мації, крім можливості використання різних одиниць виміру для однакових показників, об'єднання показників, отриманих при різних умовах для різних машин, і т.п.

Процес збору й наступної обробки інформації значно спрощується при використанні спеціальних перфокарт із готовими варіантами відповідей, які легко піддаються машинній обробці. Однак необхідний у цей час рівень якості й регулярності інформації про роботу машин можна забезпечити тільки при впровадженні автоматизованої системи керування в систему експлуатації машин.

Отримана в результаті випробувань або від експлуатуючих підприємств інформація піддається сортуванню по однорідності й сумісності вихідних умов, потім аналізуються й при цьому відкидаються нехарактерні дані. Перевірену інформацію зводять в остаточні таблиці, зручні для наступної статистичної обробки вручну або за допомогою ЕОМ.

Висновки

1. Визначені основні елементи кранів, що під час їх експлуатації можуть виходити із ладу.
2. Сформульовані напрямки і методи визначення основних типів відмов.

Література

1. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования. М.: Высшая школа, 1979, 400 с.
2. Брадзе В.И. Семенов Л.Н. Надежность подъемно-транспортных машин. Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1986, 183 с.

УДК 005.33:681.5:519.8

Теренчук С.А., Єременко Б.М., Журибеда Д.Б.[1]

МОДЕЛІ І МЕТОДИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ В ІНВЕСТИЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТАХ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Вступ. Практика реалізації реальних інвестиційних будівельних проектів (ІБП) свідчить про те, що вплив факторів невизначеності призводить до виникнення непередбачуваних ситуацій, що в свою чергу призводить до неочікуваних витрат, навіть в тих проектах, які спочатку були визнані економічно обґрунтованими. Таке трапляється через те, що непередбачені або малоймовірні негативні сценарії розвитку ІБП все ж таки можуть відбутися і завадити реалізації проекту. Саме тому аналіз моделей і методів оцінки економічної ефективності ІБП в умовах невизначеності є актуальним і доцільним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Однією з головних властивостей навколишнього світу та подій і явищ, які в ньому відбуваються, є відсутність повної впевненості щодо їх настання. Це створює невизначеність у плануванні дій. Але зрозуміло, що ступінь невизначеності залежно від ситуації і в різних випадках буде різною. Світовий досвід засвідчує, що ефективність застосування підходів на основі ймовірнісних, нечітко множинних та експертних представлень до розв'язання задач оцінки ризиків, залежить від рівня і характеру невизначеності, пов'язаної з поставленою задачею. Оскільки проект неповторний і виконується в неповторних унікальних умовах, досягнення його місії є непростим завданням і супроводжується ризиками, що викликані невизначеністю інформації, незрілою або невипробуваною технологією, непередбаченими чинниками. У процесі управління проектами (в тому числі будівельними) постійно існує невизначеність щодо стану справ у керованому об'єкті та його дій в певний момент часу. Невизначеність виникає і щодо вибору найбільш доцільного рішення з множини можливих. Неправильний вибір математичного апарату для моделювання невизначеності призводить до хибних результатів в процесі їх застосування. Як наслідок, виникає недовіра до отриманих результатів.

Мета роботи. Метою представленої роботи є проведення порівняльного аналізу моделей і методів оцінки ризиків в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу. Ризик проекту - подія або умова, яка у випадку виникнення має позитивний або негативний вплив щонайменше на одну із цілей проекту. На рис.1 представлене схематичне зображення впливу ри-

[1] Теренчук С.А., доцент; Єременко Б.М., студент; Журибеда Д.Б., студент (КНУБА, Київ).

зиків на інвестора та будівельний проект.

Серед різноманітних підходів до моделювання в умовах невизначеності можна виділити три основних: експертний, імовірнісний та нечітко множинний. Розглянемо найпоширеніші з них.

1. Імовірнісні методи. Застосування імовірнісного підходу [1] виправдано та ефективно, якщо є достатньо підстав вважати, що вихідні параметри проекту описуються певним імовірнісним законом або характеризуються репрезентативною статистикою.

