцінка рівня передумов внутрішнього середовища		Н	С	В
	Н	Низький	Низький	Низький
	С	Низький	Середній	Високий
	В	Низький	Високий	Високий

Джерело: розроблено автором

Як інтегрована зовнішня детермінанта доцільності “вбудовування” методичного апарату підтримки прийняття рішень з реального інвестування в умовах невизначеності в механізм управління інвестиційною діяльністю виступає рівень невизначеності зовнішнього середовища, у якому функціонує дане підприємство.

Одним з відомих підходів до виокремлення й розпізнавання послідовних (у порядку зростання) рівнів (градацій) невизначеності зовнішнього середовища суб’єктів господарювання є модель, запропонована Р.Б. Дунканом [36]. В основі коментованої теоретичної конструкції лежить ідея, що як детермінанти рівня невизначеності зовнішнього середовища можуть бути взяті дві інші його характеристики – рівень динамічності (нестабільності, мінливості) та рівень складності. Різні комбінації зазначених детермінант обумовлюють чотири градації невизначеності зовнішнього середовища: низька, помірно низька, помірно висока,

висока. Виходячи зі своєї логіки, розглядувана модель може бути представлена у вигляді матриці (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Градації невизначеності зовнішнього середовища підприємств в системі координат "динамічність – складність"

Зовнішнє середовище	Просте	Складне
Стабільне	*Низька невизначеність:* 1) невелике число факторів і компонентів зовнішнього середовища; 2) фактори та компоненти деякою мірою подібні один до одного; 3) фактори та компоненти залишаються переважно тими самими і не змінюються	*Помірно низька невизначеність:* 1) велике число факторів і компонентів зовнішнього середовища; 2) фактори та компоненти різняться між собою; 3) фактори та компоненти переважно не змінюються
Динамічне	*Помірно висока невизначеність:* 1) невелике число факторів і компонентів зовнішнього середовища; 2) фактори та компоненти деякою мірою подібні один до одного; 3) фактори та компоненти зовнішнього середовища весь час змінюються	*Висока невизначеність:* 1) велике число факторів і компонентів зовнішнього середовища; 2) фактори та компоненти різняться між собою; 3) фактори та компоненти зовнішнього середовища весь час змінюються

Джерело: [36, с. 320]

Як приклади, які втілюють різні поєднання детермінант і градації невизначеності зовнішнього середовища суб'єктів господарювання згідно з описуваною моделлю, можна навести такі види економічної діяльності [8, с. 34–39; 37, с. 63]:

1) для ситуації "просте + стабільне = низька невизначеність" – виробництво безалкогольних напоїв, пива, тари;

2) для ситуації "складне + стабільне = помірно низька невизначеність" – виробництво продуктів харчування, агрохімічна, нафтохімічна, силікатна промисловості, страхова справа;

3) для ситуації "просте + динамічне = помірно висока невизначеність" – індустрія швидкого харчування, виробництво модного одягу, іграшок;

4) для ситуації "складне + динамічне = висока невизначеність" – аерокосмічна промисловість, бізнес у сфері телекомунікацій, комерційні авіаперевезення.

Зрозуміло, що чим більш істотним є рівень невизначеності зовнішнього

середовища підприємства, тим більш доцільним є впровадження на ньому відповідного інструментарію підтримки прийняття рішень з реального інвестування.

Внутрішні передумови (детермінанти) плідного впровадження на підприємстві комплексу інструментальних засобів моделювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності пов'язані з його загальним фінансовим станом, рівнем ділової (операційної) активності, а також активності у сфері реального інвестування. Звідси, видається концептуально виваженим в межах передумов зазначеного роду виокремити дві їх інтегровані складові, або детермінанти:

- активність підприємства стосовно реальних інвестицій;
- загальне фінансово-економічне благополуччя підприємства.

Якщо спробувати визначити механізм взаємодії між розглядуваними детермінантами, то можна дійти до моделі, яку описує матриця, розміщена нижче (при цьому було використано трирівневу оціночну шкалу: низький рівень (Н), середній рівень (С), високий рівень (В)) (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Матриця для визначення рівня доцільності комплексного впровадження на підприємстві інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності в аспекті внутрішніх детермінант

		Якісна оцінка рівня активності підприємства у сфері реального інвестування		
Якісна оцінка рівня загального фінансово-економічного благополуччя підприємства		Н	С	В
	Н	Низький	Середній	Високий
	С	Середній	Середній	Високий
	В	Високий	Високий	Високий

Джерело: розроблено автором

Теоретичні конструкції як першої, так і другої з наведених вище характеристик стану та діяльності підприємства, яким відводиться роль інтегрованих внутрішніх детермінант доцільності комплексного впровадження інструментарію моделювання економічної ефективності проектів реального інвестування в умовах невизначеності, є досить добре опрацьованими. Разом з тим, дослідження, які стосуються їх подальшого розвитку, зберігають свою актуальність й, відповідно, тривають.

Зокрема, нинішній стан питання аналізу та оцінки інвестиційної активності підприємства репрезентативно відображають праці, авторами яких є М.В. Чараєва, С.П. Бараненко, К.Д. Бусигін, В.Г. Плужников, В.М. Смагін, С.А. Шикіна, Н.Ю. Брюховецька, Т.Ю. Коритько, І.В. Бриль, Д.А. Самодурова, Л.С. Чеснакова, Ю.А. Малахова та ін. [1; 3; 9; 21; 26; 28; 31; 32]. Як індикатори, які фіксують рівень активності суб'єктів господарювання стосовно реальних інвестицій, у роботах зазначених науковців пропонуються показники, представлені у табл. 6.4.

Якщо тепер звернутися до розгляду другої з виокремлених вище інтегрованих внутрішніх детермінант доцільності впровадження на підприємстві інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності, то слід констатувати, що в межах сучасної теорії економічного та фінансово-економічного аналізу напрацьовано потужний арсенал підходів і методів її моделювання [2; 20; 27; 30; 33]. Одним з сучасних напрямів розвитку коментованої предметної області є створення методів і моделей комплексного фінансово-економічного аналізу стану та діяльності підприємства на основі математичного апарату теорії нечітких множин і нечіткої логіки [7; 22]. Показовим інструментом даного класу є модель інтегрованого (інтегрального) показника фінансово-економічного благополуччя підприємства на основі нечітко-множинних описів, запропонована О.О. Недосєкіним спільно з О.Б. Максимовим [24], згодом розвинута О.О. Недосєкіним.

У спрощеному варіанті реалізація моделі Недосєкіна – Максимова передбачає виконання таких кроків [23].

Таблиця 6.4

Показники, які характеризують рівень активності підприємства у сфері реального інвестування

№	Автор(и)	Джерело	Показники рівня інвестиційної активності підприємства в частині реальних інвестицій
1	Н.Ю. Брюховецька, Т.Ю. Коритько, І.В. Бриль	[3]	1. Частка інвестицій в основному капіталі. 2. Коефіцієнт зносу основних фондів. 3. Частка амортизаційних відрахувань в основному капіталі. 4. Рентабельність основних фондів. 5. Фондовіддача
2	В.Г. Плужников, В.М. Смагін, С.А. Шикіна; Д.А. Самодурова	[26; 28]	1. Темпи зростання інвестицій в основні фонди. 2. Частка інвестицій в основному капіталі. 3. Коефіцієнт потреби інвестицій в основний капітал. 4. Коефіцієнт потреби інвестицій в оборотний капітал. 5. Коефіцієнт зносу основних фондів. 6. Коефіцієнт надходження загальний. 7. Коефіцієнт вибуття основних засобів
3	М.В. Чараєва	[31]	1. Коефіцієнт реального інвестування. 2. Коефіцієнт інтенсифікації використання власних коштів фінансування інвестиційної діяльності. 3. Коефіцієнт інтенсифікації використання зовнішніх джерел фінансування інвестиційної діяльності. 4. Коефіцієнт реалізації капітальних інвестицій. 5. Ефект інвестиційного важеля
4	С.П. Бараненко, К.Д. Бусигін	[1]	1. Коефіцієнт технологічного інвестування. 2. Коефіцієнт інфраструктурного інвестування. 3. Коефіцієнт інтенсивності використання власних інвестиційних ресурсів. 4. Коефіцієнт інтенсивності використання позикових інвестиційних ресурсів. 5. Ефект інвестиційного важеля
5	Л.С. Чеснакова, Ю.А. Малахова	[21; 32]	1. Абсолютний приріст капітальних інвестицій. 2. Абсолютний приріст витрат на придбання необоротних активів. 3. Коефіцієнт варіації витрат на придбання необоротних активів. 4. Коефіцієнт зносу основних засобів. 5. Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів. 6. Коефіцієнт оновлення необоротних активів. 7. Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів.

Джерело: складено автором

1. Формується набір часткових фінансових коефіцієнтів X_i, $i=\overline{1,n}$, які досить повно і ненадмірно (тобто, по можливості, без дублювання) відбивають різні аспекти фінансового стану й ділової активності підприємства. Зокрема, з цією метою можуть бути використані такі коефіцієнти: X_1 – коефіцієнт автономії

(відношення власного капіталу до валюти балансу); X_2 – коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами (відношення власних оборотних активів, які можуть бути визначені, зокрема, як різниця між оборотними активами і короткостроковими (поточними) зобов'язаннями, до оборотних активів); X_3 – коефіцієнт проміжної ліквідності (відношення суми грошових коштів, поточних фінансових інвестицій і поточної дебіторської заборгованості до короткострокових зобов'язань); X_4 – коефіцієнт абсолютної ліквідності (відношення суми грошових коштів і поточних фінансових інвестицій до короткострокових зобов'язань); X_5 – оборотність всіх активів (відношення виручки від реалізації до середньої за період величини активів); X_6 – рентабельність всіх активів (відношення чистого прибутку до середньої за період величини активів).

2. Проводиться розбиття повної множини $E = [0,1]$ фінансово-економічних станів підприємства на п'ять підмножин (інтервалів) E_i, $i = \overline{1,5}$, які визначають п'ять якісних рівнів (градацій) його фінансово-економічного благополуччя. Побудований у такий спосіб класифікатор репрезентує табл. 6.5.

Таблиця 6.5

Класифікація рівнів фінансово-економічного благополуччя підприємства

Інтервал (градація) значень E	Найменування (якісна ідентифікація) інтервалу (градації)
$0 \le e < 0{,}2$	E_1 – "Граничне неблагополуччя"
$0{,}2 \le e < 0{,}4$	E_2 – "Неблагополуччя"
$0{,}4 \le e < 0{,}6$	E_3 – "Задовільне благополуччя"
$0{,}6 \le e < 0{,}8$	E_4 – "Відносне благополуччя"
$0{,}8 \le e \le 1$	E_5 – "Комплексне благополуччя"

Джерело: на основі [23]

3. Для кожного фінансового коефіцієнта X_i, $i \in \{1, ..., n\}$, повна множина його значень B_i, $i \in \{1, ..., n\}$, розбивається на п'ять підмножин (інтервалів) B_{ij}, $i \in \{1, ..., n\}$, $j = \overline{1,5}$, які відповідають п'яти якісним рівням (градаціям).

В межах зазначеного вище набору фінансових коефіцієнтів зростання кожного коефіцієнта X_i, $i \in \{1, ..., n\}$, зумовлює підвищення рівня фінансово-економічного благополуччя підприємства. Якщо ж для деякого коефіцієнта, який включено до

моделі, має місце протилежна залежність, то його значення необхідно замінити на обернене. Зафіксоване припущення дозволяє установити відповідність, за якої інтервал B_{ij}, $i \in \{1, ..., n\}$, $j \in \{1, ..., 5\}$, розбиття значень коефіцієнта X_i, $i \in \{1, ..., n\}$, визначає фінансово-економічне благополуччя (стабільність) підприємства на рівні інтервалу E_j, $j \in \{1, ..., 5\}$. Якщо використати набір фінансових коефіцієнтів, наведений вище, тоді можна побудувати класифікатор, який відображено у табл. 6.6.

Таблиця 6.6

Класифікація рівнів обраних для використання фінансових коефіцієнтів

Позначення показника	Інтервали розбиття (якісні рівні)				
	B_{i1}, $i = \overline{1,6}$ – "Дуже низький рівень показника X_i"	B_{i2}, $i = \overline{1,6}$ – "Низький рівень показника X_i"	B_{i3}, $i = \overline{1,6}$ – "Середній рівень показника X_i"	B_{i4}, $i = \overline{1,6}$ – "Високий рівень показника X_i"	B_{i5}, $i = \overline{1,6}$ – "Дуже високий рівень показника X_i"
X_1	0 – 0,15	0,15 – 0,25	0,25 – 0,45	0,45 – 0,65	0,65 – 1
X_2	– 1 – 0	0 – 0,09	0,09 – 0,3	0,3 – 0,45	0,45 – 1
X_3	0 – 0,55	0,55 – 0,75	0,75 – 0,95	0,95 – 1,4	1,4 – ∞
X_4	0 – 0,025	0,025 – 0,09	0,09 – 0,3	0,3 – 0,55	0,55 – ∞
X_5	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,35	0,35 – 0,65	0,65 – ∞
X_6	– ∞ – 0	0 – 0,01	0,01 – 0,08	0,08 – 0,3	0,3 – ∞

Джерело: [23]

4. У загальному випадку кожний з фінансових коефіцієнтів X_i, $i = \overline{1, n}$, має свою значущість або вагу в інтегральній оцінці фінансово-економічного благополуччя підприємства. Вагові коефіцієнти (r_i, $i = \overline{1, n}$) доцільно визначати за допомогою правила П.С. Фішберна. Його суть полягає у встановленні вагових коефіцієнтів на основі системи переваг між показниками, які підлягають зважуванню. В разі змішаної системи переваг, коли разом з показниками, які мають різну значущість, наявні рівноцінні показники, вагові коефіцієнти у площині підходу П.С. Фішберна слід розраховувати за формулою:

$$r_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^{n} k_i}, \; i = \overline{1, n}, \tag{6.1}$$

при цьому

$$k_n = 1, \tag{6.2}$$

$$k_{i-1} = \begin{cases} k_i,\ X_{i-1} \sim X_i \\ k_i + 1,\ X_{i-1} \succ X_i \end{cases},\ i = \overline{n, 2}. \qquad (6.3)$$

5. На основі даних фінансової звітності розраховуються значення обраних для використання коефіцієнтів X_i, $i = \overline{1, n}$.

6. Здійснюється розпізнавання рівня відповідності одержаних на попередньому кроці значень фінансових коефіцієнтів рівням використовуваного інтервального класифікатора (див. табл. 6.6). Ступінь відповідності значення i-го коефіцієнта j-му якісному рівню (інтервалу розбиття) класифікатора (λ_{ij}) береться рівним 1, якщо значення коефіцієнта попадає в даний інтервал, і рівним 0 – в іншому випадку.

7. Визначається інтегрована (інтегральна) оцінка рівня фінансово-економічного благополуччя підприємства:

$$e = \sum_{j=1}^{5} e_j \sum_{i=1}^{n} r_i * \lambda_{ij}, \qquad (6.4)$$

при цьому припускається, що

$$e_j = 0{,}1 + 0{,}2(j-1),\ j = \overline{1, 5}, \qquad (6.5)$$

тобто e_j являє собою середнє значення для відповідного інтервалу розбиття множини E (див. табл. 6.5).

8. Виконується розпізнавання якісного рівня одержаного значення показника e згідно з інтервальним класифікатором у табл. 6.5.

У дод. Б наводяться результати оцінювання показників, які характеризують окремі аспекти інвестиційної активності, а також загального фінансово-економічного благополуччя для групи вітчизняних підприємств фармацевтичної галузі. На їх основі можуть бути одержані відповідні узагальнені (інтегровані) показники, які відображено у табл. 6.7 і 6.8. При цьому в основу побудови узагальненої оцінки інвестиційної активності було покладено рейтинговий принцип, у поєднанні з використанням інструмента адитивної згортки. Що ж до інтегрованого показника фінансово-економічного благополуччя, то він був знайдений за допомогою моделі Недосєкіна – Максимова, докладно висвітленої вище.

Таблиця 6.7

Рейтингові оцінки інвестиційної активності для групи вітчизняних підприємств фармацевтичної галузі за 2017–2019 рр.

№	Підприємство	Рейтингова оцінка інвестиційної активності		
		2017 р.	2018 р.	2019 р.
1	ПАТ “Галичфарм”	0,445	0,399	0,438
2	ПАТ “Фармак”	0,553	0,548	0,556
3	ТОВ “Фармацевтична компанія “Здоров’я”	0,220	0,177	0,288
4	ПАТ “Хімфармзавод “Червона зірка”	0,366	0,344	0,282
5	ТОВ ДКП “Фармацевтична фабрика”	0,321	0,274	0,330
6	ПАТ “Монфарм”	0,370	0,315	0,224
7	ПрАТ “Фармацевтична фірма “Дарниця”	0,247	0,279	–
8	ПАТ “Лубнифарм”	0,367	0,253	–
9	ПАТ “Фармстандарт-біолік”	0,371	0,380	–

Джерело: розраховано автором (значення проміжних показників див. у дод. Б)

Таблиця 6.8

Значення інтегрованого показника фінансово-економічного благополуччя для вітчизняних підприємств фармацевтичної галузі за 2017–2019 рр.

№	Підприємство	Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя		
		2017 р.	2018 р.	2019 р.
1	ПАТ “Галичфарм”	0,533	0,533	0,533
2	ПАТ “Фармак”	0,800	0,800	0,867
3	ТОВ “Фармацевтична компанія “Здоров’я”	0,700	0,733	0,767
4	ПАТ “Хімфармзавод “Червона зірка”	0,600	0,667	0,700
5	ТОВ ДКП “Фармацевтична фабрика”	0,633	0,667	0,600
6	ПАТ “Монфарм”	0,833	0,800	0,867
7	ПрАТ “Фармацевтична фірма “Дарниця”	0,867	0,867	–
8	ПАТ “Лубнифарм”	0,833	0,833	–
9	ПАТ “Фармстандарт-біолік”	0,533	0,500	–

Джерело: розраховано автором (значення проміжних показників див. у дод. Б)

Виходячи як з характеристик зовнішнього середовища досліджуваних підприємств (високий рівень його складності та динамічності, й відповідно, невизначеності), так і беручи до уваги одержані для них результати оцінювання інвестиційної активності та загального фінансово-економічного благополуччя, є усі підстави дійти висновку, що для типового фармацевтичного підприємства питання систематичного використання сучасних інструментальних засобів підтримки

прийняття проектних інвестиційних рішень з урахуванням фактора невизначеності виступає як таке, що має високий ступінь актуальності.

Перейдемо тепер до розгляду питання аналізу та оцінки функціонально-економічної привабливості використання в межах інвестиційної діяльності підприємства того чи іншого інструмента, або комплексу інструментів, оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах (з урахуванням) невизначеності і зумовленого нею ризику.

Згідно з пропонованим нами підходом, функціональний аспект деякого окремо взятого аналітичного інструмента, або методу, зазначеного предметного спрямування, або ж деякого цілісного набору таких інструментів (методів) може бути оцінений на основі таких критеріїв (показників):

- концептуальна (теоретична) збалансованість (спроможність, виваженість, опрацьованість) методу;
- аналітична цінність (корисність) методу;
- універсальність (спектр, або діапазон, ситуацій можливого, або доцільного, застосування) методу;
- обчислювальна (математико-обчислювальна, програмно-обчислювальна) технологічність методу.

Що ж до економічного аспекту привабливості, або доцільності, використання того чи іншого аналітико-інструментального засобу за розглядуваною у цьому дисертаційному дослідженні проблематикою, то його дають змогу оцінити такі критерії (показники):

- витрати на навчання персоналу у напрямі опанування даним методом, або інструментом (інструментарієм), підтримання його компетентностей стосовно нього на належному рівні;
- витрати на придбання спеціального програмного забезпечення, яке реалізує відповідний метод, або інструмент (інструментарій);
- поточні (експлуатаційні) витрати, пов’язані з безпосередньою реалізацією даного методу, або інструмента (інструментарію) (передусім, зумовлені часом роботи відповідного фахівця, або фахівців, необхідністю виконання

спеціальних досліджень, формування й підтримання на належному рівні спеціального інформаційно-аналітичного забезпечення).

Якщо тепер на основі сформованих вище критеріїв оцінити функціональну привабливість методів (інструментів) моделювання економічної ефективності проектів реального інвестування з урахуванням невизначеності, які склали предмет аналізу у попередніх розділах, то можна одержати результати, які репрезентовано у табл. 6.9. При цьому у припущенні про можливість використання проміжних градацій було використано п’ятирівневу оціночну шкалу. Тобто структура обраної для використання шкали має вигляд:

- основні градації: дуже низький рівень, низький рівень, середній рівень, високий рівень, дуже високий рівень;
- проміжні градації: дуже низкий рівень – низький рівень ($ПО_1$), низький рівень – середній рівень ($ПО_2$), середній рівень – високий рівень ($ПО_3$), високий рівень – дуже високий рівень ($ПО_4$).

Таблиця 6.9

Результати оцінювання функціональної привабливості методів (інструментів) моделювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності

№	Метод (інструментарій)	Якісні оцінки рівня функціональної привабливості у розрізі часткових критеріїв			
		Концептуальна збалансованість	Аналітична цінність	Універсальність	Обчислювальна технологічність
1	Метод коригування на ризик ставки дисконтування	Середній	Середній	Середній	$ПО_3$
2	Метод детермінованих еквівалентів	Дуже високий	Середній	Середній	Середній
3	Аналіз чутливості	Дуже високий	Середній	Високий	Дуже високий
4	Аналіз критичних значень	Дуже високий	Середній	Високий	Дуже високий
5	Метод дерева рішень	Дуже високий	Дуже високий	Середній	Середній
6	Метод сценаріїв	Дуже високий	Дуже високий	Дуже високий	$ПО_4$
7	Метод реальних опціонів	Високий	Високий	$ПО_3$	$ПО_3$
8	Метод аналізу ймовірнісних розподілів	Дуже високий	Середній	Середній	Дуже високий
9	Метод Монте-Карло	Дуже високий	Дуже високий	$ПО_3$	Дуже високий
10	Метод на основі теорії нечітких множин	Дуже високий	Дуже високий	Дуже високий	$ПО_4$
11	Метод на основі інтервального аналізу	Дуже високий	Високий	Середній	$ПО_4$

Джерело: складено автором

6.2. Практична реалізація інструментальних засобів оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в ситуації нечіткості даних

Як один з пріоритетних напрямів розвитку сучасної методології аналізу та моделювання невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційних проектів в роботі було виокремлено підхід на основі теорії нечітких множин. Відповідно до цього, у попередньому викладенні серед іншого було проаналізовано, узагальнено, а також удосконалено й розвинуто, в міру необхідності, методичний апарат побудови нечітких оцінок показників ефекту, доходності й терміну окупності реальних інвестицій. Окремий розділ було присвячено аналізу й розвитку нечітко-множинного інструментарію вимірювання ризику для нечітких оцінок показників економічної ефективності інвестиційних проектів. У даному аспекті має місце потреба у практичній реалізації зазначених інструментальних засобів на рівні конкретного заходу з реального інвестування. З цією метою пропонується розглянути інвестиційний проект придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” (торгівельна марка “ISLA”) (на основі [15]).

ТОВ “Альта Плюс” було засноване у кінці 2008 року, розташоване у м. Запоріжжі. Основними видами діяльності підприємства є виробництво й продаж кавової продукції, торгівля чаєм, торгівля супутніми товарами, які супроводжують споживання кави і чаю, надання в оренду кавомашин та ін. Сьогодні напряму виробництва й продажу кавової продукції належить найбільша частка у діловому портфелі ТОВ “Альта Плюс”.

