

УДК 519.8

МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Дмитрієва О.А., Зайцева О.С.
Донецький національний технічний університет
dmitriv@r5.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Dmitrieva O.A., Zaytseva A.S. Decision models on basis of fuzzy-set theory. In this article the questions of development of models and investment decision making algorithms under uncertainty on basis of the use of fuzzy-set theory are examined. Theoretical researches are conducted on the ground of scientific ideas and essence of investment decisions-making process under uncertainty, the modern methods for evaluating the efficiency and risk. The ground of models realization is executed with attraction of the fuzzy-set theory. The decision-making algorithms about investing are developed. Models are offered for evaluate the estimation of efficiency and risk of projects.

Вступ

Проблеми прийняття рішень в ускладнених умовах займають у даний час особливе місце в інформаційних технологіях. Математичні методи почали широко застосовуватися для опису і аналізу складних економічних, соціальних і інших систем. Теорія оптимізації створила сукупність методів, що допомагають при використанні ЕОМ ефективно приймати рішення при відомих і фіксованих параметрах. Проте основні труднощі виникають тоді, коли параметри виявляються невизначеними (хоча, можливо, і не випадковими) і, в той же час, коли вони сильно впливають на результати рішення [1]. У ситуаціях, що вимагають ухвалення стратегічних рішень, додатково присутня невизначеність, породжена поведінкою потенційних конкурентів, які мають можливість інвестувати в аналогічний проект. Вирішення цих проблем вимагає розробки адекватних економіко-математичних моделей інвестиційних рішень в умовах невизначеності [2]. Від того, наскільки раціонально сформована інвестиційна політика, залежать стійкість і ефективність діяльності підприємств. Гостра необхідність у вдосконаленні процесу ухвалення інвестиційних рішень і відсутність необхідного для цього науково методичного забезпечення, свідчать про актуальність теми дослідження роботи.

Невизначеність породжує можливість, яка має першорядне значення для ринку, і якою повинні скористатися інвестори. В умовах безперервної і непрогнозованої зміни чинників зовнішнього середовища постійне виникнення нових ситуацій породжує для суб'єкта бізнесу і нові погрози, і нові можливості [2-3]. Оскільки інвестиційний ризик характеризує ймовірність виникнення непередбачених фінансових втрат, його рівень при оцінці визначається як відхилення очікуваних доходів від середньої або розрахункової величини. Тому оцінка інвестиційного ризику завжди пов'язана з оцінкою очікуваних доходів і їх втрат. В той же час, недостатньо вивчені питання впливу на інвестиційні рішення невизначеності, пов'язаної з випадковими коливаннями попиту на плано-

ваний випуск продукції і ресурси, а також невизначеності податкового середовища, в якому функціонуватиме підприємство [3].

Аналіз сучасних методів і моделей прийняття інвестиційних рішень

Прийняття рішень інвестиційного характеру, як і будь-який інший вид управлінської діяльності, ґрунтується на використанні різних формалізованих і неформалізованих методів і критеріїв. У вітчизняній і зарубіжній практиці відомий цілий ряд формалізованих методів, за допомогою яких розрахунки можуть служити основою для ухвалення рішень в області інвестиційної політики [1-2,4-5]. Якогось універсального методу, придатного для всіх випадків життя, не існує.

Критерії, використовувані в аналізі інвестиційної діяльності, можна розділити на дві групи залежно від того, враховується чи ні часовий параметр [4]: засновані на дисконтованих оцінках ("динамічні" методи); засновані на облікових оцінках ("статистичні" методи).

Для оцінки фінансової ефективності проекту зазвичай застосовують "динамічні" методи, засновані переважно на дисконтуванні тих грошових потоків, що утворюються в ході реалізації проекту. Загальна схема всіх динамічних методів оцінки ефективності в принципі однакова і ґрунтується на прогнозуванні позитивних і негативних грошових потоків (грубо кажучи, витрат і доходів, пов'язаних з реалізацією проекту). Загальним недоліком вищеперелічених підходів до оцінки ефективності інвестиційного проекту є вимога визначеності вхідних даних, яка досягається шляхом застосування середньозважуваних значень вхідних параметрів інвестиційного проекту, що може привести до отримання значно зміщених точкових оцінок показників ефективності і ризику інвестиційного проекту. Також очевидно, що вимога детермінованості вхідних даних є не виправданим спрощенням реальності, оскільки будь-який інвестиційний проект характеризується безліччю чинників невизначеності. Саме чинники невизначеності визначають ризик проекту, тобто небезпеку

втрати ресурсів, недоотримання доходів або появу додаткових витрат.

Серед різних підходів до моделювання в умовах невизначеності можна виділити три основні підходи: імовірнісний, нечітко-множинний і експертний. Як свідчить світовий досвід [1-2,6], ефективність застосування підходів на основі імовірнісних, нечітко-множинних і експертних описів залежить від рівня і характеру невизначеності, пов'язаної з конкретним завданням. Дійсно, по мірі збільшення невизначеності класичні імовірнісні описи поступаються місцем, з одного боку, суб'єктивним (аксиологічним) вираженням, заснованим на експертних оцінках, а, з іншого боку, нечітко-інтервальним описам, вираженим у вигляді функцій приналежності нечітких чисел або, в окремому випадку, у вигляді чіткого інтервалу.

