

УДК 658.012.2

МЕТОДИ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ АЛЬТЕРНАТИВ НА РІВНІ ПІДПРИЄМСТВ



З.М. Соколовська, д.е.н., професор

Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

Одним з важливих аспектів господарювання підприємства є рівень його інвестиційної діяльності. У сучасних умовах падіння економіки України інвестиції виступають засобом забезпечення умов подолання кризових явищ, підвищення результатів функціонування підприємств різних галузей. Водночас, прийняття ефективних інвестиційних рішень на мікрорівні на пряму залежить від запроваджених методик оцінки інвестиційних альтернатив.

Дослідженням різноманітних аспектів прийняття інвестиційних рішень присвячена значна кількість робіт науковців і практиків [1-6] та ін. Однак, більшість з них стосується питань, пов'язаних з фінансовими інвестиціями і значно менша частка розкриває проблеми реального інвестування, яке в умовах вітчизняної економіки (нерозвинутого фондового ринку) відіграє важливу роль у розвитку промислових об'єктів.

Процес реального інвестування, як правило, охоплює різні сфери господарської діяльності, що значно утруднює прийняття найбільш ефективного інвестиційного рішення. Традиційні методики дослідження здебільшого оцінюють інвестиційні процеси кількісно. З цього приводу розроблено комплекс методів та моделей, які дають реальні результати [1-3], [5-6]. Але серйозніше функціонування українських підприємств характеризується високим ступенем ентропії, відчуває на собі постійні дестабілізуючі впливи стохастичного характеру. Значна частка факторів впливу носить якісний характер – їх дія незначно піддається або зовсім не піддається формалізації [4], [7-9]. Тому обґрунтований вибір конкретних інвестиційних альтернатив можливий тільки за умов комплексного врахування дії як кількісних, так і якісних факторів внутрішнього та зовнішнього середовища функціонування підприємств. У зв'язку з цим потрібні особливо гнучкі методи прийняття інвестиційних рішень на всіх етапах їх розробки.

Відповідно до окреслених проблем *метою статті* є розгляд можливостей проведення комплексної оцінки інвестиційних альтернатив на базі залучення апарату імітаційного моделювання та методів нечіткої математики.

На базі методу системної динаміки на платформі Ithink розроблена модель оцінки інвестиційних альтернатив, яка належить до загального

Соколовська З.М. Методи комплексної оцінки інвестиційних альтернатив на рівні підприємств.

Стаття присвячена проблемі застосування математичних методів різного спрямування в ході прийняття інвестиційних рішень на макrorівні. Обґрунтовується доцільність проведення комплексної оцінки інвестиційних проектів. Представлені результати імітаційних експериментів на моделі кількісної оцінки інвестиційних альтернатив. Наведена методика якісної оцінки альтернатив із залученням методів нечіткої математики.

Ключові слова: інвестиційна альтернатива, імітаційна модель, імітаційний експеримент, методи нечіткої математики

Соколовская З.Н. Методы комплексной оценки инвестиционных альтернатив на уровне предприятий.

Статья посвящена проблеме применения математических методов различной направленности в ходе принятия инвестиционных решений на микро-уровне. Обосновывается целесообразность проведения комплексной оценки инвестиционных проектов. Представлены результаты имитационных экспериментов на модели количественной оценки инвестиционных альтернатив. Приведена методика качественной оценки альтернатив с привлечением методов нечеткой математики.

Ключевые слова: инвестиционная альтернатива, имитационная модель, имитационный эксперимент, методы нечеткой математики

Sokolovskaya Z.N. Methods of the integrated assessment of investment alternatives in the level of enterprises.

Article is dedicated to the problem of the application of mathematical methods of different directivity in the course of adopting the investment decisions on the micro-level. The expediency of conducting the integrated assessment of investment projects is based. The results of imitation experiments on the model of the quantitative assessment of investment alternatives are represented. The procedure of the qualitative assessment of alternatives with the attraction of the methods of illegible mathematics is given.

Keywords: investment alternative, simulation model, imitation experiment, the methods of illegible mathematics

модельного комплексу імітації виробничо-збутової сфери діяльності підприємства. Докладно опис моделі та плани імітаційних експериментів наведено у [10]. Модель реалізує загальну концепцію процесу оцінки ефективності інвестиційних альтернатив на базі дослідження динаміки фінансових потоків, пов'язаних з проектом. Модель легко трансформується до реальних умов об'єкту дослідження з врахуванням специфіки інвестиційного проекту.

Деякі результати роботи моделі про демонструємо на прикладі інвестиційного проекту, пов'язаного з нарощуванням виробничих потужностей підприємства, тобто із збільшенням його пропускної спроможності. Ситуація достатньо розповсюджена для підприємств, яким суттєво не вистачає виробничих потужностей для задоволення зростаючого попиту на продукцію в розрізі регіональних ринків. Динаміка інвестиційного процесу розгортається впродовж року, крок імітації – місяць (на графіках – ось X). Значення по-

казників наводяться у вартісному вимірі, тис. грн. (на графіках – ось Y); числовий матеріал – умовний.

Ситуація 1. Вплив змін ринкового попиту на динаміку позитивного фінансового потоку з врахуванням наявних виробничих потужностей.

На рис. 1 наведені криві поточного (1) та номінального (2) попиту. Номінальний попит – середньостатистичний для підприємства рівень попиту на досліджувану продукцію, тобто базовий рівень. Поточний попит – прогнозований рівень, який може бути досягнутий підприємством в результаті впровадження конкретних маркетингових стратегій.

Таким чином, прогнозується збільшення ринкового попиту на продукцію впродовж періоду імітації. В наведеній ситуації потужності підприємства залишаються незмінними. Динаміка базової (2) та поточної (1) пропускної спроможності виробництва наведені на рис. 2.

