

ІНТЕГРАЦІЯ DIGITAL-ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

INTEGRATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING IN THE CONDITIONS OF DIGITAL ECONOMY DEVELOPMENT

У статті досліджено процеси інтеграції digital-технологій та економіко-математичного моделювання в умовах цифрової економіки, що формують нові підходи до аналізу та управління економічними процесами. Розглянуто вплив цифрових технологій на економіко-математичне моделювання та оптимізацію управлінських рішень, що дозволяє підвищити ефективність господарської діяльності підприємств. Проаналізовано функціональні можливості сучасних цифрових платформ та аналітичних інструментів, які сприяють удосконаленню прогнозування та управління фінансовими потоками. Визначено стратегічні аспекти інтеграції цифрових рішень у бізнес-процеси підприємств, що забезпечують їх функціональну адаптацію до динамічних змін ринку. Обґрунтовано необхідність поєднання економіко-математичних моделей із технологіями штучного інтелекту та великих даних для отримання високоточної аналітики. Доведено, що інтеграція цифрових технологій у моделювання сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств, дозволяючи їм оперативно реагувати на виклики цифрової економіки.

Ключові слова: digital-технології, економіко-математичне моделювання, цифрова економіка, управлінські рішення, статистичне моделювання, цифрова трансформація, конкурентоспроможність, економетричні методи, статистичні методи.

The purpose of the article is to study the processes of integration of digital technologies and economic and mathematical modeling in the context of the development of the digital economy, to substantiate their impact on managerial decision-making, and to assess the effectiveness of such approaches to increasing the competitiveness of enterprises. The research methodology is based on a systematic approach to the analysis of the integration of digital technologies and economic and mathematical modeling. The methods of economic and mathematical analysis, comparative analysis and forecasting were used. An abstract approach was applied to assessing the effectiveness of digital technologies in the process of making managerial decisions. Empirical data on the digital transformation of the economy were used, as well as an analysis of the regulatory and legal aspects of digitalization. Based on the method of logical generalization, approaches to the integration of digital technologies into business processes were determined. The article examines the processes of integration of digital technologies and economic and mathematical modeling in the digital economy, which form new approaches to the analysis and management of economic processes. The impact of digital technologies on economic and mathematical modeling and optimization of management decisions, which allows to increase the efficiency of economic activities of enterprises, is considered. The functional capabilities of modern digital platforms and analytical tools that contribute to the improvement of forecasting and management of financial flows are analyzed. The strategic aspects of integrating digital solutions into the business processes of enterprises are determined, which ensure their functional adaptation to dynamic market changes. The need to combine economic and mathematical models with artificial intelligence and big data technologies to obtain high-precision analytics is substantiated. It is proven that the integration of digital technologies into modeling helps to increase the competitiveness of enterprises, allowing them to respond promptly to the challenges of the digital economy.

Key words: digital technologies, economic and mathematical modeling, digital economy, management decisions, statistical modeling, digital transformation, competitiveness, econometric methods, statistical methods.

УДК 330.46

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.16-13>

Бегун С.І.¹

к.е.н., доцент,
Волинський національний університет
імені Лесі Українки

Подзізей О.О.²

доктор філософії (PhD in Economics),
Волинський національний університет
імені Лесі Українки

Begun Svitlana

Lesya Ukrainka Volyn National University

Podzizei Oleh

Lesya Ukrainka Volyn National University

Постановка проблеми. Питання інтеграції digital-технологій та економіко-математичного моделювання у бізнес-процеси в умовах цифрової економіки є ключовим питанням сучасного наукового дискурсу, що визначає ефективність управління бізнес-процесами та стратегічного розвитку підприємств. Стрімкі темпи цифровізації змінюють традиційні підходи до прийняття управлінських рішень, зумовлюючи необхідність використання аналітичних інструментів, які дозволяють обробляти великі обсяги даних та оптимізувати фінансові стратегії. Однак багато суб'єктів

господарювання стикаються з труднощами впровадження цифрових рішень, що пов'язано як із високими витратами, так і з недостатньою адаптацією економіко-математичних моделей до швидкозмінного бізнес-середовища.