Метод достовірних еквівалентів передбачає корегування грошових потоків ІБП в залежності від достовірності оцінки їх очікуваної величини. З цією метою розраховуються спеціальні понижуючі коефіцієнти для кожного планового періоду. В залежності від способу визначення понижуючих коефіцієнтів метод має декілька варіантів. Один з них полягає в обчисленні відношення достовірної величини чистих надходжень грошових коштів з без ризикових операціях за період, до запланованої величині чистих надходжень від реалізації проектів за цей же період. Такий спосіб визначення коефіцієнтів достовірності грошових потоків від реалізації ІБП інтерпретуються як надходження від без ризикових вкладів. Це приводить до неможливості проведення аналізу ефективності ІБП в умовах невизначеності і ризику. Інший варіант методу полягає в експертному корегуванні грошових потоків за допомогою понижуючого коефіцієнту, який встановлюється експертами в залежності від суб'єктивних оцінок ймовірності. Однак властива цьому підходу інтерпретація коефіцієнтів достовірності суб'єктивних ймовірностей, не завжди відповідає економічній сутності оцінці ризику.

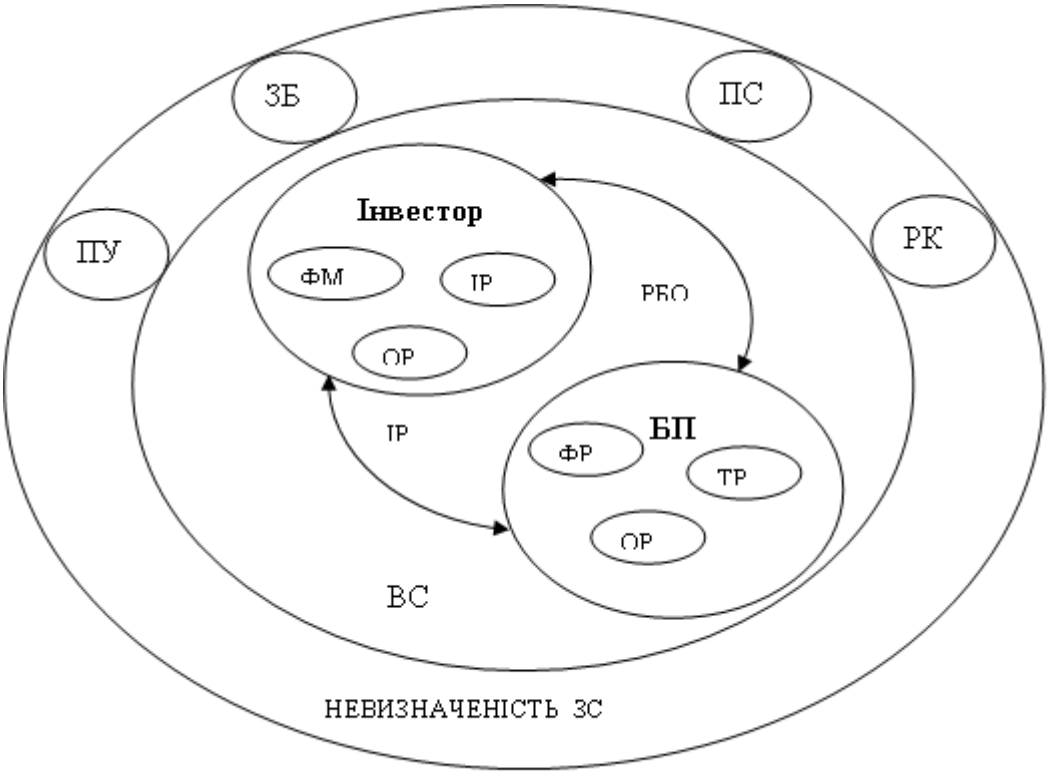

Рис. 1. Схематичне зображення впливу ризиків на інвестора та ІБП

БП – будівельний проект; ВС – внутрішнє середовище; ЗС – зовнішнє середовище; ПС – політична ситуація; ЗБ – законодавча база; ФР – фінансовий ризик; ІР – інформаційний ризик; ТР – технологічний ризик; ОР – організаційний ризик; РК – ринкова кон'юнктура; РБО – ризик банківських операцій, ФМ – форс мажорні ситуації; ПУ – ризики, пов'язані з природними умовами.

Метод сценаріїв дозволяє врахувати одночасний вплив зміни факторів ризику. Основними недоліками практичного використання методу є: необхідність виконання достатньо великої кіль-

кості обчислень відбору і аналітичної обробки інформації для кожного можливого сценарію розвитку; обмеженість кількості можливих комбінацій сценаріїв і кількості змінних, що підлягають варіюванню; суб'єктивізм у виборі сценаріїв розвитку і призначення ймовірностей та їх виникнення.