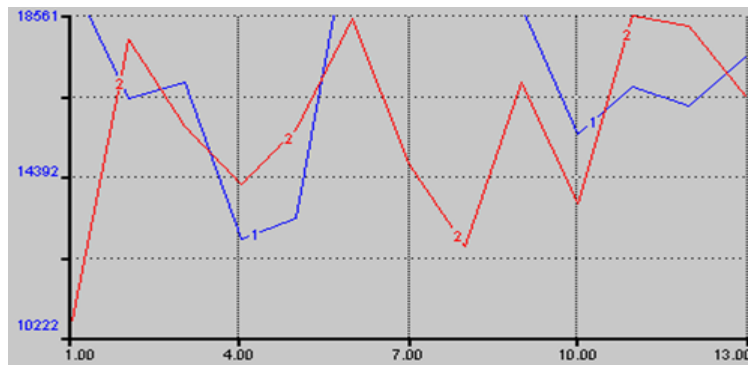


Рис. 1. Динаміка змін попиту на продукцію підприємства

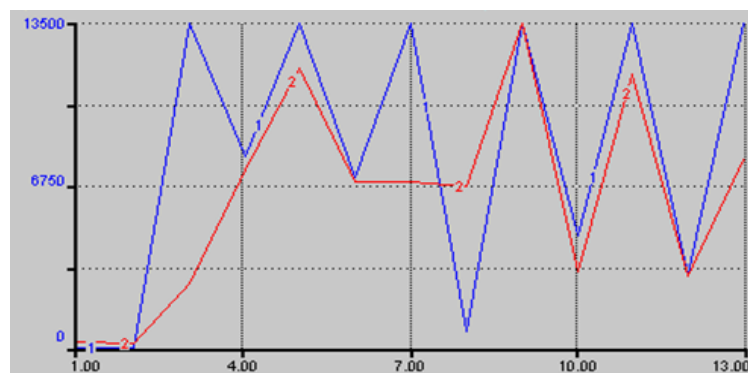


Рис. 2. Динаміка завантаження виробничих потужностей

Примітка: Період імітації (ось – X) – рік, крок імітації – місяць. Ось Y – вартісний вимір відповідних показників (тис грн.).

Результати експериментів свідчать, що наявних виробничих потужностей недостатньо для забезпечення базового та прогнозного рівнів попиту. Однак, збільшення попиту сприяло більш ритмічному використанню наявних виробничих потуж-

ностей, що вплинуло на динаміку дисконтованого позитивного потоку – рис. 3 (базовий (2) та поточний (1) рівні позитивного фінансового потоку).

Ситуація 2. Інвестування у виробництво – нарощування виробничих потужностей з врахуванням прогнозованого збільшення ринкового попиту.

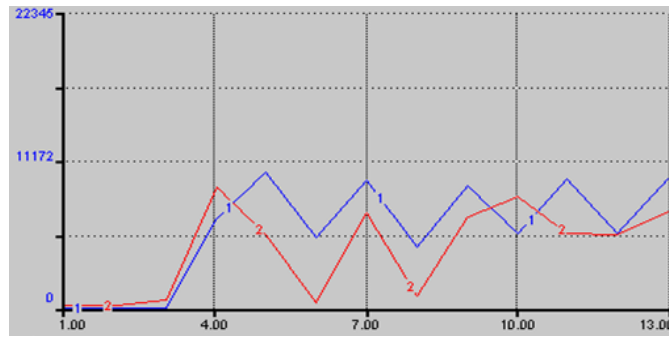


Рис. 3. Динаміка дисконтованого позитивного фінансового потоку

Моделюється динаміка попиту на продукцію, яка отримана в результаті попереднього імітаційного експерименту. Інвестиційні вкладення впродовж року достатньо рівномірні. На рис. 4 наведена динаміка пропускної спроможності підприємства після проведення заходів по збільшенню виробничих потужностей (поточний (1)

та базовий (2) рівень пропускної спроможності підприємства). Динаміка дисконтованих фінансових потоків, пов'язаних з реалізацією проекту, наведена на рис. 5 (негативний (1) та позитивний (2) фінансові потоки).

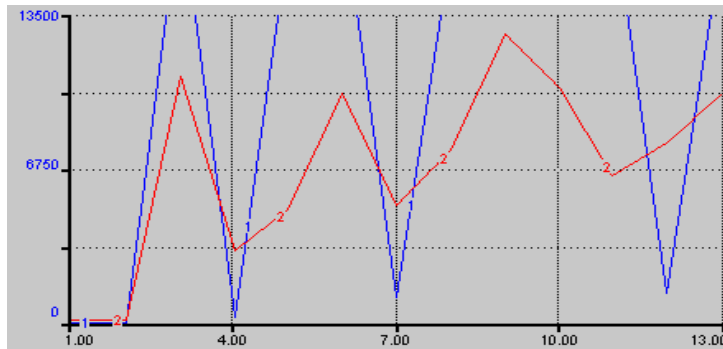


Рис. 4. Динаміка завантаження виробничих потужностей в результаті інвестування у виробництво

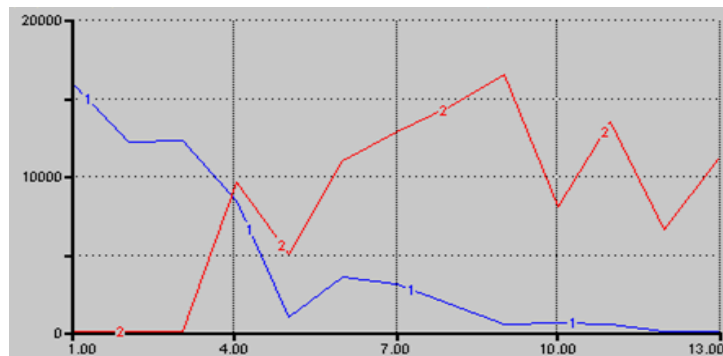


Рис. 5. Динаміка дисконтованих фінансових потоків інвестиційного проекту

Як доводять отримані результати, проект є ефективним: темпи росту позитивного потоку значно вищі за темпи інвестиційних вкладень, особливо починаючи з четвертого місяця. Найефективніший період впродовж року припадає на друге півріччя. Загальний висновок підтверджується позитивною динамікою поточних значень чистої приведеної вартості (рис. 6).

