

Галина Василівна ЛЕЩУК

кандидат економічних наук,
доцент,

кафедра економіки та підприємництва,
Прикарпатський інститут імені Михайла Грушевського
Міжрегіональної академії управління персоналом
E-mail: galynaleshuk@gmail.com

СИМУЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ МОНТЕ-КАРЛО В СИСТЕМІ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Лещук, Г. В. Симуляційний аналіз Монте-Карло в системі оцінювання ризиків інвестиційних проектів [Текст] / Галина Василівна Лещук // Український журнал прикладної економіки. – 2017. – Том 2. – Випуск 1. – С. 57-67. – ISSN 2415-8453.

Анотація

Вступ. Теоретичне та практичне застосування симуляційних методів ґрунтується на симуляційному аналізі Монте-Карло, що полягає у багаторазовому сприйнятті перебігу обчислення показника ефективності інвестиційного проекту, згідно з прийнятим методом оцінки ефективності. При цьому найчастіше це є чиста поточна вартість і внутрішня норма прибутку. Саме тому при дослідженні особливостей застосування методу симуляції Монте-Карло в оцінюванні ризиків інвестиційних проектів актуалізується необхідність чіткого визначення процесу та принципів його проведення, що дозволить не проводити вичерпний перебір усіх можливих варіантів розвитку подій у майбутньому, а використати репрезентативну вибірку сценаріїв.

Мета. Мета дослідження полягає в аналізуванні та науковому обґрунтуванні імплементації симуляційних методів для оцінювання ефективності інвестиційних проектів із виокремленням переваг й недоліків їх застосування. Завдання ґрунтуватимуться на визначенні особливостей, переваг, недоліків, а також виокремленні етапів методу симуляції Монте-Карло для оцінювання ефективності інвестиційних проектів.

Метод (методологія). Дослідження проведено за допомогою загальнонаукових методів аналізу: систематизації і узагальнення, індукції, дедукції.

Результати. У статті запропоновано послідовність етапів симуляційного циклу у методі Монте-Карло для оцінювання ефективності інвестиційних проектів від моменту визначення усіх істотних змінних, які мають вплив на ризики проекту, аж до проведення низки симуляційних експериментів.

Ключові слова: симуляційні методи; метод Монте-Карло; інвестиційні проекти; ризики; ефективність.

Halyna Vasylivna LESHCHUK

PhD in Economics,
Associate Professor,
Department of Economy and Enterprise
Transcarpathion institute named after M. Hrushevsky,
Interregional Academy of Personnel Management
E-mail: galynaleshuk@gmail.com

SIMULATION ANALYSIS OF MONTE CARLO IN THE SYSTEM OF INVESTMENT PROJECTS RISKS ASSESSMENT

Abstract

Introduction. Theoretical and practical application of the simulation methods is based on simulation analysis of Monte Carlo which is based on multiple perception of calculation flow of the efficiency criteria of the investment project, according to the accepted method of effectiveness assessing. It often refers to the net present value and internal rate of return. Therefore, the necessity to clearly define the process and its principles, which allows not to conduct an exhaustive search of all possible scenarios in the future, but to use a representative sample scripts becomes very actual while conducting the research of peculiarities of the usage of method of simulation of Monte Carlo during the evaluation of the risks of the investment projects.

The purpose. The aim of the research is to analyse and ground the process of implementation of the simulation methods for evaluating the effectiveness of the investment projects with distinguishing the advantages and disadvantages of their use. Tasks will be based on identifying the characteristics, advantages, disadvantages, and the isolation of the method of simulation of Monte Carlo for the evaluation of effectiveness of the investment projects.

The method (methodology). The general scientific methods of analysis are used in the research. They are the methods of systematization and generalization, induction and deduction methods.

Results. The article proposes a sequence of stages of simulation run in Monte Carlo method for the evaluation of effectiveness of the investment projects to represent from a moment of determination of all significant variables that have an impact on the risks of the project, till implementation of a number of simulation experiments.

Keywords: simulation methods; Monte Carlo method; investment projects; risks; effectiveness.

