

Харченко В. В., кандидат економічних наук, доцент кафедри інформаційних систем і технологій, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0001-5067-7181

e-mail: vkharchenko@nubip.edu.ua

Харченко Г. А., кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджмент ім. проф. Й. С. Завадського, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0002-0705-447X

e-mail: kharchenko.a.a@nubip.edu.ua

Імітаційне моделювання в оцінці ефективності та ризику інвестиційних проєктів

Анотація. Стаття присвячена дослідженню особливостей моделювання при реалізації інвестиційних проєктів з використанням методу Монте-Карло. Метою статті є обґрунтування доцільності використання економіко-математичних моделей для виявлення ризиків інвестиційних проєктів у сільськогосподарському виробництві з урахуванням випадковості факторів. Визначено доцільність використання даного методу під час аналізу проєктів у сільському господарстві. Розглянуто основні характеристики інвестиційного проєкту, що ґрунтуються на тому, що: інвестиції передбачають значні фінансові витрати; віддача від інвестицій може бути отримана через декілька років; у прогнозуванні результатів інвестиційного проєкту присутні елементи ризику і невизначеності. Запропоновано алгоритм аналізу інвестиційних проєктів, що складається з різних етапів. Обґрунтовано важливість дослідження ризиків інвестиційних проєктів у сільськогосподарському виробництві. Розв'язано питання щодо вибору інвестиційного проєкту свиноферми сімейного фермерського господарства. Розраховано суму очікуваної NPV, що становить 63158,80 грн при стандартному відхиленні 43777,90 гривень. Коефіцієнт варіації склав 0,69, тому ризик даного проєкту в цілому нижче середнього ризику інвестиційного портфеля фермерського господарства.

Ключові слова: імітаційне моделювання інвестиційних проєктів; ефективність інвестицій; метод Монте-Карло; інвестиційні ризики; привабливість інвестиційного проєкту.

Kharchenko Volodymyr, PhD (Economics), Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Kharchenko Hanna, PhD (Economics), Associate Professor of the Department of Management named after prof. J. Zavadskiy, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Simulation Modeling in Assessing the Effectiveness and Risk of Investment Projects

Annotation. Introduction. The article deals with the modeling features in the implementation of investment projects using the Monte Carlo method.

The purpose of the article is to substantiate the feasibility of using economic and mathematical models to identify the risks of investment projects in agricultural production, taking into account the randomness of factors.

Results. The expediency of using this method during the analysis of projects in agriculture is determined. This type of modeling is a universal method of research and evaluation of the effectiveness of open systems, the behavior of which depends on the influence of random factors. Particular attention is paid in such cases to decisions on the implementation of investment projects. The expediency of using this method in the analysis of projects in agriculture is determined. The main characteristics of the investment project are considered: investments involve significant financial costs; investment return can be obtained in a few years; there are elements of risk and uncertainty in forecasting the results of the investment project. The algorithm of the analysis of investment projects consisting of various stages is offered. The importance of investigating the risks of investment projects in agricultural production is substantiated. It is investigated that the basis of the Monte Carlo method is a random number generator, which consists of two stages: generation of a normalized random number (uniformly distributed from 0 to 1) and conversion of a random number into an arbitrary distribution law. The task of choosing an investment project for a pig farm is proposed. The calculations revealed that the amount of the expected NPV is UAH 63,158.80 with a standard deviation of UAH 43,777.90. The coefficient of variation was 0.69, so the risk of this project is generally lower than the average risk of the investment portfolio of the farm.

Conclusions. The results of the analysis obtained using the method of Monte Carlo simulation are quite simple to interpret and reflect the change of factors over a significant interval, taking into account the probabilistic nature of economic factors. Thus, this method allows the implementation of the investment project to assess the impact of uncertainty on the final result of the project.

Keywords: simulation modeling of investment projects; investment efficiency; Monte Carlo method; investment risks; attractiveness of investment project.

JEL Classification: C15; M21; O22.

Постановка проблеми. Щодня менеджер приймає управлінські рішення, що стосуються різноманітних питань. У залежності від того, якою інформацією володіє керівник, він може використовувати різні методи прийняття рішень. Одним із таких методів в умовах ризику є імітаційне моделювання. Даний тип моделювання є універсальним методом дослідження та оцінки ефективності відкритих систем, поведінка яких залежить від впливу випадкових факторів. Особлива увага приділяється у таких випадках рішенням щодо впровадження інвестиційних проєктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями моделювання бізнес-процесів займалися багато вчених, таких як: О. Копішинська, О. Карташова, О. Литвинова, А. Лукашов, О. Піддубна, А. Скрипник, Дж. Ханк, К. Карлбенг, А. Райтс та інші. Потребують поглибленого дослідження питання моделювання інноваційних підходів щодо розвитку вітчизняного аграрного підприємництва.

