

Список використаних джерел

1. Назаренко Я. М. Оптимізація логістичних процесів із застосуванням генетичного алгоритму: кваліф. робота магістра зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2023. 84 с. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/15414>
2. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management. Pearson Education, 2021. 528 p.
3. Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E. Designing and Managing the Supply Chain. New York: McGraw-Hill, 2020. 440 p.
4. Захарченко Р., Расторгуєв В. ефективність використання оптимізаційних методів в задачах логістики. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 2025. Vol. 347(1). P. 362–367. DOI: 10.31891/2307-5732-2025-347-49.
5. MIT Center for Transportation & Logistics. URL: <https://ctl.mit.edu/> (date of access: 18.05.2025).
6. Gendreau M., Potvin J.-Y. Handbook of Metaheuristics. Springer, New York, Springer Publ., 2010. 640 p. DOI: 10.1007/978-1-4419-1665-5.

УДК 519.2:519.6:519.8

*Приходський Г. С., здобувач вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Рузакова О. В., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах високої складності та невизначеності метод Монте-Карло відіграє ключову роль у процесах аналізу, прогнозування та оптимізації систем. Він дає змогу оцінити ймовірності характеристики системи шляхом чисельного експерименту на основі випадкових величин. Сучасні дослідження підтверджують ефективність методу Монте-Карло у роботі зі складними стохастичними системами. Зокрема, у фінансах він використовується для оцінки ризиків інвестиційних портфелів, у логістиці – для оптимізації ланцюгів поставок, а в інженерії – для аналізу надійності технічних систем.

Метою роботи є дослідження застосування методу Монте-Карло для аналізу та оптимізації складних систем в умовах невизначеності та практична реалізація його під час моделювання інвестиційного портфеля.

Основна ідея методу Монте-Карло полягає у використанні великої кількості випадкових симуляцій для наближення розв'язку задач, які є складними або неможливими для аналітичного вирішення. Він особливо ефективний у випадках, коли система має стохастичну природу або значну кількість змінних і обмежень [1].

Метод Монте-Карло широко використовується:

- для моделювання поведінки динамічних систем зі стохастичними параметрами;
- під час оцінки ризиків у фінансових портфелях;

- для обчислення багатовимірних інтегралів у фізиці та інженерії;
- у задачах оптимального управління в умовах невизначеності;
- для перевірки надійності технічних систем;
- для пошуку оптимальних параметрів систем з багатьма змінними.

Один із прикладів використання методу Монте-Карло стосується оцінки ризиків та прибутковості інвестиційних портфель. Уявимо, що інвестор має портфель, який складається з акцій і облігацій. Для кожного з активів дохідність змінюється щороку залежно від ринкових умов. Інвестора цікавить ймовірність того, що через 10 років загальна вартість його портфеля перевищить певний фінансовий поріг, наприклад, 150 000 грн, враховуючи випадковий характер прибутковості.

Окрім оцінки ймовірностей, метод Монте-Карло може бути використаний і для оптимізації параметрів системи. Наприклад, інвестор може не лише оцінити ризики, а й знайти оптимальне співвідношення між акціями та делегаціями, яке максимізує ймовірність досягнення фінансового порогу або мінімізує ризик збитків. Це досягається шляхом тестування різних конфігурацій портфеля в межах великої кількості симуляцій [2].

Розглянемо, як працює метод Монте-Карло:

1. Визначається розподіл ймовірностей для дохідності кожного активу, наприклад, на основі історичних даних: для акцій середня дохідність може бути 7% зі стандартним відхиленням 20 %, а для облігацій – 3 % з відхиленням 5 %.
2. Створюється велика кількість симуляцій (наприклад, 10 000), у кожній з яких у випадковий спосіб генеруються дохідності для акцій і облігацій протягом кожного з 10 років.
3. Для кожної симуляції обчислюється, як змінюється загальна вартість портфеля з року в рік, враховуючи ці дохідності.
4. Після всіх симуляцій підраховується, у скількох випадках портфель перевищив заданий поріг.

Отже, інвестор отримує оцінку ймовірності досягнення бажаного фінансового результату та краще уявлення про ризики.

Нижче наведено приклад реалізації методу Монте-Карло в середовищі MATLAB для оцінки ймовірності досягнення заданого фінансового результату (рис. 1, 2). У цьому прикладі змодельовано інвестиційний портфель з акцій і облігацій, дохідність яких змінюється у випадковий спосіб протягом 10 років. Кожна симуляція показує один можливий сценарій розвитку подій, а результат дає змогу оцінити ймовірність перевищення порогового значення капіталу [3].

Внаслідок виконання моделі на основі методу Монте-Карло було отримано ймовірність у 56,10 % того, що інвестиційний портфель перевищить заданий фінансовий поріг у 150 000 грн протягом 10 років. Такий підхід дає змогу кількісно оцінити невизначеність, пов'язану з коливанням прибутковості активів, і забезпечує інвестору краще розуміння ризиків.