JEL classification: C15, E20, E22, E27

Вступ

Теоретично-практичне застосування симуляційних методів ґрунтується на симуляційному аналізі Монте-Карло (Monte Carlo simulation, Monte Carlo analysis), що полягає у багаторазовому сприйнятті перебігу обчислення показника ефективності інвестиційного проекту, згідно з прийнятим методом оцінки ефективності. Найчастіше це є чиста поточна вартість (NPV) і внутрішня норма прибутку (IRR).

Метод Монте-Карло дозволяє не проводити вичерпний перебір усіх можливих варіантів розвитку подій у майбутньому, а використати репрезентативну вибірку сценаріїв. До переваг слід віднести лінійну залежність кількості симуляцій від кількості фінансових інструментів, на відміну від вичерпного пошуку, де залежність експоненційна. У контексті моделювання ризиків до недоліків відносять необхідність

ISSN 2415-8453. Український журнал прикладної економіки. 2017 рік. Том 2. Випуск 1.

генерації випадкових або псевдовипадкових значень, що потребує припущення щодо виду статистичного розподілу. Дослідники найчастіше припускають нормальний розподіл, тоді залишається знайти лише математичне сподівання дохідностей, її дисперсію та матрицю коваріацій для проведення симуляцій Монте-Карло. Кількість симуляцій Монте-Карло можна зменшити, використовуючи методи зниження дисперсії Монте-Карло [1; 2].

Теоретично-методологічні засади моделювання ризиків за допомогою методу Монте-Карло, зокрема на фінансовому ринку, досліджували: П. П. Маслянюк, А. В. Рябушенко [5]; О. О. Буз [8]; оцінювання валютних ризиків банківських установ висвітлено у працях таких фахівців, як М. А. Ребрик [4]; Л. О. Примостка [6]; О. В. Шварц [7]; А. О. Єпіфанов, Т. А. Васильєва, С. М. Козьменко [14]; методи оцінювання ризиків у страховій діяльності наведено у роботах О. О. Шевчук, М. І. Гулик [13]; Л. М. Клапків [15]. Вагомі наукові дослідження знаходимо у закордонних працях [1-3; 9-12] із докладним описом процесу та основних принципів моделювання методом Монте-Карло. У сучасній науковій літературі основні методи моделювання ризиків та підходи до побудови функції розподілу випадкової величини при стохастичному аналізі ґрунтуються на [3; 4, с. 394]:

- методі історичних симуляцій (HS – historical simulation);
- параметричному методі (PM – parametric method);
- симуляції методом Монте-Карло (MSC – Monte Carlo simulations);
- гібридному підході (HA – hybrid approach);
- методі дисперсій та коваріацій.

П. П. Маслянюк зазначає, що метод історичної симуляції полягає в тому, що випадково вибираються проміжки історії дохідності фінансових інструментів, з яких складається інвестиційний портфель компанії. На кожному із історичних проміжків розглядається дохідність всього портфеля, що в результаті дає розподіл його дохідності в майбутньому, спираючись на припущення, що надалі події будуть розгортатись так само, як і в історичних проміжках минулого. До переваг методу історичної симуляції відносять простоту її реалізації на практиці та збереження незмінним статистичного розподілу дохідностей фінансових інструментів, також метод не потребує оцінки статистичного розподілу для проведення симуляцій. До недоліків відносяться неможливість генерувати сценарії розвитку подій, які не траплялися раніше, цей недолік є дуже суттєвим, якщо в інвестиційному портфелі знаходяться фінансові інструменти, які не мають довгої історії котирування на ринку або взагалі не котируються [5].

Професор Л. О. Примостка зазначає, що потреба застосування симуляцій зумовлена неможливістю визначення впливу всіх параметрів, що комбінуються без моделювання балансу та відповідних відсоткових ставок. Симуляція є потужним інструментом прогнозування ризику завдяки застосуванню великої кількості сценаріїв для кожної задіяної змінної. Будь-яке припущення чи прогноз можна протестувати за допомогою цього методу. Оскільки комбінація сценаріїв дає досить велику кількість випадків, необхідна чітка методика ефективного застосовування результатів симуляції. Одним з основних обмежень цього методичного підходу є безпосередня залежність результатів (розподілу цільової змінної) від припущень симуляції. Особливо це стосується тих, які мають найбільший вплив на значення цільової змінної [6, с. 131].