Заключною складовою (етапом) технологічного процесу виготовлення кави є його фасування та упаковування. Нині зазначені операції виконуються на описуваному підприємстві за допомогою устаткування, яке передбачає використання ручної праці. При цьому упаковування здійснюється в готові пакети, постачальником яких виступає ТОВ МНВП “АРІС” ЛТД (Україна, м. Харків). В межах намірів керівництва ТОВ “Альта Плюс” стосовно розвитку підприємства ним розглядається доцільність придбання фасувально-пакувального устаткування серії

“Стабіло”, яке, по-перше, дозволить здійснювати операції з фасування та пакування кави в автоматичному режимі, а по-друге, одержувати ефект економії коштів, пов’язаний з тим, що функціонування зазначеного устаткування ґрунтується на використанні не готової упаковки, а відповідним чином підготовленої полімерної плівки, з якої вже й відбувається формування готових пакетів, з урахуванням впаювання клапана дегазації, необхідного для усунення з кавової продукції залишків газу.

Одним з ключових факторів, які впливають на економічну привабливість окресленого інвестиційного заходу, є невизначеність обсягів продажу кави, зумовлена невизначеністю середовища, у якому функціонує розглядуване підприємство. Отже, використовуючи апарат нечітко-множинного моделювання, оцінимо економічну ефективність інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування серії “Стабіло” для ТОВ “Альта Плюс”.

Відповідно до цільових настанов з боку керівництва підприємства, з наявних варіантів устаткування означеного вище функціонального призначення було обрано фасувально-пакувальний автомат з пневмонічним приводом і ваговим дозатором АФ-50-С-В, який реалізує безперервний цикл фасування сипких продуктів та їх упаковування у полімерні плівки. Виробником даного устаткування є ТОВ “Пакувальні технології” (Україна, Київська обл.). Монтажні, пуско-налагоджувальні роботи, а також навчання персоналу виконується постачальником устаткування безкоштовно. У дод. В представлено загальну характеристику описуваного устаткування, схему його роботи, а також техніко-економічні параметри.

Для забезпечення функціонування пневмоприводів фасувально-пакувального автомата АФ-50-С-В необхідний компресор. Для цього було обрано гвинтовий компресор ВК5Е-8(10, 15)-500Д, виробником якого є ЗАТ “Ремеза” (Республіка Білорусь, м. Рогачов). В Україні постачальником даного устаткування виступає ТОВ “Компресори та Пневматика” (м. Харків), який є офіційним дилером ЗАТ “Ремеза”. У дод. Г наводяться техніко-економічні характеристики розглядуваного компресора.

Також в межах аналізованого інвестиційного проекту передбачається, що постачання полімерної плівки для формування упаковки буде здійснюватися вже

згаданим вище ТОВ МНВП “АРІС” ЛТД.

Звернемося тепер до питання знаходження ставки дисконтування стосовно розглядуваного інвестиційного заходу. Окреслена у попередньому викладенні роль цього параметра при оцінюванні економічної ефективності проектів реального інвестування зумовлює необхідність більш докладного висвітлення механізму його визначення.

1. В межах досліджуваної проблемної ситуації видається доцільним для оцінювання дисконтної ставки використати модель середньозваженої вартості капіталу (*Weighted Average Cost of Capital, WACC*) [5] (див. також п. 2.2):

$$r = r_e w_e + (1 - R_{PT}) r_d w_d , \qquad (6.6)$$

де r_e, r_d – норма (ставка) доходності для відповідно власного і позикового капіталу підприємства;

w_e, w_d – частка відповідно власного і позикового капіталу для підприємства в цілому, або в межах задіяного в реалізації інвестиційного проекту;

R_{PT} – ставка податку на прибуток.

До відомостей стосовно обраного підходу, наведених раніше, можна додати, що він рекомендується до використання у тих випадках, коли масштаб аналізованого інвестиційного проекту істотно не впливає на структуру капіталу підприємства, а його профіль не виходить за межі усталених напрямів діяльності (бізнесів) даного суб’єкта господарювання [29].

2. Найбільш складним і трудомістким при використанні моделі середньозваженої вартості капіталу є визначення норми доходності для власного капіталу підприємства. У цьому аспекті, як до такої, що характеризується високим ступенем теоретичної опрацьованості, логічно звернутися до моделі оцінки капітальних активів (*Capital Assets Pricing Model, CAPM*) [5] (див. також п. 2.2):

$$r_e = r_f + \beta (r_m - r_f) , \qquad (6.7)$$

де r_f – безризикова норма (ставка) доходності;

r_m – доходність (сподівана доходність) ринку (ринкового портфеля) капіталу в цілому;

β – коефіцієнт, який відображає відносну ризикованість даного напряму вкладення коштів у зіставленні з інвестуванням у ринковий портфель капітальних (фінансових) активів.

Отже, послідовно оцінивши проміжні параметри, які входять до складу формули (6.2), знайдемо показник r_e.

Нагадаємо, що згідно з прийнятим трактуванням, під безризиковою нормою (ставкою) доходності слід розуміти сподівану доходність за так званим безризиковим активом, який являє собою такий актив, стосовно якого інвестору з абсолютною певністю відома сподівана доходність в межах часового горизонту аналізу. Тобто для безризикового активу його сподівана доходність має дорівнювати фактичній [5, с. 83–95]. Виходячи з нинішніх уявлень, не існує якогось єдино правильного, або універсального, підходу до визначення безризикової норми доходності. Скажімо, у публікації [13], з орієнтацією на вітчизняні реалії, проаналізовано шість методичних підходів до розв'язання цього питання, серед яких, зокрема, оцінювання безризикової норми доходності на основі ставки рефінансування, на основі ставок за депозитами, а також на основі доходності облігацій внутрішніх державних позик (при їх розміщенні на первинному ринку). Звертає увагу, що в результаті оперування різними підходами автором згаданої роботи стосовно України пропонуються не детерміновані (точкові), а інтервальні оцінки безризикової норми доходності (окремо у гривнях, і окремо в доларах США).

З урахуванням вищезазначеного, спробуємо визначити безризикову норму доходності для досліджуваного інвестиційного проекту, використовуючи як орієнтир ставки за депозитами для вітчизняних банків, а також ставки за облігаціями внутрішніх державних позик України.

Огляд депозитних пропозицій для юридичних осіб з боку низки провідних українських банків, таких як Креді Агріколь Банк, ПриватБанк, Райффайзен Банк Аваль, ОТП Банк, ПроКредит Банк, Кредобанк, Укрсиббанк, Ощадбанк, дозволив оцінити ставку за депозитами, які визначені як релевантні по відношенню до розглядуваної проблемної ситуації, в діапазоні від 6 до 9 % [6] (див. також дані, представлені у дод. Д).

Згідно з відомостями, доступними на офіційному сайті Національного банку України, середньозважена доходність облігацій внутрішніх державних позик з номінацією у гривні і терміном обігу від 3 до 5 років, розміщених на первинному ринку протягом першого півріччя 2020 р., склала 9,95 % [25].

Виходячи з вищенаведеного, поточна для моменту проведення цього аналізу безризикова норма доходності в межах України може бути встановлена в діапазоні від 6 до 10 %.

Сподівану доходність ринку капіталу, тобто параметр r_m у формулі (6.7), видається прийнятним визначити на основі індексу ПФТС (ПФТС – Перша Фондова Торгова Система), який розроблено і використовується в межах Фондової біржі ПФТС. Такий вибір зумовлений тим, що серед фондових бірж, які на цей час функціонують в Україні, Фондова біржа ПФТС займає провідні позиції. Звернувшись до відповідного сервісу стосовно індексу ПФТС на офіційному сайті Фондової біржі ПФТС [10], якщо охопити період з 18.07.1998 р. по 17.07.2020 р., після здійснення необхідних розрахунків можна з'ясувати, що середня доходність індексу ПФТС становить 27,68 % (див. також дод. Е).

Перш ніж перейти безпосередньо до розрахунку коефіцієнта β, який, як вже зазначалося, відбиває відносну ризикованість аналізованого напряму інвестування у зіставленні з вкладенням коштів у ринковий портфель капітальних активів, зробимо два зауваження методологічного характеру:

1) виходячи з наявних сьогодні уявлень стосовно моделі оцінки капітальних активів і рекомендацій з її використання, норму доходності для власного капіталу розглядуваного підприємства передбачається знайти з урахуванням боргового навантаження (структури капіталу) останнього. Це означає, що у формулі (6.7) коефіцієнт β потребує відповідного коригування. Розрахунок β-коефіцієнта з урахуванням боргового навантаження може бути здійснений за допомогою формули Р. Хамади [38]:

$$\beta_L = \beta_U \times \left[1 + (1 - R_{PT}) \times \frac{D}{E}\right], \qquad (6.8)$$

де β_L – β-коефіцієнт з урахуванням боргового навантаження (структури капіталу);

β_U – β-коефіцієнт без урахування боргового навантаження;

R_{PT} – ставка податку на прибуток;

D, E – величина відповідно позикового і власного капіталу підприємства;

2) беручи до уваги непублічний характер ТОВ “Альта Плюс”, а також обмеженість інформаційної бази вітчизняних фондових бірж, включаючи Фондову біржу ПФТС, β-коефіцієнт без урахування боргового навантаження видається припустимим визначити на основі довідкових відомостей, представлених на сайті А. Дамодарана. Звернувшись до відповідного розділу зазначеного інформаційного ресурсу, можна знайти, що для підприємств (компаній) сфери виробництва продуктів харчування, розташованих у країнах Східної Європи, шуканий показник становить 0,61 [39].

Тенденції функціонування досліджуваного підприємства та цільові настанови його керівництва дають підстави оцінити частки власного та позикового капіталу для нього у часовій перспективі реалізації інвестиційного проекту на рівні, відповідно, 0,75 та 0,25 (див. також дані дод. Ж).

Виходячи із зроблених припущень, можна одержати таке значення коефіцієнта β_L:

$$\beta_L = 0{,}61 \times \left[1 + (1 - 0{,}18) \times \frac{0{,}25}{0{,}75}\right] = 0{,}7767. \qquad (6.9)$$

Звідси, параметри оцінки норми доходності для власного капіталу ТОВ “Альта Плюс” становитимуть:

нижня границя ($\underline{r}_e$):

$$\underline{r}_e = 0{,}06 + 0{,}7767 \times (0{,}2768 - 0{,}06) = 0{,}2284; \qquad (6.10)$$

верхня границя ($\bar{r}_e$):

$$\bar{r}_e = 0{,}10 + 0{,}7767 \times (0{,}2768 - 0{,}10) = 0{,}2373. \qquad (6.11)$$

Результати огляду кредитних пропозицій для юридичних осіб з боку виборки провідних українських банків (на основі звернення до їх офіційних ваб-сайтів, див. також [19]), у складі Креді Агріколь Банк, ПриватБанк, Райффайзен Банк Аваль, ОТП Банк, ПроКредит Банк, Кредобанк, Укрсиббанк, Ощадбанк, Правекс Банк,

Укрексімбанк, Укргазбанк, у поєднанні з аналізом структури позикового капіталу ТОВ “Альта Плюс” (див. дані дод. Ж), а також урахуванням цільових настанов стосовно моделі фінансування бізнесу з боку його керівництва, дали змогу оцінити норму (ставку) доходності для позикового капіталу розглядуваного підприємства в діапазоні від 14 до 17 %.

Знайдені оцінки факторних показників формули (6.6) дозволяють визначити нижню і верхню границі (відповідно, $\underline{r}$ та $\bar{r}$) для оцінки шуканої дисконтної ставки:

$$\underline{r} = 0{,}2284 \times 0{,}75 + (1 - 0{,}18) \times 0{,}14 \times 0{,}25 = 0{,}2000, \quad (6.12)$$

$$\bar{r} = 0{,}2373 \times 0{,}75 + (1 - 0{,}18) \times 0{,}17 \times 0{,}25 = 0{,}2128. \quad (6.13)$$

Формування грошових потоків аналізованого інвестиційного проекту передбачається здійснювати у фіксованих цінах. Це означає, що у подальших розрахунках має використовуватися не номінальна, а реальна дисконтна ставка, яка не враховує інфляцію (є вільною від впливу інфляційного фактора). Звідси виникає потреба в оцінюванні темпів інфляції у часовій перспективі модельованого інвестиційного заходу.

Інфляційні звіти Національного банку України від квітня, а також липня 2020 року [11; 12] дають підстави оцінювати можливі значення річних темпів інфляції для вітчизняної економіки у часовому горизонті до 2022 року (включно) у діапазоні від 5 до 6 %.

Спробуємо тепер сформувати прогнозні оцінки річних темпів інфляції в межах української економіки в дещо інший спосіб, який спирається на формулу Фішера [5] і в основі якого лежить ідея, що реальні доходності зіставних між собою облігацій, номінованих у різних грошових одиницях, мають дорівнювати одна одній, й, відповідно, різниця в їх номінальній доходності зумовлюється інфляційними очікуваннями для грошових одиниць, у яких вони номіновані. Тобто, якщо оперувати облігаціями внутрішніх державних позик України, номінованими у гривні і доларах США, то означену концептуальну конструкцію репрезентує співвідношення (на основі [4]):

$$\frac{1 + r_{ОВДП(UAH)}}{1 + r_{ОВДП(USD)}} = \frac{1 + r_{infl(UAH)}}{1 + r_{infl(USD)}}, \quad (6.14)$$

звідки

$$r_{infl(UAH)} = \frac{(1 + r_{ОВДП(UAH)})(1 + r_{infl(USD)})}{1 + r_{ОВДП(USD)}} - 1, \quad (6.15)$$

де $r_{ОВДП(UAH)}$, $r_{ОВДП(USD)}$ – доходність облігацій внутрішніх державних позик України, з однаковим терміном обігу і номінованими відповідно у гривні і доларах США;

$r_{infl(UAH)}$, $r_{infl(USD)}$ – темп інфляції для відповідно гривні і доларів США.

Очікуваний темп інфляції для доларів США, тобто параметр $r_{infl(USD)}$, у формулі (6.14) може бути розрахований як різниця між доходністю державних облігацій США (Treasury Bond, скорочено – T-Bond) і доходністю облігацій США, захищених від інфляції (Treasury Inflation Protected Securities, скорочено – TIPS, або Inflation-linked Bonds). Звернувшись до відповідного інформаційного сервісу [34; 35], можна знайти, що ця різниця, якщо взяти облігації з 5-річним терміном обігу, становить (у %):

$$r_{infl(USD)} = 1{,}32 - (-0{,}26) = 1{,}58. \quad (6.16)$$

Розгляд даних щодо первинного розміщення облігацій внутрішніх державних позик України протягом першого півріччя 2020 р. дозволяє побачити, що за цей період одночасно у двох номінаціях, гривні і доларах США, первинних розміщень облігацій з терміном обігу від 3 до 5 років не було взагалі, а з терміном обігу від 1 до 3 років було лише одне розміщення – у лютому місяці. Якщо використати середньозважену доходність останніх [25], то можна одержати таке значення шуканого показника:

$$r_{infl(UAH)} = \frac{(1 + 0{,}0994)(1 + 0{,}0158)}{1 + 0{,}0339} - 1 = 0{,}080. \quad (6.17)$$

Очевидно, що в умовах вітчизняних реалій реалізований вище підхід на основі формули Фішера до визначення інфляційних очікувань має обмежену ефективність, або коректність, що пов’язане передусім з нерегулярністю випуску облігацій внутрішніх державних позик України. Разом з тим в межах аналізованої проблемної ситуацій видається і прийнятним, і доцільним урахування одержаних за його допомогою результатів.

Отже, беручи до уваги інфляційні прогнози стосовно української економіки з

боку фахівців Національного банку України, а також одержану оцінку інфляційних очікувань на основі зіставлення доходностей облігацій внутрішніх державних позик, номінованих у гривні і доларах США, для розглядуваного інвестиційного проекту пропонується установити річні темпи інфляції у діапазоні від 5 до 8 %.

Таким чином, знайдені вище оцінки номінальної дисконтної ставки, а також темпів інфляції дають змогу визначити нижню і верхню границі (відповідно, $\underline{r}_{real}$ та $\bar{r}_{real}$) шуканої реальної ставки дисконтування:

$$\underline{r}_{real} = 0{,}2000 - 0{,}08 = 0{,}1200, \quad (6.18)$$

$$\bar{r}_{real} = 0{,}2128 - 0{,}05 = 0{,}1628. \quad (6.19)$$

Як вже було зазначено на початку, одним з ключових факторів, які обумовлюють економічну привабливість розроблюваного інвестиційного заходу, є невизначеність обсягів продажу кави. Виходячи з цього, з урахуванням експертних оцінок з боку фахівців ТОВ “Альт Плюс”, в межах побудови фінансово-економічної моделі досліджуваного інвестиційного проекту передбачається формування трьох сценаріїв: найбільш очікуваного, який виступає як базовий (базисний), песимістичного та оптимістичного. Найбільш очікуваному сценарію відповідають щорічні обсяги продажів кави на рівні 105,6 т, з них в пакетах по 1 000 г – 88 т, в пакетах по 200 г – 17,6 т. При песимістичному сценарії припускається зниження базових обсягів продажів на 30 %. Актуалізація оптимістичного сценарію означає збільшення базових обсягів продажів на 10 %.

Виходячи із зроблених вище припущень, а також ґрунтуючись на результатах опрацювання відповідних техніко-економічних та фінансово-економічних даних (включаючи знаходження ставки дисконтування) було одержано моделі грошових потоків розглядуваного інвестиційного проекту для відповідно найбільш очікуваного (базового), песимістичного та оптимістичного сценаріїв, які представлено у дод. И.

На основі змодельованих грошових потоків можуть бути знайдені значення показників ефекту аналізованого інвестиційного проекту для різних сценаріїв його перебігу, які зафіксовано у табл. 6.10.

Таблиця 6.10

Показники ефекту інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” у межах різних сценаріїв його реалізації, грн

Сценарій	Показники ефекту		
	Чиста вартість (NV)	Чиста теперішня вартість (NPV)	
		Нижня границя ($\underline{NPV}$)	Верхня границя ($\overline{NPV}$)
Найбільш очікуваний	3 960 011	2 416 353	2 727 170
Песимістичний	2 656 925	1 568 560	1 787 703
Оптимістичний	4 394 373	2 698 951	3 040 325

Джерело: розраховано автором

Нечітко-множинна методологія дає змогу інтегрувати різні сценарії грошових потоків досліджуваного інвестиційного заходу в єдину модель. Побудова такої моделі означає, що вихідним сценаріям – найбільш очікуваному (базовому), песимістичному, оптимістичному – надається роль опорних (реперних). При цьому, оскільки передбачається континуальний (неперервнозначний) характер недетермінованих параметрів коментованої нечітко-множинної моделі (в даному разі, це дисконтна ставка, а також обсяги виробництва і продажу кавової продукції), до розрахунку мають потрапити усі можливі значення розрахункових фінансово-економічних параметрів, між вихідними песимістичним і оптимістичним сценаріями.

Якщо виходити з трикутного варіанта нечіткої оцінки стосовно параметра обсягів виробництва і продажу кави, в межах визначених для нього найбільш сподіваного, песимістичного та оптимістичного значень, то може бути одержана нечітко-множинна модель грошових потоків інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, відображена у дод. К.

Відповідне опрацювання нечітких оцінок грошових потоків аналізованого інвестиційного заходу дозволяє побудувати нечіткі оцінки показників його економічної ефективності. Для дискретно-інтервального способу представлення вони наводяться у дод. Л. На рис. 6.1 і 6.2 показано графіки знайдених нечітких оцінок.

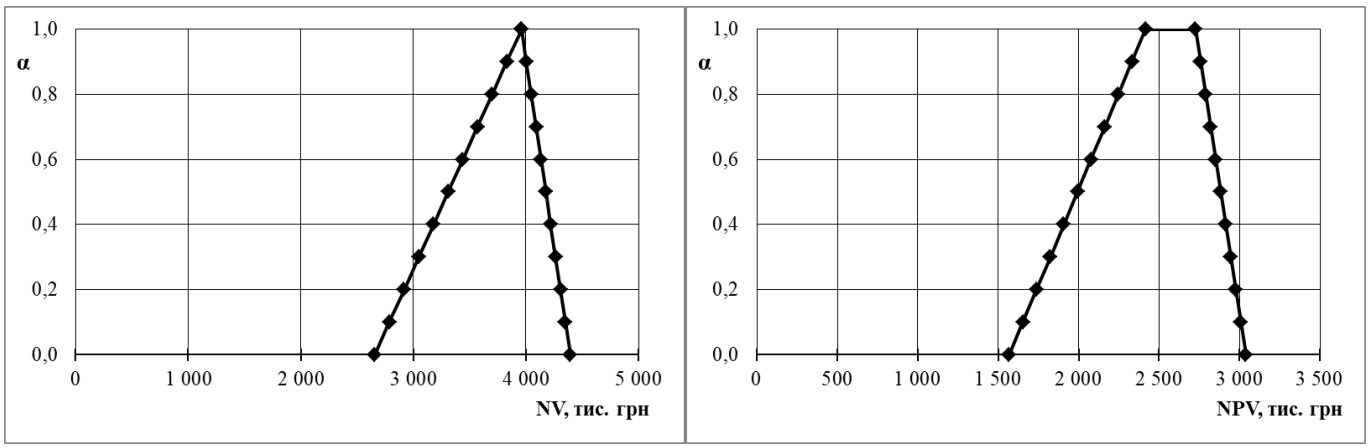


Рис. 6.1. Нечіткі оцінки показників ефекту інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”

Джерело: на основі розрахунків автора

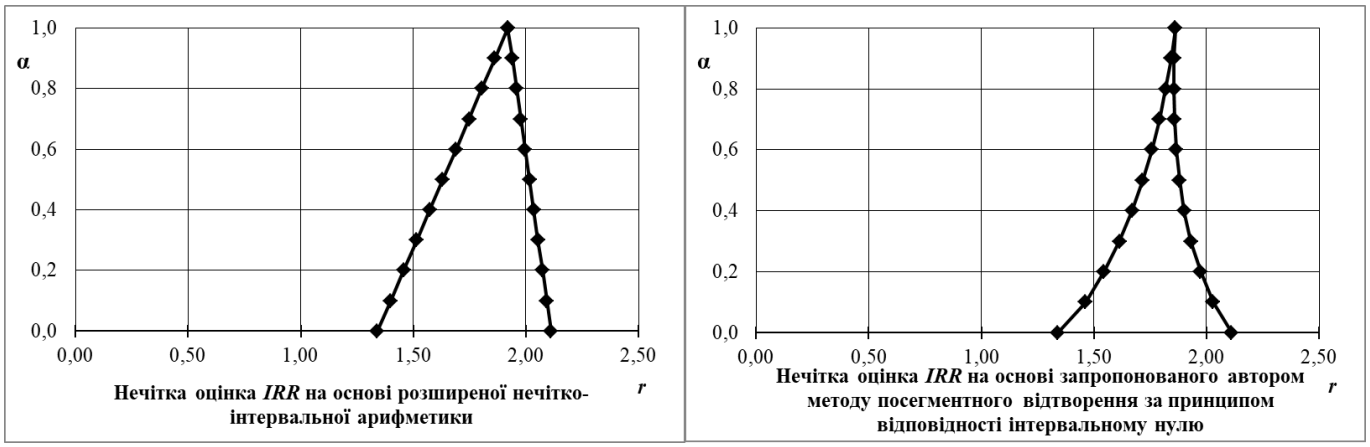


Рис. 6.2. Нечітка оцінка внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”

Джерело: на основі розрахунків автора

Зауважимо, що при реалізації зазначеного етапу аналізу нечітко-множинне оцінювання показників ефекту (чистої вартості, чистої теперішньої вартості) було здійснено за допомогою стандартного методичного апарату. Що ж до внутрішньої норми доходності, то її нечітку оцінку було визначено за допомогою двох методів: на основі розширеної нечітко-інтервальної арифметики, а також на основі запропонованого нами методу посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю [16; 17] (щодо останнього див. також п. 5.2).