Але в існуючих підходах [2-3] грошові потоки від реалізації інвестиційного проекту інтерпретуються як надходження від безризикових вкладень, що призводить до неможливості проведення аналізу ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності. Застосування коефіцієнтів достовірності в такій інтерпретації робить прийняття інвестиційних рішень довільним і при формальному підході може призвести до серйозних помилок і, таким чином, до подальших негативних наслідків для підприємства [5]. Виникає необхідність виконання достатньо великого обсягу робіт по відбору і аналітичній обробці інформації для кожного можливого сценарію розвитку, і, як наслідок, спостерігається ефект обмеженого числа можливих комбінацій [6]. Також велика частка суб'єктивізму у виборі сценаріїв розвитку і визначенні ймовірності їх виникнення.

При аналізі довгострокових інвестиційних проектів необхідно прогнозувати в часі майбутній стан великого числа невизначених параметрів ринкової кон'юнктури, тому абсолютно точний прогноз отримати практично неможливо. При прогнозуванні економічної ефективності і оцінки ризику реалізації інвестиційного проекту ключовим є прояв невизначеності числових параметрів планованого проекту. Неусувна невизначеність породжує такий же неусувний ризик прийняття інвестиційних рішень [7-8]. Отже, при проведенні прогнозів необхідно враховувати чинники невизначеності, що обумовлюють ризик за певним показником ефективності. Таким чином, наявність різних видів невизначеностей приводить до необхідності адаптації вищеописаних показників оцінки економічної ефективності проекту на основі застосування математичних методів, що дозволяють формалізувати і одночасно обробляти різні види невизначеності.

Отже, у роботі застосування нечітких чисел до прогнозу параметрів дозволяє задавати розрахунковий коридор значень прогнозованих параметрів, а не формує точкові ймовірнісні оцінки. Відмінність між нечіткістю і випадковістю приводить

до того, що математичні моделі у багатьох відношеннях простіше внаслідок того, що поняттю імовірнісної міри в теорії ймовірності відповідає простіше поняття функції приналежності в теорії нечіткої множини. З цієї причини навіть в тих випадках, коли невизначеність в процесі прийняття рішень може бути представлена імовірнісною моделлю, зазвичай зручніше оперувати нею методами теорії нечіткої множини без залучення апарату теорії ймовірності [9-11].

Такий підхід дає наближені, але в той же час ефективні способи опису поведінки систем, настільки складних і погано визначених, що вони не піддаються точному математичному аналізу. У кожному конкретному випадку міра точності рішення може бути погоджена з вимогами завдання і точністю даних. Подібна гнучкість складає один з важливих принципів даного підходу.

Моделювання прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності

Модель, що пропонується в роботі, заснована на інформації про розмір первинних вкладень, очікуваних доходів від діяльності, а також про розмір деяких інших параметрів. Модель описує алгоритм дій інвестора під час процесу прийняття рішення про інвестування. Результатом моделювання є визначення інтервалу чистої приведеної вартості (NPV) і ймовірність ризику. Визначення параметрів моделі здійснюється з урахуванням обмежень: всі інвестиційні вкладення здійснюються на початку інвестиційного процесу; оцінка ліквідаційної вартості проекту здійснюється після закінчення терміну життя проекту; ставка дисконтування залежить від конкретного періоду.

В роботі використовується оцінка ефективності проекту на підставі розрахунку чистої приведеної вартості [7-8]. Цей підхід заснований на зіставленні величини вихідної інвестиції із загальною сумою дисконтованих чистих грошових надходжень, що генеруються протягом прогнозованого терміну. Оскільки приплив грошових коштів розподілений в часі, він дисконтується за допомогою коефіцієнта r , що встановлюється, виходячи з щорічного відсотка повернення на капітал, що інвестується

$$NPV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} - I, \quad (1)$$

де NPV - чиста приведена вартість;
 I - стартовий об'єм інвестицій;
 k - кількість проектів;
 P_k - ймовірність ризику по k -ому проекту;
 r - ставка дисконтування.

Під час прогнозування доходів по роках враховуються всі види доходів як виробничого, так і невиробничого характеру, які можуть бути асоційовані з даним проектом. Так, якщо після закінчення періоду реалізації проекту планується надходження засобів у вигляді ліквідаційної вартості устаткування або вивільнення частини обо-

ротних коштів, вони враховуються як доходи відповідних періодів.

Якщо проект передбачає не разову інвестицію, а послідовне інвестування фінансових ресурсів протягом m років, то формула для розрахунку NPV модифікується таким чином:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+r)^k} - \sum_{j=1}^m \frac{I_j}{(1+r)^j} \quad (2)$$

Необхідно відзначити, що показник NPV відображає прогнозну оцінку зміни економічного потенціалу підприємства в разі прийняття даного проекту. Цей показник адитивний в тимчасовому аспекті, тобто:

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_i}{(1+r_i)^i} + \frac{C}{(1+r_{N+1})^{N+1}}, \quad (3)$$

де N – число планових інтервалів інвестиційного процесу, відповідних терміну життя проекту;

ΔV_i – оборотне сальдо доходів і платежів в i -ому періоді;

r_i – ставка дисконтування, обрана для i -го періоду з врахуванням оцінок очікуваної вартості використовуваної в проекті капіталу;

C – ліквідаційна вартість чистих активів, що склалася в ході інвестиційного процесу.

Інвестиційний проект визнається ефективним, коли NPV, оцінена за (3), більше певного проектного рівня G [7].