У наукових працях Шварц О. В. зазначено, що метод історичних симуляцій належить до групи методів повного оцінювання і заснований на тезі про стаціонарності ринку в найближчому майбутньому. Сутність полягає в розрахунку всіх

історичних змін цін за період заданої глибини, симулювання вартості кожної поточної позиції за отриманими сценаріями, визначенні гіпотетичної зміни вартості портфеля за кожний день розрахункового періоду та виборі як показника ризикової вартості показника, номер якого визначається вибраним рівнем довіри. При використанні методу слід мати на увазі, що зі збільшенням глибини розрахункового періоду зростає не лише точність оцінок, а й небезпека використання застарілих даних. Метод симуляцій Монте-Карло заснований на моделюванні випадкових процесів із заданими характеристиками. Розрахунок аналогічний методу історичних симуляцій, тільки зміни цін генеруються псевдовипадковим чином відповідно до вказаних параметрів розподілу: математичних очікувань і волатильності. Отже, розподіл може бути будь-яким, а число сценаріїв – нескінченним. Цей метод є найбільш технологічно складним з усіх описаних. Крім того, генератори випадкових величин працюють на детермінованих алгоритмах і не є незалежними [7, с. 387].

Ребрик М. А. вважає, що метод історичних симуляцій у класичному розумінні – непараметричний підхід, що заснований на припущенні про стаціонарність ринку в найближчому майбутньому та використанні історичних даних про зміни факторів ринкового ризику для одержання розподілу майбутніх коливань вартості позиції (портфеля). Метод стохастичних симуляцій (метод Монте-Карло) базується на генеруванні великої кількості випадкових комбінацій сценаріїв динаміки ринкових змінних із заданими характеристиками з метою отримання розподілу майбутніх коливань вартості позиції (портфеля) [4, с. 394].

На думку Буз О. О., при моделюванні методом Монте-Карло, на відміну від детермінованого аналізу чутливості, кожному параметру не надаються поодинокі значення, а використовується розроблений програмний комплекс, який надає кожному параметру моделі спектр можливих значень, серед яких виокремлюють три параметри: середнє значення, стандартне відхилення, візуалізацію даних [8, с. 5].

Відтак у процесі управління ризиками імітаційні моделі можуть бути важливими джерелами інформації для організації як з точки зору визначення нових інвестиційних стратегій, так і з точки зору прийняття нових корпоративних стратегій. Планування стратегії або оптимізації останніх на організаційному рівні ґрунтується на основі аналізу внутрішніх і зовнішніх чинників ризику і також на їх ймовірності досягнення [9].

У закордонній літературі алгоритм методу Монте-Карло ґрунтується на наступних етапах [10]:

Етап 1: Створення параметричної моделі, $y = f(x_1, x_2, \dots, x_q)$;

Етап 2: Генерація випадкового вхідного набору даних, $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$;

Етап 3: Ефективні розрахунки і запам'ятовування результатів як y_i ;

Етап 4: Повторення етапів 2 і 3 для $i = 1$ до n ($n \geq 5000$);

Етап 5: Аналізування результатів з використанням гістограм, інтервалів, інших статистичних показників, отриманих у результаті моделювання тощо.

Таким чином, аналізування наукових напрацювань щодо імплементації методу Монте-Карло при аналізуванні ризиків свідчить про невирішеність багатьох питань на практиці, що спонукає до продовження досліджень та наукового обґрунтування із визначенням переваг та недоліків інструментарію кількісного аналізу ризиків інвестиційних проектів, а також його послідовності.