Підсумкова складова при економічному обґрунтуванні заходів з реального

інвестування в умовах невизначеності полягає в розрахунку та аналізу показників, які відображають аспекти шансу і ризику в розрізі недетермінованих (імовірнісних, інтервальних, нечітких) оцінок використовуваних показників економічної ефективності. Виходячи з цього, розрахуємо та проведемо аналіз таких характеристик для знайдених вище нечітких оцінок ефекту та доходності досліджуваного інвестиційного проекту [14; 18]:

- репрезентативне значення (число), розраховане методом середнього α -зваженого – $Re(\tilde{K})$, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{N}V}, \tilde{\tilde{N}P\tilde{V}}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{bz}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{iz}\}$;

- середній (з α -зважуванням) розмах варіації – $AR(\tilde{K})$, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{N}V}, \tilde{\tilde{N}P\tilde{V}}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{bz}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{iz}\}$;

- семівідхилення, з використанням репрезентативного значення як бази зіставлення – $SeD_{Re}(\tilde{K})$, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{N}V}, \tilde{\tilde{N}P\tilde{V}}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{bz}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{iz}\}$;

- коефіцієнт середнього розмаху варіації – $CAR(\tilde{K})$, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{N}V}, \tilde{\tilde{N}P\tilde{V}}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{bz}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{iz}\}$;

- коефіцієнт семівідхилення – $CSeD_{Re}(\tilde{K})$, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{N}V}, \tilde{\tilde{N}P\tilde{V}}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{bz}, \tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{iz}\}$,

де $\tilde{\tilde{N}V}$, $\tilde{\tilde{N}P\tilde{V}}$ – нечітка оцінка відповідно чистої вартості і чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту;

$\tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{bz}$, $\tilde{\tilde{I}R\tilde{R}}^{iz}$ – нечітка оцінка внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту, знайдена на основі розширеної нечітко-інтервальної арифметики, а також на основі методу посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю, відповідно.

У табл. 6.11 наведено результати розрахунку обраних для використання аналітичних характеристик.

Результати оцінювання показників економічної ефективності інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, а також аналіз їх числових характеристик, які відображають аспекти шансу і ризику, дають змогу дійти висновку, що розглядуваний інвестиційний захід має високий ступінь економічної привабливості і може бути рекомендований до реалізації.

Таблиця 6.11

Аналітичні характеристики нечітких оцінок показників ефекту (у грн) і внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”

№	Назва показника	Позначення показника, $\tilde{K} \in \{\tilde{\tilde{NV}}, \tilde{\tilde{NPV}}, \tilde{\tilde{IRR}}^{bz}, \tilde{\tilde{IRR}}^{iz}\}$	Значення показника для оцінки			
			$\tilde{\tilde{NV}}$	$\tilde{\tilde{NPV}}$	$\tilde{\tilde{IRR}}^{bz}$	$\tilde{\tilde{IRR}}^{iz}$
1	Репрезентативне значення	$Re(\tilde{K})$	3 829 702	2 491 566	1,862	1,824
2	Середньозважений розмах варіації	$AR(\tilde{K})$	521 234	659 101	0,231	0,103
3	Семівідхилення	$SeD_{Re}(\tilde{K})$	142 155	164 775	0,063	0,031
4	Коефіцієнт середнього розмаху варіації	$CAR(\tilde{K})$	0,136	0,265	0,124	0,056
5	Коефіцієнт семівідхилення	$CSeD_{Re}(\tilde{K})$	0,037	0,066	0,034	0,017

Джерело: розраховано автором

Водночас, як свідчать значення показників середньозваженого розмаху варіації і семівідхилення (див. табл. 6.11), фінансові наслідки, пов’язані з аналізованим інвестиційним проектом, характеризуються істотною невизначеністю можливих значень, що обов’язково необхідно враховувати в межах планування діяльності даного підприємства.

Висновки до розділу 6

Характеризуючи одержані у цьому розділі результати, можна зазначити таке.

1. В аспекті характеру локалізації по відношенню до підприємства передумови, або детермінанти, систематизованого використання інструментальних засобів економічного обґрунтування проектів реального інвестування з урахуванням невизначеності можуть бути розбиті на дві групи: зовнішні та внутрішні.

Як інтегрована зовнішня детермінанта доцільності уведення методичного апарату підтримки прийняття рішень з реального інвестування в умовах невизначеності в управлінський “обіг” виступає рівень невизначеності зовнішнього середовища, у якому функціонує дане підприємство. Чим істотнішим є рівень невизначеності зовнішнього середовища підприємства, тим доцільнішим є

впровадження на ньому зазначеного інструментарію.

Внутрішні передумови впровадження на підприємстві інструментальних засобів моделювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності пов'язані з його загальним фінансово-економічним станом, рівнем ділової активності, а також активності у сфері реального інвестування.

2. Згідно з теоретичною конструкцією Р.Б. Дункана, детермінантами рівня невизначеності зовнішнього середовища є дві інші його системні характеристики – рівень динамічності, а також рівень складності. Різні поєднання зазначених детермінант приводять до чотирьох градацій невизначеності зовнішнього середовища: низька, помірно низька, помірно висока, висока.

На концептуальному рівні структуру внутрішніх передумов для впровадження на підприємстві досліджуваних у дисертації інструментальних засобів економічного обґрунтування проектів реального інвестування визначають такі дві їх інтегровані складові, або детермінанти:

- активність підприємства стосовно реальних інвестицій;
- загальне фінансово-економічне благополуччя підприємства.

3. Виходячи з результатів відповідних досліджень, які належать вітчизняним та зарубіжним вченим, до основних індикаторів, які фіксують рівень активності суб'єктів господарювання стосовно реальних інвестицій, належать такі показники, як частка інвестицій в основному капіталі, коефіцієнт зносу основних фондів, частка амортизаційних відрахувань в основному капіталі, рентабельність основних фондів, фондовіддача та ін.

Що ж до другої з наведених вище внутрішніх детермінант доцільності впровадження на підприємстві інструментарію оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності, то слід констатувати, що в межах сучасної теорії економічного та фінансово-економічного аналізу напрацьовано потужний арсенал підходів і методів її моделювання. Одним з новітніх напрямів розвитку коментованої предметної області є побудова методів і моделей комплексного фінансово-економічного аналізу стану та діяльності

підприємства на основі математичного апарату теорії нечітких множин і нечіткої логіки. Показовим інструментом цього класу є модель інтегрованого (інтегрального) показника фінансово-економічного благополуччя підприємства на основі нечітко-множинних описів, запропонована О.О. Недосєкіним спільно з О.Б. Максимовим, згодом розвинута О.О. Недосєкіним.

4. Передумовою коректного застосування інструментальних засобів для підтримки процедур економічного обґрунтування проектних інвестиційних заходів в ситуації нечіткої невизначеності, повноцінної реалізації їх потенціалу, є висока компетентність зацікавленої особи, яка звертається до них в ході прийняття рішень з реального інвестування. Окрім іншого, необхідність дотримання зазначеної вимоги обумовлена певною диференційованістю нечітко-множинних підходів і методів в межах порушеного у дисертації проблемного поля.

Результати апробації досліджуваного у роботі нечітко-множинного інструментарію підтримки прийняття інвестиційних рішень на матеріалах конкретного інвестиційного проекту засвідчили високий рівень його спроможності.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [14; 15; 16; 17; 18].

Список використаних джерел до розділу 6

1. Бараненко С.П., Бусыгин К.Д. Алгоритм оценки инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности промышленных предприятий. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2014. № 10. С. 106–115.

2. Білик М.Д., Павловська О.В., Притуляк Н.М., Невмержицька Н.Ю. Фінансовий аналіз: навч. посіб. Вид. 2-ге, без змін. Київ: КНЕУ, 2009. 592 с.

3. Брюховецька Н.Ю., Коритько Т.Ю., Бриль І.В. Оцінювання інвестиційної активності підприємства за критерієм доданої вартості. *Стратегія і механізми регулювання промислового розвитку*: зб. наук. пр. / голов. ред. О.І. Амоша; відп. ред. І.П. Булєєв. Київ: ІЕП НАНУ, 2016. С. 28–40.

4. Вашакмадзе Т. Методические рекомендации по расчету стоимости

собственного капитала для российских непубличных компаний. *CFO-Russia*. 2012. URL: http://www.cfo-russia.ru/stati/index.php?article=6069 (дата обращения: 12.07.2020).

5. Дамодаран А. Инвестиционная оценка: инструменты и методы оценки любых активов / пер. с англ. Д. Липинского, И. Розмаинского, А. Скоробогатова. 3-е изд. Москва: Альпина Бизнес Букс, 2006. 1341 с.

6. Депозити в банках України: веб-сайт "Мінфін". URL: https://minfin.com.ua/ua/deposits/ (дата звернення: 12.07.2020).

7. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах: учеб. пособ. Киев: ИД "Слово", 2008. 344 с.

8. Зуб А.Т. Стратегический менеджмент: учебник для бакалавров. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт, 2013. 375 с.

9. Інвестиційна активність підприємств з виробництва продукції з високою доданою вартістю в умовах обмежених ринків: парадигма та механізми забезпечення: монографія / Н.Ю. Брюховецька, І.П. Булєєв та ін.; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2019. 388 с.

10. Індекс ПФТС: офіційний веб-сайт АТ "Фондова біржа ПФТС". URL: https://pfts.ua/trade-info/indexes/shares-indexes (дата звернення: 17.07.2020).

11. Інфляційний звіт, квітень 2020 року: офіційний веб-сайт Національного банку України. URL: https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiyniy-zvit-kviten-2020-roku (дата звернення: 12.07.2020).

12. Інфляційний звіт, липень 2020 року: офіційний веб-сайт Національного банку України. URL: https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiyniy-zvit-lipen-2020-roku (дата звернення: 10.08.2020).

13. Керімов П.О. Особливості оцінки безризикової процентної ставки в умовах України. *Фінанси України*. 2019. № 8. С. 61–74.

14. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику за нечітко-інтервальними оцінками критеріїв ефективності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 12. С. 29–34.

15. Коцюба О.С. Методичний та прикладний аспекти нечітко-множинного

підходу до врахування невизначеності в межах економічного обґрунтування інвестиційних проектів. *Стратегія економічного розвитку України*. 2020. Вип. 47. С. 118–134.

16. Коцюба О.С. Оцінювання внутрішньої норми доходності в ситуації нечітких грошових потоків. *Стратегія економічного розвитку України*. 2013. Вип. 33. С. 228–241.

17. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с.

18. Коцюба О.С. Розвиток інструментарію вимірювання ризику при моделюванні невизначеності за допомогою нечітко-множинного підходу. *Бізнес Інформ*. 2019. № 11. С. 149–156.

19. Кредити на розвиток бізнесу в банках України: онлайн-сервіс Bankchart.com.ua від ТОВ "Компанія "Простобанк Консалтинг". URL: https://bankchart.com.ua/business/credit (дата звернення: 12.07.2020).

20. Лахтіонова Л.А. Фінансовий аналіз суб'єктів господарювання: монографія. Київ: КНЕУ, 2001. 387 с.

21. Малахова Ю.А. Управління інвестиційною активністю автотранспортних підприємств в контексті корпоративного податкового менеджменту: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Нац. трансп. ун-т. Київ, 2020. 224 с.

22. Матвійчук А.В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки: монографія. Київ: Центр навчальної літератури, 2005. 206 с.

23. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. Санкт-Петербург: Типография «Сезам», 2002. 181 с.

24. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Новый комплексный показатель оценки финансового состояния предприятия. 1999. URL: http://masters.donntu.org/2005/kita/sroka/library/art3.htm (дата обращения: 15.04.2020).

25. Первинний ринок ОВДП: офіційний веб-сайт Національного банку України. URL: https://bank.gov.ua/files/OVDP_mis.xlsx (дата звернення: 12.07.2020).

26. Плужников В.Г., Смагин В.Н., Шикина С.А. Анализ существующих

методов оценки инвестиционной активности предприятия. *Экономический анализ: теория и практика*. 2015. № 2. С. 2–10.

27. Прокопенко І.Ф., Ганін В.І. Методика і методологія економічного аналізу: навч. посіб. Київ: Центр учб. л-ри, 2008. 430 с.

28. Самодурова Д.А. Теоретичні аспекти інвестиційної активності підприємств. *Стратегія і механізми регулювання промислового розвитку*: зб. наук. пр. / голов. ред. О.І. Амоша; відп. ред. І.П. Булєєв. Київ: ІЕП НАНУ, 2016. С. 174–182.

29. Темкин В. Как оценить финансовую эффективность инвестиционного проекта. 2012: Информационно-справочная система журнала "Финансовый директор". URL: https://www.1fd.ru/#/document/16/43489/bssPhr49/?of=copy-b975cce7db (дата обращения: 12.07.2020).

30. Фінансовий аналіз: навч. посіб. / І.О. Школьник та ін.; за заг. ред. Школьник І.О. Київ: Центр учб. л-ри, 2016. 368 с.

31. Чараева М.В. Разработка и апробация методики оценки инвестиционной активности предприятий. *Финансовые исследования*. 2010. № 4. С. 110–117.

32. Чеснакова Л.С., Малахова Ю.А. Діагностика інвестиційної активності підприємства. *Бізнес-Навігатор*. Херсон. 2018. Вип. 4. С. 120–126.

33. Шеремет А.Д. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учебник. 2-е изд., доп. Москва: ИНФРА-М, 2017. 374 с.

34. 5-Year Treasury Constant Maturity Rate: official website of the Federal Reserve Bank of St. Louis. URL: https://fred.stlouisfed.org/series/DGS5 (Last accessed: 12.07.2020).

35. 5-Year Treasury Inflation-Indexed Security, Constant Maturity: official website of the Federal Reserve Bank of St. Louis. URL: https://fred.stlouisfed.org/series/DFII5 (Last accessed: 12.07.2020).

36. Duncan R.B. The Characteristics of Organizational Environments and Perceived Environmental Uncertainty. *Administrative Science Quarterly*. 1972. Vol. 17, No. 3. P. 313–327.

37. Duncan R.B. What is the right organization structure? Decision tree analysis

provides the answer. *Organizational Dynamics*. 1979. Vol. 7, No. 3. P. 59–80.

38. Hamada R.S. The Effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks. *The Journal of Finance*. 1972. Vol. 27, No. 2. P. 435–452.

39. Levered and Unlevered Betas by Industry: 2. Europe: Damodaran online. URL: http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/betaEurope.xls (Last accessed: 17.07.2020).

ВИСНОВКИ

У дисертації здійснено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення актуальної наукової проблеми щодо формування концептуальних положень, розвитку методичних підходів, а також інструментів оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування підприємств в умовах невизначеності. Як підсумок одержаних у дослідженні результатів можна резюмувати таке.

1. Незважаючи на у цілому високий ступінь розвиненості методології аналізу та оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів, створення її вітчизняної адаптації зумовлює потребу здійснення відповідних понятійно-термінологічних уточнень. У цьому аспекті у роботі було запропоновано термінологічні уточнення для базових видів економічної ефективності проектів реального інвестування, а також сформульовано авторське трактування поняття економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності. Згідно із запропонованим підходом економічна ефективність інвестиційного проекту, якщо передбачається невизначеність його фінансово-економічних параметрів, інтерпретується як співвідношення шансів на позитивні економічні результати і ризику неуспіху за фактом його реалізації. Упровадження окреслених пропозицій надасть змогу підвищити цілісність, чіткість, а також рівень повноти концептуального базису сучасного інвестиційного аналізу.

2. Наявна у нинішньому інвестиційному аналізі проблема теоретичного обґрунтування показників економічної ефективності проектів реального інвестування визначила доцільність аналізу на строгому рівні властивостей економічного прибутку інвестиційного проекту, де останній слід розуміти з позиції фундаментальної теорії. В результати було виявлено, що область визначення економічного прибутку як функції від необхідної процентної ставки або порожня, або задається відкритим проміжком множини додатних чисел; якщо функція економічного прибутку існує, вона строго спадає на всій області визначення. З’ясовані властивості економічного прибутку зумовлюють важливу для оцінювання

економічної ефективності реальних інвестицій властивість внутрішньої процентної ставки інвестиційного проекту, згідно з якою інвестиційний проект або не має внутрішньої процентної ставки, якщо ж вона існує, то є єдиною.

3. Відсутність набору вихідних положень, які б слугували чіткими орієнтирами для науково обґрунтованого аналізу та оцінки економічних аспектів проектних інвестиційних заходів в умовах невизначеності, зумовила формулювання у роботі системи положень, які фіксують базові властивості невизначеності та настанови з оперування нею в процесах оцінювання економічної ефективності проектів реального інвестування. Зазначена система містить у своєму складі такі п’ять положень: положення про всеосяжність і релевантність, положення про негативний вплив, положення про прийняття, положення про двохаспектну структуру, положення про різнорідність. Її упровадження дозволяє з єдиних теоретичних позицій формувати методичний апарат для оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності і застосовувати його на практиці.

4. Результатами реалізації завдання забезпечення цілісності існуючого арсеналу підходів і методів урахування невизначеності в ході економічного обґрунтування проектних інвестиційних заходів стали їх систематизація на основі характеристик детермінованості/недетермінованості, дискретності/неперервності, а також розроблення узагальненого концептуального підходу до оцінювання критеріїв економічної ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності, в межах якого передбачається можливість одночасного врахування дискретних та неперервних факторів ризику.

5. Теоретична незамкненість на сучасному етапі розвитку нечітко-множинного підходу до оцінювання показників економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах нечіткої невизначеності вихідних даних, а також наявність у цій сфері проблемних питань методичного характеру, зумовили необхідність комплексного розвитку відповідного методичного апарату. Зокрема, у роботі було проведено аналіз розбіжностей, які можуть виникати між результатами оцінювання у нечіткій формі показника чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту на основі

оптимізаційного й аналітичного методів, в результаті чого було виявлено існування можливості недостатнього ступеня точності для аналітичного методу; запропоновано авторські методи побудови нечіткої оцінки для показників внутрішньої норми доходності і дисконтованого терміну окупності інвестиційного проекту, які доповнюють вже існуючі методичні підходи.

6. Внутрішні резерви удосконалення та розвитку методичного апарату оцінювання показників економічної ефективності проектних інвестиційних заходів в умовах інтервальної невизначеності початкових даних послужили підставою для наукових пошуків за даним напрямом. Як результат, було удосконалено метод експертного врахування взаємодії між інтервальними оцінками фінансово-економічних параметрів інвестиційних проектів, у межах чого співвідношення, які лежать у його основі, було сформульовано в аналітичній, а не в дискретно-комбінаторній, як це має місце для вихідної версії, формі. Також у дисертації було сформульовано інструментарій для порівняльної оцінки економічної ефективності альтернативних інвестиційних проектів із використанням інтервальної адаптації аналізу чутливості. Запропоновані методичні удосконалення та розробки розвивають прикладний потенціал методичного апарату економічного обґрунтування проектних інвестиційних заходів на основі засобів інтервального аналізу.

7. Виходячи з високого ступеня пріоритетності для економічного аналізу проектів реального інвестування проблеми формування вихідних даних, у дисертаційному дослідженні було розроблено метод знаходження нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційного проекту, який було названо методом опорних інтервалів. Сферою дії цієї методичної розробки є ситуації, коли зацікавлена особа зазнає труднощів стосовно оцінювання необхідних для аналітико-розрахункових процедур параметрів за допомогою ймовірнісно-статистичної методології або відомих методів в межах нечітко-множинного підходу.

8. Недостатній рівень повноти інструментарію вимірювання ризику для ймовірнісних (стохастичних) оцінок критеріїв економічної ефективності інвестиційних проектів зумовив наукові розвідки у цьому напрямі. В результаті, у

дисертації було, зокрема, запропоновано показник цільового розмаху варіації, коефіцієнт цільової семіваріації, сформульовано узагальнені версії модифікованих коефіцієнтів варіації та семіваріації, які, на відміну від їх вихідних версій, припускають будь-який, а не лише позитивний, інгредієнт (напрям оптимізації) аналізованого економічного показника (критерію ефективності), що має принципове значення для проблематики інвестиційного аналізу.

9. Недостатній рівень повноти інструментарію кількісного оцінювання ступеня ризику для інтервальних оцінок критеріїв економічної ефективності проектів реального інвестування визначив доцільність наукових пошуків за даним напрямом. Як результат, у роботі було запропоновано інтервальну версію цільового розмаху варіації, коефіцієнта цільового розмаху варіації, а також модифікованого коефіцієнта цільового розмаху варіації. Зазначені удосконалення підвищують якість інструментального забезпечення прийняття проектних інвестиційних рішень в разі інтервальної невизначеності початкових фінансово-економічних параметрів.

10. Недостатній ступінь повноти і внутрішньої узгодженості інструментарію вимірювання ризику для нечітких оцінок критеріїв економічної ефективності інвестиційних проектів зумовив необхідність наукових розвідок у цьому напрямі. В результаті, у дисертаційному дослідженні було сформовано систему нечітко-множинних мір ризику, які доцільно використовувати для підтримки прийняття рішень у сфері реального інвестування, запропоновано авторську версію нечітко-множинної адаптації показників середнього абсолютного відхилення і семіваріації, сформульовано нечітко-множинну адаптацію коефіцієнта сподіваних втрат, а також коефіцієнта зважених сподіваних втрат.

11. Один з базових напрямів в оцінюванні величини ризику для нечітких оцінок критеріїв економічної ефективності реальних інвестицій полягає у його вимірюванні як ступеня можливості незадовільних результатів, їх невідповідності цільовому або гранично припустимому рівню. Формування відповідного методичного апарату на цей час ще знаходиться на етапі свого становлення. В аспекті поглиблення наукових уявлень про нього у роботі з точки зору інструментарію шкал градацій величини ризику було проведено аналіз розбіжностей

між альтернативними оцінками ступеня ризику зазначеного виду. Виявлені в межах даного дослідження закономірності слугують теоретичним підґрунтям для аргументованої позиції стосовно вибору того чи іншого з наявних методів вимірювання ризику даного спрямування під час підготовки і прийняття проектних інвестиційних рішень в умовах нечіткості початкових даних.

12. Окремо в межах розвитку інструментарію вимірювання ризику для ситуації одночасної нечіткості оцінок критеріального економічного показника та його нормативного рівня, яка є актуальною для практики інвестиційного аналізу, керуючись ідеєю теоретико-ймовірнісної аналогії, було сформульовано, у двох практично значущих версіях, метод наближеного визначення ступеня ризику, який доповнює вже існуючий метод. Зазначені методичні розробки розвивають прикладний потенціал та забезпечують концептуальну цілісність даного інструментарію.

13. Як актуальна проблема виступає питання організаційно-економічного механізму впровадження інструментів для оцінювання економічної ефективності проектних інвестиційних заходів в умовах невизначеності. У дисертації було виокремлено й систематизовано передумови (детермінанти) впровадження на окремо взятому підприємстві сучасних підходів і методів економічної оцінки інвестиційних проектів в умовах невизначеності.

Як інтегровану зовнішню передумову доцільності впровадження на підприємстві методичного апарату підтримки прийняття рішень з реального інвестування в умовах невизначеності було визначено рівень невизначеності зовнішнього середовища, у якому воно функціонує. Як внутрішні передумови впровадження на підприємстві інструментальних засобів зазначеного роду було виокремлено його загальний фінансово-економічний стан, а також рівень активності у сфері реального інвестування.

14. Також було визначено показники функціонально-економічної привабливості використання у процесах інвестиційної діяльності підприємства того чи іншого інструмента, або їх комплексу, оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності. Відповідно до висунутого у

роботі підходу, функціональний аспект може бути оцінений на основі таких критеріїв: концептуальна збалансованість, аналітична цінність, універсальність, обчислювальна технологічність. Що ж до економічного аспекту, то згідно з авторським підходом його дають змогу оцінити такі критерії: витрати на відповідне навчання персоналу; витрати на придбання спеціального програмного забезпечення, яке реалізує відповідний інструмент чи їх набір; поточні (експлуатаційні) витрати, пов’язані з безпосередньою реалізацією даного інструментарію.

15. Результати апробації досліджуваного у роботі інструментарію підтримки прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності, включаючи запропоновані автором, для конкретних проектних інвестиційних заходів засвідчили високий рівень його спроможності, доцільність подальшого використання у практиці інвестиційної діяльності підприємств різних видів економічної діяльності. У цьому аспекті, зокрема, на деталізованому рівні у дисертації було представлено результати використання нечітко-множинних інструментальних засобів оцінювання показників ефективності і ступеня ризику для інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” (торгівельна марка “ISLA”).