В показниках моделі NPV оцінюється за (3) в постійних (реальних) цінах. Ставка дисконтування планується такою, що період нарахувань відсотків на притягнений капітал збігається з відповідним періодом інвестиційного процесу. $(N+1)$ -й інтервал не відноситься до терміну життя проекту, а виділений в моделі для фіксації моменту завершення грошових взаєморозрахунків всіх сторін в інвестиційному процесі (інвесторів, кредиторів і дебіторів) по кредитах, депозитах, дивідендах і так далі, коли підсумковий фінансовий результат проекту зробиться однозначним.

В моделі задається наступний набір нечітких чисел для аналізу ефективності проекту:

$\underline{I} = (I_{min}, I_{max})$ – інвестор не може точно оцінити, яким об'ємом інвестиційних ресурсів він володітиме на момент прийняття рішення;

$\underline{r}_i = (r_{i\ min}, r_{i\ max})$ – не можна точно оцінити вартість капіталу, використовуваного в проекті (співвідношення власних і позикових засобів, а також відсоток по довгострокових кредитах);

$\underline{\Delta V}_i = (V_{min}, V_{max})$ – прогнозується діапазон зміни грошових результатів реалізації проекту з урахуванням можливих коливань цін на продукцію, що реалізується, вартості споживаних ресурсів, умов оподаткування, і т.і.;

$\underline{C} = (C_{min}, C_{max})$ – інвестор нечітко уявляє собі потенційні умови майбутнього продажу бізнесу, що діє, або його ліквідації;

$\underline{G} = (G_{min}, G_{max})$ – нечіткий критерій, по якому проект може бути визнаний ефективним.

В тому випадку, якщо який-небудь з параметрів A відомий словна точно або однозначно заданий, то нечітке число A вироджується в дійсне число A з виконанням умови $a_{min} = \bar{a} = a_{max}$. При цьому суть методу залишається незмінною. Інвестор, обираючи очікувану оцінку, керується, можливо, не лише тактичними, але і стратегічними міркуваннями. Так, він може дозволити проекту бути навіть декілька збитковим, якщо цей проект диверсифікує діяльність інвестора і підвищує надійність його бізнесу. Як варіант: інвестор реалізує демпінговий проект, компенсацією за тимчасову збитковість стане захват ринку і надприбуток, але інвестор хоче відсікти наднормативні збитки на тій стадії, коли ринок вже буде переділений в його користь. Або навпаки: інвестор йде на підвищений ризик в ім'я приросту середньозваженої прибутковості свого бізнесу.

Таким чином, завдання інвестиційного вибору в приведеній вище постановці є процес прийняття рішення в розпливчатих умовах, коли рішення досягається злиттям цілей і обмежень [8].

Щоб перетворити (3) до вигляду, придатного для використання нечітких вихідних даних, доцільно скористатися так званим сегментним способом. У моделі використовується рівень приналежності α , який визначається як ордината функції приналежності нечіткого числа. Тоді перетинання функції приналежності з нечітким числом дає пару значень, які прийнято називати кордонами інтервалу достовірності.

По кожному нечіткому числу в структурі вихідних даних отримуються інтервали достовірності $[I_1, I_2], [r_{i1}, r_{i2}], [\Delta V_{i1}, \Delta V_{i2}], [C_1, C_2]$. І тоді, для заданого рівня α шляхом підстановки відповідних кордонів інтервалів в (3), отримуємо (4). Задавшись прийнятним рівнем дискретизації по α на інтервалі приналежності $[0, 1]$, можна реконструювати результуюче нечітке число NPV шляхом апроксимації його функції приналежності μ_{NPV} ламаною кривою по інтервальних точках.

$$\begin{aligned} [NPV_1, NPV_2] &= (-) [I_1, I_2] (+) \\ & \left(\sum_{i=1}^N \right) \left[\frac{\Delta V_{i1}}{(1+r_{i2})^i}, \frac{\Delta V_{i2}}{(1+r_{i1})^i} \right] \\ & (+) \left[\frac{C_1}{(1+r_{N+1,2})^{N+1}}, \frac{C_2}{(1+r_{N+1,1})^{N+1}} \right] = \quad (4) \\ & = [-I_2 + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_{i1}}{(1+r_{i2})^i} + \frac{C_1}{(1+r_{N+1,2})^{N+1}}, \\ & -I_1 + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_{i2}}{(1+r_{i1})^i} + \frac{C_2}{(1+r_{N+1,1})^{N+1}}] \end{aligned}$$

Таким чином, показник NPV приводиться до трикутного вигляду, обмежуючись розрахунками по значущих точках нечітких чисел вихідних даних. Це дозволяє розраховувати всі ключові

параметри в оцінці міри ризику не приблизно, а на основі аналітичних співвідношень.

Для оцінки доходності інвестицій в моделі використовується індекс рентабельності PI .

$$PI = \sum_i \frac{\Delta V_i}{(1+r_i)^i} / I. \quad (5)$$

Вочевидь, якщо $PI > 1$, то проект слід прийняти; $PI < 1$, то проект слід відкинути. Логіка критерію PI така: він характеризує дохід на одиницю витрат; саме цей критерій найбільш переважний, коли необхідно упорядкувати незалежні проекти для створення оптимального портфеля у випадку обмеженості зверху загального обсягу інвестицій.

На відміну від чистого приведенного ефекту індекс рентабельності є відносним показником. Завдяки цьому він дуже зручний при виборі одного проекту з ряду альтернативних, таких, що мають приблизно однакові значення NPV , або при комплектуванні портфеля інвестицій з максимальним сумарним значенням NPV .