Формулювання цілей дослідження. Метою статті є обґрунтування доцільності використання економіко-математичних моделей для виявлення ризиків інвестиційних проєктів у сільськогосподарському виробництві з урахуванням випадковості факторів. Пропонується використовувати метод Монте-Карло, застосовуючи інструмент генерації рівномірно розподілених псевдовипадкових чисел табличного процесору MS Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. Варто зауважити, що інноваційна модель ефективного функціонування аграрного підприємництва

передбачає пошук нових шляхів розвитку через реалізацію концепції зростаючої ефективності на основі інвестиційних бізнес-процесів [2]. В основі такої моделі лежать інноваційні зміни шляхом планування та реалізації прямих інвестиційних проєктів. Особливістю даної моделі є те, що на початковому етапі її здійснення формується активна інноваційна ідея, що згодом детально опрацьовується в бізнес-плані і втілюється на практиці шляхом реалізації інвестиційного проєкту.

Зазначимо, що будь-який інвестиційний проєкт зазвичай характеризується тим, що: інвестиції передбачають значні фінансові витрати; віддача від інвестицій може бути отримана через декілька років; у прогнозуванні кінцевих результатів інвестиційного проєкту існує відповідна міра ризику та невизначеності [10, 11]. Перераховані вище характеристики зумовлюють необхідність проведення аналізу проєкту на різних етапах (рис. 1), що передбачає: пошук інвестиційних концепцій; аналіз альтернативних інвестиційних проєктів; розроблення бізнес-плану інвестиційного проєкту; розроблення фінансового плану інвестиційного проєкту; оцінку інвестиційного проєкту [4]. Далі здійснюється всебічний аналіз результатів від запровадженого проєкту. Досить важливим в послідовності даних кроків є оцінка ризиків проєкту, що можна здійснювати з використанням різних методів. Після цього потрібно порівняти економічні показники функціонування аграрного формування.