ДОДАТКИ

Додаток А

Властивості показника економічного прибутку інвестиційного проекту в межах концепції породжуючої грошової операції вкладу та їх обґрунтування

(одержано автором, наводиться на основі [1])

Основне твердження. Показник економічного прибутку інвестиційного проекту як функція від необхідної процентної ставки ($EP_{\Sigma}(r)$) характеризується такими властивостями:

3) область визначення функції $EP_{\Sigma}(r)$ або порожня (це означає, що функція $EP_{\Sigma}(r)$ не існує), або задається проміжком виду $(0, a)$, $a \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$;

4) якщо функція $EP_{\Sigma}(r)$ існує, вона строго спадає на всій області визначення.

Логічною підставою даних властивостей слугує справедливість такого твердження, яке відповідно до його ролі можна означити як допоміжне.

Допоміжне твердження. Нехай задано набір грошових потоків інвестиційного проекту за періодами (роками) його реалізації $CF_i \in \Re$, $i = \overline{1, m}$, який визначає набір функцій DPE_j, $j = \overline{1, m}$, за параметром (змінною) необхідної процентної ставки r, де окремо взята функція DPE_j, $j \in \{1, ..., m\}$, описується виразами:

$$DPE_j(r) = \sum_{i=j}^{m} \frac{CF_i}{(1+r)^i}, \tag{A.1}$$

$$\sum_{i=l}^{m} \frac{CF_i}{(1+r)^i} > 0, \; l = \overline{j, m}, \tag{A.2}$$

$$r > 0. \tag{A.3}$$

Тоді для функцій DPE_j, $j = \overline{1, m}$, справедливе таке:

1) кожна функція DPE_j, $j \in \{1, ..., m\}$, або має порожню область визначення (це означає, що функція DPE_j, $j \in \{1, ..., m\}$, не існує), або остання задається проміжком виду $(0, a_j)$, $a_j \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$;

2) якщо функція DPE_j, $j \in \{1, ..., m\}$, існує, вона строго спадає на всій області визначення.

Представлене допоміжне твердження не є очевидним і потребує обґрунтування. Викладемо його.

Обґрунтування (доведення) допоміжного твердження. Спочатку оговоримо деякі суто технічні припущення.

По-перше, доведення розглядуваного твердження передбачається здійснити в порядку убування індексу функцій (А.1)–(А.3).

По-друге, для потреб процедури доведення поставимо у відповідність кожній функції DPE_j, $j \in \{1, ..., m\}$, допоміжну функцію ε_j, $j \in \{1, ..., m\}$:

$$\varepsilon_j(r) = \sum_{i=j}^{m} \frac{CF_i}{(1+r)^{i-j}}, \tag{А.4}$$

$$\sum_{i=l}^{m} \frac{CF_i}{(1+r)^{i-l}} > 0, \; l = \overline{j, m}, \tag{А.5}$$

$$r > 0. \tag{А.6}$$

Очевидно, що кожна функція DPE_j, $j \in \{1, ..., m\}$, і відповідна до неї функція ε_j, $j \in \{1, ..., m\}$, мають однакові області визначення. Це зумовлюється тим, що система нерівностей (А.5), (А.6) утворюється шляхом рівносильного перетворення системи нерівностей (А.2), (А.3). Також, як це буде показано далі, як і для функції DPE_j, $j \in \{1, ..., m\}$, якщо область визначення функції ε_j, $j \in \{1, ..., m\}$, непорожня, тоді вона строго спадає на ній. Виняток становить випадок $j = m$: $\varepsilon_m(r) = CF_m$, $CF_m > 0$.

Тепер можна перейти безпосередньо до доведення аналізованого твердження. Розглянемо функцію DPE_m:

$$DPE_m(r) = \frac{CF_m}{(1+r)^m}, \tag{А.7}$$

$$\frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \tag{А.8}$$

$$r > 0. \tag{А.9}$$

Для даної функції можливі такі ситуації.

Ситуація 1. $CF_m > 0$, тоді $D(DPE_m) = (0, +\infty)$.

Ситуація 2. $CF_m \le 0$, тоді область визначення функції DPE_m порожня, тобто $D(DPE_m) = \varnothing$.

Звідси, область визначення функції DPE_m або порожня, або задається проміжком $(0, a_m)$, де $a_m = +\infty$.

Дослідимо поведінку функції DPE_m, коли область її визначення непорожня. Оцінимо знак похідної DPE_m':

$$DPE_m'(r) = \left(\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)' = \frac{-m \times CF_m}{(1+r)^{m+1}} < 0, \tag{A.10}$$

оскільки в межах області визначення справедливе:

$$\frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \tag{A.11}$$

$$r > 0. \tag{A.12}$$

Таким чином, DPE_m строго спадає на всій області визначення, коли остання непорожня.

Проаналізуємо тепер функцію DPE_{m-1}:

$$DPE_{m-1}(r) = \frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m}, \tag{A.13}$$

за обмежень:

$$\begin{cases} \dfrac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \dfrac{CF_m}{(1+r)^m} > 0 \\ \dfrac{CF_m}{(1+r)^m} > 0 \\ r > 0 \end{cases}. \tag{A.14}$$

Якщо $D(DPE_m) = \varnothing$, тоді $D(DPE_{m-1}) = \varnothing$. За умови, що $D(DPE_m) \neq \varnothing$, тобто $D(DPE_m) = (0, +\infty)$ і, відповідно, $CF_m > 0$, область визначення функції DPE_{m-1} описується системою нерівностей:

$$\begin{cases} \dfrac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \dfrac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \\ r > 0 \end{cases} \tag{A.15}$$

яка рівносильна системі:

$$\begin{cases} CF_{m-1} + r \times CF_{m-1} + CF_m > 0 \\ r > 0 \end{cases}. \qquad \text{(A.16)}$$

Можливі розв'язки цієї системи нерівностей обумовлюються такими ситуаціями.

Ситуація 1. $CF_m > 0$, $CF_{m-1} > 0$, тоді система (А.16) рівносильна системі:

$$\begin{cases} r > \dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}} \\ r > 0 \end{cases}, \qquad \text{(A.17)}$$

при цьому $\dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}} < 0$, звідси розв'язком розглядуваної системи є проміжок $(0, +\infty)$, тобто $D\left(DPE_{m-1}\right) = (0, +\infty)$.

Ситуація 2. $CF_m > 0$, $CF_{m-1} < 0$ і $\left|CF_{m-1}\right| < CF_m$, тоді система (А.16) рівносильна такому:

$$\begin{cases} r < \dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}} \\ r > 0 \end{cases}, \qquad \text{(A.18)}$$

при цьому $\dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}} > 0$, звідси розв'язок аналізованої системи визначається нерівністю $0 < r < \dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}}$ і, відповідно, $D\left(DPE_{m-1}\right) = \left(0, \dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}}\right)$.

Ситуація 3. $CF_m > 0$, $CF_{m-1} < 0$ і $\left|CF_{m-1}\right| \geq CF_m$, тоді система (А.16) рівносильна такому:

$$\begin{cases} r < \dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}} \\ r > 0 \end{cases}, \qquad \text{(A.19)}$$

при цьому $\dfrac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}} \leq 0$, звідси розв'язок розглядуваної системи порожній, тобто $r \in \varnothing$ і, відповідно, $D\left(DPE_{m-1}\right) = \varnothing$.

Ситуація 4. $CF_m > 0$, $CF_{m-1} = 0$, тоді розв'язок системи (А.16) визначається

нерівністю $0 < r < +\infty$ і, відповідно, $D(DPE_{m-1}) = (0, +\infty)$.

Таким чином, з результатів проведеного аналізу випливає, що область визначення функції DPE_{m-1} або порожня, або задається проміжком $(0, a_{m-1})$, де $a_{m-1} \in \left\{ \frac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}}, +\infty \right\}$, $\frac{-CF_m - CF_{m-1}}{CF_{m-1}} > 0$, тобто $a_{m-1} \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$.

Дослідимо тепер поведінку функції DPE_{m-1}, коли область її визначення непорожня. Оцінимо знак похідної DPE'_{m-1}:

$$DPE'_{m-1}(r) = \left(\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right)' = \frac{-(m-1)CF_{m-1}}{(1+r)^m} + \frac{-mCF_m}{(1+r)^{m+1}} =$$

$$= \frac{-1}{1+r} \left(\frac{(m-1)CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{(m-1)CF_m}{(1+r)^m} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right) =$$

$$= \frac{-1}{1+r} \left[(m-1) \left(\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right) + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right] < 0, \qquad \text{(A.20)}$$

оскільки в межах області визначення функції DPE_{m-1} справедливе:

$$\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \qquad \text{(A.21)}$$

$$\frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \qquad \text{(A.22)}$$

$$r > 0. \qquad \text{(A.23)}$$

Таким чином, функція DPE_{m-1} строго спадає на всій області визначення, коли остання непорожня.

Розглянемо також поставлену у відповідність до функції DPE_{m-1} функцію ε_{m-1}:

$$\varepsilon_{m-1}(r) = CF_{m-1} + \frac{CF_m}{1+r}, \qquad \text{(A.24)}$$

за обмежень:

$$\begin{cases} CF_{m-1} + \frac{CF_m}{1+r} > 0 \\ CF_m > 0 \\ r > 0 \end{cases}. \qquad \text{(A.25)}$$

Згідно із зазначеним вище (в частині технічних припущень), області

визначення функції DPE_{m-1} та функції ε_{m-1} збігаються між собою. Є однаковим також характер поведінки цих функцій: функція ε_{m-1} строго спадає в межах області визначення, коли вона непорожня. Для того, щоб безпосередньо упевнитися в істинності останнього твердження, оцінимо знак похідної функції ε_{m-1}:

$$\varepsilon'_{m-1}(r)=\left(CF_{m-1}+\frac{CF_m}{1+r}\right)'=\frac{-CF_m}{(1+r)^2}<0, \tag{A.26}$$

оскільки в межах області визначення аналізованої функції справедливе: $CF_m>0$, $r>0$.

Продовжити доведення передбачається на основі підходу, який можна трактувати як адаптацію методу математичної індукції. Перш ніж це зробити, доцільно додатково до попереднього розглянути функцію DPE_{m-2}:

$$DPE_{m-2}(r)=\frac{CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}}+\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}}+\frac{CF_m}{(1+r)^m}, \tag{A.27}$$

за обмежень:

$$\begin{cases}\dfrac{CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}}+\dfrac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}}+\dfrac{CF_m}{(1+r)^m}>0\\ \dfrac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}}+\dfrac{CF_m}{(1+r)^m}>0\\ \dfrac{CF_m}{(1+r)^m}>0\\ r>0\end{cases}. \tag{A.28}$$

Якщо $D(DPE_{m-1})=\varnothing$, тоді “автоматично” $D(DPE_{m-2})=\varnothing$. За умови, що $D(DPE_{m-1})\neq\varnothing$, тобто $D(DPE_{m-1})=(0,a_{m-1})$, область визначення функції DPE_{m-2} задається системою співвідношень:

$$\begin{cases}\dfrac{CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}}+\dfrac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}}+\dfrac{CF_m}{(1+r)^m}>0\\ 0<r<a_{m-1}\end{cases}, \tag{A.29}$$

яка рівносильна системі:

$$\begin{cases}CF_{m-2}+r\times CF_{m-2}+\varepsilon_{m-1}(r)>0\\ 0<r<a_{m-1}\end{cases}. \tag{A.30}$$

Знаходження можливих розв’язків цієї системи нерівностей передбачає аналіз

таких ситуацій.

Ситуація 1. $CF_{m-2} > 0$, тоді система нерівностей (А.30) рівносильна такому:

$$\begin{cases} r > \dfrac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} \\ 0 < r < a_{m-1} \end{cases}. \qquad (A.31)$$

За зробленого вище припущення, що $D(DPE_{m-1}) \neq \varnothing$, область визначення ε_{m-1}, відповідно, також непорожня і дорівнює проміжку $(0, a_{m-1})$. Крім того, як і функція DPE_{m-1}, функція ε_{m-1} набуває на проміжку $(0, a_{m-1})$ додатних значень і строго спадає на ньому. Звідси, маємо: $\frac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} < 0$. Тобто розв'язком системи нерівностей (А.31) є проміжок $(0, a_{m-1})$. Відповідно, $D(DPE_{m-2}) = D(DPE_{m-1}) = (0, a_{m-1})$, де $a_{m-1} \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$.

Ситуація 2. $CF_{m-2} < 0$ і при цьому $\exists r \in (0, a_{m-1}) : \varepsilon_{m-1}(r) > |CF_{m-2}|$.

Якщо до того ж $\exists r^*_{m-2} \in (0, a_{m-1}) : \varepsilon_{m-1}(r^*_{m-2}) = |CF_{m-2}|$, тоді система нерівностей (А.30) рівносильна системі:

$$\begin{cases} r < \dfrac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} \\ 0 < r < r^*_{m-2} \end{cases}, \qquad (A.32)$$

де $\frac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} > 0$ на проміжку $(0, r^*_{m-2})$.

У випадку, коли $\forall r \in (0, a_{m-1}) : \varepsilon_{m-1}(r) > |CF_{m-2}|$, система нерівностей (А.30) рівносильна такому:

$$\begin{cases} r < \dfrac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} \\ 0 < r < a_{m-1} \end{cases}, \qquad (A.33)$$

де $\frac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} > 0$ на проміжку $(0, a_{m-1})$.

Якщо об'єднати результати розгляду наведених вище можливих випадків в межах ситуації 2, тоді можна записати, що система нерівностей (А.30) зводиться до системи:

Продовження дод. А

$$\begin{cases} r < \dfrac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} \\ 0 < r < a^*_{m-2} \end{cases}, \tag{A.34}$$

де $a^*_{m-2} = r^*_{m-2}$ або $a^*_{m-2} = a_{m-1}$ залежно від того, який з можливих випадків в межах ситуації 2 має місце. При цьому $\dfrac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} > 0$ на проміжку $\left(0, a^*_{m-2}\right)$.

Введемо для потреб дальшого аналізу допоміжну функцію ψ_{m-2}:

$$\psi_{m-2}(r) = \frac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}}, \tag{A.35}$$

$$0 < r < a^*_{m-2}. \tag{A.36}$$

Дослідження системи нерівностей (А.34) передбачає розгляд таких двох ситуацій.

Ситуація 2.1. $\exists r_{m-2} \in \left(0, a^*_{m-2}\right)$: $\psi_{m-2}(r_{m-2}) = r_{m-2}$, тоді розв'язок системи (А.34) являє собою проміжок $(0, r_{m-2})$, тобто $D(DPE_{m-2}) = (0, r_{m-2})$. Такий висновок випливає з того, що згідно з принципом своєї побудови функція ψ_{m-2} набуває додатних значень і строго спадає на інтервалі $\left(0, a^*_{m-2}\right)$.

Ситуація 2.2. $\forall r \in \left(0, a^*_{m-2}\right)$: $\psi_{m-2}(r) > r$, тоді розв'язком системи (А.34) є проміжок $\left(0, a^*_{m-2}\right)$, тобто $D(DPE_{m-2}) = \left(0, a^*_{m-2}\right)$.

Ситуація 3. $CF_{m-2} < 0$ та $\forall r \in (0, a_{m-1})$: $\varepsilon_{m-1}(r) \le |CF_{m-2}|$, тоді система (А.30) рівносильна такому:

$$\begin{cases} r < \dfrac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} \\ 0 < r < a_{m-1} \end{cases}, \tag{A.37}$$

при цьому $\dfrac{-\varepsilon_{m-1}(r) - CF_{m-2}}{CF_{m-2}} \le 0$ на проміжку $(0, a_{m-1})$, звідки розв'язок розглядуваної системи порожній, тобто $r \in \varnothing$ і, відповідно, $D(DPE_{m-2}) = \varnothing$.

Ситуація 4. $CF_{m-2} = 0$, тоді розв'язок системи (А.30) зводиться до нерівності $0 < r < a_{m-1}$ і, відповідно, $D(DPE_{m-2}) = D(DPE_{m-1}) = (0, a_{m-1})$.

Таким чином, результати виконаного аналізу показують, що область

визначення функції DPE_{m-2} або порожня, або задається інтервалом $(0, a_{m-2})$, де $a_{m-2} \in \{a_{m-1}, r^*_{m-2}, r_{m-2}\}$, тобто $a_{m-2} \in (0, +\infty) \cup \{+\infty\}$. При цьому $r_{m-2} < r^*_{m-2} < a_{m-1}$.

Дослідимо тепер поведінку функції DPE_{m-2}, коли область її визначення непорожня. Оцінимо знак похідної DPE'_{m-2}:

$$DPE'_{m-2}(r) = \left(\frac{CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}} + \frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right)' =$$

$$= \frac{-(m-2)CF_{m-2}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{-(m-1)CF_{m-1}}{(1+r)^m} + \frac{-mCF_m}{(1+r)^{m+1}} =$$

$$= \frac{-1}{1+r}\left(\frac{(m-2)CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}} + \frac{(m-1)CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{mCF_m}{(1+r)^m} \right) =$$

$$= \frac{-1}{1+r}\left[\left(\frac{(m-2)CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}} + \frac{(m-2)CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{(m-2)CF_m}{(1+r)^m} \right) + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right) + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right] =$$

$$= \frac{-1}{1+r}\left[(m-2)\left(\frac{CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}} + \frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right) + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right) + \frac{CF_m}{(1+r)^m} \right] < 0, \qquad \text{(A.38)}$$

оскільки в межах області визначення функції DPE_{m-2} справедливе:

$$\frac{CF_{m-2}}{(1+r)^{m-2}} + \frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \qquad \text{(A.39)}$$

$$\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \qquad \text{(A.40)}$$

$$\frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0, \qquad \text{(A.41)}$$

$$r > 0. \qquad \text{(A.42)}$$

Таким чином, функція DPE_{m-2} строго спадає на всій області визначення, коли остання непорожня.

Розглянемо також поставлену у відповідність до функції DPE_{m-2} функцію ε_{m-2}:

$$\varepsilon_{m-2}(r) = CF_{m-2} + \frac{CF_{m-1}}{1+r} + \frac{CF_m}{(1+r)^2}, \tag{A.43}$$

за обмежень:

$$\begin{cases} CF_{m-2} + \dfrac{CF_{m-1}}{1+r} + \dfrac{CF_m}{(1+r)^2} > 0 \\ CF_{m-1} + \dfrac{CF_m}{1+r} > 0 \\ CF_m > 0 \\ r > 0 \end{cases}. \tag{A.44}$$

Згідно із зауваженнями, зробленими раніше, оскільки система нерівностей (А.44) одержана шляхом рівносильного перетворення системи (А.28), області визначення функції DPE_{m-2} і функції ε_{m-2} збігаються між собою. Однаковим є також характер поведінки цих функцій: функція ε_{m-2} строго спадає в межах області визначення, коли вона непорожня. Доцільно впевнитися в останньому твердженні, оцінивши знак похідної функції ε_{m-2}:

$$\varepsilon'_{m-2}(r) = \left(CF_{m-2} + \frac{CF_{m-1}}{1+r} + \frac{CF_m}{(1+r)^2} \right)' = \frac{-CF_{m-1}}{(1+r)^2} + \frac{-2CF_m}{(1+r)^3} =$$

$$= \frac{-1}{(1+r)^2}\left(CF_{m-1} + \frac{2CF_m}{1+r} \right) = \frac{-1}{(1+r)^2}\left[\left(CF_{m-1} + \frac{CF_m}{1+r} \right) + \frac{CF_m}{1+r} \right] < 0, \tag{A.45}$$

оскільки в межах області визначення цієї функції виконується:

$$CF_{m-1} + \frac{CF_m}{1+r} > 0, \tag{A.46}$$

$$\frac{CF_m}{1+r} > 0, \tag{A.47}$$

$$r > 0. \tag{A.48}$$

Звернення до адаптованого варіанта методу математичної індукції дозволяє встановити справедливість виявлених властивостей для всіх функцій DPE_j, $j = \overline{1, m}$. В даному разі, враховуючи структуру функцій DPE_j, $j = \overline{1, m}$, необхідно показати, що якщо розглядувані властивості мають місце для функції DPE_j, $j \in \{2, ..., m\}$, то вони також є справедливими для функції DPE_{j-1}. Як безпосередньо випливає з означення

функцій DPE_j, $j=\overline{1,m}$, якщо область визначення функції DPE_j, $j\in\{2,...,m\}$, порожня, тоді "автоматично" область визначення функції DPE_{j-1} також є порожньою. Тому зміст дальшого аналізу зводиться до дослідження ситуації, коли область визначення функції DPE_j, $j\in\{2,...,m\}$, являє собою проміжок.

Отже, нехай функція DPE_j, $j\in\{2,...,m\}$, визначена на проміжку $(0,a_j)$, $a_j\in(0,+\infty)\cup\{+\infty\}$, тоді нескладно впевнитися, що вона строго спадає на ньому, а функція DPE_{j-1} характеризується відповідними аналогічними властивостями:

1) має або порожню область визначення, або вона задається проміжком $(0,a_{j-1})$, $a_{j-1}\in(0,+\infty)\cup\{+\infty\}$;

2) в останньому випадку функція DPE_{j-1} строго спадає на всій області визначення.

Знайдемо похідну функції DPE_j на проміжку $(0,a_j)$ та оцінимо її знак:

$$DPE_j'(r)=\left(\frac{CF_j}{(1+r)^j}+\frac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)'=$$

$$=\frac{-jCF_j}{(1+r)^{j+1}}+\frac{-(j+1)CF_{j+1}}{(1+r)^{j+2}}+...+\frac{-mCF_m}{(1+r)^{m+1}}=$$

$$=\frac{-1}{1+r}\left[j\times\left(\frac{CF_j}{(1+r)^j}+\frac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+\right.$$

$$+\left(\frac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}}+\frac{CF_{j+2}}{(1+r)^{j+2}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+$$

$$+\left(\frac{CF_{j+2}}{(1+r)^{j+2}}+\frac{CF_{j+3}}{(1+r)^{j+3}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+$$

$$\left.+...+\left(\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}}+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right]<0, \qquad \text{(A.49)}$$

оскільки за принципом своєї побудови область визначення даної функції задається набором умов:

$$\frac{CF_j}{(1+r)^j}+\frac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}>0, \qquad \text{(A.50)}$$

$$\frac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}}+\frac{CF_{j+2}}{(1+r)^{j+2}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}>0, \quad (A.51)$$

$$\frac{CF_{j+2}}{(1+r)^{j+2}}+\frac{CF_{j+3}}{(1+r)^{j+3}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}>0, \quad (A.52)$$

$$\ldots,$$

$$\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}}+\frac{CF_m}{(1+r)^m}>0, \quad (A.53)$$

$$\frac{CF_m}{(1+r)^m}>0, \quad (A.54)$$

$$r>0. \quad (A.55)$$

Звідси, функція DPE_j строго спадає на проміжку $(0, a_j)$.

