УДК 519.86:004.896
DOI: https://doi.org/10.32782/business-navigator.78-57

**Макаревич О.В.**
кандидат економічних наук,
доцент кафедри економіки і права
*Національний університет харчових технологій*
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2415-7929
**Михайлик О.М.**
кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економіки і права
*Національний університет харчових технологій*
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0526-1130

**Makarevych Olha**
Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor at the Department of Economic and Law
*National University of Food Technologies*
**Mykhailyk Olha**
Candidate of Economic Sciences, Docent,
Associate Professor at the Department of Economic and Law
*National University of Food Technologies*

# ІНСТРУМЕНТИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

# INSTRUMENTS FOR MODELING ECONOMIC PROCESSES USING MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF PROVIDING THE DIGITAL ECONOMY

У статті розглянуто сучасні інформаційні технологічні рішення, що спрощують та пришвидшують виконання рутинної праці персоналом підприємства у бізнес-процесах, які піддаються опису інструментами моделювання економічних процесів на основі алгоритмів з використанням штучного інтелекту, машинного навчання та імітації. З метою прийняття вдалих управлінських рішень та виконання поставлених задач за найменших часових, фінансових і трудових витрат запропоновано доповнити класичні етапи моделювання економічного процесу розробкою програмного забезпечення. Обґрунтовано, що поєднання цифрових інструментів та моделювання сприяє мінімізації ризиків, пришвидшує реалізацію задач та ефективності розвитку бізнесу. Результати можуть бути використанні для подальших досліджень, навчання та практичного застосування в економіці.

**Ключові слова:** моделювання економічних процесів, інформаційні технології, цифрова економіка, економіко-математичне моделювання, інформаційні системи.

In the article is considered to modern information technological solutions that simplify and accelerate the performance of routine work by enterprise staff in business processes, which can be described by instruments for modeling economic processes based on algorithms using artificial intelligence, machine learning and imitation. Modeling of economic processes using information technologies has become an integral tool for making justified management decisions and strategic planning of enterprises activities. Modern computer technologies make it possible to create complex economic models that take into account numerous factors of influence and their connections, providing high accuracy of forecasts and the ability of quickly respond to changes in the market environment. In the conditions of economy digital transformation, is gaining special relevance the synergy of mathematical modeling methods with advanced information technologies. In the article is proposed to supplement the classical stages of modeling economic process with software development. The steps are: 1. The Statement of an economic problem (task). 2. Construction of a numerical economic and mathematical model of a system (object). 3. Mathematical analysis of the model. 4. Preparation of initial information. 5. Solving the problem on the basis of the developed model. 6. Setting tasks for IT developers to describe a working algorithm by programming language. 7. Approbation of information technology. 8. Analysis of numerical results and decision-making – the use of information technology – software to simplify and speed up decision-making. In order to make successful

management decisions and perform tasks with the least time, financial and labor costs, it is necessary: to apply Machine Learning, regression and classification algorithms to predict key production indicators and improve the quality of managerial decision-making; Machine learning algorithms for building optimization models, formation of optimal logistics routes for products delivery, forecasting cash inflows, Queue management and personalized customer experience by analyzing customer behavior. The results can be used for further research, training and practical application in economics.

**Keywords:** modeling of economic processes, information technologies, digital economy, economic and mathematical modeling, information systems.

**Постановка проблеми.** Сучасний етап розвитку економіки характеризується стрімким зростанням складності та динамічності економічних процесів, що вимагає застосування передових методів їх аналізу та прогнозування. Моделювання економічних процесів з використанням інформаційних технологій стало невід'ємним інструментом для прийняття обґрунтованих управлінських рішень та стратегічного планування діяльності підприємств. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють створювати складні економічні моделі, які враховують численні фактори впливу та їх взаємозв'язки, забезпечуючи високу точність прогнозів та можливість швидкого реагування на зміни ринкового середовища.

В умовах цифрової трансформації економіки особливої актуальності набуває інтеграція методів математичного моделювання з передовими інформаційними технологіями, такими як штучний інтелект, машинне навчання та аналіз великих даних. Це дозволяє не лише автоматизувати процеси обробки економічної інформації, але й виявляти приховані закономірності та тренди, що може стати ключовим фактором конкурентної переваги в сучасному бізнес-середовищі. Подальший розвиток методів економічного моделювання нерозривно пов'язаний з удосконаленням інформаційних технологій та розширенням їх можливостей у сфері аналізу та прогнозування економічних явищ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження проблематики використання інформаційних технологій для моделювання економічних процесів набуло значного поширення в останні роки.

