DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2026-60-13

УДК 330.4:338.246.8:004.9(477)

Фісуненко Н.О.
кандидат економічних наук,
в.о. завідувача кафедри девелопменту нерухомості, фінансів, обліку та маркетингу
Українського державного університету науки і технологій
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3985-7813
E-mail: fisunenkon@gmail.com

М'ячин В.Г.
доктор економічних наук, професор,
професор кафедри соціально-економічних дисциплін
Дніпровського державного університету внутрішніх справ
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1491-5100
E-mail: myachin2020fuzzy@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЧНОЇ ЗАХИЩЕНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

У статті розроблено й апробовано імовірнісну модель оцінювання стратегічного захисту національної економіки України в умовах цифрової трансформації методом Монте-Карло. До моделі включено три вхідні змінні: масштаб цифрового сектору, державне фінансування цифрових перетворень і ресурсно-інфраструктурне забезпечення цифровізації. Для їх вимірювання використано обсяг експорту комп'ютерних послуг, бюджетні видатки на цифрову трансформацію пріоритетних галузей та рівень проникнення Інтернету. На основі трикутних розподілів і 10 000 ітерацій сформовано розподіл інтегрального індексу стратегічного захисту. Встановлено, що найбільш імовірним є середній рівень захищеності, а найбільший вплив на результат мають експорт комп'ютерних послуг і державне фінансування. Модель може застосовуватися для сценарного планування, моніторингу цифрової трансформації та визначення пріоритетів державної політики.

Ключові слова: метод Монте-Карло; стратегічний захист національної економіки; цифрова трансформація; інтегральний індекс; сценарне моделювання; цифровий сектор; державне фінансування.

Fisunenko Nadiia, Myachin Valentin. MODELING THE STRATEGIC PROTECTION OF THE NATIONAL ECONOMY UNDER DIGITAL TRANSFORMATION USING THE MONTE CARLO METHOD

The relevance of the study is determined by the growing role of digital transformation in maintaining the continuity, adaptability, and long-term capacity of the national economy under conditions of war, infrastructure disruption, fiscal constraints, unstable investment flows, and increasing technological dependence. In such an environment, the strategic protection of the national economy cannot be assessed solely through fixed values of macroeconomic indicators, because the parameters of digital development may change considerably under the influence of external shocks, resource shortages, policy decisions, and structural shifts. The article discusses the methodological problem of evaluating the strategic protection of Ukraine's national economy when the scale of the digital sector, public financing of digital transformation, and the availability of digital infrastructure are subject to uncertainty. Particular attention is paid to the choice of indicators that can reflect the economic, financial, and resource dimensions of digital transformation in a comparable form. The discussion covers the use of computer services exports as a measure of the digital sector's economic capacity, government expenditure on digital transformation as an indicator of public support for technological change, and Internet penetration as a proxy for the accessibility of digital infrastructure. The paper considers the limitations of deterministic assessment, in which each variable is represented by a single value, and explains the advantages of a probabilistic approach for strategic analysis. The Monte Carlo method is examined as a tool for generating a wide range of plausible combinations of input parameters and for describing uncertainty through distributions rather than isolated point estimates. The article also addresses the formation of pessimistic, baseline, and optimistic scenarios, the justification of triangular distributions in the presence of short statistical series, the normalization of heterogeneous indicators, and the construction of an integrated index based on weighted variables. Separate consideration is given to the interpretation of different levels of strategic protection, the assessment of the probability of unfavorable and target scenarios, and the use of sensitivity analysis to identify the factors that may require priority attention from public authorities. The proposed discussion is intended to support the development of a transparent analytical framework for scenario planning, monitoring digital transformation, and substantiating decisions aimed at strengthening the protection of the national economy.

Key words: Monte Carlo method; strategic protection of the national economy; digital transformation; integrated index; probabilistic modelling; digital sector; public financing; digital infrastructure.

© Фісуненко Н.О., М'ячин В.Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

Постановка проблеми. Цифрова трансформація дедалі більше визначає здатність національної економіки адаптуватися до внутрішніх і зовнішніх викликів, підтримувати безперервність економічних процесів і забезпечувати довгостроковий розвиток. Для України ця проблематика особливо актуальна в умовах повномасштабної війни, руйнування виробничої, енергетичної та телекомунікаційної інфраструктури, обмеженості державних ресурсів, нестабільності інвестиційних потоків і зростання кібернетичних загроз. За таких обставин стратегічна захищеність економіки залежить від спроможності держави підтримувати цифровий сектор, фінансувати інноваційні проєкти та забезпечувати доступність цифрової інфраструктури.

Традиційний детермінований підхід, за якого кожному показнику відповідає одне фіксоване значення, не відображає множинності можливих сценаріїв. В умовах воєнної та економічної нестабільності експорт цифрових послуг, бюджетне фінансування та інфраструктурна доступність можуть істотно відхилятися від прогнозованих рівнів, тому точкове оцінювання є недостатнім для прийняття стратегічних рішень.

Перспективним способом розв'язання цієї проблеми є застосування методу Монте-Карло. Він дає змогу багаторазово відтворювати різні комбінації вхідних параметрів і отримувати розподіл можливих результатів замість одного прогнозного значення. Практичне завдання дослідження полягає у формуванні моделі, придатної для обґрунтування пріоритетів державної політики цифрової трансформації. Результати моделювання мають дозволити встановити, які чинники найбільше впливають на інтегральний рівень стратегічної захищеності, та визначити пріоритетність заходів щодо підтримки цифрового сектору, розподілу бюджетного фінансування, відновлення телекомунікаційної інфраструктури й забезпечення безперервності цифрових сервісів.