Сучасні математичні моделі розроблялися в умовах відносно стабільного ринку, де традиційні змінні, такі як грошові потоки, процентні ставки та ринкові мультиплікатори, мали передбачуваний вплив на економічні результати. Проте цифрова економіка руйнує класичні залежності, вводячи нові параметри: поведінкову аналітику,

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1689-4048>

² ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3646-7687>

алгоритмічну обробку даних, штучний інтелект, блокчейн тощо. Постає питання: чи здатні існуючі моделі адекватно відображати реалії цифрової економіки, де швидкість адаптації до змін є вирішальним фактором конкурентоспроможності?

Важливою проблемою в даному аспекті є також коректність інтеграції digital-технологій у процеси економічного моделювання. З одного боку, інструменти машинного навчання та автоматизованого аналізу даних забезпечують точніші прогнози, проте їх використання часто супроводжується проблемами інтерпретованості та прозорості прийнятих рішень. Тому на практиці багато підприємств покладаються на алгоритми, не розуміючи механізмів їхньої роботи, що створює ризики стратегічних помилок. Крім того, існує проблема сумісності нових цифрових технологій із традиційними методами фінансового аналізу, що ускладнює комплексну оцінку ефективності бізнес-моделей.

Таким чином, визначені проблеми обумовлюють актуальність наукового обґрунтування інтеграції digital-технологій та економіко-математичного моделювання для побудови конкурентоспроможних бізнес-стратегій підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження інтеграції digital-технологій та економіко-математичного моделювання в умовах цифрової економіки є предметом наукових дискусій у економічній сфері. При цьому варто відзначити роботи Тетяни Шматковської [7; 8], у яких розглянуто засади оптимізаційних методів і рівноважних моделей, що широко використовуються у макрота мікроекономічному аналізі. Проте, із поширенням цифрових технологій зростає потреба у розширенні цих моделей з урахуванням нових факторів, зокрема великих масивів даних (big data) та машинного навчання. Водночас напрацювання Євгена Кирилюка [5] підкреслюють важливість цифрової економіки як драйвера змін у традиційних методах оцінки ефективності бізнесу та формування стратегій прийняття рішень.

Дослідження взаємозв'язку цифрових технологій та економіко-математичних методів, проведене у роботі Олени Яцух [10], демонструє, що цифрові бізнес-моделі базуються на аналізі великих обсягів структурованих та неструктурованих даних, що унеможлиблює використання класичних статистичних моделей без їх модифікації. Авторка пропонує інтеграцію моделей прогнозного аналізу з алгоритмічним машинним навчанням для розширення можливостей оцінки поведінки споживачів та розробки адаптивних управлінських стратегій.

Окрему увагу варто приділити фінансовому моделюванню в цифровій економіці, що розкрито у дослідженні Валентини Якубів [9], яка доводить, що сучасні цифрові компанії вимагають перегляду класичних підходів до оцінки вартості, оскільки їхня діяльність дедалі більше базується на

нематеріальних активах, аналітиці даних та цифрових екосистемах. Подібні ідеї підтверджують дослідження Миколи Карліна [4], який акцентує увагу на необхідності використання збалансованих показників ефективності в умовах цифровізації бізнесу.

Проблематика адаптації економіко-математичних моделей до умов цифрової економіки широко висвітлена у працях Миколи Дзямучича [1; 2; 3], який аналізує вплив автоматизації та штучного інтелекту на ринки праці та структуру виробництва. Автор зазначає, що традиційні факторні моделі виробничих функцій поступово втрачають свою релевантність через нові цифрові процеси, що потребує модифікації підходів до оцінки продуктивності та економічного зростання.