Значна увага дослідників спрямована на висвітлення застосування методів економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій в прогнозуванні та оптимізації бізнес-процесів. Серед наукових праць, присвячених впровадженню методів математичного моделювання важливо виділити науковий доробок В.В. Вітлінського та В.І. Скіцько. Автори зазначають, що перспективними напрямками у моделюванні логістичних систем є алгоритми колективного штучного інтелекту, когнітивні технології, мережі Петрі, нечіткі множини та нечітка логіка, нейронні мережі, а також залишається актуальною теорія черг (теорія масового обслуговування) [1].

Короленко О.Б. та Ільченко В.О. у своєму дослідженні виділили основні способи та переваги використання економетричних моделей у прийнятті стратегічних рішень [2]. О. Кушнір обґрунтовує практичну цінність застосування технологій Big Data для забезпечення ефективної діяльності суб’єктів господарювання [3]. І.Г. Гелич наводить переваги та недоліки використання програмних засобів для вирішення економетричних завдань [4, с. 74–76].

Важливо виділити наукову працю Ю.І. Грудзевич та О.В. Скорук, які сформували переваги комплексного підходу до цифровізації в контексті адаптації моделей до специфічних галузевих потреб та довели, що поєднання цифровізації та моделювання сприяє мінімізації ризиків та розробці гнучких моделей адаптації підприємств до ринкових змін [5].

Однак, незважаючи на значну кількість наукових праць та проведених досліджень, існує потреба у поглибленні знань щодо застосування цифрових інструментів у моделюванні економічних процесів.

**Формулювання завдання дослідження.** Метою дослідження стала демонстрація прямої залежності розробки алгоритмів роботи інформаційних технологій з математичними моделями економічних процесів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Динамічність бізнес-процесів та явищ ставлять нові виклики у здійсненні оцінки, аналізу і моделювання економічних процесів для пришвидшення прийняття рішень, що потребує використання інформаційних технологій. Пов’язані з цим дослідження не втрачають популярності серед науковців, теоретиків і практиків ведення бізнесу.

Економіко-математичне моделювання як фундаментальний підхід до дослідження економічних процесів представляє собою інтегровану систему взаємопов'язаних економічних та математичних дисциплін. Цей метод дослідження передбачає трансформацію економічних явищ у математичні конструкції з подальшим аналізом отриманої моделі за допомогою математичного інструментарію. Такий підхід дозволяє створити формалізований опис досліджуваного об'єкта та провести його всебічне вивчення через призму математичних методів.

Втім, практична реалізація економіко-математичних моделей стикається з певними обмеженнями, пов'язаними як з можливостями числових методів, так і з технічними характеристиками обчислювальних систем. Це створює передумови для пошуку балансу між складністю моделі та її практичною застосованістю. Раціоналізація моделі часто стає необхідним кроком для оптимізації ресурсів, витрачених на моделювання, та підвищення ефективності отримання аналітичних даних.

Проте надмірне спрощення математичної інтерпретації економічних процесів може призвести до суттєвого відхилення від реальності та викривлення кінцевих результатів дослідження. Це створює ризик формування хибних висновків та прийняття неефективних управлінських рішень. Таким чином, процес моделювання вимагає виваженого підходу до балансування між точністю відображення економічної реальності та практичною реалізованістю математичної моделі.

Задовільнити дану потребу здатні інформаційні технології, які розробляють на основі алгоритмів ретельно описаних економічних процесів за допомогою методів моделювання.

Відповідно, з такою метою витрачається чимало часу та зусиль на створення ефективно працюючої технології – моделювання економічного процесу із застосуванням інформаційних технологій. Класичні етапи моделювання економічного процесу за таких умов варто розширити розробкою програмного забезпечення. Тоді, етапи виглядатимуть так:

1. Постановка економічної проблеми (задачі).
2. Побудова числової економіко-математичної моделі системи (об'єкта).
3. Математичний аналіз моделі.
4. Підготовка вихідної інформації.
5. Розв'язання задачі на базі розробленої моделі.
6. Постановка задачі IT розробникам опису працюючого алгоритму мовою програмування.
7. Апробація інформаційної технології.
8. Аналіз числових результатів і прийняття рішень – застосування інформаційної технології – програмного забезпечення для спрощення і пришвидшення прийняття рішення.

Забезпечення поетапності моделювання економічних процесів із використанням інформаційних технологій ставить вимоги, яким слід відповідати: структурованість і чіткість задач, достовірності вхідних та вихідних даних, верифікація результатів, валідація застосованої (-их) моделі (- ей), злагоджений і комплексний підхід до побудови, окреслення функцій і завдань виконавцям та реалізаторам кожного етапу, якісний менеджмент.