Реалізація моделі процесу прийняття рішення про інвестування

Для здійснення ефективного вибору інвестиційного проекту з ряду альтернативних інвестору потрібно спочатку змодельювати процес прийняття рішення про інвестування. Для розробки такої моделі був вибраний BPwin (Allfusion Process Modeler) – це програмний продукт в області реалізації засобів case-технологій. Дозволяє проводити опис, аналіз і моделювання бізнес-процесів. Займає одне з лідируючих місць в своєму сегменті ринку. Включає методології: IDEF0 (функціональне моделювання), DFD (моделювання потоків даних) і IDEF3 (моделювання потоків робіт).

Діаграма верхнього рівня розробленої моделі визначає головне завдання – прийняття інвестиційного рішення. Для цього необхідні дані про інвестиційні проекти; інформація про ситуацію на ринках конкретних галузей. До параметрів, що здійснюють управління відносяться ресурсні обмеження (максимальна сума грошей, яку має інвестор); знання експертів, що допомагають інвестору робити вибір, а також які впливають на оцінку деяких економічних явищ, інтереси інвестора. Додатково в роботі пропонується спеціально розроблений програмний продукт «Майстер аналізу проектів». Він дозволяє розрахувати основні фінансові показники проектів: NPV та відсоток ризику неефективності проекту.

На виході моделі генерується інвестиційне рішення про те, який з розглянутих проектів є найпривабливішим для інвестора. Це рішення враховує не тільки оцінку фінансових показників, але й інтереси інвестора, поради експертів, зовнішні чинники, що впливають на проект, можливість виникнення невизначеності. Процес моделювання триває до здобуття повного опису процесів заданого об'єкту. Будь-який з блоків діаграми

можна декомпонувати, створюючи діаграми другого, третього і нижчих рівнів.

Діаграма другого рівня виконана за допомогою методології IDEF0. На ній представлені основні пункти процесу прийняття інвестиційного рішення, які необхідно враховувати для успішного вибору. А саме: визначення набору альтернативних інвестиційних проектів, проведення якісного та кількісного аналізу цих проектів, а також здійснення вибору найпривабливішого проекту.

На діаграмах третього рівня представлені декомпозиції основних блоків. Декомпозиція блоку «Провести якісний аналіз проектів» здійснена за допомогою методології IDEF3, яка призначена для визначення послідовності дій або робіт, необхідних для досягнення мети. Діаграма IDEF3 за своєю суттю є алгоритмом виконання роботи. У цій діаграмі використано різні відносини між блоками. Відносини типу «Object flow» – «Потік об'єктів» використовуються для того, щоб підкреслити, що в результаті виконання роботи є об'єкти, які необхідні для виконання наступного виду робіт. Відносини типу «Precedence» використовуються для вказівки на те, що наступний вигляд робіт може бути початий лише після завершення попереднього. Відносини типу «Object flow» використовувалися тільки для звернення уваги на те, що після роботи «Визначити реальність проектів» повинен бути сформований список реальних проектів для передачі його для подальшого дослідження. Алгоритм роботи діаграми наступний:

1. Визначається набір альтернативних інвестиційних проектів, які треба проаналізувати.

2. Оцінюється реальність проектів за нормативними критеріями (норми національного, міжнародного права, вимоги стандартів, конвенцій) та ресурсними критеріями (науково-технічні, технологічні, виробничі критерії).

3. Реальні проекти переходять до наступного етапу – визначення доцільності реалізації проектів: відповідність мети проекту цілям розвитку ділового середовища, можливість проектування сценарію розвитку, стійкість проекту і таке інше.

4. Доцільні проекти оцінюються за наступними критеріями: цінність проекту з точки зору його учасників (інвестора, підприємства, держави); прогноз кон'юнктури ринку; аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища; визначення ризиків, методів їх контролю та управління ними.

Блоки діаграм IDEF3, відповідні роботам, мають лише один вхід і один вихід. Для розгалуження процесів і для їх об'єднання в роботі використовується перехрестя «Асинхронне І», яке вимагає завершення всіх попередніх процесів або виконання всіх наступних.

Декомпозиція блоків «Провести якісний аналіз проектів» та «Визначити перелік альтернативних інвестиційних проектів» здійснена за допомогою методології DFD. Діаграми потоків даних призначені для демонстрації перетворення

початкових даних у вихідні, а також для визначення відносин між процесами.

Діаграма «Провести кількісний аналіз проєктів» здійснює розрахунок основних фінансових показників: NPV та відсоток ризику неефективності інвестиційного проєкту. На цій стадії процесу прийняття рішення інвестор може враховувати невизначеність, пов'язану з реалізацією інвестиційних проєктів. Це відбувається за допомогою розробленої моделі оцінки ефективності та ризику інвестиційного проєкту. Наприклад, якщо інвестор не може точно оцінити, яким обсягом інвестиційних ресурсів він володітиме на момент прийняття рішення, він може вказати обсяг інвестицій у вигляді трикутного числа ($I = (I_{\min}, \bar{I}, I_{\max})$). У такому ж вигляді можуть задаватися вартість капіталу, діапазон зміни грошових результатів реалізації проєкту, вартості споживаних ресурсів, умов оподаткування, вплив інших чинників.