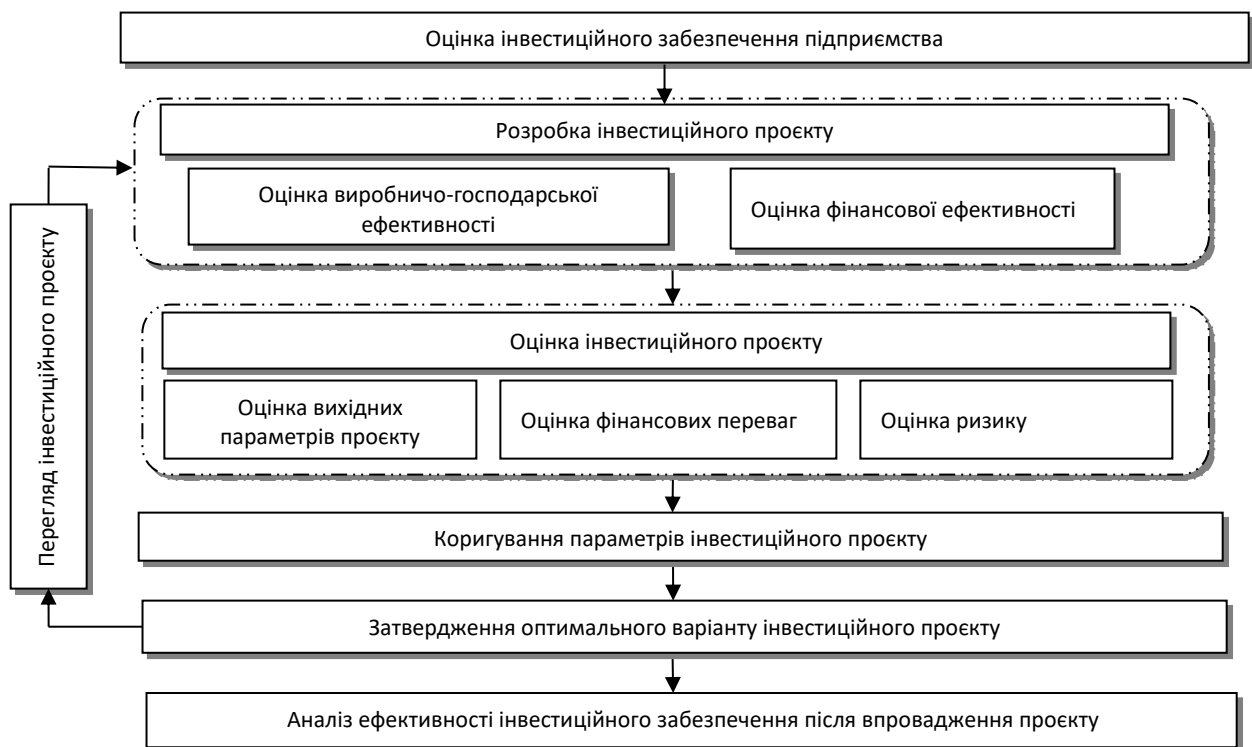


Рисунок 1 – Система оцінки інвестиційного забезпечення підприємства

Джерело: розробка авторів на основі [7]

Зауважимо, що на останніх трьох етапах передінвестиційної фази особливу значущість набуває прогностичний інструментарій аналітика, оскільки саме тут йому потрібно враховувати ступінь впливу ризику і невизначеності на проміжні та кінцеві результати інвестиційного проекту. Як правило, для вирішення даного завдання аналітики використовують усереднені величини стохастичних чинників, а також використовують сценарний підхід, описуючи реалізацію проекту в умовах «песимістичного», «оптимістичного» і «реалістичного» прогнозу. З цієї причини виникають запитання щодо адекватності розробки довгострокових прогнозів та врахування у прогнозі можливості коливань стохастичних чинників [3].

Зазначимо, що в умовах сільськогосподарського виробництва питання дослідження ризику інвестиційних проектів є надто актуальним, оскільки: по-перше, на виробничу діяльність впливає широкий спектр стохастичних факторів, від природно-кліматичних до цінових; по-друге, розмах варіації цих факторів досить широкий; по-третє, сільськогосподарське підприємство – це декілька взаємопов'язаних сільськогосподарських виробництв, що будуть також тісно пов'язані з інвестиційним проектом, наприклад, технологічно чи конкурентно – у процесі розподілу земельних, матеріально-грошових та трудових ресурсів.

Одним з основних векторів удосконалення аналітичної та планової роботи в процесі інвестиційного проектування є використання автоматизованих інформаційних систем. Дані системи дозволяють отримати оцінку ефективності і ризику інвестиційного проекту шляхом багаторазових імітацій стохастичних прогнозів розвитку проекту, в тому числі і підприємства, що реалізує проект [2, 5].

У таких випадках доцільним є використання методу Монте-Карло, що являє собою метод розв'язування математичних задач (систем алгебраїчних, диференціальних, інтегральних рівнянь) і прямого імітаційного моделювання (фізичних, хімічних, економічних процесів, тощо) шляхом одержання та трансформації випадкових чисел. При аналізі функціональної придатності елементів систем

зазвичай застосовують закони розподілів випадкових величин такі як: експоненціальний та нормальний розподіл, розподіл Вейбула [1, 2].

Загальний підхід методу Монте-Карло ґрунтується на центральній граничній теоремі теорії ймовірності, яка обґрунтовує те, що випадкова величина $Y = \sum_{i=1}^N X_i$ дорівнює сумі великої кількості N довільних випадкових величин з однаковими математичними сподіваннями та рівними дисперсіями X_i та σ^2 , завжди розподілена за нормальним законом з математичним сподіванням $N \cdot m$ та дисперсією $N \cdot \sigma^2$. Нормальний закон розподілу характеризується щільністю ймовірності [3, 4]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

де m – математичне сподівання величини X ;

σ^2 – дисперсія величини X .

Зазначимо, що основу методу Монте-Карло складає генератор випадкових чисел. Генерація довільного випадкового числа складається з двох етапів [5, 8]:

- генерація нормалізованого випадкового числа (рівномірно розподіленого від 0 до 1);
- перетворення випадкового числа в довільний закон розподілу.