Формування попиту на програмне забезпечення і розвиток інформаційних технологій сприяє посиленню конкуренції, збільшенню пропозиції та зростанню процесів із їх застосуванням. Гонитва за першістю в бізнесі створила умови для використання, крім імітаційного моделювання на основі алгоритмів, технології штучного інтелекту та машинного навчання. Таким чином, їхнє поєднання створює ідеї для розробки інструментів аналізу великих даних та досягнення ймовірних результатів:

1. Застосовувати алгоритми Machine Learning, регресії та класифікації для прогнозування ключових показників виробництва та підвищити якість прийняття управлінських рішень.
2. Застосовувати алгоритми машинного навчання для побудови оптимізаційних моделей, формування оптимальних логістичних шляхів доставки продукції, прогнозування надходжень грошових коштів, управління чергами тощо.
3. Забезпечувати персоналізований клієнтський досвід за рахунок аналізу поведінки клієнтів [6].

Відповідно, економічна наука та бажання отримання перелічених вигід із розвитком цифрової економіки сприяє популяризації моделювання економічних процесів на основі інформаційних інструментів, де вони виступають потужним інструментом аналізу та прогнозування складних економічних явищ, базуючись на синергії математичних методів та економічних теорій. Іншими словами, постійні виклики поставлені бізнесом у пошуках вирішення ціною «найменших втрат» сприяють розширенню сучасного інструментарію економіко-математичного моделювання через спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволяє вирішувати різноманітні аналітичні завдання з високою точністю та ефективністю.

Провідне місце серед них займають потужні аналітичні платформи, такі як MATLAB (користуються попитом спеціалізовані пакети Econometrics Toolbox та Financial Toolbox), що пропонують розширений набір інструментів для економетричного моделювання та прогнозування. Особливу увагу привертає система R, яка завдяки своїй відкритості та багатій екосистемі пакетів дозволяє реалізовувати складні економічні моделі та візуалізувати результати аналізу. Доступними та популярними аналогами є GNU Octave, SciLab.

Для бізнес-моделювання та стратегічного планування широко застосовуються такі інструменти як AnyLogic та PowerSim, які надають можливість створювати динамічні імітаційні моделі економічних систем з урахуванням численних факторів впливу. Відомим є також Python з його потужними бібліотеками pandas, numpy та scikit-learn, що дозволяють ефективно обробляти великі масиви економічних даних та будувати предикативні моделі. Вагоме значення мають статистичні пакети, такі як SPSS і Stata, які пропонують багато методів економетричного аналізу та моделювання часових рядів.

В контексті оптимізаційного моделювання варто відзначити системи GAMS та AMPL, які спеціалізуються на вирішенні складних задач математичного програмування в економіці. Для візуалізації та аналізу бізнес-процесів активно використовуються такі інструменти як Arena та FlexSim, що дозволяють створювати детальні імітаційні моделі виробничих та логістичних систем.

Моделювання економічних процесів з використанням інформаційних технологій сприяло створенню разом з програмним забезпеченням (задля спрощення і пришвидшення виконання математичних обрахунків, аналізу та оцінки) систем для управління цілою бізнес-структурою і координації дій. Такими програмними рішеннями для комплексного управління ресурсами підприємств, інтеграції бізнес-процесів, оптимізації планування та звітності є ERP-системи. Серед яких найбільш відомі SAP ERP, Microsoft Dynamics 365, Oracle ERP Cloud, Bitrix24 (поєднує і CRM), Terrasoft. Потреба обробки таких об’ємів даних, що включають цикли, процеси і всі структури компанії створило попит на хмарні платформи (перевага яких відсутність потреби у стаціонарних серверах, а отже зменшення витрат), такі як SageMaker від Amazon та Azure Machine Learning від Microsoft, які надають одночасно доступ до потужних обчислювальних ресурсів та передових алгоритмів машинного навчання для економічного моделювання.