Мета та завдання статті

Метою статті є дослідження та наукове обґрунтування імплементації симуляційних методів для оцінювання ефективності інвестиційних проектів із

виокремленням переваг й недоліків їх застосування. Завдання ґрунтуватимуться на визначенні особливостей, переваг, недоліків, а також виокремленні етапів методу симуляції Монте-Карло для оцінювання ефективності інвестиційних проектів.

Виклад основного матеріалу дослідження

При дослідженні особливостей застосування методу симуляції Монте-Карло в оцінюванні ризиків інвестиційних проектів необхідно чітко визначити процес та принципи його проведення. Зокрема, особливе зображення процесу аналізування ризиків за допомогою методу Монте-Карло із відображенням ідентифікації й обчислення ризиків сформовано у закордонній літературі (рис. 1).

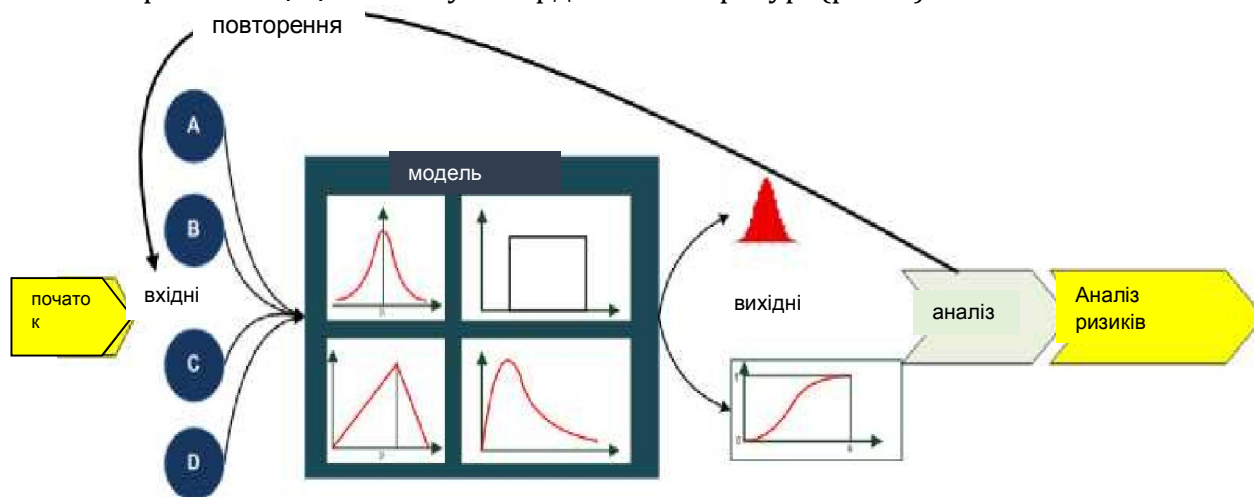


Рис. 1. Процес моделювання Монте-Карло*

*Складено автором на основі [11, с. 393]

Відповідні розподіли і кореляції (взаємозалежності) є пов'язаними з цілою базою даних у математичній моделі, при цьому моделювання виконується шляхом використання генератора випадкових чисел. У результаті ущільнення ймовірностей отримуються кумулятивні графіки (часто інструменти сенситивного аналізу є залученими), а отже, ймовірності бажаних результатів можуть бути оцінені чи підраховані шляхом їх аналізу [11, с. 393].

Метод Монте-Карло є одним з багатьох методів аналізу поширення невизначеності, де мета полягає в тому, щоб встановити, як випадкові змінні, відсутність знань або помилки впливатимуть на чутливість, продуктивність і надійність системи, яка моделюється.

Таким чином, здійснюється вибір такого розподілу для входів, який найбільш точно відповідає даним, що вже є, або найкраще відображає актуальну інформацію. Дані, отримані в результаті моделювання, можуть бути використані для репрезентації у вигляді ймовірнісних розподілів (або гістограм) (рис. 2) [12].

Окрім цього, автори наукового дослідження [10] виокремлюють стохастичну модель (рис. 2) і детерміністичну (рис. 3), фундаментальна відмінність між якими полягає у тому, що параметрична детермінована модель встановлює набір вхідних змінних, повідомляючи набір вихідних змінних. У стохастичній моделі поширення невизначеності вхідні випадкові змінні (описується випадковим розподілом) і результат буде випадковим, а також, як правило, після нормального розподілу.