Зауважимо, що генератор псевдовипадкових чисел – алгоритм, що здійснює генерування певної послідовності, елементи якої майже незалежні один від одного і відповідають заданому закону. На практиці у більшості випадків застосовують програмні методи генерації. Одним із таких у середовищі Microsoft Visual Studio є параметрична функція генерування випадкових чисел – `random`. Зокрема, функція `MVNRND` – це функція генерації псевдовипадкових чисел за багатовимірним нормальним розподілом.

У процесі дослідження було запропоновано та вирішено задачу щодо вибору інвестиційного проекту свиноферми сімейного фермерського господарства. Так, під час попереднього аналізу встановлено три ключові параметри даного проекту і визначені можливі інтервали їх змін (табл. 1).

Таблиця 1 Змінні параметри проекту свиноферми сімейного фермерського господарства за інвестиційним проектом

Показник	Змінна	Сценарій	
		песимістичний	оптимістичний
Обсяг виробництва, ц	Q	41	54
Ціна реалізації 1 ц, грн.	P	4200	5200
Змінні витрати на 1 ц продукції, грн	V	2500	2700

Джерело: власні розрахунки авторів

При цьому припускається, що всі решта параметрів даного проекту вважаються постійними (табл. 2).

Таблиця 2 Незмінні параметри проєкту свиноферми сімейного фермерського господарства за інвестиційним проєктом

Показник	Змінна	Найбільш імовірне значення
Сталі витрати, грн	F	15000
Амортизація	A	1000
Податок на прибуток, %	T	18
Норма дисконту, %	r	15
Термін проєкту, років	n	4
Початкові інвестиції, грн	I ₀	150000

Джерело: власні розрахунки авторів

З метою здійснення імітаційного експерименту було застосовано таку послідовність етапів [7]:

1. Встановлення взаємозв'язків між початковими та вихідними показниками у формі певного математичного рівняння чи нерівності.
2. Завдання законів розподілу ймовірностей щодо ключових параметрів моделі.
3. Здійснення процесу імітації значень ключових параметрів досліджуваної моделі.
4. Розрахунок основних характеристик розподілів початкових та вихідних показників.
5. Проведення аналізу отриманих результатів і прийняття обґрунтованих рішень.

На першому етапі даного алгоритму було встановлено залежність результативного показника від початкових. При цьому у якості такого показника було обрано чисту поточну (теперішню) вартість проєкту NPV [7, 8]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (2)$$

де NCF_t – величина чистого потоку платежів у періоді t.

З метою спрощення вважалося, що потік платежів, що генерується проєктом, має вигляд ануїтету. Звідси величина потоку платежів NCF для будь-якого періоду t буде однаковою та може бути знайдена зі співвідношення [4]:

$$NCF_t = ((P - V) \cdot Q - A - F) \cdot (1 - T) + A \quad (3)$$

На другому етапі алгоритму було обрано закони розподілу ймовірностей ключових змінних. Припускалося, що всі ключові змінні мають рівномірний розподіл ймовірності.

Реалізація третього етапу алгоритму – імітаційного моделювання відбувалася із використанням засобів програмування табличного процесора MS Excel, а саме функцій MS Excel та інструмента Генератор випадкових чисел. Варто зазначити, що з метою достовірності результатів імітаційне моделювання здійснюють у діапазоні від 500 до 2000 ітерацій. Одержані результати чистої приведеної вартості надалі будуть використовуватися з метою побудови графіку щільності розподілу NPV відносно математичного сподівання та стандартного відхилення. Зазначимо, що під час ітерацій здійснюється випадкове встановлення значень шуканих змінних із вказаного інтервалу згідно із ймовірністю та умовами кореляції.

Після всіх проведених етапів моделювання було отримано результативні дані (табл. 3). Одержані результати обґрунтовують ризик інвестиційного проєкту (показники математичного сподівання, стандартного відхилення, коефіцієнт варіації, сума збитків чи доходів по всіх імітаціях NPV).

Таблиця 3 Результати аналізу проєкту

Показники	Змінні витрати (V)	Кількість (Q)	Ціна (P)	Надходження (NCF)	NPV
Середнє значення	2601,606	47,652	4705,048	64 275	33503,84
Стандартне відхилення	58,13331888	3,971762329	298,8166356	13 411	38287,89
Коефіцієнт варіації	0,022345166	0,083349331	0,063509795	0	1,14
Мінімум	2500	41	4200	34 049	-52790,04
Максимум	2700	54	5199	97 091	127192,36
Число випадків					109,00
Сума збитків по всіх імітаціях NPV<0					-1844851,38
Сума доходів по всіх імітаціях NPV>0					18596769,85
Ймовірність появи NPV<0					0,0902

Джерело: власні розрахунки авторів.