Метод Монте-Карло демонструє свою ефективність у задачах прогнозування, де значну роль відіграють випадкові фактори. Він дає змогу моделювати велику кількість можливих сценаріїв розвитку подій, аналізувати їх результати та оцінювати ймовірність досягнення цільових показників. У практиці фінансового

аналізу це сприяє ухваленню зважених рішень, орієнтованих на довгострокову ефективність інвестицій [4].

```
>> % Параметри
startCapital = 100000;           % Початковий капітал, грн
threshold = 150000;              % Поріг, який хочемо перевищити
years = 10;                      % Кількість років
simulations = 10000;             % Кількість симуляцій

% Параметри доходності
% Акції: середнє 7%, стандартне відхилення 20%
% Облігації: середнє 3%, стандартне відхилення 5%
stockMean = 0.07; stockStd = 0.20;
bondMean = 0.03; bondStd = 0.05;

% Частка портфеля: 60% акцій, 40% облігацій
stockShare = 0.6;
bondShare = 0.4;

% Ініціалізація змінної для підрахунку успішних симуляцій
successCount = 0;

% Основний цикл симуляцій
for i = 1:simulations
    capital = startCapital;
    for y = 1:years
        % Генерація випадкової доходності для кожного активу
        stockReturn = normrnd(stockMean, stockStd);
        bondReturn = normrnd(bondMean, bondStd);

        % Обчислення доходу портфеля
        totalReturn = stockShare * stockReturn + bondShare * bondReturn;

        % Оновлення капіталу
        capital = capital * (1 + totalReturn);
    end

    % Перевірка, чи перевищено поріг
    if capital > threshold
        successCount = successCount + 1;
    end
end

% Результат
probability = successCount / simulations;
fprintf('Ймовірність перевищення порогу %.0f грн: %.2f%%\n', threshold, probability * 100);
```

*Рис. 1. Реалізація методу Монте-Карло
для оцінки ймовірності прибутковості інвестиційного портфеля*

Ймовірність перевищення порогу 150000 грн: 56.10%

Рис. 2. Результат роботи програми

Отже, застосування методу Монте-Карло в аналізі складних систем із високим рівнем невизначеності є доцільним та інформативним інструментом, який розширює можливості планування, прийняття рішень та оптимізації конфігурацій систем, що працюють в умовах обмеженої передбачуваності.

Список використаних джерел

1. Kroese D. P., Taimre T., Botev Z. I. HandBook of Monte Carlo Methods. Wiley, 2013. 772 с. URL: url.it/eqsxhx (дата звернення: 12.05.2025).
2. Agarwal K. Monte Carlo Simulation Explained: A Guide for Investors and Analysts. 16.11.2025. URL: <https://www.investopedia.com/articles/investing/112514/monte-carlo-simulation-basics.asp#toc-uses-in-portfolio-management> (дата звернення: 12.05.2025).
3. Monte Carlo Simulation. MATLAB Documentation. MathsWorks. 2023. URL: <https://www.mathworks.com/discovery/monte-carlo-simulation.html> (дата звернення: 12.05.2025).

4. Glasserman P. Monte Carlo Methods in Financial Engineering. Springer, 2003. 596 p. URL: https://www.bauer.uh.edu/spirrong/Monte_Carlo_Methods_In_Financial_Enginee.pdf (дата звернення: 12.05.2025).

УДК 004.94:656.05 (043.2)

*Сапожнікова В. Є., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор
кафедри інформаційних технологій*

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СВІТЛОФОРА З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ANYLOGIC

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному світі ефективне управління транспортними потоками є однією з ключових проблем, що безпосередньо впливає на мобільність, безпеку та екологічний стан міст. В Україні спостерігається постійне зростання кількості автомобілів, що спричиняє перевантаження на перехрестях, затори та зниження якості пересування містом. У цих умовах особливої актуальності набуває цифровізація транспортної інфраструктури, зокрема впровадження розумних світлофорних систем, здатних динамічно реагувати на поточну дорожню ситуацію.

Для перевірки ефективності таких підходів доцільно використовувати імітаційне моделювання, що дає змогу дослідити поведінку системи до її реального впровадження. Середовище AnyLogic надає інструменти для створення цифрових копій транспортних об'єктів, у тому числі світлофорів, зі врахуванням логіки перемикання фаз, структури дорожньої мережі та змінного потоку транспорту.

У сфері інтелектуального управління дорожнім рухом «розумні» світлофори розглядаються як ефективний засіб зниження заторів у міському середовищі. Головна ідея таких систем полягає в динамічній зміні тривалості фаз світлофора залежно від реального стану трафіка. Це дає змогу скорочувати середній час очікування на перехрестях та підвищувати пропускну здатність вузлів транспортної мережі [1]. У моделюванні транспортних процесів подібні підходи демонструють високу ефективність у сценаріях зі змінною інтенсивністю руху, зокрема у години пік.

Суттєвим компонентом таких систем є механізм виявлення кількості транспортних засобів, які наближаються до перехрестя. У моделюванні це реалізується за допомогою логічних сенсорів або спеціальних блоків, які виконують роль точок детекції. Під час перетину автомобілем цієї зони відбувається інкремент змінної-лічильника (наприклад, `queueWest++`), яка відображає довжину черги. Коли автомобіль перетинає стоп-лінію – значення зменшується. На основі поточного значення черги система приймає рішення: або залишити зелений сигнал активним, або перейти до наступної фази [2].

AnyLogic чудово справляється з моделюванням широкого спектра транспортних сценаріїв – від простих маршрутів до складних міських перехресть. Завдяки