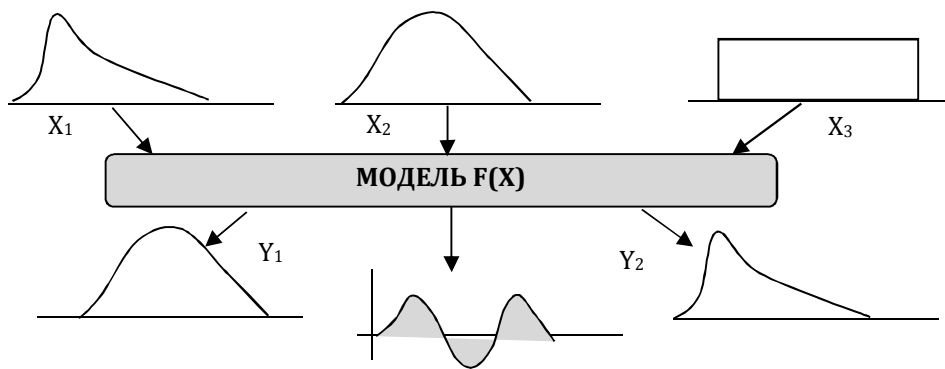


Рис. 2. Основний принцип моделювання за методом Монте-Карло*

**Складено автором на основі [12]*



Рис. 3. Основи детерміністичної моделі за методом Монте-Карло*

**Складено автором на основі [10]*

Симуляція Монте-Карло є статистичним методом, котрий об'єднує аналіз чутливості та розподіл ймовірності пояснювальних змінних (встановлених під час аналізу чутливості). Пропонується симуляційний цикл у методі Монте-Карло представляти за допомогою нижчезазначених етапів (рис. 4). При створенні фінансової моделі варто передовсім визначити усі істотні змінні, які мають вплив на ризик інвестиційного проекту.

Кількість та добір змінних залежать від виду інвестиції і діапазону проведених аналізів. До випадкових змінних часто зараховуються: ставка дисконтування, довжина економічного циклу життя, доходи від продажів і операційні витрати. До цієї групи варто залучати більшість змінних, оскільки кожне прийняття фактора за детерміновану (визначну) вартість є спрощенням дійсності. Як наслідок, на зазначеному етапі, за допомогою сукупності рівнянь, що описують ідентифіковані змінні, конструюється одна спільна модель, котра слугує для обчислення ступеня ефективності інвестування (наприклад, показника NPV).

У межах другого етапу кожній пояснювальній змінній надається розподіл ймовірності. У випадку симуляції великі труднощі виникають із встановленням розподілу невизначених змінних і відповідної їм ймовірності. При встановленні гіпотетичних розподілів можна використовувати безперервні розподіли: нормальний розподіл – для встановлення конкретного розподілу необхідно знати очікувану вартість і стандартне відхилення розподілу; одноманітний розподіл – для встановлення конкретного розподілу необхідно знати мінімальну і максимальну вартість розподілу.

На третьому етапі в одному експерименті для кожної змінної за допомогою комп'ютерної програми генерується випадкова кількість, яка може бути трактована як реалізація, що виходить з прийнятого розподілу. Обрані значення становлять основу

обчислення грошових потоків, на підставі чого розраховуються показники NPV та/або IRR. На противагу методів аналізу чутливості, у якому пояснювальні змінні розглядаються окремо, у симуляції Монте-Карло ці змінні розглядаються сукупно, з огляду на наявний між ними зв'язок. Специфікація взаємозалежностей між змінними, які часто є прихованими або які важко ідентифікувати, є найбільшою проблемою симуляції Монте Карло. Недооцінювання або ігнорування цих кореляцій зменшує вагу отриманих результатів, оскільки в такому випадку аналіз охоплює чимало нереальних варіантів проекту, що може призвести до неправильних рішень.