Ситуація 3. Зміна обсягу та структури інвестування.

Кінцеві результати впровадження інвестиційного проекту можна поліпшити, якщо посилити динаміку інвестування на початку досліджуваного періоду – рис. 7 (негативний (1) та позитивний (2) фінансові потоки). Це підтверджується і збільшенням річного обсягу чистої приведеної вартості.

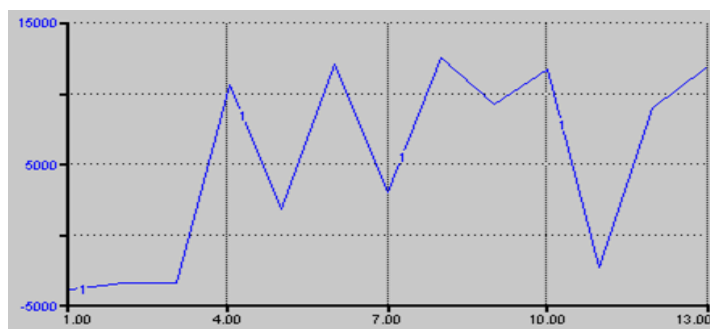


Рис. 6. Динаміка показника чистої приведеної вартості впродовж досліджуваного періоду

В ході проведення імітаційних експериментів на моделі за допомогою параметру «Дисконт» може бути врахована і ступінь його ризикованості. Змінюючи даний параметр можна оцінити чутливість проекту щодо фактору ризику. Наприклад,

зменшуючи ризик впровадження проекту, тобто збільшуючи значення дисконту, отримаємо наступну динаміку фінансових потоків (рис. 8) і, відповідно, більше значення чистої приведеної вартості.

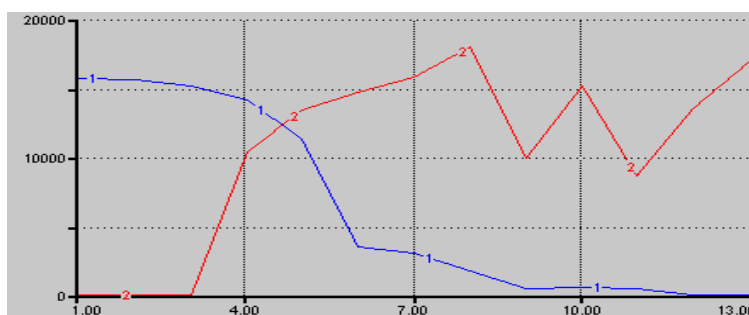


Рис. 7. Динаміка дисконтованих фінансових потоків інвестиційного проекту (за зміненою структурою інвестування)

Таким чином, використання розглянутого апарату досліджень спрямовано на прогнозування загальних закономірностей розвитку досліджуваних інвестиційних процесів та вивчення впливу різноманітних кількісних факторів на динаміку результатів діяльності підприємства.

Для отримання комплексної оцінки інвестиційних альтернатив доцільно залучення поряд з кількісними методів якісного аналізу – зокрема, методів нечіткої математики. Методику застосування методів багатокритеріального вибору альтернатив (адитивної та максимінної згортки) розглянемо на наступному прикладі.

Вхідна інформація нечітка. Експертні переваги представлені за допомогою нечітких чисел. Використовуємо функції приналежності трикутного виду для представлення нечітких оцінок альтернатив і коефіцієнтів відносної важливості критеріїв. Для кращої демонстрації роботи апарату приймемо наступні гіпотетичні умови, що визначають загалом специфіку об'єкта дослідження.

Вхідна інформація нечітка. Експертні переваги представлені за допомогою нечітких чисел. Використовуємо функції приналежності трикутного виду для представлення нечітких оцінок альтернатив і коефіцієнтів відносної важливості кри-

теріїв. Для кращої демонстрації роботи апарату приймемо наступні гіпотетичні умови, що визначають загалом специфіку об'єкта дослідження.

Підприємство готується до переходу на нові ринки збуту, для чого йому потрібно істотно попрацювати над своїм іміджем. Менеджери підприємства активні і готові піти на ризик заради досягнення стратегічних цілей. Водночас традиційні ринки збуту досить консервативні, але ще здатні забезпечити прибутковість підприємства. Виробничі можливості відповідають традиційній (чи близькій до традиційної) номенклатурі випуску продукції, що потребує конкретних зусиль у випадку спроби зміни іміджу.

У моделі визначені наступні можливі альтернативи.

1) Альтернатива a_1 – проект 1. Проект «працює на майбутнє». Він здатний змінити імідж підприємства, відповідає його стратегічним цілям. Проект має суттєві переваги (значно підвищується якість продукції, використовується сучасна технологія виробництва, проект є інноваційним та ін.). Однак, проект не може принести негайного комерційного успіху, не є прибутковим, не цілком відповідає наявним виробничим можливостям і

тенденціям розвитку традиційних ринків збуту. Реалізація проекту пов'язана зі значним ризиком. Однак, ризик є виправданим, тому що проект розрахований на стратегічну перспективу.

2) Альтернатива a_2 – проект 2. Це – проект «сьогоднішнього дня». Проект незначно впливає на імідж підприємства, не занадто відповідає стратегічним цілям його розвитку. Однак, він добре відповідає тенденціям розвитку традиційних ринків збуту, що обіцяє комерційний успіх. Через це проект може виявитися прибутковим, тим більше, що він відповідає наявним виробничим можливостям. Таким чином, проект має низький рівень ризику. Унаслідок приведених аргументів менеджери підприємства розраховують, що знайти під даний проект джерела фінансування досить легко.