Модель оцінки ризику неефективності проєкту на основі нечітких описів

Оцінка ризику проводиться за допомогою нечітко-множинних підходів, які, з одного боку, вільні від імовірнісної аксіоматики і від проблем з обґрунтуванням вибору імовірнісної ваги, а, з іншого боку, включають всі можливі сценарії розвитку подій. Так, трикутне-нечітке число включає всі числа в певному інтервалі, проте кожне значення з інтервалу характеризується певною мірою приналежності до підмножини трикутного числа. Такий підхід дозволяє генерувати безперервний спектр сценаріїв реалізації по кожному з прогнозованих параметрів фінансової моделі. Нечітко-множинний підхід дозволяє враховувати у фінансовій моделі господарюючого суб'єкта якісні аспекти, що не мають точної числової оцінки.

NPV і критеріальне значення G мають вигляд нечіткого трикутного числа. На рис. 1 представлені їх функції приналежності.

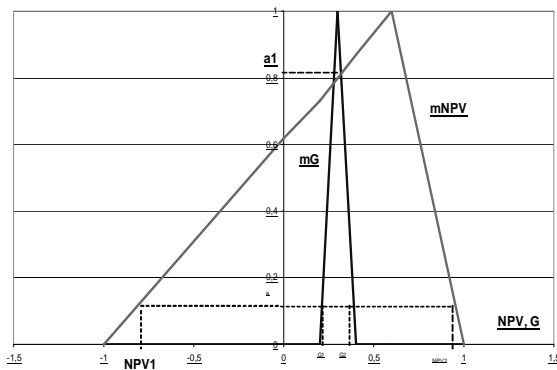


Рисунок 1 – Співвідношення NPV і критерію ефективності

Точкою перетинання цих двох функцій приналежності є точка з ординатою α_1 . За допомогою обраного довільного рівня приналежності α визначаються відповідні інтервали $[NPV_1,$

$NPV_2]$ і $[G_1, G_2]$. При $\alpha > \alpha_1$ $NPV_1 > G_2$, інтервали не перетинаються, і впевненість в тому, що проєкт ефективний, стовідсоткова, тому міра ризику неефективності інвестицій дорівнює нулю. Рівень α_1 доречно назвати верхнім кордоном зони ризику. При $0 \leq \alpha \leq \alpha_1$ інтервали перетинаються.

На рис. 2 показана заштрихована зона неефективних інвестицій, обмежена прямими $G = G_1, G = G_2, NPV = NPV_1, NPV = NPV_2$ і бісектрисою координатного кута $G = NPV$.

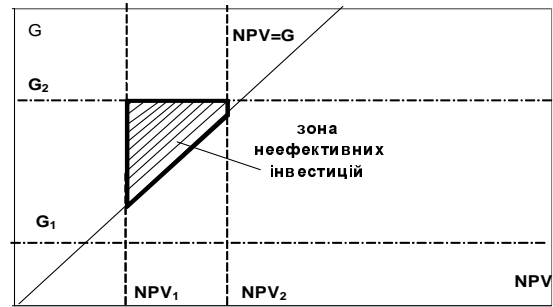


Рисунок 2 Зона неефективних інвестицій

Взаємні співвідношення параметрів $G_{1,2}$ і $NPV_{1,2}$ дають наступний розрахунок для площі заштрихованої плоскої фігури:

$$S_{\alpha} = \begin{cases} 0, & NPV_1 \geq G_2 \\ \frac{(G_2 - NPV_1)^2}{2}, & G_2 > NPV_1 \geq G_1, NPV_2 \geq G_2 \\ \frac{(G_1 - NPV_1) + (G_2 - NPV_1)}{2} \times (G_2 - G_1), & \\ NPV_1 < G_1, NPV_2 \geq G_2 & (6) \\ (G_2 - G_1) \times (NPV_2 - NPV_1) - \frac{(NPV_2 - G_1)^2}{2}, & \\ NPV_1 < G_1 \leq NPV_2, NPV_2 < G_2 & \\ (G_2 - G_1) \times (NPV_2 - NPV_1), & NPV_2 \geq G_1. \end{cases}$$

Оскільки всі реалізації (NPV, G) при заданому рівні приналежності α рівноможливі, то міра ризику неефективності проєкту $\varphi(\alpha)$ є геометрична ймовірність події попадання точки (NPV, G) в зону неефективних інвестицій:

$$\varphi(\alpha) = \frac{S_{\alpha}}{(G_2 - G_1) \times (NPV_2 - NPV_1)}, \quad (7)$$

де S_{α} оцінюється за (6). Тоді підсумкове значення міри ризику неефективності проєкту:

$$V \ \& \ M = \int_0^{\alpha_1} (\alpha) d\alpha. \quad (8)$$

У важливому окремому випадку (рис. 3), коли обмеження G визначене чітко рівнем G, то граничний перехід в (7) при $G_2 \rightarrow G_1 = G$ дає:

$$(\alpha) = \begin{cases} 0, & G < NPV_1 \\ \frac{G - NPV_1}{NPV_2 - NPV_1}, & NPV_1 \leq G \leq NPV_2, \\ 1, & G > NPV_2 \end{cases} \quad (9)$$

$\alpha = [0, 1]$.