Рис. 4. Процес симуляційного циклу за методом Монте-Карло при оцінюванні ризиків інвестиційного проекту*

*Власна розробка

На четвертому етапі багаторазово повторюються дії третього етапу (навіть кілька тисяч разів), при цьому точність результату зростає разом зі збільшенням кількості експериментів.

У межах п'ятого етапу будується розподіл ймовірності NPV та/або IRR і обчислюються їхні очікувані значення та стандартні відхилення. Кінцевим результатом симуляції Монте-Карло є обчислення ймовірності отримання додатного NPV та/або внутрішньої норми прибутку IRR, яка більша від ставки дисконтування.

Таким чином, узагальнення висновків щодо практичності застосування методу Монте-Карло та методу історичних симуляцій в оцінюванні та мінімізуванні ризиків інвестиційних проектів сформовано у таблиці 1.

Слід погодитись із твердженням Шевчук О. О., що основним недоліком цього методу є необхідність використання великого масиву ймовірнісних характеристик. При цьому саме метод Монте-Карло використовується на завершальному етапі оцінки ризиків як складова частина інших статистичних методів [13, с. 294].

Таблиця 1. Особливості застосування методу Монте-Карло та методу історичних симуляцій в оцінюванні та мінімізуванні ризиків інвестиційних проектів*

Переваги	Недоліки
Симуляція методом Монте-Карло (MSC – Monte Carlo simulations)	
Визначає ймовірність події в задачах, де складність розрахунків зростає до розмірності задачі експоненціально. Висока точність розрахунків. Надає повну оцінку (full valuation) портфелю. Застосування окремих емпіричних та теоретичних функцій розподілу, що дозволяє враховувати ефекти «товстих хвостів» («fat tails», «leptokurtosis»), асиметрії (skewness) та «збою кореляцій» (correlation breakdown) в умовах ринкових шоків. Не потребує значних обсягів емпіричних даних.	Простота і ефективність методу шкодить його точності. Через складність і чисельність розрахунків істотно залежить від технічного оснащення, високої кваліфікації аналітиків, значних витрат часу. Високий ризик неадекватності моделей. Низька наочність та висока складність трактування отриманих результатів оцінки.
Надає пробабілістичні результати, які не тільки показують, що може відбутися, але також, яка є правдоподібність виникнення кожного випадку чи розвитку подій. Забезпечує графічний образ результатів. Проводить аналіз вразливості. Аналізує сценарії. Досліджує залежності початкових даних. Уможлиблює моделювання взаємозалежних зв'язків між змінними входними.	Переводить аналіз ризику через побудову можливих моделей результатів, змінюючи різні цінності правдоподібністю розподілу. Обчислює результати з функції правдоподібності, використовуючи різні комплекти цінностей часток. Залежно від числа невідомих і усталених для них груп може виконати десятки тисяч калькуляцій.
Метод історичних симуляцій (HS – historical simulation)	
Не вимагає технічного оснащення. Інтуїтивна простота у застосуванні та наочність. Відсутність додаткових теоретичних спрощень та припущень, що дозволяє враховувати ефекти «товстих хвиль» («fat tails», «leptokurtosis»), асиметрії (skewness) та «збою кореляцій» (correlation breakdown) в умовах ринкових шоків. Відсутність модельного ризику. Простота повної оцінки (full valuation) портфелю. Параметри емпіричного розподілу можуть бути використані при побудові параметричних моделей та проведенні стохастичних симуляцій. Емпіричний розподіл може бути легко модифікований, що підвищує точність оцінок.	При впливі різних змінних на майбутні результати зменшується ефективність застосування методу. Проблема формування ефективної вибірки. Базується на припущенні, що минулі тенденції є коректною апроксимацією майбутньої динаміки ринкових показників. Вимагає значних обсягів емпіричних даних. Дуже чутливий до вибору довжини емпіричної вибірки. Демонструє «ефект ехо» («echo effect» або «ghost effect»). Значне зниження точності оцінок на високих рівнях довіри.
Придатність для асиметричних розподілів; відмінна застосованість для портфелів, що містять нелінійні інструменти; простота і очевидність розрахунків; відсутність модельного ризику; облік всієї сукупності ризиків, які викликали зміни цін активів за аналізований період.	Можлива помилковість припущення про те, що минуле можна екстраполювати на майбутнє; можливість помилок у разі недостатньої глибини розрахункового періоду; відсутність різниці між впливом на результат старих і останніх спостережень; великий обсяг обчислень для великих портфелів.