Метод побудови «дерева рішень». Схожий з методом сценаріїв, базується на побудові багатоваріантного прогнозу динаміки зовнішнього середовища і використовує спеціальну графічну форму представлення результатів – «дерево рішень». Даний метод може бути використаний в ситуаціях, коли більш пізнє рішення сильно залежить від рішень прийнятих раніше. Основними недоліками цього методу при практичному застосуванні є технічна складність реалізації дерев великих розмірів і високий суб'єктивізм при призначенні оцінок ймовірності.

Метод Монте-Карло є найскладнішим і найпотужнішим методом оцінки і обліку ризиків при прийнятті інвестиційного рішення. В зв'язку з тим, що в процесі реалізації цього методу відбувається імітаційне моделювання великої кількості варіантів його можна віднести до подальшого розвитку методу сценаріїв. Метод Монте-Карло дає найбільш точні і обґрунтовані оцінки ймовірності у порівнянні з описаними вище методами, але зустрічає перешкоди в практичному застосуванні, що обумовлено такими причинами:

- висока чутливість результату до законів розподілу ймовірностей і видам залежностей вхідних змінних ІБП;
- закони розподілу ймовірностей і статистичні зв'язки між ними підбираються суб'єктивно, оскільки отримати якісну статистичну інформацію для унікальних БП в реальному секторі будівництва зазвичай неможливо.

Як правило, при моделюванні реальних ІБП, статистика або не досить репрезентативна, або відсутня взагалі. В таких умовах застосовувати ймовірнісні підході складно, або взагалі неможливо.

2. Методи теорії ігор. Якщо існує велика кількість варіантів сценаріїв розвитку, але їх ймовірності не можуть бути достовірно оцінені, то для прийняття науково обґрунтованого інвестиційного рішення із сукупності альтернативних ІБП в умовах невизначеності застосовуються методи теорії ігор. Статистичні ігри є основною моделлю [2] теорії прийняття рішень в умовах часткової невизначеності. У цьому випадку, людина, що приймає рішення, вступає в ігрові відносини з «природою», яка не вибирає свідомо своїх стратегій. Байдужість природи до гри і можливість отримання особою, що приймає рішення (ОПР), додаткової інформації про її стан відрізняє гру з природою від гри в якій беруть участь свідомі гравці. Розглянемо критерії які застосовуються для розв'язку ігор з природою в умовах невизначеності.

Критерій *MAXIMAX* не враховує при прийнятті інвестиційного рішення ризику, пов'язаного з несприятливим впливом зовнішнього середовища. Тобто, цей критерій припускає, що стан природи буде найсприятливішим, тому необхідно вибирати рішення, яке забезпечує максимальній виграш серед максимально можливих.

Критерій *MAXIMIN* (Вальда) мінімізує ризик інвестора, але при його використанні велика кількість високоефективних ІБП, необґрунтовано відкидаються, оскільки метод штучно занижує ефективність проектів. Застосування цього критерію доцільне у тих випадках, коли необхідне досягнення гарантованого результату.

Критерій (мінімального ризику) *Севіджа.* Суть цього критерію полягає у виборі такого рішення, яке не допускає надмірно великих втрат, до яких може призвести прийняття помилкового рішення. Для цього будується матриця ризиків, елементи якої показують розміри збитків, якщо для кожного стану природи буде обране не найкраще рішення. Критерій допускає розумний ризик з метою отримання додаткового прибутку, але використовувати цей критерій можна тільки тоді, коли є впевненість в тому, що випадковий збиток не приведе інвестора до банкрутства.

Критерій песимізму-оптимізму *Гурвиця* встановлює баланс між критеріями *MAXIMAX* і *MAXIMIN*. При використанні цього критерію з множини очікуваних сценаріїв вибирають два, при яких ІБП досягає мінімальної і максимальної ефективності. Вибір оптимального ІП по показнику чистої поточної вартості (*NPV*) виконується за формулою:

$$ІП_{opt} = \left\{ ІП_j \middle| \max_j \left[(1-\lambda) \min_i NPV_{ji} + \lambda \max_i NPV_{ji} \right] \right\},$$

де $\lambda \in [0;1]$ – коефіцієнт песимізму-оптимізму, який приймає значення в залежності від ставлення особи, що приймає рішення до ризику. При байдужості до ризику $\lambda = 0{,}5$ при $\lambda = 0$ критерій Гурвіца співпадає з критерієм Вальда, а при $\lambda = 1$ – з критерієм *MAXIMAX*. Загальний недолік розглянутих методів теорії ігор, полягає в тому, що припускається обмежена кількість сценаріїв розвитку (скінчена множина станів природи).