Для визначення всіх необхідних вихідних даних для оцінки ризику, потрібно два значення зворотної функції $\mu_{NPV}^{-1}(\alpha_1)$. Перше значення є G (за визначенням верхнього кордону зони ризику α_1), друге значення G' . NPV_{min} і NPV_{max} – два значення зворотної функції $\mu_{NPV}^{-1}(0)$. \overline{NPV} – найбільш очікуване значення NPV . Тоді вираз для міри інвестиційного ризику $V\&M$, з урахуванням (9) і довгим ланцюгом перетворень, має вигляд:

$$V \& M = \begin{cases} 0, & G < NPV_{min} \\ R \times (1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)), & NPV_{min} \leq G < \overline{NPV} \\ I - (1 - R) \times (1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)), & \overline{NPV} \leq G < NPV_{max} \\ 1, & G \geq NPV_{max} \end{cases} \quad (10)$$

де

$$R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{min}}{NPV_{max} - NPV_{min}}, & G < NPV_{max} \\ 1, & G \geq NPV_{max} \end{cases}, \quad (11)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & G < NPV_{min} \\ \frac{G - NPV_{min}}{\overline{NPV} - NPV_{min}}, & NPV_{min} \leq G < \overline{NPV} \\ 1, & G = \overline{NPV} \\ \frac{NPV_{max} - G}{NPV_{max} - \overline{NPV}}, & \overline{NPV} < G < NPV_{max} \\ 0, & G \geq NPV_{max} \end{cases}. \quad (12)$$

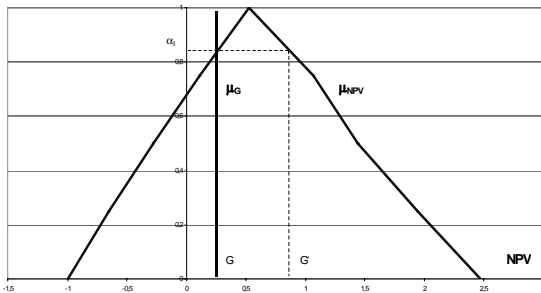


Рисунок 3 – Точковий нижній кордон ефективності

Дослідження виразу (9) для трьох окремих випадків: при $G = NPV_{min}$ (гранично низький ризик) $R = 0$, $\alpha_1 = 0$, $G' = NPV_{max}$, і граничний перехід у (10) дає $V\&M = 0$. При $G = G' = \overline{NPV}$ (середній ризик) $\alpha_1 = 1$, $R = (NPV_{max} - \overline{NPV}) / (NPV_{max} - NPV_{min}) = 1 - P$, граничний перехід у (10) дає $V\&M = (NPV_{max} - \overline{NPV}) / (NPV_{max} - NPV_{min})$. При $G = NPV_{max}$ (гранично високий ризик) $P = 0$, $\alpha_1 = 0$, $G' = 0$, і граничний перехід у (10) дає $V\&M = 1$.

Таким чином, міра ризику $V\&M$ набуває значень від 0 до 1. Кожен інвестор, виходячи зі своїх інвестиційних переваг, може класифікувати значення $V\&M$, виділивши для себе відрізок неприйнятних значень ризику. Можлива також детальніша градація мір ризику. Наприклад, якщо ввести лінгвістичну змінну "Міра ризику" з можливими значеннями {Незначна, Низька, Середня, Відносно висока, Неприйятна}, то кожен інвестор може виробити самостійний опис відповідних нечітких підмножин, задавши відповідну кількість функцій приналежності $\mu_{\alpha}(V\&M)$.

Реалізація моделі ризику неефективності проекту на основі нечітких описів

Реалізація моделі проведена для наступних вихідних даних. Нехай існує інвестор, який прагне вкласти ресурси в прибутковий проект. Інвестор має два варіанти вкладення інвестицій. Йому необхідно прийняти рішення про те, в який проект і яку суму грошей або інших засобів вкласти з метою збільшення свого добробуту. Для цього інвесторові необхідно знати, наскільки великий ризик того, що той або інший проект виявиться неефективним, а також наскільки проекти є рентабельними.

Використання моделі для певного проекту має на увазі розрахунок деяких показників на основі наступних вихідних даних, а саме: задеться число планових періодів інвестиційного процесу (термін життя проекту), стартовий об'єм інвестицій I , ставка дисконтування, оборотне сальдо доходів і платежів залежно від періоду, залишкова вартість проекту. Для розрахунку NPV використано (4). Результати розрахунків для рівнів приналежності $\alpha = [0, 1]$ з кроком 0.25 зведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків для рівнів приналежності $\alpha = [0, 1]$ з кроком 0.25

| α | Інтервали достовірності за рівнем приналежності α для: | | |
|----------|---|--------------|-----------------|
| | r | ΔV | NPV |
| 1 | [0.2, 0.2] | [1, 1] | [0.527, 0.527] |
| 0.75 | [0.175, 0.225] | [0.75, 1.25] | [0.112, 1.068] |
| 0.5 | [0.15, 0.25] | [0.5, 1.5] | [-0.280, 1.438] |
| 0.25 | [0.125, 0.275] | [0.25, 1.75] | [-0.650, 1.944] |
| 0 | [0.1, 0.3] | [0, 2] | [-1, 2.470] |

Апроксимація функції μ_{NPV} (на рис. 4) показує її близькість до трикутного вигляду:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, & x < -1 \\ \frac{x+1}{0.527+1}, & -1 \leq x < 0.527 \\ \frac{2.47-x}{2.47-0.527}, & 0.527 < x \leq 2.47 \\ 0, & x > 2.47 \end{cases}, \quad (13)$$

і цим виглядом користуватимемося в розрахунках.