*Сформовано на основі джерел [4, с. 395; 7, с. 387; 14, с. 50; 15, с. 170-171]

ISSN 2415-8453. Український журнал прикладної економіки. 2017 рік. Том 2. Випуск 1.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Таким чином, симуляційний метод оцінювання ризику вважається найбільш правильним теоретично, тому він не обмежується лише кількома варіантами пояснювальних змінних і більш детально, порівняно з ймовірнісно-статистичними методами, оцінює очікувану вартість $E(NVP)$. За допомогою симуляційних методів відносно легко можна також брати до уваги кожен вид як кореляції пояснювальних змінних, так і міжчасових кореляцій.

Проте на практиці добір властивих розподілів пояснювальних змінних і встановлення кореляції розподілів між змінними, обтяженими невизначеністю, є дуже складним завданням. Саме тому слід зауважити, що ефективне практичне застосування методу Монте Карло в оцінюванні ризиків інвестиційних проектів ускладнюється з причин визначення розподілу ймовірності змінних і кореляції розподілів, які впливають із залежності між різними факторами.

Таким чином, проведене наукове дослідження щодо особливостей застосування симуляційних методів у системі оцінювання показників ефективності та ризиків інвестиційних проектів зумовлює необхідність подальших досліджень у напрямку розроблення рекомендацій щодо визначення розподілу ймовірності змінних і кореляції розподілів, які впливають із залежності між різними факторами.

Список літератури

1. Jaeckel, P. Monte Carlo Methods in Finance // Wiley. 2002. – с. 304.
2. Conrad, J. R. 2005. Analyzing the Risks of Information Security Investments with Monte-Carlo Simulations. – [Electronic resource]. – Retrieved from: <http://infosecon.net/workshop/pdf/13.pdf>.
3. Basel Committee on Banking Supervision. International Convergence of Capital Measurements and Capital Standards. 2005. Bank of international settlements – 284 с.
4. Ребрик, М. А. Оцінювання структурних елементів валютного ризику банку / М. А. Ребрик // Економічний аналіз: зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет. – 2011. – Вип. 8 (1). – С. 391-396.
5. Маслянюк, П. П. Непараметричне Монте Карло: вдосконалений метод моделювання ризиків на фінансовому ринку / П. П. Маслянюк, А. В. Рябушенко // Всеукраїнський математичний конгрес. — К.: Інститут математики НАН України, 2009. – Режим доступу: http://www.imath.kiev.ua/~congress2009/Abstracts/Maslyanko_Ryabushenko.pdf.
6. Прогнозування та хеджування фінансових ризиків: монографія / За ред. проф. Л. О. Примостки. — К.: КНЕУ, 2014. — 424 с.
7. Шварц, О. В. Методика Value-At-Risk (VAR) як метод управління валютним ризиком в банку / О. В. Шварц // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2012. – Вип. 1. – С. 384-389. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsed_2012_1_59.
8. Буз, О. О. Застосування методу Монте-Карло для аналізу ризиків інноваційного проекту (на прикладі впровадження 4G LTE-технологій в Україні) – О. О. Буз // Економіка і фінанси. – 2015. – №1. – С. 3-7.
9. Gheorghe, M. Techniques and Simulation Models in Risk Management. *Economia. Seria Management* 15.2 (2012): 354-362.
10. Platon, V., Constantinescu, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. *Procedia Economics and Finance* 15 (2014): 393-400.
11. Schwarz, P. D.-I. J. Implementation of artificial intelligence into risk management decision-making processes in construction projects, 3 3 2015. – [Electronic resource]. – Retrieved from: <http://www.unibw.de/san/bauv8/veroeffentlichungen>.