Для потреб дальшого аналізу необхідно попередньо розглянути функцію ε_j:

$$\varepsilon_j(r)=CF_j+\frac{CF_{j+1}}{1+r}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^{m-j}}, \quad (A.56)$$

за обмежень:

$$\begin{cases} CF_j+\dfrac{CF_{j+1}}{1+r}+...+\dfrac{CF_m}{(1+r)^{m-j}}>0 \\ CF_{j+1}+\dfrac{CF_{j+2}}{1+r}+...+\dfrac{CF_m}{(1+r)^{m-(j+1)}}>0 \\ \ldots \\ CF_{m-1}+\dfrac{CF_m}{1+r}>0 \\ CF_m>0 \\ r>0 \end{cases}. \quad (A.57)$$

Згідно з принципом побудови функції ε_j, область її визначення збігається з областю визначення функції DPE_j, тобто в межах зробленого вище припущення являє собою проміжок $(0, a_j)$. Також, як і разі функції DPE_j, $\forall r\in(0, a_j)$: $\varepsilon_j(r)>0$. Знайдемо похідну функції ε_j на проміжку $(0, a_j)$ та оцінимо її знак:

$$\varepsilon_j'(r)=\left(CF_j+\frac{CF_{j+1}}{1+r}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^{m-j}}\right)'=$$

$$=\frac{-CF_{j+1}}{(1+r)^2}+\frac{-2CF_{j+2}}{(1+r)^3}+...+\frac{-(m-j)CF_m}{(1+r)^{(m-j)+1}}=$$

Продовження дод. А

$$= \frac{-1}{(1+r)^2} \times \left(CF_{j+1} + \frac{2CF_{j+2}}{1+r} + ... + \frac{(m-j)CF_m}{(1+r)^{(m-j)-1}} \right) =$$

$$= \frac{-1}{(1+r)^2} \left[\left(CF_{j+1} + \frac{CF_{j+2}}{1+r} + ... + \frac{CF_m}{(1+r)^{(m-j)-1}} \right) + \right.$$

$$+ \frac{1}{1+r} \left(CF_{j+2} + \frac{CF_{j+3}}{1+r} + ... + \frac{CF_m}{(1+r)^{(m-j)-2}} \right) +$$

$$+ \frac{1}{(1+r)^2} \left(CF_{j+3} + \frac{CF_{j+4}}{1+r} + ... + \frac{CF_m}{(1+r)^{(m-j)-3}} \right) +$$

$$\left. + ... + \frac{1}{(1+r)^{(m-j)-2}} \times \left(CF_{m-1} + \frac{CF_m}{1+r} \right) + \frac{1}{(1+r)^{(m-j)-1}} CF_m \right] < 0, \qquad \text{(A.58)}$$

оскільки за принципом побудови функції ε_j область її визначення задається системою нерівностей (А.57), вирази зліва яких (за виключенням першої нерівності) входять до складу виразу аналізованої похідної. Таким чином, функція ε_j строго спадає на проміжку $(0, a_j)$.

Виходячи з вихідного припущення про непорожню область визначення для функції DPE_j, а також виявлених відомостей стосовно поведінки функції ε_j, розглянемо тепер функцію DPE_{j-1}:

$$DPE_{j-1}(r) = \frac{CF_{j-1}}{(1+r)^{j-1}} + \frac{CF_j}{(1+r)^j} + ... + \frac{CF_m}{(1+r)^m}, \qquad \text{(A.59)}$$

за обмежень:

$$\begin{cases} \dfrac{CF_{j-1}}{(1+r)^{j-1}} + \dfrac{CF_j}{(1+r)^j} + ... + \dfrac{CF_m}{(1+r)^m} > 0 \\ \dfrac{CF_j}{(1+r)^j} + \dfrac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}} + ... + \dfrac{CF_m}{(1+r)^m} > 0 \\ \qquad ... \\ \dfrac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}} + \dfrac{CF_m}{(1+r)^m} > 0 \\ \dfrac{CF_m}{(1+r)^m} > 0 \\ r > 0 \end{cases}. \qquad \text{(A.60)}$$

З урахуванням припущення про те, що областю визначення функції DPE_j є

проміжок $(0, a_j)$, система нерівностей (А.60) зводиться до такого:

$$\begin{cases} \frac{CF_{j-1}}{(1+r)^{j-1}} + \frac{CF_j}{(1+r)^j} + ... + \frac{CF_m}{(1+r)^m} > 0 \\ 0 < r < a_j \end{cases}. \quad (A.61)$$

В свою чергу система (А.61) рівносильна такому:

$$\begin{cases} CF_{j-1} + r \times CF_{j-1} + \varepsilon_j(r) > 0 \\ 0 < r < a_j \end{cases}. \quad (A.62)$$

Знаходження можливих розв'язків даної системи нерівностей означає аналіз ситуацій, які наводяться нижче.

Ситуація 1. $CF_{j-1} > 0$, тоді система нерівностей (А.62) може бути трансформована до такого:

$$\begin{cases} r > \frac{-\varepsilon_j(r) - CF_{j-1}}{CF_{j-1}} \\ 0 < r < a_j \end{cases}, \quad (A.63)$$

при цьому на проміжку $(0, a_j)$ справедливе: $\frac{-\varepsilon_j(r) - CF_{j-1}}{CF_{j-1}} < 0$, тобто розв'язком системи (А.63) є проміжок $(0, a_j)$. Відповідно, $D(DPE_{j-1}) = D(DPE_j) = (0, a_j)$.

Ситуація 2. $CF_{j-1} < 0$ і при цьому $\exists r \in (0, a_j)$: $\varepsilon_j(r) > |CF_{j-1}|$.

Нехай додатково $\exists r_{j-1}^* \in (0, a_j)$: $\varepsilon_j(r_{j-1}^*) = |CF_{j-1}|$. У цьому випадку система нерівностей (А.62) рівносильна системі:

$$\begin{cases} r < \frac{-\varepsilon_j(r) - CF_{j-1}}{CF_{j-1}} \\ 0 < r < r_{j-1}^* \end{cases}, \quad (A.64)$$

де $\frac{-\varepsilon_j(r) - CF_{j-1}}{CF_{j-1}} > 0$ на проміжку $(0, r_{j-1}^*)$.

Якщо ж $\forall r \in (0, a_j)$: $\varepsilon_j(r) > |CF_{j-1}|$, тоді система нерівностей (А.62) може бути перетворена до такого:

$$\begin{cases} r < \frac{-\varepsilon_j(r) - CF_{j-1}}{CF_{j-1}} \\ 0 < r < a_j \end{cases}, \quad (A.65)$$

де $\frac{-\varepsilon_j(r)-CF_{j-1}}{CF_{j-1}}>0$ на проміжку $(0, a_j)$.

Об'єднання представлених вище можливих випадків в межах ситуації 2 дозволяє звести систему нерівностей (А.62) до системи:

$$\begin{cases} r < \dfrac{-\varepsilon_j(r)-CF_{j-1}}{CF_{j-1}}, \\ 0 < r < a^*_{j-1} \end{cases} \tag{А.66}$$

де $a^*_{j-1}=r^*_{j-1}$ або $a^*_{j-1}=a_j$ залежно від того, який з можливих випадків в межах ситуації 2 має місце. При цьому $\frac{-\varepsilon_j(r)-CF_{j-1}}{CF_{j-1}}>0$ на проміжку $(0, a^*_{j-1})$.

Аналогічно до попередніх викладок введемо для потреб дальшого аналізу допоміжну функцію:

$$\psi_{j-1}(r)=\frac{-\varepsilon_j(r)-CF_{j-1}}{CF_{j-1}}, \tag{А.67}$$

$$0<r<a^*_{j-1}. \tag{А.68}$$

Варіанти розв'язку системи (А.66) визначаються такими двома ситуаціями.

Ситуація 2.1. $\exists r_{j-1}\in(0, a^*_{j-1})$: $\psi_{j-1}(r_{j-1})=r_{j-1}$, тоді розв'язком системи (А.66) є проміжок $(0, r_{j-1})$, тобто $D(DPE_{j-1})=(0, r_{j-1})$.

Ситуація 2.2. $\forall r\in(0, a^*_{j-1})$: $\psi_{j-1}(r)>r$, тоді розв'язок системи (А.66) являє собою проміжок $(0, a^*_{j-1})$, тобто $D(DPE_{j-1})=(0, a^*_{j-1})$.

Ситуація 3. $CF_{j-1}<0$ і при цьому $\forall r\in(0, a_j)$: $\varepsilon_j(r)\le|CF_{j-1}|$, тоді розв'язок системи нерівностей (А.62) – це порожня множина, тобто $r\in\varnothing$ і, відповідно, $D(DPE_{j-1})=\varnothing$.

Ситуація 4. $CF_{j-1}=0$, у цьому випадку розв'язок системи (А.62) зводиться до нерівності $0<r<a_j$ і, відповідно, $D(DPE_{j-1})=D(DPE_j)=(0, a_j)$.

Таким чином, результати проведеного аналізу демонструють, що область визначення функції DPE_{j-1} або порожня, або задається проміжком $(0, a_{j-1})$, де $a_{j-1}\in\{a_j, r^*_{j-1}, r_{j-1}\}$, тобто $a_{j-1}\in(0,+\infty)\cup\{+\infty\}$. При цьому $r_{j-1}<r^*_{j-1}<a_j$.

Залишається дослідити поведінку функції DPE_{j-1}, коли область її визначення

непорожня. Знайдемо похідну DPE'_{j-1} та оцінимо її знак на області визначення:

$$DPE'_{j-1}(r)=\left(\frac{CF_{j-1}}{(1+r)^{j-1}}+\frac{CF_j}{(1+r)^j}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)'=$$

$$=\frac{-1}{1+r}\left[(j-1)\left(\frac{CF_{j-1}}{(1+r)^{j-1}}+\frac{CF_j}{(1+r)^j}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+\right.$$

$$+\left(\frac{CF_j}{(1+r)^j}+\frac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+$$

$$+\left(\frac{CF_{j+1}}{(1+r)^{j+1}}+\frac{CF_{j+2}}{(1+r)^{j+2}}+...+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+$$

$$\left.+...+\left(\frac{CF_{m-1}}{(1+r)^{m-1}}+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right)+\frac{CF_m}{(1+r)^m}\right]<0, \qquad \text{(A.69)}$$

оскільки за принципом побудови функції DPE_{j-1} область її визначення задається системою нерівностей (А.60), вирази зліва яких входять до складу виразу аналізованої похідної. Звідси, функція DPE_{j-1} строго спадає на проміжку $(0, a_{j-1})$.

Отже, результати використання адаптації методу математичної індукції доводять істинність аналізованого твердження стосовно властивостей функцій DPE_j , $j=\overline{1,m}$. Нескладно помітити, що у формулюванні цього твердження функція DPE_1 збігається з функцією COF_0^r із означення економічного прибутку. Звідси, безпосереднім наслідком істинності даного твердження є істинність властивостей показника економічного прибутку інвестиційного проекту, які треба було довести.

Список використаних джерел до додатку А

1. Коцюба О.С. Властивості показника економічного прибутку інвестиційного проекту в контексті фундаментальної теорії. *Ефективна економіка*. 2010. № 10. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=370 (дата звернення: 17.02.2011).

Додаток Б

Результати оцінки інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя вітчизняних підприємств фармацевтичної галузі за 2017–2019 рр.

Таблиця Б.1

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ПАТ "Галичфарм" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	28337	24032	7673	-4305	-16359	-15,2	-68,07
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	45638	45749	41139	111	-4610	0,24	-10,08
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,429	0,419	0,409	-0,01	-0,01	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,594	0,637	0,379	0,043	-0,258	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0,169	0,12	0,032	-0,049	-0,088	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,092	0,089	0,11	-0,003	0,021	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,027	0,035	0,076	0,008	0,041	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	7,361	7,297	6,19	-0,064	-1,107	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	1,514	1,221	1,122	-0,293	-0,099	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,544	0,438	0,464	-0,106	0,026	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,445**	**0,399**	**0,438**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,292	0,280	0,301	-0,012	0,021	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,222	0,201	0,187	-0,021	-0,014	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	1,035	1,013	1,078	-0,022	0,065	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,023	0,008	0,008	-0,015	0	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	0,730	0,759	0,760	0,029	0,001	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,022	0,028	0,042	0,006	0,014	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,533**	**0,533**	**0,533**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Задовільне благопо-луччя	Задовільне благопо-луччя	Задовільне благопо-луччя	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.2

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ПАТ "Фармак" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	405422	361419	534884	-44003	173465	-10,85	48,0
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	477394	619569	712763	142175	93194	29,78	15,04
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,375	0,393	0,428	0,018	0,035	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,545	0,386	0,383	-0,159	-0,003	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0,236	0,184	0,256	-0,052	0,072	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,169	0,186	0,191	0,017	0,005	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,063	0,074	0,072	0,011	-0,002	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	3,170	3,078	2,896	-0,092	-0,182	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	0,784	0,660	0,548	-0,124	-0,112	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,523	0,437	0,340	-0,086	-0,097	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,553**	**0,548**	**0,556**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,752	0,758	0,809	0,006	0,051	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,512	0,577	0,738	0,065	0,161	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	2,386	3,808	10,157	1,422	6,349	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,124	0,253	1,020	0,129	0,767	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	1,202	1,171	0,993	-0,031	-0,178	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,223	0,194	0,162	-0,029	-0,032	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,800**	**0,800**	**0,867**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Відносне благопо-луччя	Відносне благопо-луччя	Комплек-сне благо-получчя	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.3

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ТОВ "Фармацевтична компанія "Здоров'я" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	4978	6556	5991	1578	-565	31,7	-8,6
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	24045	21480	7506	-2565	-13974	-10,67	-65,0
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,499	0,548	0,352	0,049	-0,196	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,375	0,357	0,415	-0,018	0,058	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0,011	0,015	0,013	0,004	-,002	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,053	0,052	0,015	-0,001	-0,037	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,058	0,056	0,050	-0,002	-0,006	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	3,627	3,669	4,585	0,042	0,916	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	0,447	0,365	0,467	-0,082	0,102	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,217	0,153	0,215	-0,064	0,062	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,220**	**0,177**	**0,288**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,438	0,462	0,443	0,024	-0,019	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,774	0,826	0,700	0,052	-0,126	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	31,675	12,279	6,385	-19,396	-5,894	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,211	0,422	1,387	0,211	0,965	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	0,895	0,837	1,123	-0,058	0,286	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,016	0,004	0,062	-0,012	0,058	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,700**	**0,733**	**0,767**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Відносне благопо-луччя	Відносне благопо-луччя	Відносне благопо-луччя	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.4

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ПАТ "Хімфармзавод "Червона зірка" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	0	0	0	0	0	0	0
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	44111	16456	8360	-27655	-8096	-62,7	-49,2
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,418	0,412	0,478	-0,006	0,066	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,237	0,221	0,015	-0,016	-0,206	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0	0	0	0	0	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,504	0,178	0,082	-0,326	-0,096	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,094	0,117	0,107	0,023	-0,01	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	4,720	4,540	3,489	-0,18	-1,051	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	0,218	0,299	0,266	0,081	-0,033	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,098	0,150	0,132	0,052	-0,018	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,366**	**0,344**	**0,282**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,168	0,198	0,269	0,03	0,071	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,195	0,396	0,528	0,201	0,132	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	40,101	65,605	52,908	25,504	-12,697	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,128	0,438	0,210	0,31	-0,228	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	1,371	1,427	1,110	0,056	-0,317	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,038	0,068	0,052	0,03	0,452	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,600**	**0,667**	**0,700**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Відносне благопо-луччя	Відносне благопо-луччя	Відносне благопо-луччя	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.5

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ТОВ ДКП "Фармацевтична фабрика" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	111	363	3907	252	3544	227,0	976,3
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	7988	10023	10590	2035	567	25,48	5,65
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,466	0,511	0,548	0,045	0,037	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,596	0,770	0,875	0,174	0,105	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0,002	0,006	0,071	0,004	0,065	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,137	0,172	0,176	0,135	0,004	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,097	0,078	0,062	-0,019	-0,016	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	7,172	7,951	8,940	0,779	0,989	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	0,378	0,328	0,622	-0,05	0,294	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,275	0,264	0,509	-0,011	0,245	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,321**	**0,274**	**0,330**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,329	0,250	0,161	-0,079	-0,089	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,413	0,301	0,203	-0,112	-0,098	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	3,939	4,793	2,594	0,854	-2,199	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,042	0,182	0,086	0,14	-0,096	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	2,340	2,490	2,679	0,15	0,189	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,057	0,085	0,110	0,028	0,025	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,633**	**0,667**	**0,600**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Відносне благопо-луччя	Відносне благопо-луччя	Відносне благопо-луччя	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.6

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ПАТ “Монфарм” за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	0	0	0	0	0	0	0
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	4746	3871	1273	-875	-2598	-18,4	-67,1
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,476	0,430	0,418	-0,046	-0,012	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0	0	1	0	1	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0	0	0	0	0	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,062	0,041	0,030	-0,021	-0,011	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,016	0,021	0,040	0,005	0,019	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	5,709	4,140	3,533	-1,569	-0,607	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	1,312	0,858	0,804	-0,454	0,054	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,469	0,355	0,352	-0,114	-0,003	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,370**	**0,315**	**0,224**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,558	0,607	0,823	0,049	0,216	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,751	0,769	0,775	0,018	0,006	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	110,62	375,19	27,589	264,57	-347,6	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	9,161	9,945	2,935	0,784	-7,01	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	0,836	0,747	0,803	-0,089	0,056	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,101	0,079	0,099	-0,022	0,02	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,833**	**0,800**	**0,867**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Комплексне благополуччя	Відносне благополуччя	Комплексне благополуччя	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.7

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ПрАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	0	0	Н. д.	0	–	0	–
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	95123	139991	Н. д.	44868	–	47,2	–
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,535	0,551	Н. д.	0,016	–	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,274	0,394	Н. д.	0,12	–	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0	0	Н. д.	0	–	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,101	0,069	Н. д.	-0,032	–	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,055	0,036	Н. д.	-0,019	–	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	3,988	4,599	Н. д.	0,611	–	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	0,515	0,825	Н. д.	0,31	–	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,272	0,453	Н. д.	0,181	–	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,247**	**0,279**	**–**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,791	0,719	Н. д.	-0,072	–	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,863	0,894	Н. д.	0,031	–	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	22,400	15,495	Н. д.	-6,905	–	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	11,175	3,294	Н. д.	-7,881	–	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	0,870	0,838	Н. д.	-0,032	–	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,118	0,131	Н. д.	0,013	–	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,867**	**0,867**	**–**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Комплексне благополуччя	Комплексне благополуччя	–	–	–	–	–

Примітка. Н. д. – немає даних.

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.8

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ПАТ "Лубнифарм" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	5007	3862	Н. д.	-1145	–	-22,87	–
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	46519	19204	Н. д.	-27315	–	-58,7	–
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,428	0,394	Н. д.	-0,034	–	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,259	0,364	Н. д.	0,105	–	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0,081	0,046	Н. д.	-0,035	–	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,562	0,195	Н. д.	-0,367	–	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,079	0,066	Н. д.	-0,013	–	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	3,760	3,037	Н. д.	-0,723	–	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	0,299	0,156	Н. д.	-0,143	–	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,121	0,077	Н. д.	-0,044	–	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,367**	**0,253**	**–**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,726	0,688	Н. д.	-0,038	–	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	0,772	0,790	Н. д.	0,018	–	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	78,660	140,46	Н. д.	61,80	–	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,754	5,316	Н. д.	4,562	–	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	1,079	1,084	Н. д.	0,005	–	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,049	0,025	Н. д.	-0,024	–	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,833**	**0,833**	**–**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Комплексне благополуччя	Комплексне благополуччя	–	–	–	–	–

Примітка. Н. д. – немає даних.

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Таблиця Б.9

Показники інвестиційної активності, а також фінансово-економічного благополуччя ПАТ "Фармстандарт-біолік" за 2017–2019 рр. (тис. грн)

№	Показник	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Абсолютні відхилення		Відносні відхилення, %	
1	**Показники інвестиційної активності підприємства**							
1.1	Середня величина незавершених капітальних інвестицій	35301	56178	Н. д.	20877	–	59,1	–
1.2	Витрачання на придбання необоротних активів	30721	33274	Н. д.	2553	–	8,31	–
1.3	Коефіцієнт зносу основних засобів	0,409	0,430	Н. д.	0,021	–	–	–
1.4	Коефіцієнт амортизації нематеріальних активів	0,947	0,790	Н. д.	-0,157	–	–	–
1.5	Капітальні інвестиції на гривню залишкової вартості основних засобів	0,402	0,580	Н. д.	0,178	–	–	–
1.6	Коефіцієнт оновлення необоротних активів	0,214	0,199	Н. д.	-0,015	–	–	–
1.7	Частка амортизаційних відрахувань в необоротних активах	0,060	0,056	Н. д.	-0,004	–	–	–
1.8	Фондовіддача (в частині основних засобів та нематеріальних активів)	2,398	1,814-	Н. д.	-0,584	–	–	–
1.9	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів та нематеріальних активів	0,687	0,661	Н. д.	-0,026	–	–	–
1.10	Рентабельність операційної діяльності в частині основних засобів, нематеріальних активів та запасів	0,482	0,417	Н. д.	-0,065	–	–	–
1.11	**Рейтингова оцінка інвестиційної активності**	**0,371**	**0,380**	**–**	–	–	–	–
2	**Показники фінансово-економічного благополуччя підприємства**							
2.1	Коефіцієнт автономії	0,260	0,374	Н. д.	0,144	–	–	–
2.2	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами	-0,284	-0,137	Н. д.	0,147	–	–	–
2.3	Коефіцієнт проміжної ліквідності	0,645	0,565	Н. д.	-0,08	–	–	–
2.4	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,446	0,385	Н. д.	-0,061	–	–	–
2.5	Оборотність всіх активів	0,710	0,511	Н. д.	-0,199	–	–	–
2.6	Рентабельність всіх активів	0,130	0,143	Н. д.	0,013	–	–	–
2.7	**Інтегрований показник фінансово-економічного благополуччя**	**0,533**	**0,500**	**–**	–	–	–	–
2.8	Якісне розпізнавання рівня фінансово-економічного благополуччя	Задовільне благопо-луччя	Задовільне благопо-луччя	–	–	–	–	–

Примітка. Н. д. – немає даних.

Джерело: розраховано автором на основі бази даних Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ) [1]

Список використаних джерел до додатку Б

1. Smida. Бази даних. Емітенти. URL: https://smida.gov.ua/db/emitent (дата звернення: 16.07.2020).

Додаток В

Загальні та техніко-економічні характеристики фасувально-пакувального автомата з ваговим дозатором АФ-50-С-В (на основі [1])

Загальна характеристика. Фасувально-пакувальний автомат АФ-50-С-В з пневмомеханічним приводом і ваговим дозатором забезпечує безперервний цикл фасування сипких продуктів (крупи, горіхи, кава, сухарики, чіпси, макарони, кукурудзяні палички). Дане устаткування здійснює упаковування продукту в полімерні плівки.

Автомат АФ-50-С-В дозволяє довільно змінювати порції продукту, який фасується, а також досягати максимально точного дозування. Для нього відсутні обмеження на зміну продукту, який фасується, наявних в автоматах з об'ємним дозатором (АФ-50-С-О).

Відмінність описуваного пакувального автомата від подібних (АФ-35-В, АФ-45-В) полягає в застосуванні додаткового вузла, який дозволяє, в автоматичному режимі, складати і пропаювати з 4-х боків бічні складки (грані) пакета і формувати пакет у формі "Стабіло бег" (stabilo beg).

Автомат АФ-50-С-В потребує підлогового розміщення і має обмеження по ширині використовуваної плівки і висоті упаковки, яка формується, зазначені в технічних характеристиках. Є можливим виготовлення даного устаткування зі збільшеними розмірами, в цьому випадку максимальна ширина плівки становитиме до 500 мм, висота пакета – до 400 мм, а ширина – до 250 мм.

Фасувально-пакувальний автомат АФ-50-С-В випускається в модифікаціях АФ-50-С-В1, АФ-50-С-В2, АФ-50-С-В3, АФ-50-С-В4. Їх відмінність між собою полягає в кількості зважувальних ковшів ("струмків"). Модель АФ-50-С-В1 має 1 "струмок", а в моделі АФ-50-СВ4 задіяне, відповідно, 4 "струмки", що збільшує продуктивність устаткування.

Існує модифікація описуваної фасувальної машини, в якій використовується дворівневий дозатор, який дозволяє більш точно і ефективно дозувати важкосипкі продукти, які не мають постійної сипкості. Наприклад, чіпси можуть або застрявати

в горловині бункера (вібролотках), або просипатися великими зчепленими порціями. Відповідно, розмір дози може мати небажані відхилення від заданого. Використання в дозаторі 2-х рівнів вібролотків дозволяє виключити зазначену дисфункцію.

Схема (принцип) роботи. Фасований продукт висипається через горловину бункера на вібролоток, який, вібруючи із заданою амплітудою, подає його в зважувальний ківш. Ківш кріпиться до рами дозатора на тензометричному датчику (тензодатчику). При досягненні зазначених вагових параметрів, тензодатчик подає сигнал на блок керування дозатора (контролер “Libra”), який зупиняє вібролоток, припиняючи подачу продукту.