В ході реалізації інвестиційного проекту можлива зміна яких-небудь параметрів. Розглянута вище модель оцінки ризику неефективності

проекту передбачає можливість корекції оцінки. Інвестор, що застосовує метод оцінки ризику не-ефективності проекту на основі нечітких описів, має ефективний інструмент контролю.

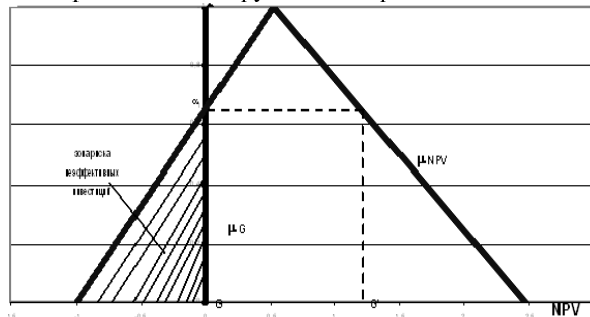


Рисунок 4 – Приведення функції приналежності до трикутного вигляду

Слід відзначити, що чим значніше невизначеність у вихідних даних, тим вище ризик. Тому у ряді випадків інвестор просто зобов'язаний відмовитися від прийняття рішення і зробити додаткові заходи по боротьбі з невизначеністю. Щоб знати, коли виправдана відмова від ухвалення рішення, інвесторові необхідний вимірник невизначеності інформаційної ситуації, що склалася. Логічно виробляти такі виміри за показником α_1 . Для випадку повної визначеності $\alpha_1=0$. Інвестор може інтерпретувати значення α_1 лінгвістично, як і в разі лінгвістичної оцінки міри ризику, і, таким чином, позначити для себе кордон α_1 , за яким невизначеність перестане бути прийнятною.

У ряді випадків трикутна форма оцінки NPV не може бути обґрунтована, і приведення нечіткого числа NPV до трикутного вигляду (операція триангуляції) неможливе. Це відбувається, коли форма числа чинника дисконтування скривлюється по передньому і задньому фронтах. Тому краще перейти до розрахунків в сегментній формі, по правилах м'яких обчислень.

Програмні рішення визначення ефективності та ризику проекту

Оцінка ефективності інвестиційного проекту і його ризику в роботі проводилась за допомогою програмного середовища «МАСТЕР ФИНАНСОВ: Анализ и планирование», «МАСТЕР ПРОЕКТОВ: Предварительная оценка», «Калькулятор для оценки риска инвестиций». Дані програми дозволяють відстежити динаміку зміни структури балансу і звіту про прибутки і збитки, визначити платоспроможність, ліквідність і фінансову стійкість підприємства, ефективність використання капіталу і оборотність активів, прибуток виробничої діяльності і рівні беззбитковості.

Результати інвестиційного аналізу доповнюються аналізом чутливості і розрахунком критичних значень для ключових вихідних параметрів проекту – фізичних об'ємів продажів, цін на продукцію, інвестиційних і виробничих витрат.

Оцінка ризику інвестицій визначається у вигляді інтервалу, коли результуючий показник

ефективності інвестицій (NPV, IRR, DPBP) представлений не в класичному точковому вигляді, а у формі «розмитого» показника. «Розмитість» виникає з того, що грошові потоки інвестиційного проекту не можуть бути визначені сповна точно, і тоді вони представлені в моделі в розмитому вигляді. Відповідно, розмивається і результуючий показник. «Розмитість» результуючого показника передбачає наявність можливості того, що рівень ефективності інвестицій виявиться неприпустимим для власника проекту. При здобутті оцінки користувач обирає (рис. 5, 6) валюту, в якій ведеться розрахунок інвестиційного проекту (не впливає на результати розрахунків, а вказується для звітності); показники ефективності: NPV – чиста сучасна цінність проекту; IRR – внутрішня норма прибутковості проекту; DPBP – термін окупності проекту по дисконтованих грошових потоках; тип оцінки (інтервальна оцінка; трикутно-симетрична оцінка; трикутна оцінка загального вигляду; нечітке число загального вигляду, представлено набором інтервалів приналежності).

Також користувач задає норматив G – значення показника ефективності. При порушенні цього нормативу (нижче, ніж G – для NPV і IRR; вище, ніж G – для DPBP) проект вважається не-ефективним. Користувач може спостерігати на графіках розмите число показника ефективності і точкове граничне значення нормативу G ; ризик-функцію інвестиційного проекту – залежність ризику проекту від рівня нормативу G .

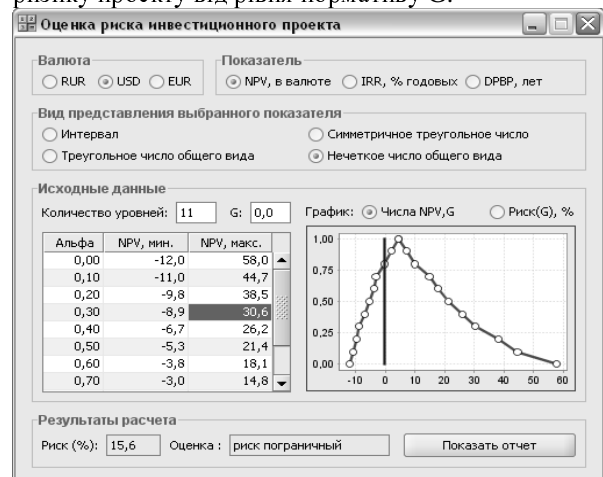


Рисунок 5 – Екранна форма «Калькулятор для оцінки ризику прямих інвестицій», NPV представлено нечітким числом загального виду

В результаті розрахунків користувач отримує – кількісну оцінку рівня ризику (у відсотках від 100%), лінгвістичну оцінку ризику (прийнятний ризик (до 10%), пограничний ризик (від 10% до 20%), недопустимий ризик - понад 20%).