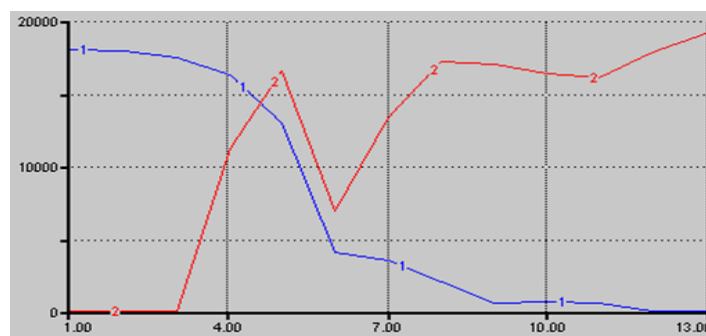


Рис. 8. Динаміка дисконтованих фінансових потоків інвестиційного проекту з врахуванням ступеня ризику

4) Альтернатива a_4 – проект 4. Проект «середній» майже у всіх відношеннях, але він цілком відповідає наявним виробничим можливостям підприємства, має короткий передпроектний період. Під нього в підприємства достатньо власних коштів, а також можна легко залучити позикові кошти. Виразених переваг щодо проекту не встановлено.

5) Альтернатива a_5 – проект 5. Проект частково відповідає стратегічним цілям підприємства. Яким буде його вплив на імідж остаточно не встановлено. Передбачається, що він буде дуже прибутковим, і це забезпечить комерційний успіх (на «сьогоднішній день»). Явних переваг (крім прибутковості) не встановлено. Проект цілком відповідає ринковим тенденціям (традиційних ринків збуту), що й обіцяє комерційний успіх. Виробничим можливостям підприємства проект відповідає частково – для повної відповідності знадобляться додаткові вкладення. Проект пов'язаний з істотним ризиком та, водночас, не сприяє досягненню стратегічних планів підприємства. Тривалість передпроектного періоду середня. Фінансування під нього забезпечити важко, але це може бути перекрито очікуваною дуже значною прибутковістю.

3) Альтернатива a_3 – проект 3. Проект не належить до розряду революційних, хоча частково відповідає стратегічним цілям підприємства і деякою мірою може вплинути на зміну іміджу. Очікуваний рівень прибутковості на найближчу перспективу середній (не занадто високий, але прибуток від реалізації цього проекту очікується). Однак, виходячи з його специфіки і наявності виражених переваг, очікується досягнення комерційного успіху. Цьому сприяє і досить високий ступінь відповідності тенденціям розвитку традиційних ринків збуту. Виробничим можливостям підприємства проект відповідає. Проект пов'язаний з досить високим ступенем ризику (хоча ризик і менше, ніж за проектом 1.). Очікуваний комерційний успіх дозволяє сподіватися на знаходження джерел фінансування.

Для оцінки альтернатив використовуються наступні 10 критеріїв:

- C_1 – ступінь відповідності проекту стратегічним цілям розвитку підприємства;
- C_2 – оцінка очікуваного рівня прибутковості;
- C_3 – імовірність комерційного успіху;
- C_4 – ступінь впливу проекту на імідж підприємства;
- C_5 – оцінка наявності в проекті виражених переваг;
- C_6 – ступінь відповідності проекту тенденціям традиційного ринку збуту;
- C_7 – ступінь відповідності наявним виробничим можливостям;
- C_8 – ступінь відповідності проекту відношенню менеджерів підприємства до ризику;
- C_9 – оцінка тривалості передпроектного періоду;
- C_{10} – оцінка потенційних можливостей залучення джерел фінансування.

Проведення оцінки альтернатив за методом адитивної згортки полягає у наступному.

Для оцінки відносної важливості критеріїв використовується лінгвістична перемінна $W = \{\text{Дуже важливий}; \text{Важливий}; \text{Менш важливий}\}$.

Значення термів множини задані нечіткими числами, що мають трикутний вид функції приналежності μ (рис. 9).

Критерії одержали наступні лінгвістичні оцінки відносної важливості:

$W = \{WC_1 = \text{Дуже важливий};$

$WC_2 = \text{Важливий};$

$WC_3 = \text{Важливий};$

$WC_4 = \text{Дуже важливий};$

$WC_5 = \text{Важливий};$

$WC_6 = \text{Менш важливий};$

$WC_7 = \text{Важливий};$

$WC_8 = \text{Менш важливий};$

$WC_9 = \text{Менш важливий};$

$WC_{10} = \text{Дуже важливий}\}$

Такий розподіл значень критеріїв обумовлено цілями фірми, що були приведені раніше. При цьому WC_7 має значення «Важливий», а не «Дуже важливий», тому що підприємство розуміє, що потрібно вишукати резерви, модернізувати виробництво. Воно готово до цього – інакше не вдасться змінити свій імідж.

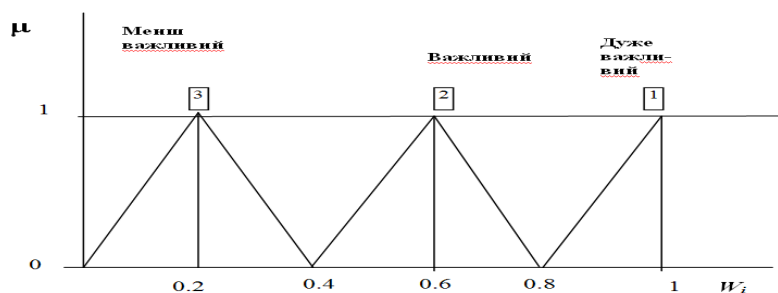


Рис. 9. Функції приналежності коефіцієнтів важливості

Для оцінки ступеня відповідності альтернатив (проектів) обраним критеріям використовується лінгвістична перемінна R . $R = \{\text{«Ступінь відповідності»} = \{\text{Висока}; \text{Низька}; \text{Середня}; \text{Не встановлена}\}$.