3. Методи теорії нечітких множин. Досвід вітчизняних і іноземних дослідників свідчить [3] про те, що ймовірнісний підхід не може бути надійний і адекватним інструментом розв'язання слабко структурованих задач, до яких належать задачі управління реальними інвестиціями. Саме тому інтенсивно розробляються методи оцінки ефективності і ризику ІБП на основі апарата теорії нечітких множин (ТНМ). В цих методах замість

розподілу імовірності застосовується розподіл можливості, що описується функцією належності нечіткого числа.

Методи, що базуються на ТНМ відносяться до методів оцінки і прийняття рішень в умовах невизначеності. Їх застосування передбачає формалізацію вихідних параметрів і цільових показників ефективності ІБП (найчастіше *NPV*) у вигляді вектора інтервальних значень. Кожний нечіткий інтервал вхідного вектора характеризується відповідним рівнем невизначеності.

Виконуючі арифметичні операції $*_f \in \{+,-,*,/\}$ з нечіткими інтервалами за правилами нечіткої математики, експерти і ОПР отримують результуючий нечіткий інтервал для цільового показника. В основу переважної більшості алгоритмів НМа покладено принцип нечіткого розширення Заде, згідно з яким, для нечітких змінних:

$$\tilde{a} = \{a_i / \mu_i^a\},\ i = \overline{1,n};\ \tilde{b} = \{b_j / \mu_j^b\},\ j = \overline{1,m}$$

результат операції $*_f$ визначається у такий спосіб [4]:

$$c_{ij} = a_i *_f b_j, \mu_{ij}^c\ max\ min\{\mu_i^a, \mu_j^b\}, \{c_{ij} / \mu_{ij}^c\} \in \tilde{c}$$

Після визначення $\tilde{c}$, рішення повинно прийматися на чіткому рівні, тобто з нечіткими або слабо структурованими реальними даними потрібно виконати мінімальну кількість процедур для дефадзифікації результатів (рис. 2).

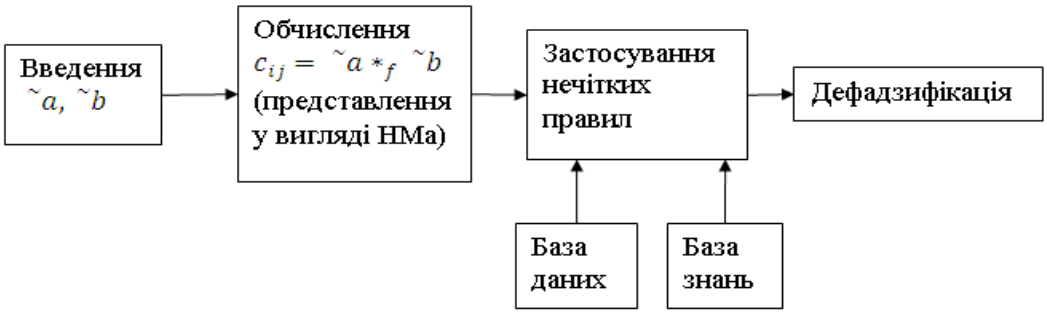

Рис. 2. Стандартна схема роботи в нечіткому логічному базисі.

До методів, що базуються на ТНМ можна віднести інтервальний метод, що відповідає ситуаціям, в яких достатньо точно відомі границі значень параметра, який аналізуються. При цьому відсутня будь-яка інформація про ймовірності реалізації різних його значень в середині заданого інтервалу.

За рівень ризику (P) пропонується приймати розмір максимального збитку на одиницю невизначеності:

$$P = \frac{q_N - q_{min}}{q_{max} - q_{min}} \quad \text{або} \quad P = \frac{q_{max} - q_N}{q_{max} - q_{min}}$$

де q_N – потрібне значення параметру;

q_{min} – мінімальне значення параметру; q_{max} – максимальне значення параметру.

Вибір формули залежить від критерію ефективності. Такий спосіб визначення ризику узгоджується з геометричним визначенням ймовірності, але тільки при припущенні, що всі події з відрізку $[q_{min}; q_{max}]$ рівноймовірні. Очевидно, що таке припущення не відображає реальну дійсність.