12. Wittwer, J. W., Monte Carlo Simulation Basics, From Vertex42.com, June 1, 2004 [Electronic resource]. – Retrieved from: <http://vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation.html>, 2004.
13. Шевчук, О. О. Методи оцінювання ризиків у страховій діяльності / О. О. Шевчук, М. І. Гулик // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.2. – С. 291-299. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlту_2016_26.
14. Управління ризиками банків: монографія у 2 томах. Т. 2: Управління ринковими ризиками та ризиками системних характеристик / [А. О. Єпіфанов, Т. А. Васильєва, С. М. Козьменко та ін.] / за ред. д-ра екон. наук, проф. А. О. Єпіфанова і д-ра екон. наук, проф. Т. А. Васильєвої. – Суми: ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2012. – 299 с.
15. Клапків, Л. М. Використання динамічного фінансового аналізу страховими товариствами / Л. М. Клапків // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2014. – Вип. 1(65). – С. 164-174.

References

1. Jaeckel, P. (2002). *Monte Carlo Methods in Finance*, Wiley.
2. Conrad, J. R. (2005). *Analyzing the Risks of Information Security Investments with Monte-Carlo Simulations*. Retrieved from: <http://infoecon.net/workshop/pdf/13.pdf>.
3. Basel Committee on Banking Supervision. International Convergence of Capital Measurements and Capital Standards. (2005). *Bank of international settlements*.
4. Rebryk, M. A. (2011). Otsinyuvannya strukturnykh elementiv valyutnoho ryzyku banku. *Ekonomichnyy analiz*, 8 (1), 391-396.
5. Maslyanko, P. P. (2009). *Neparametrychne Monte Karlo: vdoskonalenyy metod modelyuvannya ryzykiv na finansovomu rynku. Vseukrayins'kyy matematychnyy konhres*. Retrieved from: http://www.imath.kiev.ua/~congress2009/Abstracts/Maslyanko_Ryabushenko.pdf.
6. Prymostky, L. O. (2014). *Prohnozuvannya ta khedzhuvannya finansovykh ryzykiv*. Kyiv: KNEU.
7. Shvarts, O. V. (2012). Metodyka Value-At-Risk (VAR) yak metod upravlinnya valyutnym ryzykom v banku. *Visnyk sotsial'no-ekonomichnykh doslidzhen'*, 1, 384-389. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsed_2012_1_59.
8. Buz, O.O. (2015). Zastosuvannya metodu Monte-Karlo dlya analizu ryzykiv innovatsiynoho proektu (na prykladi vprovadzhennya 4G LTE-tekhnologiy v Ukrayini). *Ekonomika i finansy*, 1, 3-7.
9. Gheorghe, Mirela. (2012). Techniques and Simulation Models in Risk Management. *Economia. Seria Management*, 15.2, 354-362.
10. Platon, V., Andreea, C. (2014). Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. *Procedia Economics and Finance*, 15, 393-400.
11. Schwarz, P. D.-I. J., (2015). *Implementation of artificial intelligence into risk management decision-making processes in construction projects*, 3, Retrieved from: <http://www.unibw.de/san/bauw8/veroeffentlichungen/>.
12. Wittwer, J. W. (2004). *Monte Carlo Simulation Basics, From Vertex42.com, June 1*, Retrieved from: <http://vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation>.
13. Shevchuk, O. O. (2016). Metody otsinyuvannya ryzykiv u strakhoviy diyal'nosti. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny*, 26.2, 291-299. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlту_2016_26.
14. Yepifanov, A. O., Vasyl'yeva, T. A., Koz'menko, S. M. (2012). *Upravlinnya ryzykamy bankiv: Upravlinnya rynkovyumu ryzykamy ta ryzykamy systemnykh kharakterystyk*. Sumy: DVNZ “UABS NBU”.

15. Klapkiv, L. M. (2014). Vykorystannya dynamichnoho finansovoho analizu strakhovymy tovarystvamy. *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya*, 1(65), 164-174.

Стаття надійшла до редакції 03.02.2017 р.