Для оцінки ступеня відповідності альтернатив (проектів) обраним критеріям використовується лінгвістична перемінна R . $R = \{\text{«Ступінь відповідності»} = \{\text{Висока}; \text{Низька}; \text{Середня}; \text{Не встановлена}\}$.

Висока = $\{0.0/0.6; 1.0/0.8; 0.0/1.0\}$;

Середня = $\{0.0/0.4; 1.0/0.6; 0.0/0.8\}$;

Не встановлена = $\{0.0/0.2; 1.0/0.4; 0.0/0.6\}$;

Низька = $\{0.0/0.0; 1.0/0.2; 0.0/0.1\}$;

Функції приналежності у графічному вигляді наведені на рис. 10. Оцінки досліджуваних альтернатив зведені в таблиці 1.

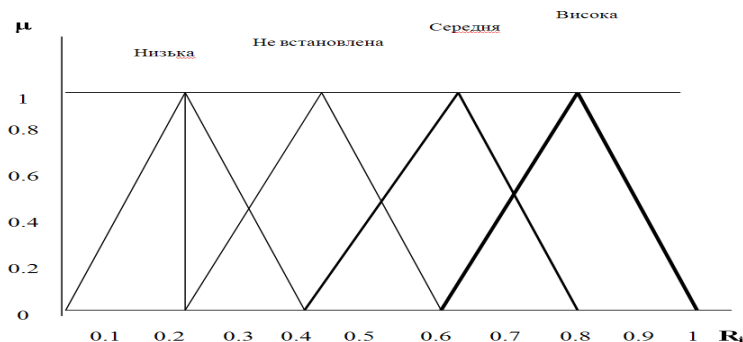


Рис. 10. Функції приналежності критеріальної оцінки

Відповідно до того, що сутність методу полягає у впорядкуванні деяких m альтернатив (у нашому випадку – 5 альтернатив) за n

критеріями (10 критеріїв у розглянутому випадку), необхідно обчислити зважені оцінки альтернатив.

Таблиця 1. Оцінка можливих альтернатив інвестування за обраними критеріями

Критерії	Оцінка альтернатив				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
C_1	Висока	Низька	Середня	Середня	Середня
C_2	Середня	Висока	Середня	Середня	Висока
C_3	Середня	Висока	Висока	Середня	Висока
C_4	Висока	Середня	Середня	Середня	Не встановлена
C_5	Висока	Середня	Висока	Не встановлена	Не встановлена
C_6	Низька	Висока	Висока	Середня	Висока
C_7	Середня	Висока	Висока	Висока	Середня
C_8	Висока	Середня	Середня	Середня	Висока
C_9	Низька	Середня	Висока	Висока	Середня
C_{10}	Середня	Висока	Середня	Висока	Низька

Зважена оцінка i -ї альтернативи обчислюється за формулою:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_j * R_{ij}}{\sum_{j=1}^n W_j} \quad (1)$$

чи якщо оцінки нормовані, то

$$R_i = \sum_{j=1}^n W_j * R_{ij} \quad (2)$$

Завдяки тому, що в приведеній моделі R_{ij} та W_j визначені функціями трикутного виду, R_i обчислюється за наступним алгоритмом.

Визначаються ліва X' , права X'' границі нечіткого числа X і його вершина X^* у відповідності з наступними співвідношеннями:

$$\forall \delta: \mu(X') = 0; \mu(X' - \delta) = 0; \mu(X' + \delta) = 0 \quad (3)$$

$$\forall \delta: \mu(X'') = 0; \mu(X'' - \delta) \neq 0; \mu(X'' + \delta) = 0; \mu(X^*) = 1 \quad (4)$$

Зважена оцінка j -ї альтернативи R_i є результатом лінійної комбінації нечітких чисел і також має функцію приналежності трикутного виду. Вершина і границі нечіткого числа $Z = X * Y$ визначаються за таким способом:

$$Z' = X' * Y'; Z'' = X'' * Y''; Z^* = X^* * Y^* \quad (5)$$

Нечітка множина I визначається на множині індексів альтернатив $\{1, 2, \dots, m\}$. Значення відповідних функцій приналежності інтерпретуються, як характеристики ступеня того, наскільки альтернатива a_i є найкращою (найбільш ймовірною). Значення функції приналежності $\mu_{i(i)}$ визначається за формулою:

$$\mu_{i(i)} = \sup_{r_1, r_2, \dots, r_m, r_i > r_j} \min_{j=1, n} \mu_{R_j}(r_j) \quad (6)$$

і дорівнює ординаті крапки перетинання зваженої оцінки конкретної альтернативи з оцінкою найкращої альтернативи.

Відповідно до (5) ліва, права границі і вершина функцій приналежності для кожної з альтернатив дорівнюють наступному:

Альтернатива

$$a_1: R'_1 = 2; R''_1 = 5,24; R^*_1 = 4$$

Альтернатива

$$a_2: R'_2 = 1,68; R''_2 = 6,28; R^*_2 = 3,8$$

Альтернатива

$$a_3: R'_3 = 1,84; R''_3 = 6,56; R^*_3 = 4,04$$

Альтернатива

$$a_4: R'_4 = 1,76; R''_4 = 6,2; R^*_4 = 3,84$$

Альтернатива

$$a_5: R'_5 = 1,2; R''_5 = 4,64; R^*_5 = 3,22$$

Отримані функції приналежності наведені на рис. 11.

З рисунка видно, що найбільш прийнятною для підприємства є альтернатива 3. І далі в міру зменшення ступеня ефективності альтернативи (проекти) розміщуються за таким способом – 1; 4; 2; 5.