При отриманні імпульсу від блоку керування пакувального автомата (сигнал “Розвантаження”), контролер дозатора подає сигнал на відкриття зважувального ковша. Ківш відкривається, висипаючи свій вміст в лійку. По лійці, через тубус рукавоутворюючого пристосування, продукт висипається в згорнуту тубою (рукавом) пакувальну плівку з запаяним заднім швом і денцем (заготовку упаковки). В цей час контролер включає вібролоток для наповнення зважувального ковша наступною порцією продукту.

Роботою пакувального автомата керує розташований в блоці керування мікроконтролер, який після розвантаження зважувального ковша (видачі дози продукту) пускає в хід механізм протягання плівки. При протягуванні відбувається розмотування рулону та згортання плівки, через комір, в рукав навколо тубуса. Протягнувши плівку на необхідну відстань (визначається по фотомітці або заданим значенням), мікроконтролер пускає в хід паяльний вузол.

Паяльний вузол фасувального апарату використовує принцип постійного нагрівання і за один прийом одночасно запаює типом шва “єврошов” верхній шов заповненої упаковки, поздовжній, нижній шов і бічні грані наступної упаковки. При цьому, в момент зварювання, проводиться відділення заповненої упаковки шляхом розсічення плівки механічним зубчастим ножем. Відтята упаковка падає на підлогу, в спеціальну ємність (коробку) або на відвідний транспортер.

Після розмикання зварних елементів мікроконтролер пакувального автомата

знову подає імпульс контролера “Libra” (сигнал “Розвантаження”), заповнюючи наступну упаковку. Додатково мікроконтролер відстежує момент закінчення рулону пакувального матеріалу та інші аварійні ситуації.

Техніко-економічні характеристики. Техніко-економічні характеристики описуваного устаткування представлено в табл. В.1.

Таблиця В.1

Техніко-економічні характеристики фасувально-пакувального автомата з ваговим дозатором АФ-50-С-В

Техніко-економічна характеристика	Значення
Електроживлення, В/Гц	380/50
Споживання електроенергії, кВт/год	2,5
Пневможівлення, атм/л/хв	6/350
Довжина/Ширина/Висота (не більше), мм	1700/1200/3200
Вага (не більше), кг	450
Ширина/Діаметр рулону плівки (макс.), мм	500/300
Продуктивність (макс.), уп./год	600-2400
Обсяг накопичувального бункера, л	60-240
Діапазон дозування, г	20-2000
Д/Ш упаковки (макс.), мм	400/250

Джерело: на основі [1]

Список використаних джерел до додатку В

1. Фасувальний автомат з ваговим дозатором АФ-50-С-В: веб-сайт ТОВ “Пакувальні технології”. URL: https://packtech.com.ua/oborudovanie/fasovochnoe/avtomaty-serii-stabilo/afs-50-v (дата звернення: 10.02.2020).

Додаток Г

Загальні та техніко-економічні характеристики гвинтового компресора ВК5Е-8(10, 15)-500Д (на основі [1])

Загальна характеристика. Гвинтовий компресор ВК5Е-8(10, 15)-500Д являє собою складний електромеханічний виріб, призначений для забезпечення стисненим повітрям пневматичного устаткування, апаратури та інструменту, що застосовується в промисловості, а також для інших цілей.

Живлення компресора ВК5Е-8(10, 15)-500Д здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою (380 ± 10 %) В, частотою (50 ± 1 %) Гц. Включення електродвигуна в мережу живлення – пряме або за схемою “зірка – трикутник”. Температура в приміщенні – від плюс 5 до плюс 40°С, відносна вологість повітря – не більше 90 %. Номінальний заправний обсяг масла становить 4,8 л.

Режим роботи компресора – тривалий, регулювання тиску в компресорі – автоматичне. Компресор ВК5Е-8(10, 15)-500Д призначений для стиснення лише атмосферного повітря, використання установки для стиснення інших газів не допускається.

Техніко-економічні характеристики. Техніко-економічні характеристики описуваного устаткування наведено в табл. Г.1.

Таблиця Г.1

Техніко-економічні характеристики гвинтового компресора ВК5Е-8(10, 15)-500Д

Техніко-економічна характеристика	Значення
Обсяг ресивера, л	500
Робочий тиск, бар	8/10/15
Продуктивність (на вході), л/хв	550/450/270
Споживання електроенергії, кВт/год	4,0
ДБ	68
Вага, кг	405
Габарити ДхШхВ, мм	2030x695x1585
Вихід G	G1/2

Джерело: на основі [1]

Продовження дод. Г

Список використаних джерел до додатку Г

1. Компресор ВК5Е-8(10, 15)-500Д Remeza – технічні характеристики: веб-сайт ТОВ “Компресори та Пневматика”. URL: http://www.remeza-ua.com/remeza/catalog.cfm?cid=2&rid=5&iid=93 (дата звернення: 10.02.2020).

Додаток Д

Таблиця Д.1

Вартість строкових депозитів для юридичних осіб в банках України з 01.06.2020 по 10.08.2020 (% річних)

Дата	Національна валюта			Іноземна валюта		
	усього	короткостр.	довгостр.	усього	короткостр.	довгостр.
1	2	3	4	5	6	7
01.06.2020	4,99	4,94	14,48	1,78	1,95	1,09
02.06.2020	6,19	6,19	10,47	1,72	1,67	2,50
03.06.2020	5,25	5,25	10,33	2,59	2,59	–
04.06.2020	5,62	5,52	13,89	3,12	3,09	3,25
05.06.2020	5,72	5,71	11,27	2,33	2,33	2,10
09.06.2020	5,65	5,61	12,31	1,73	1,73	1,25
10.06.2020	5,21	5,21	10,83	1,60	1,60	1,60
11.06.2020	5,18	5,18	11,68	1,98	1,85	2,33
12.06.2020	5,97	5,77	14,14	0,93	0,93	–
01.06.2020	4,99	4,94	14,48	1,78	1,95	1,09
02.06.2020	6,19	6,19	10,47	1,72	1,67	2,50
03.06.2020	5,25	5,25	10,33	2,59	2,59	–
04.06.2020	5,62	5,52	13,89	3,12	3,09	3,25
05.06.2020	5,72	5,71	11,27	2,33	2,33	2,10
09.06.2020	5,65	5,61	12,31	1,73	1,73	1,25
10.06.2020	5,21	5,21	10,83	1,60	1,60	1,60
11.06.2020	5,18	5,18	11,68	1,98	1,85	2,33
12.06.2020	5,97	5,77	14,14	0,93	0,93	–
15.06.2020	4,91	4,87	8,39	2,97	2,97	1,50
16.06.2020	4,91	4,86	14,29	2,44	2,44	1,25
17.06.2020	4,67	4,66	12,15	0,94	0,93	3,90
18.06.2020	4,64	4,61	12,48	1,14	1,14	1,20
19.06.2020	4,95	4,85	13,54	2,34	1,85	3,75
22.06.2020	4,24	4,22	12,75	2,05	1,30	4,09
23.06.2020	4,28	4,25	9,13	1,52	1,52	3,82
24.06.2020	6,04	6,03	9,07	1,28	1,28	–
25.06.2020	4,53	4,50	11,18	0,45	0,45	1,25
26.06.2020	4,81	4,80	8,84	1,05	1,05	1,00
30.06.2020	4,45	4,41	7,74	1,39	1,39	1,28
01.07.2020	5,03	4,91	9,62	1,19	1,53	0,02
02.07.2020	4,33	4,28	8,98	1,63	1,63	–
03.07.2020	5,06	5,03	10,74	0,67	0,68	0,28
06.07.2020	4,12	4,08	11,17	2,58	2,59	2,39
07.07.2020	4,00	4,00	10,78	0,66	0,66	–
08.07.2020	4,07	4,03	9,85	0,74	0,88	0,25
09.07.2020	3,83	3,83	9,28	2,61	2,61	–

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7
10.07.2020	4,28	4,28	8,61	1,54	1,54	1,25
13.07.2020	4,23	4,22	8,92	1,77	1,76	2,20
14.07.2020	3,74	3,73	9,01	0,80	0,80	–
15.07.2020	3,78	3,76	8,82	1,22	1,17	1,75
16.07.2020	3,91	3,89	9,67	1,92	1,92	–
17.07.2020	4,59	4,54	8,87	0,80	0,80	–
20.07.2020	3,88	3,83	9,04	2,37	2,37	1,25
21.07.2020	3,81	3,79	8,31	2,02	2,07	0,07
22.07.2020	5,77	5,74	9,67	0,99	1,13	0,01
23.07.2020	3,67	3,63	8,87	1,31	1,29	2,00
24.07.2020	4,50	4,41	9,03	2,02	1,93	3,18
27.07.2020	3,75	3,67	9,09	1,13	1,07	1,33
28.07.2020	3,70	3,64	9,04	2,11	2,08	2,50
29.07.2020	4,19	3,98	8,89	1,32	1,23	2,00
30.07.2020	3,95	3,95	9,04	2,19	2,67	1,61
31.07.2020	4,55	4,43	9,10	0,84	0,78	1,62
03.08.2020	3,93	3,79	9,00	1,69	1,69	2,23
04.08.2020	3,71	3,66	11,49	1,83	1,83	3,45
05.08.2020	3,90	3,87	8,82	1,31	1,31	1,25
06.08.2020	3,64	3,63	9,74	3,25	0,80	3,61
07.08.2020	4,22	4,22	4,78	2,27	2,35	0,20
10.08.2020	3,72	3,70	8,97	1,80	1,84	0,26

Джерело: на основі [1]

Список використаних джерел до додатку Д

1. Середні ставки за депозитами для юридичних осіб в Україні: веб-сайт “Мінфін”. URL: https://minfin.com.ua/ua/deposits/ (дата звернення: 12.08.2020).

Додаток Е

Таблиця Е.1

Проміжні дані для розрахунку середньої доходності індексу ПФТС (охоплено період з 18.07.1998 р. по 17.07.2020 р.)

Період	Середнє значення індексу ПФТС	Доходність на основі зіставлення середніх значень індексу ПФТС, %
18.07.1998–17.07.1999	22,57	–
18.07.1999–17.07.2000	43,57	93,04
18.07.2000–17.07.2001	55,05	26,35
18.07.2001–17.07.2002	49,02	-10,95
18.07.2002–17.07.2003	55,09	12,38
18.07.2003–17.07.2004	96,23	74,68
18.07.2004–17.07.2005	237,04	146,32
18.07.2005–17.07.2006	373,92	57,74
18.07.2006–17.07.2007	610,58	63,29
18.07.2007–17.07.2008	1023,15	67,57
18.07.2008–17.07.2009	357,91	-65,02
18.07.2009–17.07.2010	671,93	87,74
18.07.2010–17.07.2011	926,37	37,87
18.07.2011–17.07.2012	554,28	-40,16
18.07.2012–17.07.2013	336,54	-39,28
18.07.2013–17.07.2014	344,38	2,33
18.07.2014–17.07.2015	403,94	17,29
18.07.2015–17.07.2016	259,8	-35,68
18.07.2016–17.07.2017	260,71	0,35
18.07.2017–17.07.2018	349,38	34,01
18.07.2018–17.07.2019	552,21	58,05
18.07.2019–17.07.2020	515,83	-6,59

Джерело: розраховано автором на основі [1]

Список використаних джерел до додатку Е

1. Індекс ПФТС: офіційний веб-сайт АТ “Фондова біржа ПФТС”. URL: https://pfts.ua/trade-info/indexes/shares-indexes (дата звернення: 17.07.2020).

Додаток Ж

Таблиця Ж.1

Баланс ТОВ “Альта Плюс” на 31.12.2019 р., тис. грн

Актив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
1	2	3
I. Необоротні активи		
Незавершені капітальні інвестиції	0	0
Основні засоби:	1 000 – 1 100	2 100 – 2 200
первісна вартість	2 200 – 2 300	3 800 – 3 900
знос	1 200 – 1 300	1 700 – 1 800
Довгострокові біологічні активи	0	0
Довгострокові фінансові інвестиції	0	0
Інші необоротні активи	0	0
Усього за розділом I	1 000 – 1 100	2 100 – 2 200
II. Оборотні активи		
Запаси:	3 900 – 4 000	6 700 – 6 800
у тому числі готова продукція	820 – 830	550 – 560
Поточні біологічні активи	0	0
Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги	200 – 210	90 – 95
Дебіторська заборгованість за розрахунками з бюджетом	35 – 40	0
у тому числі з податку на прибуток	0	0
Інша поточна дебіторська заборгованість	670 – 680	1 000 – 1 100
Поточні фінансові інвестиції	0	0
Гроші та їх еквіваленти	910 – 920	120 – 130
Витрати майбутніх періодів	0	0
Інші оборотні активи	0	0
Усього за розділом II	5 700 – 5 800	8 000 – 8 100
III. Необоротні активи, утримувані для продажу, та групи вибуття	0	0
Баланс	6 700 – 6 800	10 000 – 11 000
Пасив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
I. Власний капітал		
Зареєстрований (пайовий) капітал	1 300 – 1 400	1 300 – 1 400
Додатковий капітал	0	0
Резервний капітал	0	0
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	3 900 – 4 000	5 200 – 5 300
Неоплачений капітал	0	0
Усього за розділом I	5 200 – 5 300	6 500 – 6 600
II. Довгострокові зобов’язання, цільове фінансування та забезпечення	860 – 870	410 – 420
III. Поточні зобов’язання		
Короткострокові кредити банків	0	880 – 890
Поточна кредиторська заборгованість за:		

Продовження табл. Ж.1

1	2	3
довгостроковими зобов'язаннями	0	0
товари, роботи, послуги	350 – 360	530 – 540
розрахунками з бюджетом	200 – 210	310 – 320
розрахунками зі страхування	10 – 15	10 – 15
розрахунками з оплати праці	30 – 35	45 – 50
Доходи майбутніх періодів	0	0
Інші поточні зобов'язання	110 – 120	1 400 – 1 500
Усього за розділом III	720 – 730	3 200 – 3 300
IV. Зобов'язання, пов'язані з необоротними активами, утримуваними для продажу, та групами вибуття	0	0
Баланс	6 700 – 6 800	10 000 – 11 000

Джерело: на основі [1]

Таблиця Ж.2

Звіт про фінансові результати ТОВ "Альта Плюс" за 2019 р., тис. грн

Стаття	За звітний рік	За попередній рік
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	18 000 – 19 000	13 000 – 14 000
Інші операційні доходи	220 – 230	15 – 20
Інші доходи	до 10	0
Разом доходи	18 000 – 19 000	13 000 – 14 000
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	14 000 – 15 000	10 000 – 11 000
Інші операційні витрати	2 800 – 2 900	1 900 – 2 000
Інші витрати	0	0
Разом витрати	16 000 – 17 000	12 000 – 13 000
Фінансовий результат до оподаткування	1 600 – 1 700	1 100 – 1 200
Податок на прибуток	280 – 290	200 – 210
Чистий прибуток (збиток)	1 300 – 1 400	910 – 920

Джерело: на основі [1]

Таблиця Ж.3

Баланс ТОВ "Альта Плюс" на 31.12.2018 р., тис. грн

Актив	На початок звітного року	На кінець звітного року
1	2	3
I. Необоротні активи		
Незавершені капітальні інвестиції	0	0
Основні засоби:	1 200 – 1 300	1 000 – 1 100
первісна вартість	2 200 – 2 300	2 200 – 2 300
знос	940 – 950	1 200 – 1 300
Довгострокові біологічні активи	0	0
Довгострокові фінансові інвестиції	0	0

Продовження табл. Ж.3

1	2	3
Інші необоротні активи	0	0
Усього за розділом I	1 200 – 1 300	1 000 – 1 100
II. Оборотні активи		
Запаси:	2 400 – 2 500	3 900 – 4 000
у тому числі готова продукція	1 100 – 1 200	820 – 830
Поточні біологічні активи	0	0
Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги	210 – 220	200 – 210
Дебіторська заборгованість за розрахунками з бюджетом	0	35 – 40
у тому числі з податку на прибуток	0	0
Інша поточна дебіторська заборгованість	до 10	670 – 680
Поточні фінансові інвестиції	0	0
Гроші та їх еквіваленти	1 300 – 1 400	910 – 920
Витрати майбутніх періодів	0	0
Інші оборотні активи	0	0
Усього за розділом II	3 900 – 4 000	5 700 – 5 800
III. Необоротні активи, утримувані для продажу, та групи вибуття	0	0
Баланс	5 200 – 5 300	6 700 – 6 800
Пасив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
I. Власний капітал		
Зареєстрований (пайовий) капітал	1 300 – 1 400	1 300 – 1 400
Додатковий капітал	0	0
Резервний капітал	0	0
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	2 900 – 3 000	3 900 – 4 000
Неоплачений капітал	0	0
Усього за розділом I	4 200 – 4 300	5 200 – 5 300
II. Довгострокові зобов'язання, цільове фінансування та забезпечення	550 – 560	860 – 870
III. Поточні зобов'язання		
Короткострокові кредити банків	0	0
Поточна кредиторська заборгованість за:		
довгостроковими зобов'язаннями	0	0
товари, роботи, послуги	270 – 280	350 – 360
розрахунками з бюджетом	90 – 100	200 – 210
розрахунками зі страхування	0	10 – 15
розрахунками з оплати праці	0	30 – 35
Доходи майбутніх періодів	0	0
Інші поточні зобов'язання	0	110 – 120
Усього за розділом III	370 – 380	720 – 730
IV. Зобов'язання, пов'язані з необоротними активами, утримуваними для продажу, та групами вибуття	0	0
Баланс	5 200 – 5 300	6 700 – 6 800

Джерело: на основі [2]

Таблиця Ж.4

Звіт про фінансові результати ТОВ “Альта Плюс” за 2018 р., тис. грн

Стаття	За звітний рік	За попередній рік
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	13 000 – 14 000	8 100 – 8 200
Інші операційні доходи	15 – 20	0
Інші доходи	0	0
Разом доходи	13 000 – 14 000	8 100 – 8 200
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	10 000 – 11 000	6 400 – 6 500
Інші операційні витрати	1 900 – 2 000	1 300 – 1 400
Інші витрати	0	0
Разом витрати	12 000 – 13 000	7 800 – 7 900
Фінансовий результат до оподаткування	1 100 – 1 200	250 – 260
Податок на прибуток	200 – 210	45 – 50
Чистий прибуток (збиток)	910 – 920	200 – 210

Джерело: на основі [2]

Таблиця Ж.5

Баланс ТОВ “Альта Плюс” на 31.12.2017 р., тис. грн

Актив	На початок звітного року	На кінець звітного року
1	2	3
І. Необоротні активи		
Незавершені капітальні інвестиції	0	0
Основні засоби:	1 500 – 1 600	1 200 – 1 300
первісна вартість	2 100 – 2 200	2 200 – 2 300
знос	630 – 640	940 – 950
Довгострокові біологічні активи	0	0
Довгострокові фінансові інвестиції	0	0
Інші необоротні активи	0	0
Усього за розділом І	1 500 – 1 600	1 200 – 1 300
ІІ. Оборотні активи		
Запаси:	3 400 – 3 500	2 400 – 2 500
у тому числі готова продукція	140 – 150	170 – 180
Поточні біологічні активи	0	0
Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги	80 – 85	210 – 220
Дебіторська заборгованість за розрахунками з бюджетом	70 – 75	0
у тому числі з податку на прибуток	0	0
Інша поточна дебіторська заборгованість	45 – 50	до 10
Поточні фінансові інвестиції	0	0
Гроші та їх еквіваленти	45 – 50	1 300 – 1 400
Витрати майбутніх періодів	0	0
Інші оборотні активи	0	0
Усього за розділом ІІ	3 600 – 3 700	3 900 – 4 000

Продовження табл. Ж.5

1	2	3
III. Необоротні активи, утримувані для продажу, та групи вибуття	0	0
Баланс	5 200 – 5 300	5 200 – 5 300
Пасив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
I. Власний капітал		
Зареєстрований (пайовий) капітал	1 300 – 1 400	1 300 – 1 400
Додатковий капітал	0	0
Резервний капітал	0	0
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	2 700 – 2 800	2 900 – 3 000
Неоплачений капітал	0	0
Усього за розділом I	4 000 – 4 100	4 200 – 4 300
II. Довгострокові зобов'язання, цільове фінансування та забезпечення	640 – 650	550 – 560
III. Поточні зобов'язання		
Короткострокові кредити банків	0	0
Поточна кредиторська заборгованість за:		
довгостроковими зобов'язаннями	0	0
товари, роботи, послуги	390 – 400	270 – 280
розрахунками з бюджетом	50 – 55	90 – 100
розрахунками зі страхування	до 10	0
розрахунками з оплати праці	10 – 15	0
Доходи майбутніх періодів	0	0
Інші поточні зобов'язання	до 10	0
Усього за розділом III	460 – 470	370 – 380
IV. Зобов'язання, пов'язані з необоротними активами, утримуваними для продажу, та групами вибуття	0	0
Баланс	5 200 – 5 300	5 200 – 5 300

Джерело: на основі [3]

Таблиця Ж.6

Звіт про фінансові результати ТОВ "Альта Плюс" за 2017 р., тис. грн

Стаття	За звітний рік	За попередній рік
1	2	3
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	8 100 – 8 200	6 600 – 6 700
Інші операційні доходи	0	10 – 15
Інші доходи	0	до 10
Разом доходи	8 100 – 8 200	6 600 – 6 700
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	6 400 – 6 500	5 400 – 5 500
Інші операційні витрати	1 300 – 1 400	970 – 980
Інші витрати	0	0
Разом витрати	7 800 – 7 900	6 300 – 6 400

Продовження табл. Ж.6

1	2	3
Фінансовий результат до оподаткування	250 – 260	280 – 290
Податок на прибуток	45 – 50	50 – 55
Чистий прибуток (збиток)	200 – 210	230 – 240

Джерело: на основі [3]

Таблиця Ж.7

Баланс ТОВ "Альта Плюс" на 31.12.2016 р., тис. грн

Актив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
1	2	3
І. Необоротні активи		
Незавершені капітальні інвестиції	0	0
Основні засоби:	1 600 – 1 700	1 500 – 1 600
первісна вартість	1 900 – 2 000	2 100 – 2 200
знос	340 – 350	630 – 640
Довгострокові біологічні активи	0	0
Довгострокові фінансові інвестиції	0	0
Інші необоротні активи	0	0
Усього за розділом І	1 600 – 1 700	1 500 – 1 600
ІІ. Оборотні активи		
Запаси:	3 400 – 3 500	3 400 – 3 500
у тому числі готова продукція	190 – 200	140 – 150
Поточні біологічні активи	0	0
Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги	75 – 80	80 – 85
Дебіторська заборгованість за розрахунками з бюджетом	260 – 270	70 – 75
у тому числі з податку на прибуток	0	0
Інша поточна дебіторська заборгованість	10 – 15	45 – 50
Поточні фінансові інвестиції	0	0
Гроші та їх еквіваленти	55 – 60	45 – 50
Витрати майбутніх періодів	0	0
Інші оборотні активи	30 – 35	0
Усього за розділом ІІ	3 900 – 4 000	3 600 – 3 700
ІІІ. Необоротні активи, утримувані для продажу, та групи вибуття	0	0
Баланс	5 500 – 5 600	5 200 – 5 300
Пасив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
І. Власний капітал		
Зареєстрований (пайовий) капітал	1 300 – 1 400	1 300 – 1 400
Додатковий капітал	0	0
Резервний капітал	0	0
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	2 500 – 2 600	2 700 – 2 800
Неоплачений капітал	0	0
Усього за розділом І	3 800 – 3 900	4 000 – 4 100

Продовження табл. Ж.7

1	2	3
II. Довгострокові зобов'язання, цільове фінансування та забезпечення	1 000 – 1 100	640 – 650
III. Поточні зобов'язання		
Короткострокові кредити банків	0	0
Поточна кредиторська заборгованість за:		
довгостроковими зобов'язаннями	0	0
товари, роботи, послуги	520 – 530	390 – 400
розрахунками з бюджетом	85 – 90	50 – 55
розрахунками зі страхування	до 10	до 10
розрахунками з оплати праці	до 10	10 – 15
Доходи майбутніх періодів	0	0
Інші поточні зобов'язання	20 – 25	до 10
Усього за розділом III	640 – 650	460 – 470
IV. Зобов'язання, пов'язані з необоротними активами, утримуваними для продажу, та групами вибуття	0	0
Баланс	5 500 – 5 600	5 200 – 5 300