Отже, аналіз літератури свідчить, що інтеграція digital-технологій та економіко-математичного моделювання є багатовимірним процесом, що вимагає переосмислення традиційних методів аналізу, модифікації фінансових та економічних моделей, а також активного впровадження передових технологій для забезпечення стійкого розвитку підприємств у цифровій економіці.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження процесів інтеграції цифрових технологій та економіко-математичного моделювання в контексті розвитку цифрової економіки, обґрунтування їх впливу на прийняття управлінських рішень та оцінювання ефективності таких підходів для підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. В сучасних умовах інтеграція digital-технологій та економіко-математичного моделювання змінює фундаментальні принципи аналізу та управління економічними процесами. При цьому традиційні методи прогнозування, засновані на статистичних даних і лінійних моделях, поступаються місцем алгоритмам машинного навчання та обробці великих даних, що забезпечують гнучкість і адаптивність до динамічних змін ринку.

Інноваційні економічні моделі більше не можуть ігнорувати роль цифрових платформ та штучного інтелекту у формуванні вартості активів та поведінці споживачів. Оптимізаційні методи, які раніше орієнтувалися на статичні параметри, тепер використовують динамічне моделювання, дозволяючи підприємствам оперативно реагувати на зміну попиту, регуляторні зміни та інноваційні ризики. В таких умовах трансформується також і управління фінансами – замість класичних дисконтованих грошових потоків застосовуються нейромережеві моделі для оцінки ризиків та вартості компаній у цифровій економіці [3]. Це означає, що інтеграція digital-технологій не лише покращує аналітичні інструменти, але й радикально змінює підходи до ухвалення стратегічних рішень на підприємствах.

Отже, цифрові технології змінюють фундаментальні засади економіко-математичного моделювання, трансформуючи традиційні підходи до аналізу та прогнозування. Алгоритмічні методи, засновані на обробці великих масивів даних, дозволяють створювати моделі, що враховують нелінійність економічних процесів та динамічні зміни ринкових умов, що суттєво підвищує точність прогнозування та забезпечує адаптивність управлінських стратегій. У свою чергу, впровадження цифрових технологій в систему управління підприємствами дозволяє відмовитися від статичних моделей на користь самонавчальних алгоритмів, які автоматично коригують параметри залежно від змін зовнішнього середовища [8]. Це знижує ймовірність помилкових рішень, оскільки процес моделювання стає чутливішим до змін макро- і мікроекономічних факторів.

Загалом можна стверджувати, що оптимізація управлінських рішень у цифрову епоху більше не обмежується класичними методами оцінки ефективності. Нові моделі дозволяють враховувати складні залежності, які виникають у результаті взаємодії між цифровими платформами, ринковою конкуренцією та поведінковими факторами, що формують нові підходи до стратегічного планування.

Варто зазначити, що цифрові платформи та аналітичні інструменти суттєво розширюють можливості прогнозування та управління фінансовими потоками, забезпечуючи глибшу обробку даних і підвищену точність оцінок. Зокрема, завдяки автоматизованим алгоритмам аналізу фінансової інформації стає можливим виявлення прихованих

закономірностей, яке не враховувалися у традиційних моделях [5]. Це дає змогу підприємствам адаптивно змінювати свої фінансові стратегії відповідно до змін ринкового середовища.

Однією з ключових функціональних можливостей цифрових платформ є інтеграція різномірних фінансових даних у єдине середовище, що дозволяє зменшити часові затрати на аналіз і ухвалення рішень, а також усунути розбіжності між окремими підходами до оцінки ризиків та ліквідності. Високий рівень автоматизації значно підвищує швидкість обробки інформації, що є критичним фактором у сучасних умовах нестабільності фінансових ринків. При цьому аналітичні інструменти, які працюють на основі алгоритмів машинного навчання, дозволяють будувати прогнозні моделі, котрі враховують багатовимірні залежності між макроекономічними змінними та поведінковими аспектами економічних агентів, що відкриває нові можливості для оцінки майбутніх фінансових потоків та ефективного розподілу ресурсів підприємств (табл. 1).