**Висновки.** Проведене дослідження підтверджує, що інформаційні технології, за використання методів і моделей економіко-математичного характеру, підсилюють ефективність свого використання і мають досвід розробки та впровадження оптимізаційних й предиктивних моделей із застосуванням технологій штучного інтелекту, машинного навчання та імітації, які допомагають бізнесу:

– у проведенні комплексного технологічного і фінансового аудиту існуючої інфраструктури та бізнес-процесів організації з метою виявлення потенціалу для впровадження інноваційних рішень;

– через застосування інформаційних технологій простіше врахувати специфіку галузі та уні-

кальні потреби підприємств в економічному аналізі та оцінці;

– розробка та налаштування предиктивних моделей та оптимізаційних алгоритмів, які базуються на передових методах машинного навчання та штучного інтелекту забезпечують інтеграцію управлінських рішень і ризиків на основі моделювання у наявну IT-екосистему компанії з урахуванням усіх технічних вимог та обмежень;

– налагодження процесів постійного моніторингу, вдосконалення та технічна підтримка впроваджених систем для забезпечення їх ефективної роботи.

Що створює комплексний підхід для автоматизації рутинних дій, суттєво підвищує якість аналітики, прогнозування та прийняття управлінських рішень – формує міцний фундамент для сталого розвитку бізнесу в умовах цифрової економіки та посилення конкурентних переваг на ринку.

## Список використаних джерел:


1. Вітлінський В.В., Скіцько В.І. Гібридизація аналітичних моделей та штучного інтелекту в управлінні логістичними системами. *Ефективна економіка*. 2020. № 3. DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.3.8 (дата звернення: 27.01.2025).
2. Короленко О.Б., Ільченко В.О. Роль економетричних моделей у прийнятті стратегічних рішень на підприємствах. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки».* 2024. № 10. DOI: https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-10-10435
3. Гевлич І.Г. Використання прикладних програм та навичок програмування при вирішенні економетричних задач. *Економіка і організація управління*. 2024. № 2(54). С. 69–79. DOI: https://doi.org/10.31558/2307-2318.2024.2.6
4. Скорук О.В., Грудзевич Ю.І. Інтеграція цифрових технологій та економіко-математичного моделювання в бізнес-процесах підприємств. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. № 6 (15). С. 81–85. DOI: https://doi.org/10.32782/dees.15-12
5. Цифрова трансформація економіки: мікро- та макроаспекти: колективна монографія / за заг. ред. Н.А. Мазур, д.е.н., проф. Кам'янець-Подільськ. нац. ун-т ім. І. Огієнка. Чернівці : Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2022. 440 с.
6. Технології штучного інтелекту та машинного навчання у бізнесі. URL: https://metinvest.digital/ua/page/1017 (дата звернення: 27.01.2025).


## References:


1. Vitlinskyi V. V., Skitsko V. I. (2020) Hibrydyzatsiia analitychnykh modelei ta shtuchnoho intelektu v upravlinni lohistychnymy systemamy [Hybridization of analytical models and artificial intelligence in the management of logistics systems]. *Efektyvna ekonomika – Effective economic*, vol. 3. DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.3.8 (accessed: January 27, 2025).
2. Korolenko O. B., Ilchenko V. O. (2024) Rol ekonometrychnykh modelei u pryiniatti stratehichnykh rishen na pidpryiemstvakh [The Role of Econometric Models in Strategic Decision-Making at Enterprises]. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal "Internauka". Seriia: "Ekonomichni nauky" – International scientific journal "Internauka". Series: "Economic Sciences"*, vol. 10. DOI: https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-10-10435
3. Hevlich I. G. (2024) Vykorystannia prykladnykh prohram ta navychok prohramuvannia pry vyrishenni ekonometrychnykh zadach [The use of application programs and programming skills in solving econometric problems]. *Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia – Economics and Management Organization*, vol. 2(54). pp. 69–79. DOI: https://doi.org/10.31558/2307-2318.2024.2.6
4. Skoruk O. V., Grudzevych Y. I. (2024) Intehratsiia tsyfrovykh tekhnolohii ta ekonomiko-matematychnoho modeliuvannia v biznes-protsesakh pidpryiemstv [Integration of digital technologies and economic and mathematical modeling in business processes of enterprises]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka – Digital economy and economic security,* vol. 6 (15). pp. 81–85. DOI: https://doi.org/10.32782/dees.15-12
5. *Tsyfrova transformatsiia ekonomiky: mikro- ta makroaspekty: kolektyvna monohrafiia* (2022) [Digital transformation of the economy: micro and macro aspects: collective monograph] / za zah. red. N. A. Mazur, d.e.n., prof. Kamianets-Podilsk. nats. un-t im. I. Ohiienka. Chernivtsi : Chernivets. nats. un-t im. Yu. Fedkovycha, 440 p. (in Ukrainian)
6. Artificial Intelligence and Machine Learning Technologies in Business [Tekhnolohii shtuchnoho intelektu ta mashynnoho navchannia u biznesi]. Available at: https://metinvest.digital/ua/page/1017 (accessed January 27, 2025).