Джерело: на основі [4]

Таблиця Ж.8

Звіт про фінансові результати ТОВ "Альта Плюс" за 2016 р., тис. грн

Стаття	За звітний рік	За попередній рік
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	6 600 – 6 700	4 200 – 4 300
Інші операційні доходи	10 – 15	760 – 770
Інші доходи	до 10	10 – 15
Разом доходи	6 600 – 6 700	5 000 – 5 100
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	5 400 – 5 500	3 000 – 3 100
Інші операційні витрати	970 – 980	1 500 – 1 600
Інші витрати	0	0
Разом витрати	6 300 – 6 400	4 500 – 4 600
Фінансовий результат до оподаткування	280 – 290	480 – 490
Податок на прибуток	50 – 55	85 – 90
Чистий прибуток (збиток)	230 – 240	390 – 400

Джерело: на основі [4]

Таблиця Ж.9

Баланс ТОВ "Альта Плюс" на 31.12.2015 р., тис. грн

Актив	На початок звітного року	На кінець звітного року
1	2	3
I. Необоротні активи		
Незавершені капітальні інвестиції	0	0
Основні засоби:	290 – 300	1 600 – 1 700
первісна вартість	470 – 480	1 900 – 2 000

Продовження табл. Ж.9

1	2	3
знос	180 – 190	340 – 350
Довгострокові біологічні активи	0	0
Довгострокові фінансові інвестиції	0	0
Інші необоротні активи	0	0
Усього за розділом I	290 – 300	1 600 – 1 700
II. Оборотні активи		
Запаси:	3 900 – 4 000	3 400 – 3 500
у тому числі готова продукція	0	190 – 200
Поточні біологічні активи	0	0
Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги	160 – 170	75 – 80
Дебіторська заборгованість за розрахунками з бюджетом	45 – 50	260 – 270
у тому числі з податку на прибуток	0	0
Інша поточна дебіторська заборгованість	до 10	10 – 15
Поточні фінансові інвестиції	0	0
Гроші та їх еквіваленти	до 10	55 – 60
Витрати майбутніх періодів	0	0
Інші оборотні активи	0	30 – 35
Усього за розділом II	4 100 – 4 200	3 900 – 4 000
III. Необоротні активи, утримувані для продажу, та групи вибуття	0	0
Баланс	4 400 – 4 500	5 500 – 5 600
Пасив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
I. Власний капітал		
Зареєстрований (пайовий) капітал	1 300 – 1 400	1 300 – 1 400
Додатковий капітал	0	0
Резервний капітал	0	0
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	2 100 – 2 200	2 500 – 2 600
Неоплачений капітал	0	0
Усього за розділом I	3 400 – 3 500	3 800 – 3 900
II. Довгострокові зобов'язання, цільове фінансування та забезпечення	0	1 000 – 1 100
III. Поточні зобов'язання		
Короткострокові кредити банків	0	0
Поточна кредиторська заборгованість за:		
довгостроковими зобов'язаннями	0	0
товари, роботи, послуги	360 – 370	520 – 530
розрахунками з бюджетом	65 – 70	85 – 90
розрахунками зі страхування	0	до 10
розрахунками з оплати праці	0	до 10
Доходи майбутніх періодів	0	0
Інші поточні зобов'язання	550 – 560	20 – 25
Усього за розділом III	980 – 990	640 – 650
IV. Зобов'язання, пов'язані з необоротними активами, утримуваними для продажу, та групами вибуття	0	0
Баланс	4 400 – 4 500	5 500 – 5 600

Джерело: на основі [5]

Таблиця Ж.10

Звіт про фінансові результати ТОВ “Альта Плюс” за 2015 р., тис. грн

Стаття	За звітний рік	За попередній рік
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	4 200 – 4 300	9 000 – 10 000
Інші операційні доходи	760 – 770	до 10
Інші доходи	10 – 15	до 10
Разом доходи	5 000 – 5 100	9 000 – 10 000
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	3 000 – 3 100	7 900 – 8 000
Інші операційні витрати	1 500 – 1 600	1 700 – 1 800
Інші витрати	0	35 – 40
Разом витрати	4 500 – 4 600	9 600 – 9 700
Фінансовий результат до оподаткування	480 – 490	250 – 260
Податок на прибуток	85 – 90	65 – 70
Чистий прибуток (збиток)	390 – 400	180 – 190

Джерело: на основі [5]

Таблиця Ж.11

Баланс ТОВ “Альта Плюс” на 31.12.2014 р., тис. грн

Актив	На початок звітного року	На кінець звітного року
1	2	3
І. Необоротні активи		
Незавершені капітальні інвестиції	0	0
Основні засоби:	10 – 15	290 – 300
первісна вартість	180 – 190	470 – 480
знос	160 – 170	180 – 190
Довгострокові біологічні активи	0	0
Довгострокові фінансові інвестиції	0	0
Інші необоротні активи	0	0
Усього за розділом І	10 – 15	290 – 300
ІІ. Оборотні активи		
Запаси:	4 300 – 4 400	3 900 – 4 000
у тому числі готова продукція	4 300 – 4 400	0
Поточні біологічні активи	0	0
Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги	140 – 150	160 – 170
Дебіторська заборгованість за розрахунками з бюджетом	210 – 220	45 – 50
у тому числі з податку на прибуток	0	0
Інша поточна дебіторська заборгованість	15 – 20	до 10
Поточні фінансові інвестиції	0	0
Гроші та їх еквіваленти	55 – 60	до 10
Витрати майбутніх періодів	до 10	0
Інші оборотні активи	0	0
Усього за розділом ІІ	4 700 – 4 800	4 100 – 4 200
ІІІ. Необоротні активи, утримувані для продажу, та групи вибуття	0	0

Продовження табл. Ж.11

1	2	3
Баланс	4 700 – 4 800	4 400 – 4 500
Пасив	**На початок звітного року**	**На кінець звітного року**
І. Власний капітал		
Зареєстрований (пайовий) капітал	1 300 – 1 400	1 300 – 1 400
Додатковий капітал	0	0
Резервний капітал	0	0
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	1 800 – 1 900	2 100 – 2 200
Неоплачений капітал	200 – 210	0
Усього за розділом І	2 900 – 3 000	3 400 – 3 500
ІІ. Довгострокові зобов'язання, цільове фінансування та забезпечення	0	0
ІІІ. Поточні зобов'язання		
Короткострокові кредити банків	670 – 680	0
Поточна кредиторська заборгованість за:		
довгостроковими зобов'язаннями	0	0
товари, роботи, послуги	450 – 460	360 – 370
розрахунками з бюджетом	80 – 85	65 – 70
розрахунками зі страхування	0	0
розрахунками з оплати праці	0	0
Доходи майбутніх періодів	0	0
Інші поточні зобов'язання	600 – 610	550 – 560
Усього за розділом ІІІ	1 800 – 1 900	980 – 990
ІV. Зобов'язання, пов'язані з необоротними активами, утримуваними для продажу, та групами вибуття	0	0
Баланс	4 700 – 4 800	4 400 – 4 500

Джерело: на основі [6]

Таблиця Ж.12

Звіт про фінансові результати ТОВ "Альта Плюс" за 2014 р., тис. грн

Стаття	За звітний рік	За попередній рік
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	9 000 – 10 000	8 400 – 8 500
Інші операційні доходи	до 10	0
Інші доходи	до 10	до 10
Разом доходи	9 000 – 10 000	8 400 – 8 500
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	7 900 – 8 000	6 500 – 6 600
Інші операційні витрати	1 700 – 1 800	1 400 – 1 500
Інші витрати	35 – 40	0
Разом витрати	9 600 – 9 700	7 900 – 8 000
Фінансовий результат до оподаткування	250 – 260	430 – 440
Податок на прибуток	65 – 70	85 – 90
Чистий прибуток (збиток)	180 – 190	350 – 360

Джерело: на основі [6]

Продовження дод. Ж

Список використаних джерел до додатку Ж

1. ТОВ “Альта Плюс”: Фінансові показники: 2019: аналітична онлайн-система “YouControl”. URL: https://youcontrol.com.ua/contractor/?year=2019&id=10951672&tb=financial-statements (дата звернення: 12.08.2020).

2. ТОВ “Альта Плюс”: Фінансові показники: 2018: аналітична онлайн-система “YouControl”. URL: https://youcontrol.com.ua/contractor/?year=2018&id=10951672&tb=financial-statements (дата звернення: 12.08.2020).

3. ТОВ “Альта Плюс”: Фінансові показники: 2017: аналітична онлайн-система “YouControl”. URL: https://youcontrol.com.ua/contractor/?year=2017&id=10951672&tb=financial-statements (дата звернення: 12.08.2020).

4. ТОВ “Альта Плюс”: Фінансові показники: 2016: аналітична онлайн-система “YouControl”. URL: https://youcontrol.com.ua/contractor/?year=2016&id=10951672&tb=financial-statements (дата звернення: 12.08.2020).

5. ТОВ “Альта Плюс”: Фінансові показники: 2015: аналітична онлайн-система “YouControl”. URL: https://youcontrol.com.ua/contractor/?year=2015&id=10951672&tb=financial-statements (дата звернення: 12.08.2020).

6. ТОВ “Альта Плюс”: Фінансові показники: 2014: аналітична онлайн-система “YouControl”. URL: https://youcontrol.com.ua/contractor/?year=2014&id=10951672&tb=financial-statements (дата звернення: 12.08.2020).

Додаток И

Грошові потоки інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” в межах різних сценаріїв

Таблиця И.1

Грошові потоки інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” в межах найбільш очікуваного (базового) сценарію, грн

№	Показник	0-й рік	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік	5-й рік
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Інвестиції, у т.ч.:	-458 067	–	–	–	–	–
1.1	Вартість фасувально-пакувального автомата АФ-50-С-В (без ПДВ)	-358 477	–	–	–	–	–
1.2	Вартість компресора ВК5Е-8(10, 15)-500Д (без ПДВ)	-99 590	–	–	–	–	–
2.1	Річний обсяг виробництва і продажу кави у пакетах по 1000 г, кг	–	88 000	88 000	88 000	88 000	88 000
2.2	Річна кількість пакетів по 1000 г	–	88 000	88 000	88 000	88 000	88 000
2.3	Вартість річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	1 025 200	1 025 200	1 025 200	1 025 200	1 025 200
2.4	Вартість плівки для річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	366 667	366 667	366 667	366 667	366 667
2.5	Вартість клапанів дегазації для річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	146 667	146 667	146 667	146 667	146 667
3.1	Річний обсяг виробництва і продажу кави у пакетах по 200 г, кг	–	17 600	17 600	17 600	17 600	17 600
3.2	Річна кількість пакетів по 200 г	–	88 000	88 000	88 000	88 000	88 000
3.3	Вартість річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	850 667	850 667	850 667	850 667	850 667
3.4	Вартість плівки для річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	153 267	153 267	153 267	153 267	153 267
3.5	Вартість клапанів дегазації для річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	146 667	146 667	146 667	146 667	146 667

Продовження табл. И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Амортизація для нового устаткування	–	91 613	91 613	91 613	91 613	91 613
5	Витрати на електроенергію для нового устаткування	–	3 180	3 180	3 180	3 180	3 180
6	Інші додаткові виробничі витрати	–	1 950	1 950	1 950	1 950	1 950
7	Грошовий потік	-458 067	883 616	883 616	883 616	883 616	883 616
8	Коефіцієнти дисконтування (КД) для інтервальної оцінки реальної дисконтної ставки:						
8.1	КД для **мінімальної** реальної дисконтної ставки		0,893	0,797	0,712	0,636	0,567
8.2	КД для **максимальної** реальної дисконтної ставки		0,860	0,740	0,636	0,547	0,470
9	Дисконтований грошовий потік:						
9.1	Дисконтований грошовий потік для **максимальної** реальної дисконтної ставки	-458 067	759 903	653 512	562 015	483 329	415 660
9.2	Дисконтований грошовий потік для **мінімальної** реальної дисконтної ставки	-458 067	788 942	704 413	628 940	561 554	501 387

Джерело: розраховано автором

Таблиця И.2

Грошові потоки інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” в межах песимістичного сценарію, грн

№	Показник	0-й рік	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік	5-й рік
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Інвестиції, у т.ч.:	-458 067	–	–	–	–	–
1.1	Вартість фасувально-пакувального автомата АФ-50-С-В (без ПДВ)	-358 477	–	–	–	–	–
1.2	Вартість компресора ВК5Е-8(10, 15)-500Д (без ПДВ)	-99 590	–	–	–	–	–
2.1	Річний обсяг виробництва і продажу кави у пакетах по 1000 г, кг	–	61 600	61 600	61 600	61 600	61 600
2.2	Річна кількість пакетів по 1000 г	–	61 600	61 600	61 600	61 600	61 600
2.3	Вартість річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	717 640	717 640	717 640	717 640	717 640
2.4	Вартість плівки для річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	256 667	256 667	256 667	256 667	256 667

Продовження табл. И.2

1	2	3	4	5	6	7	8
2.5	Вартість клапанів дегазації для річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	102 667	102 667	102 667	102 667	102 667
3.1	Річний обсяг виробництва і продажу кави у пакетах по 200 г, кг	–	12 320	12 320	12 320	12 320	12 320
3.2	Річна кількість пакетів по 200 г	–	61 600	61 600	61 600	61 600	61 600
3.3	Вартість річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	595 467	595 467	595 467	595 467	595 467
3.4	Вартість плівки для річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	107 287	107 287	107 287	107 287	107 287
3.5	Вартість клапанів дегазації для річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	102 667	102 667	102 667	102 667	102 667
4	Амортизація для нового устаткування	–	91 613	91 613	91 613	91 613	91 613
5	Витрати на електроенергію для нового устаткування	–	2 226	2 226	2 226	2 226	2 226
6	Інші додаткові виробничі витрати	–	1 950	1 950	1 950	1 950	1 950
7	Грошовий потік	-458 067	622 998	622 998	622 998	622 998	622 998
8	Коефіцієнти дисконтування (КД) для інтервальної оцінки реальної дисконтної ставки:						
8.1	КД для **мінімальної** реальної дисконтної ставки	–	0,893	0,797	0,712	0,636	0,567
8.2	КД для **максимальної** реальної дисконтної ставки	–	0,860	0,740	0,636	0,547	0,470
9	Дисконтований грошовий потік:						
9.1	Дисконтований грошовий потік для **максимальної** реальної дисконтної ставки	-458 067	535 774	460 762	396 252	340 774	293 064
9.2	Дисконтований грошовий потік для **мінімальної** реальної дисконтної ставки	-458 067	556 248	496 650	443 438	395 927	353 506

Джерело: розраховано автором

Таблиця И.3

Грошові потоки інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” в межах оптимістичного сценарію, грн

№	Показник	0-й рік	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік	5-й рік
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Інвестиції, у т.ч.:	-458 067	–	–	–	–	–
1.1	Вартість фасувально-пакувального автомата АФ-50-С-В (без ПДВ)	-358 477	–	–	–	–	–

Продовження табл. И.3

1	2	3	4	5	6	7	8
1.2	Вартість компресора ВК5Е-8(10, 15)-500Д (без ПДВ)	-99 590	–	–	–	–	–
2.1	Річний обсяг виробництва і продажу кави у пакетах по 1000 г, кг	–	96 800	96 800	96 800	96 800	96 800
2.2	Річна кількість пакетів по 1000 г	–	96 800	96 800	96 800	96 800	96 800
2.3	Вартість річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	1 127 720	1 127 720	1 127 720	1 127 720	1 127 720
2.4	Вартість плівки для річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	403 333	403 333	403 333	403 333	403 333
2.5	Вартість клапанів дегазації для річної кількості пакетів по 1000 г (без ПДВ)	–	161 333	161 333	161 333	161 333	161 333
3.1	Річний обсяг виробництва і продажу кави у пакетах по 200 г, кг	–	19 360	19 360	19 360	19 360	19 360
3.2	Річна кількість пакетів по 200 г	–	96 800	96 800	96 800	96 800	96 800
3.3	Вартість річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	935 733	935 733	935 733	935 733	935 733
3.4	Вартість плівки для річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	168 593	168 593	168 593	168 593	168 593
3.5	Вартість клапанів дегазації для річної кількості пакетів по 200 г (без ПДВ)	–	161 333	161 333	161 333	161 333	161 333
4	Амортизація для нового устаткування	–	91 613	91 613	91 613	91 613	91 613
5	Витрати на електроенергію для нового устаткування	–	3 498	3 498	3 498	3 498	3 498
6	Інші додаткові виробничі витрати	–	1 950	1 950	1 950	1 950	1 950
7	Грошовий потік	-458 067	970 488	970 488	970 488	970 488	970 488
8	Коефіцієнти дисконтування (КД) для інтервальної оцінки реальної дисконтної ставки:						
8.1	КД для **мінімальної** реальної дисконтної ставки	–	0,893	0,797	0,712	0,636	0,567
8.2	КД для **максимальної** реальної дисконтної ставки	–	0,860	0,740	0,636	0,547	0,470
9	Дисконтований грошовий потік:						
9.1	Дисконтований грошовий потік для **максимальної** реальної дисконтної ставки	-458 067	834 613	717 761	617 270	530 848	456 525
9.2	Дисконтований грошовий потік для **мінімальної** реальної дисконтної ставки	-458 067	866 507	773 667	690 774	616 763	550 681

Джерело: розраховано автором

Додаток К

Нечітко-множинна модель грошових потоків інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”

Таблиця К.1

Параметри нечітких оцінок грошових потоків інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, грн

Рік	$\underline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$	$\underline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{CF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{CF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$
0	-458 067	-458 067	-458 067	-458 067
1	622 998	883 616	883 616	970 488
2	622 998	883 616	883 616	970 488
3	622 998	883 616	883 616	970 488
4	622 998	883 616	883 616	970 488
5	622 998	622 998	622 998	622 998

Джерело: розраховано автором

Таблиця К.2

Параметри нечітких оцінок дисконтованих грошових потоків інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, грн

Рік	$\underline{DCF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$	$\underline{DCF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{DCF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{DCF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$
0	-458 067	-458 067	-458 067	-458 067
1	535 774	759 903	788 942	866 507
2	460 762	653 512	704 413	773 667
3	396 252	562 015	628 940	690 774
4	340 774	483 329	561 554	616 763
5	293 064	415 660	501 387	550 681

Джерело: розраховано автором

Таблиця К.3

Параметри нечітких оцінок накопичених (кумулятивних) грошових потоків інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, грн

Рік	$\underline{CCF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$	$\underline{CCF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{CCF}_k^1,\ k=\overline{0,5}$	$\overline{CCF}_k^0,\ k=\overline{0,5}$
0	-458 067	-458 067	-458 067	-458 067
1	164 932	425 549	425 549	512 421
2	787 930	1 309 164	1 309 164	1 482 909
3	1 410 928	2 192 780	2 192 780	2 453 397
4	2 033 927	3 076 395	3 076 395	3 423 885
5	2 656 925	3 699 394	3 699 394	4 046 883

Джерело: розраховано автором

Таблиця К.4

Параметри нечітких оцінок накопичених (кумулятивних) дисконтованих грошових потоків інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, грн

Рік	$\underline{CDCF}_k^0$, $k=\overline{0,5}$	$\underline{CDCF}_k^1$, $k=\overline{0,5}$	$\overline{CDCF}_k^1$, $k=\overline{0,5}$	$\overline{CDCF}_k^0$, $k=\overline{0,5}$
0	-458 067	-458 067	-458 067	-458 067
1	77 708	301 837	330 876	408 440
2	538 470	955 348	1 035 289	1 182 107
3	934 722	1 517 364	1 664 229	1 872 882
4	1 275 496	2 000 693	2 225 782	2 489 644
5	1 568 560	2 416 353	2 727 170	3 040 325

Джерело: розраховано автором

Додаток Л

Нечіткі оцінки показників економічної ефективності інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”

Таблиця Л.1

Параметри нечіткої оцінки чистої вартості інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, грн

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{NV}^{\alpha_i}$	$\overline{NV}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{NV}^{\alpha_i}$	$\overline{NV}^{\alpha_i}$
0	2 656 925	4 394 373	0,6	3 438 777	4 133 756
0,1	2 787 233	4 350 937	0,7	3 569 085	4 090 320
0,2	2 917 542	4 307 501	0,8	3 699 394	4 046 883
0,3	3 047 851	4 264 064	0,9	3 829 702	4 003 447
0,4	3 178 159	4 220 628	1	3 960 011	3 960 011
0,5	3 308 468	4 177 192	–	–	–

Джерело: розраховано автором

Таблиця Л.2

Параметри нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс”, грн

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{NPV}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{NPV}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}^{\alpha_i}$
0	1 568 560	3 040 325	0,6	2 077 236	2 852 432
0,1	1 653 339	3 009 010	0,7	2 162 015	2 821 116
0,2	1 738 118	2 977 694	0,8	2 246 794	2 789 801
0,3	1 822 898	2 946 379	0,9	2 331 574	2 758 485
0,4	1 907 677	2 915 063	1	2 416 353	2 727 170
0,5	1 992 456	2 883 747	–	–	–

Джерело: розраховано автором

Таблиця Л.3

Параметри нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” на основі розширеної нечітко-інтервальної арифметики, грн

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$
0	1,341	2,111	0,6	1,689	1,997
0,1	1,399	2,092	0,7	1,747	1,977
0,2	1,457	2,073	0,8	1,805	1,958
0,3	1,516	2,054	0,9	1,862	1,939
0,4	1,574	2,035	1	1,920	1,920
0,5	1,632	2,016	–	–	–

Джерело: розраховано автором

Таблиця Л.4

Параметри нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту придбання фасувально-пакувального устаткування для ТОВ “Альта Плюс” на основі запропонованого автором методу посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю, грн

$\alpha_i,\ i=\overline{0,5}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$	$\alpha_i,\ i=\overline{6,10}$	$\underline{IRR}^{\alpha_i}$	$\overline{IRR}^{\alpha_i}$
0	1,341	2,111	0,6	1,757	1,866
0,1	1,463	2,030	0,7	1,790	1,858
0,2	1,546	1,973	0,8	1,818	1,855
0,3	1,614	1,931	0,9	1,842	1,857
0,4	1,670	1,901	1	1,862	1,862
0,5	1,717	1,879	–	–	–

Джерело: розраховано автором

Додаток М

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. Коцюба О.С. Оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій в умовах невизначеності та ризику: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 287 с. (12,5 д.а.).
2. Коцюба О.С. Стратегія підприємства у постіндустріальній економіці: монографія / за заг. ред. А.П. Наливайка, О.М. Гребешкової. Київ: КНЕУ, 2017. 418 с. (24,63 д.а., особисто автору – 0,6 д.а.: § 4.5. Обґрунтування форми придбання виробничого устаткування в разі інтервальної оцінки дисконтної ставки).
3. Коцюба О.С. Стратегія підприємства: зміна парадигми управління та інноваційні рішення для бізнесу: колективна монографія / за ред. А.П. Наливайка. Київ: КНЕУ, 2015. 398 с. (23,24 д.а., особисто автору – 0,6 д.а.: § 4.3. Вибір інвестиційного проекту з множини альтернатив у разі нестохастичної невизначеності вихідних даних).

У наукових фахових виданнях України:

4. Коцюба О.С. Властивості показника економічного прибутку інвестиційного проекту в контексті фундаментальної теорії. *Ефективна економіка*. 2010. № 10. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=370 (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).
5. Коцюба О.С. Сутність та аналітичні характеристики показників привабливості реальних інвестицій у межах фундаментального підходу. *Стратегія економічного розвитку України*. 2010. Вип. 26–27. С. 32–40 (0,6 д.а.).
6. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в межах бюджетування діяльності підприємства. *Стратегія економічного розвитку України*. 2013. Вип. 32. С. 209–216 (0,4 д.а.).
7. Коцюба О.С. Знаходження внутрішньої норми доходності в разі нечітких початкових даних. *Інвестиції: практика та досвід*. 2013. № 18. С. 54–59 (0,6 д.а.).