Таким чином, відповідно до оптимістичного підходу (який забезпечує використання методу адитивної згортки) кращим є прийняття проектів, що відповідають стратегічним цілям підприємства, навіть на шкоду прибутку поточного періоду. Незважаючи на те, що на першому місці знаходиться проект 3, самий «революційний», але і самий ризикований проект 1, не набагато відстоїть від найкращої альтернативи.

За методом багатокритеріального вибору на основі перетинання нечітких множин (максимінна згортка) досліджуються ті ж 5 альтернатив з погляду приведених раніше 10 критеріїв оцінки. Алгоритм можна розбити на кілька етапів.

Етап 1. На основі експертної інформації будуються функції приналежності для кожного з обраних критеріїв.

Нечіткі множини для кожного з 10 критеріїв у розрізі п'яти досліджуваних альтернатив мають такий вигляд:

$$\mu_{C_1}(a) = \{0.9/a_1; 0.25/a_2; 0.65/a_3; 0.6/a_4; 0.41/a_5\};$$

$$\mu_{C_2}(a) = \{0.7/a_1; 0.8/a_2; 0.6/a_3; 0.62/a_4; 0.62/a_5\};$$

$$\mu_{C_3}(a) = \{0.7/a_1; 0.78/a_2; 0.7/a_3; 0.55/a_4; 0.6/a_5\};$$

$$\mu_{C_4}(a) = \{0.85/a_1; 0.55/a_2; 0.6/a_3; 0.6/a_4; 0.35/a_5\};$$

$$\mu_{C_5}(a) = \{0.8/a_1; 0.6/a_2; 0.75/a_3; 0.3/a_4; 0.25/a_5\};$$

$$\mu_{C_6}(a) = \{0.4/a_1; 0.7/a_2; 0.7/a_3; 0.64/a_4; 0.78/a_5\};$$

$$\mu_{C_7}(a) = \{0.6/a_1; 0.75/a_2; 0.6/a_3; 0.81/a_4; 0.55/a_5\};$$

$$\mu_{C_8}(a) = \{0.8/a_1; 0.63/a_2; 0.45/a_3; 0.51/a_4; 0.65/a_5\};$$

$$\mu_{C_9}(a) = \{0.2/a_1; 0.65/a_2; 0.7/a_3; 0.7/a_4; 0.48/a_5\};$$

$$\mu_{C_{10}}(a) = \{0.5/a_1; 0.8/a_2; 0.55/a_3; 0.75/a_4; 0.1/a_5\}$$

Етап 2. Здійснюється згортка наявної інформації з метою виявлення найкращої альтернативи і ранжирування альтернатив.

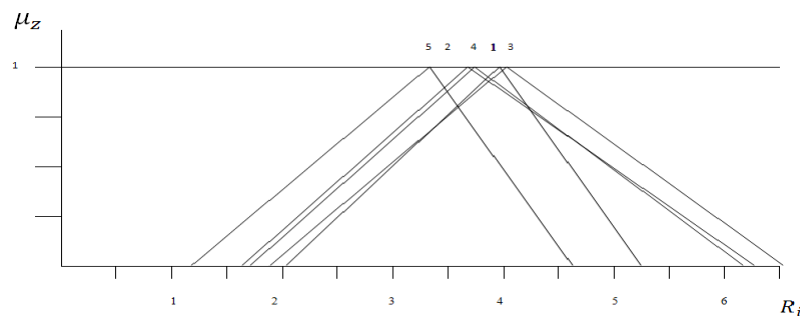


Рис. 11. Функції приналежності досліджуваних альтернатив

Множина оптимальних альтернатив D визначається шляхом перетинання нечітких множин, що містять оцінки альтернатив за критеріями вибору. При цьому можливі 2 варіанти розрахунків:

1) Критерії, за якими здійснюється вибір варіантів, мають однакову важливість для особи, яка приймає рішення (ОПР). Проведення маркетингових досліджень;

2) Критерії мають різний ступінь важливості для ОПР.

Розглянемо кожний з варіантів і порівняємо отримані результати.

Якщо критерії мають однакову важливість, то правило вибору кращого варіанта має вигляд:

$$F = C_1 \cap C_2 \cap C_3 \cap C_4 \cap C_5 \cap C_6 \cap C_7 \cap C_8 \cap C_9 \cap C_{10}$$

Оптимальною вважається альтернатива з максимальним значенням функції приналежності до множини F . Операція перетинання нечітких множин відповідає вибору мінімального значення для j -ї альтернативи. Таким чином, функція приналежності a_j має вид:

$$\mu_F(a_j) = \min_i \mu_{C_i}(a_j) \quad (7)$$

У якості кращої вибирається альтернатива a^* , що має найбільше значення функції приналежності:

$$\mu_F(a^*) = \max_{j=1,m} \mu_F(a_j) \quad (8)$$

Виходячи з цього, для розглянутого дослідження ранжуюча множина альтернатив має такий вид:

$$F = \{ \min\{0.9; 0.7; 0.7; 0.85; 0.8; 0.4; 0.6; 0.8; 0.2; 0.5\} \\ \{0.25; 0.8; 0.78; 0.55; 0.6; 0.7; 0.75; 0.63; 0.65; 0.8\} \\ \{0.65; 0.6; 0.7; 0.6; 0.75; 0.7; 0.6; 0.45; 0.7; 0.55\} \\ \{0.6; 0.52; 0.55; 0.6; 0.3; 0.64; 0.81; 0.51; 0.7; 0.75\} \\ \{0.41; 0.62; 0.6; 0.35; 0.25; 0.78; 0.55; 0.65; 0.48; 0.1\} \}$$

Результуючий вектор пріоритетів альтернатив має наступний вид:

$$\max_j \mu_F(a_j) = \max \{0.2; 0.25; 0.45; 0.3; 0.1\}$$

Таким чином, при безпріоритетному підході песимістичний варіант ранжирування пропонує в якості кращої 3-ю альтернативу (проект), що аналогічно отриманим раніше результатам. Однак, 1-й проект у даному підході переходить з другого (у випадку застосування адитивної згортки) на 4-те місце. Четверта і друга альтернативи займають 2-ге і 3-тє місця відповідно; 5-я альтернатива, як і було визначено раніше, на останньому місці.