Як бачимо, стратегічна інтеграція цифрових рішень у бізнес-процеси підприємств є ключовим чинником їхньої адаптації до динамічних змін ринку. Це пов'язано з тим, що використання цифрових технологій дозволяє суб'єктам господарювання формувати гнучкі операційні моделі, які базуються на даних у реальному часі та підвищенні точності аналітичних прогнозів. Такий підхід формує передумови для швидкого реагування на зміни попиту та підвищення ефективності фінансових рішень з боку керівництва.

Одним із стратегічних аспектів при цьому є інтеграція аналітичних платформ, які забезпечують

Таблиця 1

Аналітичні інструменти цифрових платформ, що використовуються в сучасних системах управління фінансами підприємств

Аналітичний інструмент	Функціональні характеристики	Сфера застосування
Power BI	Візуалізація даних, аналітика, інтеграція з базами даних	Фінансовий аналіз, управління витратами
Tableau	Інтерактивні дашборди, прогнозування, аналіз трендів	Бізнес-аналітика, маркетинговий аналіз
Python (Pandas, Scikit-learn)	Статистичний аналіз, машинне навчання, моделювання	Фінансовий інжиніринг, економічне прогнозування
R (ggplot2, caret)	Обробка статистичних даних, прогнозні моделі	Академічні дослідження, економетричний аналіз
SAP Analytics Cloud	Корпоративне планування, управління ризиками	Фінансовий менеджмент, стратегічне планування
Google Analytics	Веб-аналітика, аналіз поведінки користувачів	Цифровий маркетинг, електронна комерція
IBM Watson Analytics	Обробка великих даних, когнітивна аналітика	Автоматизоване ухвалення рішень, AI-аналітика
SAS Analytics	Статистичний аналіз, управління ризиками	Банківська справа, страхування
Alteryx	Обробка та трансформація даних, прогнозування	Операційний аналіз, бізнес-оптимізація

Джерело: сформовано автором на основі [4; 9]

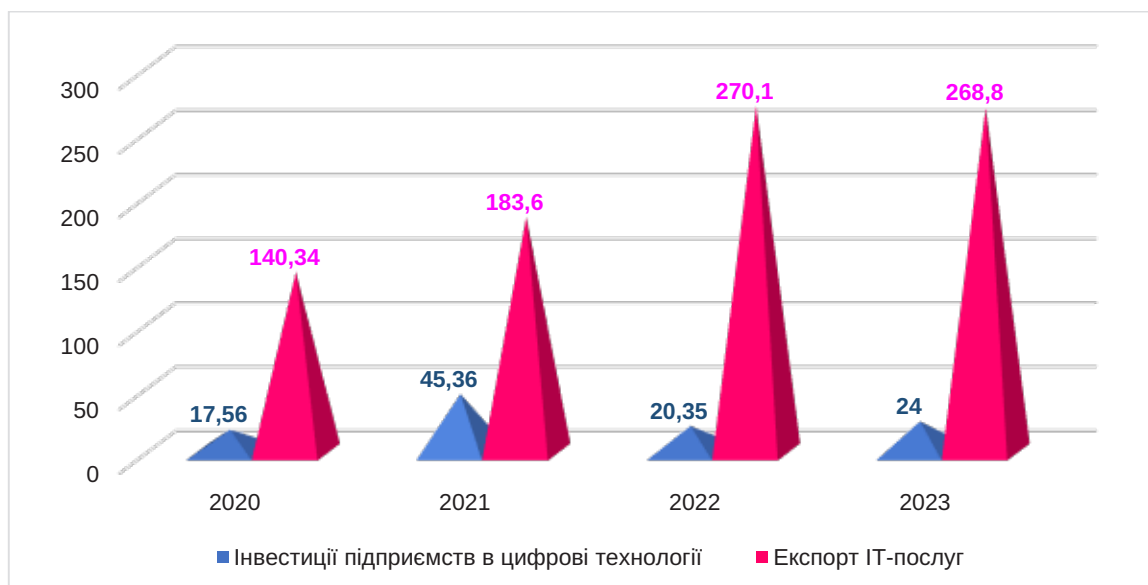


Рис. 1. Динаміка обсягу інвестицій в цифрові технології та експорту ІТ-послуг українськими підприємствами за 2020–2023 рр., млрд. грн.