8. Коцюба О.С. Оцінювання внутрішньої норми доходності в ситуації нечітких грошових потоків. *Стратегія економічного розвитку України*. 2013. Вип. 33. С. 228–241 (0,5 д.а.).

9. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання господарського ризику в межах нечітко-множинної методології. *Стратегія економічного розвитку України*. 2015. Вип. 36. С. 195–208 (0,6 д.а.).

10. Коцюба О.С. Оцінювання ступеня ризику в разі одночасної нечіткості критерію і нормативу привабливості господарської діяльності. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 6. URL: http://global-national.in.ua/archive/6-2015/195.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).

11. Коцюба О.С. Оцінювання дисконтованого терміну окупності інвестиційного проекту за умов нечітких вихідних даних. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 10. С. 1026–1031. URL: http://global-national.in.ua/archive/10-2016/214.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).

12. Коцюба О.С. Вибір найкращого інвестиційного проекту в умовах невизначеності на основі відносних показників варіабельності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 10. С. 20–25 (0,6 д.а.).

13. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику за нечітко-інтервальними оцінками критеріїв ефективності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 12. С. 29–34 (0,5 д.а.).

14. Коцюба О.С. Вибір інвестиційного проекту з множини альтернативних варіантів в разі нечітко-інтервальних оцінок початкових параметрів. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Вип. 15. URL: http://global-national.in.ua/archive/15-2017/122.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,6 д.а.).

15. Коцюба О.С. Аналіз підходів до нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості. *Стратегія економічного розвитку України*. 2017. Вип. 40. С. 149–166 (0,6 д.а.).

16. Коцюба О.С. Інтервальне моделювання економічної привабливості реальних інвестицій. *Стратегія економічного розвитку України*. 2017. Вип. 41. С. 64–80 (0,6 д.а.).

17. Коцюба О.С. Методологічний аналіз феномена невизначеності при оцінюванні економічної ефективності інвестиційного проекту. *Економіка та підприємництво*. 2018. № 40. С. 147–165 (0,6 д.а.).

У наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз:

18. Коцюба О.С. Аналіз розбіжностей в оцінках ступеня ризику на основі альтернативних методів в межах нечітко-множинної методології. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2016. № 6. С. 106–112 (0,5 д.а.).

19. Коцюба О.С. Вибір найкращого інвестиційного проекту в ситуації інтервальної невизначеності початкових даних. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2016. № 10. С. 144–149 (0,45 д.а.).

20. Коцюба О.С. Раціональний вибір інвестиційного проекту в разі інтервальних оцінок початкових параметрів. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2016. № 4. С. 254–260 (0,5 д.а.).

21. Коцюба О.С. Оцінювання чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту в ситуації нечітких початкових даних. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 1. С. 413–420 (0,6 д.а.).

22. Коцюба О.С. Нечітко-множинна адаптація ймовірнісних показників ступеня ризику. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 2. С. 317–323 (0,5 д.а.).

23. Коцюба О.С. Оптимізація інвестиційного рішення в умовах невизначеності та ризику як багатокритеріальна задача. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 10. С. 178–182 (0,45 д.а.).

24. Коцюба О.С. Аналітична підтримка вибору найкращого інвестиційного проекту в умовах нечітких даних. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2017. № 4. С. 416–423 (0,6 д.а.).

25. Коцюба О.С. Оцінка економічної привабливості інвестиційних проектів в умовах невизначеності та ризику з використанням аналізу чутливості. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2018. № 2. С. 90–98 (0,6 д.а.).

26. Kotsyuba O.S. Estimation of Input Financial and Economic Parameters of an Investment Project Based on a Fuzzy Set Approach. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2018. № 3. С. 240-245 (0,45 д.а.).

27. Коцюба О.С. Розвиток інструментарію вимірювання ризику при моделюванні невизначеності за допомогою нечітко-множинного підходу. *Бізнес Інформ* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2019. № 11. С. 149–156 (0,45 д.а.).

28. Коцюба О.С. Розвиток нечітко-множинного апарату вимірювання ризику: випадок одночасної нечіткості критеріального показника та його нормативу. *Проблеми економіки* (Ulrichsweb Global Serials Directory, Research Papers in Economics, Index Copernicus, Open Academic Journals Index, WorldCat та ін.). 2019. № 4. С. 264–271 (0,5 д.а.).

В інших виданнях:

29. Коцюба О.С. Визначення внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту за умов нечітких вихідних даних. *Стратегія підприємства: зміна парадигми управління та інноваційні рішення для бізнесу*: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 14–15 листоп. 2013 р. Київ: КНЕУ, 2013. С. 348–350 (0,12 д.а.) (форма участі – очна).

30. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в ситуації одночасної нечіткості критерію і нормативу ефективності. *Стратегія підприємства: результативність за умов системних трансформацій*: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–20 листоп. 2015 р. Київ: КНЕУ, 2015. С. 276–281 (0,18 д.а.) (форма участі – очна).

31. Коцюба О.С. Порівняльна економічна оцінка альтернативних форм придбання устаткування в ситуації інтервальної невизначеності дисконтної ставки. *Інноваційна економіка: макро-, мезо-, та мікрорівні*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 10–11 груд. 2015 р. Херсон: ВД "Гельветика", 2015. С. 147–150 (0,16 д.а.) (форма участі – дистанційна).

32. Коцюба О.С. Аналітична підтримка інвестиційних рішень на підприємстві за умов нестохастичної невизначеності даних. *Економічний потенціал країни: наукові підходи та практика реалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 26–27 лют. 2016 р. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2016. С. 103–106 (0,18 д.а.) (форма участі – дистанційна).

33. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в межах сучасної ризикології. *Економічна система країни: зовнішні та внутрішні фактори впливу*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 6–7 трав. 2016 р.: у 2-х ч. Дніпропетровськ: НО "Перспектива", 2016. Ч. 2. С. 115–118 (0,16 д.а.) (форма участі – дистанційна).

34. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання господарського ризику підприємства. *Перспективи розвитку національної економіки*: зб. мат. ІІ Міжнар. наук.-практ., конф., м. Запоріжжя, 13–14 трав. 2016 р.: у 2-х ч. Запоріжжя: ГО "СІЕУ", 2016. Ч. 2. С. 61–64 (0,16 д.а.) (форма участі – дистанційна).

35. Коцюба О.С. Вибір оптимального інвестиційного проекту в ситуації ймовірнісної невизначеності даних. *Стан та перспективи розвитку фінансів, обліку та підприємництва в умовах трансформації економіки*: зб. мат. Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 8–9 лип. 2016 р. Київ: ГО "КЕНЦ", 2016. С. 123–126 (0,18 д.а.) (форма участі – дистанційна).

36. Коцюба О.С. Вибір інвестиційного проекту в разі невизначеності даних

на основі модифікованого коефіцієнта варіації. *Модернізація та суспільний розвиток економічної системи*: зб. тез наук. робіт учасників Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 12–13 серп. 2016 р. Київ: АЦ "Нова Економіка", 2016. С. 60–62 (0,15 д.а.) (форма участі – дистанційна).

37. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику в умовах інтервальної невизначеності даних. *Економіка підприємства: теорія і практика*: зб. мат. VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 13 жовт. 2016 р. Київ: КНЕУ, 2016. С. 182–184. URL: https://kneu.edu.ua/userfiles/4konf/16_5240.pdf (дата звернення: 24.09.2019) (0,12 д.а.) (форма участі – очна).

38. Коцюба О.С. Кількісне оцінювання ступеня економічного ризику на основі квантильної методології. *Стратегічні орієнтири розвитку економіки України*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 6–7 жовт. 2017 р. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2017. С. 179–182 (0,18 д.а.) (форма участі – дистанційна).

39. Коцюба О.С. Використання аналізу чутливості для підтримки прийняття підприємницьких інвестиційних рішень. *Стратегія підприємства: підприємницький контекст*: зб. мат. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 16–17 листоп. 2017 р. Київ: КНЕУ, 2017. С. 216–218 (0,2 д.а.) (форма участі – очна).

40. Коцюба О.С. Вимірювання ризику в управлінні діяльністю підприємства. *Глобальний економічний простір: детермінанти розвитку*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 15 груд. 2017 р.: у 2-х ч. Миколаїв: МНУ ім. В.О. Сухомлинського, 2017. Ч. 2. С. 69–72 (0,2 д.а.) (форма участі – дистанційна).

41. Коцюба О.С. Інструментарій вимірювання ризику в управлінні економічними системами: нинішній стан та напрями розвитку. *Вдосконалення економіки та фінансової системи країни: актуальні проблеми та перспективи*: матеріали доп. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2 лют. 2018 р.: у 2-х ч. Запоріжжя: Класич. приват. ун-т, 2018. Ч. 2. С. 99–102 (0,18 д.а.) (форма участі – заочна).

ВЕРХОВНА РАДА УКРАЇНИ
Комітет з питань фінансів, податкової та митної політики
01008, м.Київ-8, вул. М. Грушевського, 5, тел.: 255-28-07, факс: 255-25-91

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційного дослідження
Коцюби Олексія Станіславовича
на тему «**Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності**»
в законотворчій діяльності

Основні результати, висновки та рекомендації дисертаційного дослідження Коцюби О. С. на тему «Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності» використовуються в роботі Комітету Верховної Ради України з питань фінансів, податкової та митної політики під час розробки та опрацювання законопроектів, спрямованих на вдосконалення законодавства щодо інвестиційної діяльності.

Особливий практичний інтерес становлять такі з розглянутих результатів аналізованого дослідження:

- інтервальна адаптація аналізу чутливості для показників економічної ефективності інвестиційних проектів;
- схема знаходження показників економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності з одночасним врахуванням дискретних та неперервних факторів ризику;
- сформульовані автором показники ступеня ризику для інтервальних та нечітких оцінок показників економічної ефективності інвестиційних проектів;
- запропоновані Коцюбою О. С. методичні підходи до оцінювання у нечіткій формі показників внутрішньої норми доходності та терміну окупності інвестиційних проектів.

Ключові теоретичні положення та аналітико-інструментальні здобутки зазначеної наукової праці було взято до уваги при опрацюванні низки законопроектів, стосовно яких Комітет було визначено головним, а саме:

- проекту Закону України «Про внесення змін до Податкового кодексу України, спрямованих на залучення інвестицій в промисловий сектор економіки шляхом запровадження стимулів в індустріальних парках» (реєстр. № 3724 від 23.06.2020 р.);
- проекту Закону України «Про внесення змін до Митного кодексу

України, спрямованих на залучення інвестицій в промисловий сектор економіки шляхом запровадження інвестиційних стимулів в індустріальних парках» (реєстр. №3725 від 23.06.2020 р.);

- проекту Закону України «Про внесення змін до розділу XX "Перехідні положення" Податкового кодексу України щодо особливостей оподаткування суб'єктів господарювання, які реалізують інвестиційні проекти зі значними інвестиціями» (№ 3761 від 01.07.2020 р.);
- проекту Закону України «Про внесення зміни до розділу XXI "Прикінцеві та перехідні положення" Митного кодексу України» (реєстр. №3762 від 01.07.2020 р.)

Голова Комітету **Д.О. Гетманцев**

СЕДО ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ

Підписувач:ГЕТМАНЦЕВ ДАНИЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ
Сертифікат: 2B6C7DF9A3891DA1040000000743D0087F6A301
Дійсний до: 17.07.2021 23:59:59

Апарат Верховної Ради України
№ 04-32/13-2021/47273 від 16.02.2021
390179

CMC UKRAINE | ФАХОВО ВІДПОВІДАЛЬНО НАДИХАЮЧІ

вул. Олексія Шовкуненка, 6, офіс 206 м.Київ,
03049, Україна +38 0503128881

info@cmc-ukraine.com
cmc-ukraine.com

Вих.№ 24-1/09-2020 від 24 вересня 2020року

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційної роботи
Коцюби Олексія Станіславовича
на тему
«Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності»

Членами Всеукраїнської Асоціації Консультантів з Управління» (ГО «ВАКУ») було розглянуто методичні розробки, представлені у дисертаційному дослідженні Коцюби О. С. на тему "Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності".

За результатами зазначеного розгляду задіяні у цьому процесі фахівці дійшли висновку, що запропоновані Коцюбою О. С. аналітико-інструментальні засоби підтримки прийняття рішень з реального інвестування в ситуаціях істотної невизначеності економічного середовища, якщо оцінювати їх у цілому, мають великий прикладний потенціал і можуть бути рекомендовані для широкого застосування на вітчизняних підприємствах в ході розроблення і реалізації інвестиційних проектів. При цьому на особливу увагу заслуговують такі з коментованих аналітичних інструментів:

- модель оцінювання показників економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності, яка передбачає одночасне врахування дискретних та неперервних факторів ризику;
- метод знаходження нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційних проектів на основі ідей теорії грубих (неточних) множин;
- інструментарій вимірювання ризику для показників економічної ефективності реальних інвестицій, які знайдено у формі інтервальних та нечітких оцінок;
- авторські методичні підходи до оцінювання у нечіткій (нечітко-множинній) формі показників внутрішньої норми доходності та терміну окупності інвестиційних проектів.

На думку консультантів ВАКУ, впровадження наведених вище методичних напрацювань дасть змогу підвищити обґрунтованість інвестиційних рішень, які приймаються на підприємствах, і, як наслідок цього, підвищити ефективність їх діяльності.

Віце-президент з питань проектної роботи «ВСЕУКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ КОНСУЛЬТАНТІВ З УПРАВЛІННЯ» Е.М.Файзулліна

ООО «ДОБРОДИЯ ФУДЗ»
Местонахождение: Украина, 15552, Черниговская обл., Черниговский р-н., пгт. Михайло-Коцюбинское, ул. Шевченко, дом № 2-Б (два буква «Б»)
Почтовый адрес: Украина, 03040, г. Киев, ул. Васильковская, 1, офис 108
IBAN UA963209840000026005210390053 в АО «ПроКредит Банк», г. Киев, МФО 320984, код ЄДРПОУ 38408485, ИНН 384084826533, т. (044) 332 15 30, e-mail: foods@dobrodiya.com.ua

ТОВ «ДОБРОДІЯ ФУДЗ»
Місцезнаходження: Україна, 15552, Чернігівська обл., Чернігівський р-н., смт. Михайло-Коцюбинське, вул. Шевченка, буд. № 2-Б (два літера «Б»).
Поштова адреса: 03040, м. Київ, вул. Васильківська, 1, офіс 108,
IBAN UA963209840000026005210390053 в АТ «ПроКредит Банк», м. Київ, МФО 320984, Код ЄДРПОУ 38408485, ІПН 384084826533, т. +38044 332 15 30, e-mail: foods@dobrodiya.com.ua

№ 19/07 від 09.07. 2020 р.

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційного дослідження
Коцюби Олексія Станіславовича
на тему
«Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності»

Фахівці ТОВ «Добродія Фудз» ознайомилися з теоретичними положеннями та прикладними розробками, викладеними у дисертаційному дослідженні Коцюби О. С. Їх увагу звернули на себе такі з них:

- інтервальна адаптація аналізу чутливості для показників економічної ефективності інвестиційних проектів;
- схема оцінювання показників економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням невизначеності, яка передбачає одночасне врахування дискретної та неперервної варіації фінансово-економічних параметрів;
- методичний апарат моделювання показників економічної ефективності проектів реального інвестування у формі нечітких оцінок;
- інструментарій вимірювання ризику для показників економічної ефективності інвестиційних проектів, знайдених у формі нечітких оцінок.

Практична реалізація окремих аналітико-інструментальних засобів, розроблених або вдосконалених Коцюбою О. С., в ході планування інвестиційної, а також операційної діяльності ТОВ «Добродії Фудз» продемонструвала їх спроможність та доцільність дальшого використання.

Результати зазначеного впровадження дозволяють дійти висновку, що запропоновані Коцюбою О. С. методичні підходи та показники мають істотну практичну цінність і можуть бути рекомендовані для широкого застосування при економічному обґрунтуванні проектів реального інвестування в межах підприємств реального сектору економіки.

Директорка
ТОВ «Добродія Фудз» _____ Брославцева І.В.

INVENTURE
Investment Venture Group, LLC | 24 Starovokzalnaya st. Kyiv, Ukraine | Tel: +380 44 [illegible] 39 71, +380 97 772 72 92 E-mail: info@inventure.ua Web: www.inventure.ua

Вих № 158 від 23.07. 2020 р.

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційного дослідження

Коцюби Олексія Станіславовича

на тему **«Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності»**

Спеціалістам ТОВ "ІНВЕСТИЦІЙНА ВЕНЧУРНА ГРУПА" (LLC "Investment Venture Group") було надано для розгляду матеріали дисертаційного дослідження Коцюби О. С. на тему "Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності". В ході ознайомлення з даною науковою працею особливий інтерес викликали такі представлені в ній методичні результати:

- концептуальна модель оцінювання показників економічної ефективності проектів реального інвестування, яка поєднує дискретний і неперервний варіанти варіації значень фінансово економічних параметрів;
- інструментарій нечітко множинного моделювання показників економічної ефективності інвестиційних проектів;
- методичний апарат вимірювання ризику для показників економічної ефективності інвестиційних проектів, знайдених у формі інтервальних та нечітких оцінок.

Апробація окремих аналітичних інструментів, запропонованих Коцюбою О.С., під час здійснення експертизи економічної спроможності (привабливості) конкретних інвестиційних проектів в межах профільної діяльності ТОВ "ІНВЕСТИЦІЙНА ВЕНЧУРНА ГРУПА" показала доцільність їх використання.

У цілому результати проведеного впровадження дають підстави заключити, що розроблені Коцюбою О. С. методичні підходи та моделі мають суттєву практичну цінність і можуть бути рекомендовані для застосування при економічному обґрунтуванні інвестиційних проектів на рівні підприємств виробничої сфери.

Директор Олейніков О.О.

Товариство з обмеженою відповідальністю
«ТЕПЛОМАШ-ДЕТАЛЬ»

Україна 03142, м. Київ, вул. Кржижановського, буд.3, корп. К-02,кім. 159,
Телефон: (096) 593-81-63
Факс: (044)532-46-15

Код ЄДРПОУ 39270875
Р/р 26000518595200
в ПАТ "УКРСИББАНК" МФО 351005
ІПН 392708726572

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційного дослідження
Коцюби Олексія Станіславовича
на тему
«Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності»

У розпорядження ТОВ «Тепломаш-деталь» було надано матеріали дисертаційного дослідження Коцюби О. С. на тему «Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності». У межах ознайомлення з даною працею увагу спеціалістів підприємства звернули на себе деякі з представлених у ній методичних розробок, зокрема: авторський метод знаходження нечітких оцінок початкових фінансово-економічних параметрів інвестиційних проектів; методи знаходження показників економічної ефективності інвестиційних проектів у формі інтервальних та нечітких оцінок; набір показників ступеня ризику, які пропонується використовувати в ході економічного обґрунтування заходів з реального інвестування.

У підсумку, перелічений вище інструментарій було використано під час підготовки бізнес-плану інвестиційного проекту модернізації виробничого устаткування ТОВ «Тепломаш-деталь», що, на думку задіяних у цьому процесі співробітників підприємства, дозволить істотно підвищити якість обґрунтування його економічної складової. З урахуванням вищевикладеного можна стверджувати, що запропоновані у дисертаційній роботі Коцюби О. С. аналітико-інструментальні засоби мають не лише суто наукове значення, але також характеризуються практичною цінністю, що дає підстави рекомендувати їх для широкого застосування в межах планування операційної та інвестиційної діяльності підприємств виробничої сфери.

Директор Теплюк А. В.

№ 192 від 12.08.2020р.

Україна * Товариство з обмеженою відповідальністю * м. Київ * ТЕПЛОМАШ-ДЕТАЛЬ * Ідентифікаційний код 39270875

ISLA
COFFEE. FRESHLY ROASTED.

ТОВ «Альта Плюс»
Україна, 69057, м. Запоріжжя,
вул. Антенна, 11, тел.: (061) 708-20-14
ЄДРПОУ 36277270
IBAN UA73 325365 000000 2600901812773
в АТ «КРЕДОБАНК» МФО 325365
ІПН 362772708290, Св №200212662
Є платником податку на прибуток
на загальних підставах

№ 142 від 15.08. 2020 р.

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційного дослідження
Коцюби Олексія Станіславовича
на тему «Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності»

В межах підвищення якості технологічних процесів, пов'язаних з виробництвом кави, що є одним з основних напрямів діяльності ТОВ "Альта Плюс" (торгівельна марка "ISLA"), керівництвом підприємства розглядалася доцільність придбання сучасного фасувально-пакувального устаткування серії "Стабіло", оскільки нині фасувально-пакувальні операції виконуються на підприємстві за допомогою устаткування, яке передбачає використання ручної праці.

За ініціативи Коцюби О.С. для аналізу та оцінки економічної привабливості (ефективності) зазначеного інвестиційного заходу, виходячи з необхідності врахування фактора невизначеності економічного середовища, у якому функціонує ТОВ "Альта Плюс", було використано відповідний методичний апарат на основі теорії нечітких множин, у тому числі нечітко-множинні аналітичні інструменти, які є складовою доробку дисертаційного дослідження названого автора. Результати апробації коментованого інструментарію засвідчили його спроможність і доцільність подальшого використання у діяльності підприємства.

Директор "АЛЬТА ПЛЮС" 36277270 Івахова С.Л.

ПИВОВАРНЯ ЗІБЕРТА

№264 05 жовтня 2020р.

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційного дослідження

Коцюби Олексія Станіславовича

на тему

«Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності»

До уваги керівництва та фахівців ТОВ "Пивоварня Зіберта" було представлено рукопис дисертаційного дослідження Коцюби О. С. на тему "Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності". Під час розгляду його змісту низка із запропонованих у ньому прикладних методичних розробок звернули на себе увагу и викликали обговорення, у тому числі:

- методика формування нечітких оцінок для початкових економічних параметрів заходів з реального інвестування в ситуації істотної інформаційної невизначеності;
- інструментарій вимірювання ризику для нечітких оцінок показників економічної ефективності інвестиційних проектів.

Перелічені вище інструментальні засоби було використано в ході економічного обґрунтування заходів із модернізації та заміни технологічного устаткування ТОВ "Пивоварня Зіберта". Результати проведеної апробації одержали позитивну оцінку з боку спеціалістів, яких було залучено до цього процесу.

Як загальний висновок стосовно зазначеного впровадження можна констатувати, що запропоновані у дисертаційній роботі Коцюби О. С. аналітико-інструментальні засоби мають вагомий практичний потенціал і дозволяють істотно покращити обґрунтованість інвестиційних рішень в межах підприємств виробничої сфери.

Директор технічний С.І.Скаленко

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»
_____ Колот А.М.
11.09. 2020 р.

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з наукової роботи ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»
_____ Антонюк Л.Л.
17 вересня 2020 р.

ДОВІДКА
про використання у навчальному процесі результатів дисертаційного дослідження
Коцюби Олексія Станіславовича
на тему
«Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності»

Результати дисертаційного дослідження Коцюби Олексія Станіславовича на тему «Методологія оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів підприємств в умовах невизначеності» використані для вдосконалення теоретико-методичного забезпечення навчального процесу на кафедрі бізнес-економіки та підприємництва при викладанні навчальних дисциплін «Аналітичні моделі та методи в економіці підприємства», «Бізнес-аналітика на підприємстві», «Аналітичний інструментарій економіки підприємства». Новації стосуються:

- концептуальної схеми оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності, яка передбачає одночасне врахування дискретних та неперервних факторів ризику;
- інструментарію вимірювання господарського ризику в межах імовірнісної (стохастичної) невизначеності середовища;
- методів оцінювання ступеня господарського ризику в разі інтервальної та нечіткої невизначеності початкових даних;
- методичного апарату інтервального та нечітко-множинного моделювання показників економічної ефективності проектів реального інвестування.

Завідувач кафедри бізнес-економіки та підприємництва ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»,
доктор екон. наук, професор І.М. Рєпіна