Отже, отримані показники чітко відображають несумірність суми можливого рівня збитків відносно саме загальної суми доходів. Величина очікуваної NPV

дорівнює 33503,84 грн при стандартному відхиленні 38287,89 гривень.

Також для даного інвестиційного проєкту визначено коефіцієнт варіації. Він визначається як

стандартне відхилення результативного показника, що поділений на його очікувану вартість. За умови позитивної очікуваної вартості чим нижчий коефіцієнт варіації, тим меншим буде ризик відповідного проекту. У такому випадку коефіцієнт варіації складає 1,14. Даний показник є абсолютним, і його варто використовувати з метою проведення порівняння альтернативних інвестиційних проектів.

Також були проведені розрахунки для терміну проекту на п'ять років. У цьому випадку сума очікуваної NPV становить 63158,80 грн при стандартному відхиленні 43777,90 грн. Коефіцієнт варіації склав 0,69, тому ризик даного проекту в цілому нижче середнього ризику інвестиційного портфеля фермерського господарства.

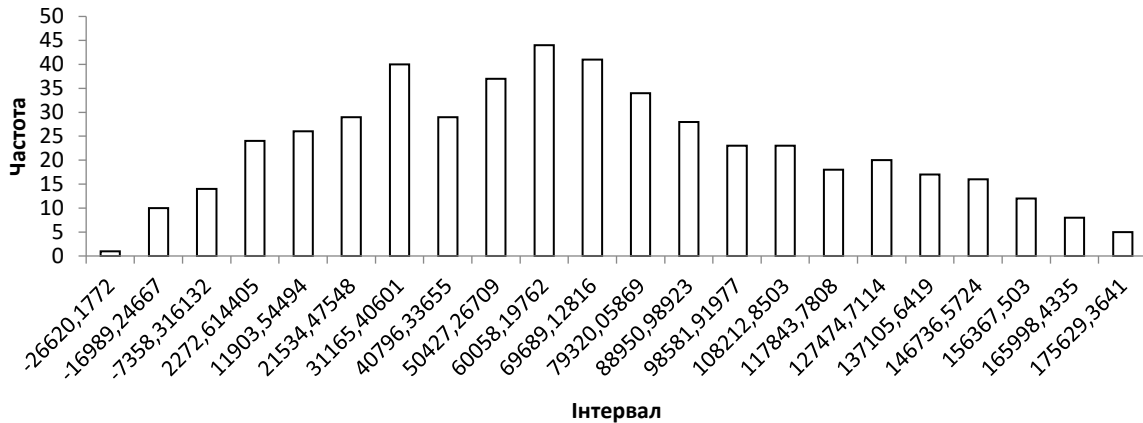


Рисунок 2 – Гістограма розподілу випадкових величин значень NPV

Джерело: власні розрахунки авторів

Зазначимо, що найбільше значень знаходиться в межах 11903,54 грн до 88950,98 грн. Сумарна кількість від'ємних значень чистої приведеної вартості проекту в даній вибірці складає 33 з 500. При цьому ймовірність появи величина NPV менше 0 дорівнює 1,2%. Отже, проведеним дослідженням встановлено, що термін найоптимальнішого проекту має складати п'ять років.

Висновки. Впровадження інвестиційних проектів не можливе без аналізу їх ризиків. Запропонований підхід оптимального вибору інвестиційного проекту свиноферми сімейного фермерського господарства, що аналізувався з використанням інструментарію табличного процесора MS Excel 2016 генератор випадкових чисел, дає підстави стверджувати, що

найбільш оптимальний термін його реалізації складає 5 років. За таких умов сума очікуваної чистої приведеної вартості проекту складатиме 63158,80 грн при стандартному відхиленні 43777,90 грн. Результати аналізу, одержані за допомогою методу імітаційного моделювання Монте-Карло, є досить просто інтерпретовані та відображають облік зміни факторів на значному інтервалі, враховуючи ймовірнісну природу економічних факторів. Таким чином, цей метод дозволяє менеджеру оцінити вплив невизначеності на кінцевий результат при реалізації інвестиційного проекту та прийняти оптимальне управлінське рішення.