Джерело: [2; 6]

комплексний моніторинг ключових показників і управління ризиками. На практиці використання таких інструментів дозволяє підприємствам адаптивно змінювати свої стратегії в умовах нестабільного ринкового середовища, зменшуючи невизначеність у прийнятті управлінських рішень [7]. Водночас функціональна адаптація передбачає цифрову трансформацію бізнес-моделей, які базуються на автоматизованих підходах до клієнтоорієнтованості, персоналізованому маркетингу та інноваційних фінансових механізмах. Такий підхід дозволяє підприємствам залишатися конкурентоспроможними, мінімізуючи вплив зовнішніх ризиків і підвищуючи швидкість впровадження нових рішень.

Інтеграція таких підходів дозволяє створювати аналітичні системи, здатні швидко адаптуватися до змін у макро- та мікроекономічному середовищі, що критично важливо для ухвалення стратегічних рішень у висококонкурентних ринкових умовах. Підтвердженням цього є постійне зростання обсягу інвестицій у цифрові технології з боку українських підприємств (рис. 1).

Отже, поєднання економіко-математичних моделей із технологіями штучного інтелекту та великих даних є необхідністю в умовах зростаючої складності економічних процесів. Оскільки традиційні методи аналізу базуються на припущеннях про стабільність ринкових відносин, а на практиці у цифровій економіці більшість змін є динамічними та нелінійними, то використання штучного інтелекту дозволяє адаптивно коригувати моделі, інтегруючи нові параметри без необхідності перегляду основної методології [10]. При цьому технології великих даних розширюють можливості

економічного моделювання, оскільки дають змогу виявляти приховані кореляції між змінними, що підвищує точність прогнозування та мінімізує ризики, пов'язані з помилковими припущеннями.

Висновки. Таким чином, приходимо до висновку, що інтеграція цифрових технологій у моделювання створює передумови для підвищення конкурентоспроможності підприємств, оскільки дозволяє їм швидко адаптуватися до змін ринкового середовища. При цьому традиційні підходи до економічного аналізу в умовах цифрової економіки стають менш ефективними, оскільки ключову роль наразі відіграє швидкість прийняття рішень та їх точність.

Тому використання цифрових технологій забезпечує автоматизовану обробку великих масивів даних, що дозволяє підприємствам швидко ідентифікувати ринкові тренди, прогнозувати зміни попиту та оптимізувати свої бізнес-стратегії. Інструменти машинного навчання та алгоритмічного моделювання допомагають скорочувати часові витрати на аналіз складних багатофакторних взаємозв'язків. Саме завдяки цифровим рішенням підприємства отримують можливість гнучкого управління ресурсами та мінімізації витрат, що дозволяє їм зберігати стійкість у висококонкурентному середовищі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Дзямулич М. І. Сутність електронних грошей в сучасній фінансовій системі. *Економічні науки. Серія «Облік та фінанси»*. 2010. № 7(25). Ч. 4. С. 181–185.
2. Дзямулич М. І., Рейкін Ю. Ю. Цифровізація бізнес-середовища транскордонних регіонів України та

Польщі в рамках євроінтеграції. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. № 5 (14). С. 248–252.

3. Дзямулич М. І., Шматковська Т. О., Борисюк О. В. Великі дані та їх роль у формуванні цифрової економіки. *Галицький економічний вісник*. 2021. Том 70. № 3. С. 16–21.

4. Карлін М. І., Шматковська Т. О., Борисюк О. В. Банківські інновації в умовах формування цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2021. № 27.

5. Кирилюк Є. М., Руденко М. В., Гаряга Л. О., Дзямулич М. І. Суспільні ефекти цифрової трансформації економіки України. *Вісник Черкаського національного університету. Серія «Економічні науки»*. 2023. № 27(1-2). С. 98–104.