Але при наявності додаткової інформації про значення параметрів математична формалізація невизначеності може бути адекватно описана за допомогою нечітко-інтервального підходу і реалізована [4] в нечіткому логічному базисі (рис.3).

Серед основних переваг нечітко-інтегрального підходу до оцінки ефективності і ризику ІБП можна віднести те, що він характеризується простотою виявлення експертних знань і дозволяє:

- формалізувати в єдиній формі і застосовувати неоднорідну інформацію, що підвищує достовірність рішень;
- отримати очікувану ефективність ІБП, як у вигляді точкового значення, так і в вигляді множини інтервальний значень з відповідним розподілом можливостей. Це дозволяє оцінювати інтегральну міру можливості від'ємних результатів від ІБП, тобто ступінь ризику;

робити розрахунок оцінок показників ІБП ефективний в ситуаціях, коли вихідна інформація ґрунтується на малих статистичних вибірках, тобто у випадках коли ймовірність оцінки не може бути отримана.

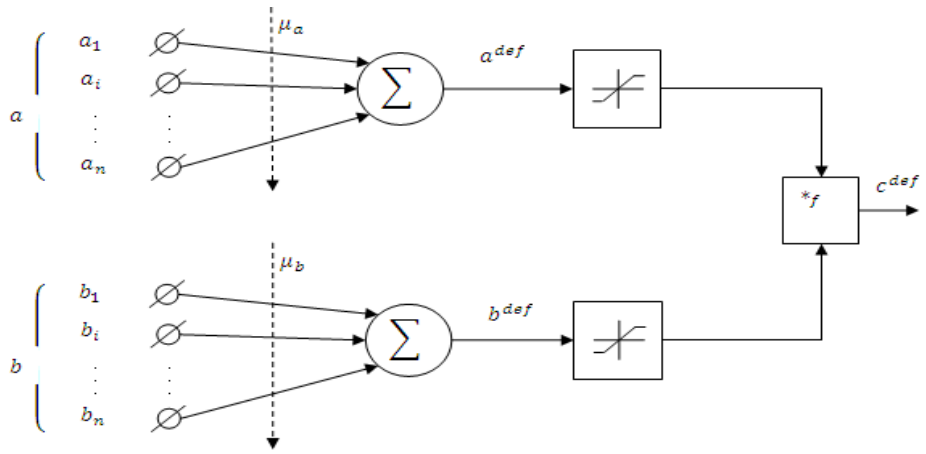

Рис.3. Схема отримання результату виконання дефадзифікації операції.

Висновки

1. Врахування невизначеності залежить від вибору математичної моделі.
2. Проведений аналіз традиційних методів оцінки ефективності і ризику ІБП в умовах невизначеності свідчить про їх теоретичну значимість, але обмеженість практичного застосування для аналізу ефективності і ризику ІБП через велику кількість спрощуючи модельних передумов, що викривляють реальне середовище проекту.
3. ТНМ є однією з найбільш ефективних математичних теорій, що спрямовані на формалізацію і обробку невизначеної інформації. Саме тому, нечітка математика посідає провідне місце в загальному комплексі проблем, пов'язаних з прийняттям рішень, визначенням ризиків і т. ін. в умовах невизначеності.
4. Враховуючи те, що нечітка система припускає адекватне представлення у вигляді нейронної мережі, наступні роботи будуть присвячені реалізації методів НМа для оцінки ефективності та ризиків в нейромережевому логічному базисі.

Література

1. Міхайленко В.М. Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика / В.М.Міхайленко, С.А. Теренчук, О.О. Кубайчук. - К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2007.-163 с.
2. Медведєв М.Г. Дослідження операцій: Навч. посіб. / М.Г. Медведєв, О.В. Колодінська. – К.: Вид-во Європ. у-ту, 2006. – 158 с. – Бібліогр.: с.154.
3. Тугай О.А. Методологія побудови варіативних моделей процесів організації будівництва за допомогою теорії нечітких мір / О.А. Тугай // Науково-технічний збірник «Містобудування та територіальне планування». – К., КНУБА, 2007. – Вип.27. – с.301-305.
4. Мінаєв Ю.М. Нейромережеві моделі розв'язку систем нечітких алгебраїчних рівнянь та їхня реалізація в системі моделювання MATLAB/Simulink./ Мінаєв Ю.М., Філімонова О.Ю., Бенамеур Лиес, Ярош Р.А. // Вісник НТУУ «КПІ» Інформатика, управління та обчислювальна техніка, №36, с. 143-152. – Київ 2001.