Отримані результати здаються цілком логічними, тому що в даному випадку губиться «виграш» 1-ї альтернативи за рахунок її «революційності» – фактори, за якими вона найкраща, прирівняні по важливості до всіх інших.

Розглянемо варіант, коли критерії мають різні ступені важливості для ОПР.

Множина оптимальних альтернатив F з урахуванням різної важливості критеріїв оцінки також визначається шляхом перетинання нечітких множин, але з наступними модифікаціями:

$F = c_1^{\beta_1} c_2^{\beta_2} c_3^{\beta_3} c_4^{\beta_4} c_5^{\beta_5} c_6^{\beta_6} c_7^{\beta_7} c_8^{\beta_8} c_9^{\beta_9} c_{10}^{\beta_{10}}$
 Ваговий коефіцієнт критерію β_i обчислюється як добуток власного вектора матриці попарних порівнянь a_i (вибирається власний вектор матриці, що відповідає її максимальному власному значенню) на число критеріїв n :

$$\beta_i = \alpha_i * n \tag{9}$$

При цьому β_i тим більше, ніж важливіше критерій, і задовольняє умовам:

$$\beta_i \geq 0; i = \overline{1, n}; 1/n \sum_{i=1}^n \beta_i = 1 \tag{10}$$

Для побудови матриці попарних порівнянь була використана така шкала оцінок важливості (табл. 2)

Таблиця 2. Шкала оцінок важливості критеріїв

Відносна важливість критеріїв	Елемент матриці попарних порівнянь
Рівна важливість критеріїв	1
Небагато важливіше	3
Важливіше	5
Істотно важливіше	7
Набагато важливіше	9

Проміжні оцінки важливості не використовувалися.

Зокрема, шкала може бути іншою у залежності від специфіки і пріоритетів об'єкта дослідження.

Виходячи з даної шкали, матриця попарних порівнянь має наступний вид (табл. 3). Для досліджуваної ситуації ці значення приведені у таблиці 4.

Таблиця 3. Матриця попарних порівнянь критеріїв

Критерії	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	1	5	5	1	3	9	5	9	9	1
C_2	1/5	1	1/3	1/7	3	3	3	7	9	1/7
C_3	1/5	3	1	1/9	3	5	1	9	9	1/3
C_4	1	7	9	1	5	9	5	9	9	5
C_5	1/3	1/3	1/3	1/5	1	7	5	5	5	1
C_6	1/9	1/3	1/5	1/9	1/7	1	1/7	5	5	1/7
C_7	1/5	1/3	1	1/5	1/5	7	1	9	7	1/5
C_8	1/9	1/7	1/9	1/9	1/5	1/5	1/9	1	1	1/9
C_9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/7	1	1	1/9
C_{10}	1	7	3	1/5	1	7	5	9	9	1

Таблиця 4. Власний вектор матриці попарних порівнянь критеріїв і їхні вагові коефіцієнти

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
a_i	0.191	0.09	0.082	0.187	0.09	0.04	0.08	0.03	0.04	0.17
β_i	1.91	0.9	0.82	1.87	0.9	0.4	0.8	0.3	0.4	1.7

Тоді з урахуванням важливості альтернатив
 $F = \{ \min \{ 0.9; 0.7; 0.7; 0.85; 0.8; 0.4; 0.6; 0.8; 0.2; 0.55 \}$
 $\{ 0.25; 0.8; 0.78; 0.55; 0.6; 0.7; 0.75; 0.63; 0.65; 0.8 \}$
 $\{ 0.65; 0.6; 0.7; 0.6; 0.75; 0.7; 0.6; 0.45; 0.7; 0.5 \}$
 $\{ 0.6; 0.52; 0.55; 0.6; 0.3; 0.64; 0.81; 0.51; 0.7; 0.75 \}$
 $\{ 0.41; 0.62; 0.6; 0.35; 0.25; 0.78; 0.55; 0.65; 0.48; 0.1 \} \}$

одержимо наступну множину:

$$F = \{ \min \{ 0.9^{1.91}; 0.7^{0.9}; 0.7^{0.82}; 0.85^{1.87}; 0.8^{0.9}; 0.4^{0.4}; 0.6^{0.8}; 0.8^{0.3}; 0.2^{0.4}; 0.5^{1.7} \} \}$$

$$\{ 0.25^{1.91}; 0.8^{0.9}; 0.78^{0.82}; 0.55^{1.87}; 0.6^{0.9}; 0.7^{0.4}; 0.75^{0.8}; 0.63^{0.3}; 0.65^{0.4}; 0.8^{1.7} \}$$

$$\{ 0.65^{1.91}; 0.6^{0.9}; 0.7^{0.82}; 0.6^{1.87}; 0.75^{0.9}; 0.7^{0.4}; 0.6^{0.8}; 0.45^{0.3}; 0.7^{0.4}; 0.55^{1.7} \}$$

$$\{ 0.6^{1.91}; 0.52^{0.9}; 0.55^{0.82}; 0.6^{1.87}; 0.3^{0.9}; 0.64^{0.4}; 0.81^{0.8}; 0.51^{0.3}; 0.7^{0.4}; 0.75^{1.7} \}$$

$$\{ 0.41^{1.91}; 0.62^{0.9}; 0.6^{0.82}; 0.35^{1.87}; 0.25^{0.9}; 0.78^{0.4}; 0.55^{0.8}; 0.65^{0.3}; 0.48^{0.4}; 0.1^{1.7} \}$$