6. Міністерство цифрової трансформації України : веб-сайт. URL: <https://thedigital.gov.ua/> (дата звернення 25.11.2024).

7. Шматковська Т. О., Коробчук Т. І. Сучасні інформаційні та комунікаційні технології в моделюванні бізнес-процесів. *Економічний форум*. 2023. № 3. С. 156–161.

8. Шматковська Т. О., Коробчук Т. І., Борисюк О. В. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології в системі обліково-аналітичного забезпечення щодо моделювання бізнес-процесів. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53.

9. Yakubiv V., Sodoma R., Shmatkovska T., Dziamulych M., Brodska I. Digitalization of Payment Systems in Ukraine. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2020. Vol. 8(5). P. 4590–4596.

10. Yatsukh O., Demchenko I., Ilnytskyi D., Tsap V., & Shmatkovska, T. Management of banking innovations in the conditions of digitalization. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. 2021. Vol. 11. Special issue XVII. P. 123–127.

REFERENCES:

1. Dziamulych, M. I. (2010). Sutnist elektronnykh groshei v suchasni finansovii systemi [The essence of electronic money in the modern financial system]. *Ekonomiczni nauky. Seria «Oblik ta finansy»*, vol. 7(25), part 4, pp. 181–185 (in Ukrainian).

2. Dziamulych, M. I., & Reikin, Yu. Yu. (2024). Tsyfrovizatsiia biznes-seredovyshcha transkordonnykh rehioniv Ukrainy ta Polshchi v ramkakh evroin-

tehratsii [Digitalization of the business environment of cross-border regions of Ukraine and Poland within the framework of European integration]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, vol. 5(14), pp. 248–252 (in Ukrainian).

3. Dziamulych, M. I., Shmatkovska, T. O., & Borysiuk, O. V. (2021). Velyki dani ta yikh rol u formuvanni tsyfrovoy ekonomiky [Big data and its role in shaping the digital economy]. *Galytskyi ekonomichnyi visnyk*, vol. 70(3), pp. 16–21 (in Ukrainian).

4. Karlin, M. I., Shmatkovska, T. O., & Borysiuk, O. V. (2021). Bankivski innovatsii v umovakh formuvannia tsyfrovoy ekonomiky [Banking innovations in the conditions of the digital economy formation]. *Ekonomika i suspilstvo*, vol. 27 (in Ukrainian).

5. Kyryliuk, E. M., Rudenko, M. V., Gariaga, L. O., & Dziamulych, M. I. (2023) Suspilni efekty tsyfrovoy transformatsii ekonomiky Ukrainy [Social effects of digital transformation of the economy of Ukraine]. *Bulletin of the Cherkasy National University. Series "Economic Sciences"*, vol. 27(1-2), pp. 98–104 (in Ukrainian).

6. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. Available at: <https://thedigital.gov.ua/> (accessed November 25, 2024).

7. Shmatkovska, T. O., Korobchuk, T. I., & Borysiuk, O. V. (2023). Suchasni informatsiino-komunikatsiini tekhnolohii v systemi oblikovo-analitychnoho zabezpechennia shchodo modeliuвання biznes-protseviv [Modern information and communication technologies in the system of accounting and analytical support for modeling business processes]. *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 53 (in Ukrainian).

8. Shmatkovska T. O., & Korobchuk T. I. (2023). Suchasni informatsiini ta komunikatsiini tekhnolohii v modeliuванні biznes-protseviv [Modern information and communication technologies in modeling business processes]. *Ekonomicnyi forum*, vol. 3, pp. 156–161 (in Ukrainian).

9. Yakubiv, V., Sodoma, R., Shmatkovska, T., Dziamulych, M., & Brodska, I. (2020). Digitalization of Payment Systems in Ukraine. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8(5), pp. 4590–4596.

10. Yatsukh, O., Demchenko, I., Ilnytskyi, D., Tsap, V., & Shmatkovska, T. (2021). Management of banking innovations in the conditions of digitalization. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, vol. 11, special issue XVII, pp. 123–127.