Згідно моделі процесу прийняття інвестиційних рішень першим етапом є вибір кількох альтернативних проектів. Для цього необхідно визначити максимальну суму, яку інвестор хоче

власти у реалізацію проекту, та перспективні галузі або напрямки діяльності.

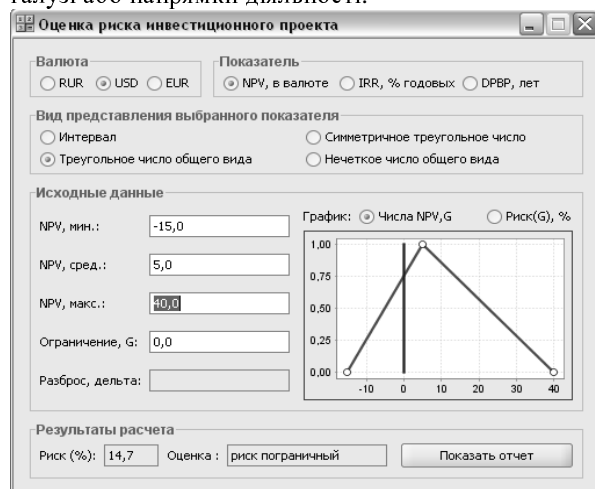


Рисунок 6 – Экранная форма «Калькулятор для оценки риска прямых инвестиций», NPV представлено трикутним числом загального виду

Наступний етап – це етап якісного аналізу. По-перше визначається реальність проектів, тобто відповідність нормативним та ресурсним критеріям, а також той факт, що не порушується національне чи міжнародне право чи відповідні стандарти. Визначається доцільність кожного з інвестиційних проектів. На підставі даних про проекти, а також інформації про сучасний стан соціальної сфери та ситуації у відповідних галузях, робиться висновок відносно доцільності проектів.

Висновки

Головне питання, яке вирішується в роботі – це врахування невизначеності під час прийняття рішення про інвестування. Проведений аналіз економічних та математичних методів оцінки ефективності інвестиційного проекту в умовах невизначеності свідчить про їх теоретичну значущість, але обмеженість практичного застосування для аналізу ефективності і ризику проекту. За допомогою описаного в роботі підходу, заснованого на нечіткостях, долаються недоліки імовірного і мінімаксного підходів, пов'язані з врахуванням невизначеності. По-перше, тут формується повний спектр можливих сценаріїв інвестиційного процесу. По-друге, рішення приймається не на основі двох оцінок ефективності проекту, а по всій сукупності оцінок. По-третє, очікувана ефективність проекту не є точковим показником, а є полем інтервальних значень зі своїм розподілом очікувань, що характеризується функцією належності відповідного нечіткого числа. А зважена повна сукупність очікувань дозволяє оцінити інтегральну міру очікування негативних результатів інвестиційного процесу, тобто міру інвестиційного ризику.

На основі нечітко-множинного підходу розроблена модель оцінки ефективності та ризику інвестиційного проекту. Ця модель дозволяє враховувати ситуації, коли інвестор не може чітко

визначити деякі вхідні параметри, такі, як первинна сума інвестицій, ставка дисконтування, надходження від реалізації проекту та інші.

Література

1. Бланк И.А. Инвестиционный менеджмент. – М.: Омега-Л, 2008. – 560 с.
2. Боди З., Кейн А., Маркус А. Принципы инвестиций: 4-е издание. – Вільямс, 2004. – 984 с.
3. А. Волков Инвестиционные проекты: от моделирования до реализации.– М.: Вершина, 2006. –256 с.
4. Недосекин А.О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах // Аудит и финансовый анализ, 2003, №4.
5. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Применение теории нечетких множеств к финансовому анализу предприятий [Электронный ресурс]/ <http://www.delovoy.newmail.ru/analitic/3.htm>.
6. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в нечетких условиях - М.: Мир, 1976, 412 с.
7. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы [Электронный ресурс] /http://sedok.narod.ru/sc_group.html .
8. Недосекин А.О., Кокош А.М. Оценка риска инвестиций для произвольно-размытых факторов инвестиционного проекта. [Электронный ресурс] / http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
9. Зайцева О.С., Дмитриева О.А. Оцінка економічної ефективності та ризику інвестиційних проектів в умовах невизначеності/ Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Проблеми глобалізації та моделі стійкого розвитку економіки", 26-28 березня 2008 р. – Луганськ: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2008. С. 190-192.
10. Зайцева О.С., Дмитриева О.А. Моделирование процесса принятия инвестиционных решений в условиях невизначености./ Матеріали IV науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих учених 25-27 листопада 2008, ДонНТУ, Донецьк – 2008. С. 399-402.
11. Зайцева А.С., Дмитриева О.А. Преимущества и недостатки математических моделей в экономических исследованиях./ Матеріали III наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Комп'ютерний моніторинг та інформаційні технології", 22-23 травня 2007 р., Донецьк.

Надійшла до редколегії 04.03.2009