$$F = \{ \min \{ 0.82; 0.73; 0.75; 0.74; 0.82; 0.69; 0.66; 0.94; 0.53; 0.31 \}$$

$$\{ 0.07; 0.82; 0.83; 0.33; 0.63; 0.87; 0.79; 0.87; 0.84; 0.68 \}$$

$$\{ 0.44; 0.63; 0.75; 0.38; 0.77; 0.87; 0.66; 0.79; 0.87; 0.36 \} \}$$

$$\{ 0.38; 0.56; 0.61; 0.38; 0.34; 0.84; 0.84; 0.82; 0.87; 0.61 \}$$

$$\{ 0.18; 0.65; 0.66; 0.14; 0.29; 0.91; 0.62; 0.88; 0.75; 0.02 \}$$

Тоді результуючий вектор пріоритетів альтернатив має вид:

$$\max_j \mu_F(a_j) = \max \{ 0.31; 0.07; 0.36; 0.34; 0.02 \} \quad (11)$$

Таким чином, кращою визнана 3-тя альтернатива (3-й проект). На другому, третьому, четвертому і п'ятому місцях – відповідно 4-та (0.34), 1-ша (0.31), 2-га (0.07) і 5-та (0.02) альтернативи.

Отже, при використанні пріоритетів критеріїв у ході прийняття рішень 1-ша альтернатива істотно «поліпшила свої позиції».

Результати досліджень із застосуванням розглянутих методів представлені у таблиці 5 і на рис. 12.

Таблиця 5. Кінцеві результати оцінки альтернатив

Методи оцінки	Значення функцій приналежності в розрізі альтернатив				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
Аддитивна згортка	0.95	0.9	1	0.91	0.8
Максимінна згортка без врахування переваг	0.2	0.25	0.45	0.3	0.1
Максимінна згортка з врахуванням переваг	0.31	0.07	0.36	0.34	0.02

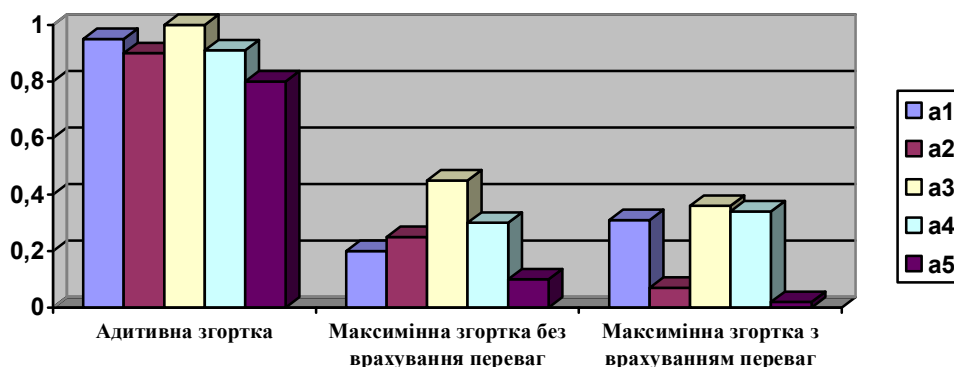


Рис. 12. Порівняльні результати діагностики інвестиційних рішень на базі методів нечіткої математики

Як видно з рисунка, очевидним є найбільша пріоритетність для підприємства проектів 3; 1 і 4. І оптимістичний, і песимістичний підходи з невеликими відхиленнями вказують саме на ефективність даних альтернатив. Істотні відхилення спостерігаються тільки щодо проекту 1 – з обліком і без обліку важливості критеріїв. Однак, це цілком пояснюється специфікою даного проекту.

Таким чином, застосування розглянутих методів, демонструючи різні можливості вибору (у залежності від застосовуваного методу), дозволяє

ОПР провести діагностику досліджуваних інвестиційних ситуацій на різних етапах прийняття рішень.

Аналіз інвестиційних альтернатив як з точки зору їх кількісних параметрів, так із врахуванням якісних факторів, проведений на відповідній математичній базі, обумовлює комплексний характер досліджень і створює підґрунтя для підвищення ефективності інвестиційних рішень на мікрорівні.

Список літератури:

1. Бакаєв Л.О. Кількісні методи в управлінні інвестиціями: Навч. Посібник. – К.: КНЕУ, 2000. – 151 с.
2. Бланк И.А. Основы финансового менеджмента. Т.2. – К.: Эльга, Ника-Центр, 2004. – 624 с.
3. Дамодаран Асват Инвестиционная оценка. Инструменты и техника оценки любых активов. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 1340 с.
4. Екимов С.В., Белая Е.А. Инвестиции в условиях неопределенности. – Д.: Наука и образование, 2001. – 192с.
5. Колмыкова Т.С. Инвестиционный анализ. – Инфра-М, 2009. – 208 с.
6. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 1024 с.
7. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
8. Бернштейн Л.С., Боженок А.В. Нечеткие модели принятия решений. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2011. – 210 с.
9. Соколовська З.М., Яценко Н.В. Використання експертних систем в ході прийняття рішень у нечіткому середовищі // З.М. Соколовська, Н.В. Яценко. – Бізнес Інформ. – 2012. – №3. – с. 38-42.
10. Соколовська З.М., Клепікова О.А. Комп'ютерне моделювання складних економічних систем: Монографія. – Одеса:Астропринт, 2011. – 502 с.

Надано до редакції 28.12.2013

Соколовська Зоя Миколаївна / Zoya N. Sokolovskaya
nadin@sky.od.ua

Посилання на статтю / Reference a Journal Article:

Методи комплексної оцінки інвестиційних альтернатив на рівні підприємств [Електронний ресурс] / З.М. Соколовська // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2014. – № 1 (11). – С. 5-15. – Режим доступу до журн.: <http://www.economics.opu.ua/files/archive/2014/n1.html>