Література:

1. Бланк И. А. Управление финансовыми рисками. К. : Ника-Центр, 2005. 600 с.
2. Карлберг К. Бизнес-анализ с помощью Microsoft Excel. М. : Вильямс, 2002. 448 с.
3. Копішинська О. П., Уткін Ю. В., Карташова О. Г. Застосування методу Монте-Карло для підтримки прийняття рішень щодо розподілу інвестицій. *Актуальні проблеми економіки*. 2017. №5(191). С. 199-207.
4. Лукасевич И. Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений : учеб. пособие для вузов. М. : Финансы, 1998. 400 с.
5. Лукашов А. В. Метод Монте-Карло для финансовых аналитиков: краткий путеводитель. *Управление корпоративными финансами*. 2007. №1. С. 22-39.
6. Піддубна О. О., Литвинова О. Б. Методи імітаційного моделювання в аналізі економічних систем. *Інвестиції: практика та досвід*. 2013. № 24. С. 65-69.
7. Харченко В. В., Харченко Г. А. Інноваційно-інвестиційне забезпечення формування ресурсного потенціалу сільськогосподарських підприємств : монографія. Київ : Компринт, 2015. 268 с.
8. Alexander Suhobokov (2007). Application of Monte Carlo simulation methods in risk management. *Journal of Business Economics and Management*, 8:3, 165-168. <https://doi.org/10.1080/16111699.2007.9636165>.
9. Burger E. B., Starbird M. P. (2005). *The Heart of Mathematics: An Invitation to Effective Thinking*. New York: Springer-Verlag.

10. Kharchenko H., Kharchenko V., Malak-Rawlikowska A. (2018). Investment expenditures in Ukrainian agricultural enterprises: prognosis and development of appropriate investment strategy. *Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich*, 105(2), 71-81. DOI: 10.22630/RNR.2018.105.2.17.
11. Kadebska E., Kharchenko H., Kharchenko V., Tereshchenko S., Doroshenko H. (2020). An analysis of modelling of the consumption of organic products and strategic for increasing its production in Ukraine. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(8s), 250-257. URL: <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/10496>.

References:

1. Blank, I. A. (2005). *Upravlenye fyansovymy ryskamy*. Kyiv. Nyka-Tsentr [in Russ.].
2. Karlberg, K. (2002). *Biznes-analiz s pomoshchiu Microsoft Excel* (2nd ed). Moskva. Viliams [in Russ.].
3. Kopishyn's'ka, O., Utkin, Yu., Kartashova, O. (2017). Application of the Monte Carlo method to support decision-making on the allocation of investments. *Actual problems of economics*, 5 (191), 199-207 [in Ukrainian].
4. Lukasevych, Y. (1998). *Analyz fyansovykh operatsiy. Metody, modely, tekhnika vychysleniy*. Moskva: Fynansy [in Russ.].
5. Lukashov, A. (2007). Monte Carlo Method for Financial Analysts: A Short Guide. *Upravlenie korporativnymi finansami*, 1, 22-39 [in Russ.].
6. Piddubna, O. & Lytvynova, O. (2013). Methods of simulation modeling in the analysis of economic systems. *Investytsii: praktyka ta dosvid*, 24, 65-69 [in Ukrainian].
7. Kharchenko, V., Kharchenko, H. (2015). *Innovacijno-investytsijne zabezpechennja formuvannja resursnogoho potencialu sil's'kokhospodars'kykh pidpryemstv*. Kyiv: Komprint [in Ukrainian].
8. Burger, E. B., Starbird, M. P. (2005). *The Heart of Mathematics: an Invitation to Effective Thinking*. New York: Springer-Verlag, p. 546.
9. Suhobokov, A. (2007). Application of Monte Carlo simulation methods in risk management. *Journal of Business Economics and Management*, 8:3, 165-168. <https://doi.org/10.1080/16111699.2007.9636165>.
10. Kharchenko, H., Kharchenko, V. & Malak-Rawlikowska, A. (2018). Investment expenditures in Ukrainian agricultural enterprises: prognosis and development of appropriate investment strategy. *Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich*, 105(2), 71-81. DOI: 10.22630/RNR.2018.105.2.17.
11. Kadebska, E., Kharchenko, H., Kharchenko, V., Tereshchenko, S. & Doroshenko, H. (2020). An analysis of modelling of the consumption of organic products and strategic for increasing its production in Ukraine. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(8s), 250-257. Retrieved from <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/10496>.



Ця робота ліцензована Creative Commons Attribution 4.0 International License