Отже, актуальність дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення оцінювання стратегічної захищеності національної економіки в умовах цифрової трансформації та воєнної невизначеності. Наукове значення полягає у застосуванні імовірнісного підходу до інтегрального оцінювання, а практичне – у можливості визначати ризик низького рівня захищеності, імовірність досягнення високого рівня та пріоритетні напрями державного впливу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цифрова трансформація дедалі частіше розглядається як чинник стійкості економічних систем до зовнішніх шоків і структурних змін. A. Copestake, J. Estefania-Flores, D. Furceri, встановили, що використання цифрових технологій підвищує здатність підприємств зберігати діяльність у кризових умовах [4].

Z. Ji, Y. Huang, а також Y. Tian, L. Guo пов'язують цифровий розвиток із підвищенням ефективності, інноваційності, якості людського капіталу та економічної стійкості [5; 8].

Y. Zheng, W. Chen, W. Zou наголошують на важливості державної політики, фінансування та належного інституційного середовища для результативності цифрових перетворень [10].

У матеріалах OECD цифровізація України визначається як важлива передумова економічного відновлення, доступності державних послуг і безперервності управлінських процесів в умовах війни [6; 7].

T. Adrian, D. Giannone, M. Luciani, M. West зі співавторами, F. Vitek, а також B. Hunt обґрунтовують доцільність сценарного і стохастичного моделювання для оцінювання макроекономічних ризиків та несприятливих сценаріїв [1–3].

Водночас недостатньо дослідженим залишається комплексне оцінювання стратегічного захисту національної економіки України з урахуванням масштабу цифрового сектору, державного фінансування, інфраструктурної доступності та невизначеності їхньої динаміки.

Метою статті є розроблення та апробація імовірнісної моделі оцінювання стратегічного захисту національної економіки України в умовах цифрової трансформації із застосуванням методу Монте-Карло. Запропонований підхід спрямований на комплексне врахування невизначеності економічних, фінансових та інфраструктурних параметрів, формування розподілу можливих значень інтегрального індексу, визначення меж його варіативності, оцінювання ризику критичного зниження та ймовірності досягнення цільового рівня стратегічного захисту національної економіки.

Виклад матеріалу дослідження та його основні результати. Оцінювання рівня стратегічної захищеності національної економіки в умовах цифрової трансформації потребує використання методичного підходу, здатного враховувати не лише фактичні значення економічних показників, а й невизначеність їхньої майбутньої динаміки. Така необхідність особливо посилюється в

умовах повномасштабної війни, нестабільності зовнішнього середовища, обмеженості державних ресурсів, мінливості інвестиційних потоків і прискореного розвитку цифрових технологій. Традиційні детерміновані методи оцінювання, що передбачають використання одного фіксованого значення кожного показника, не завжди дають змогу повною мірою врахувати можливі відхилення від базового сценарію. Тому доцільним є застосування імовірнісного моделювання, зокрема методу Монте-Карло, який дозволяє багаторазово відтворювати різні комбінації вхідних параметрів і визначати розподіл можливих результатів.

Першою вхідною змінною X1 нами обрано питому вагу цифрового сектору в економіці. Ця змінна має відображати масштаб участі цифрових технологій, цифрових продуктів, інформаційних послуг і пов'язаних із ними видів діяльності у формуванні економічних результатів держави. Зростання цифрового сектору сприяє підвищенню продуктивності, прискоренню обміну інформацією, скороченню трансакційних витрат, розширенню доступу підприємств до ринків та зміцненню експортного потенціалу. Водночас цифровий сектор формує додаткові джерела бюджетних надходжень, підтримує зайнятість висококваліфікованих працівників і забезпечує функціонування значної частини економічних процесів в умовах фізичних руйнувань та обмеженої територіальної мобільності.

Другою вхідною змінною X2 є обсяг фінансування інноваційних проєктів державного масштабу. Цей показник характеризує фінансову спроможність держави підтримувати цифрову трансформацію, модернізацію критичної інфраструктури, розроблення електронних сервісів, упровадження інноваційних рішень і реалізацію проєктів, спрямованих на підвищення стійкості економічної системи.

Третьою вхідною змінною X3 є рівень ресурсного забезпечення цифрової трансформації. Зміст цієї змінної є ширшим за суто фінансові ресурси. Вона охоплює доступність цифрової інфраструктури, якість інтернет-з'єднання, забезпеченість технологічним обладнанням, наявність кваліфікованих фахівців, розвиток інформаційно-комунікаційних мереж і можливість безперервного функціонування цифрових систем.

Вихідною змінною моделі пропонується визначити інтегральний рівень стратегічного захисту національної економіки. У найбільш загальному вигляді його можна представити як зважену суму нормалізованих вхідних показників:

$$Y = w_1X_1 + w_2X_2 + w_3X_3$$

де Y – інтегральний показник стратегічного захисту національної економіки;

X_1, X_2, X_3 – вхідні змінні;

w_1, w_2, w_3 – вагові коефіцієнти, сума яких дорівнює одиниці

Для початкової апробації моделі можуть бути встановлені такі ваги:

$$Y = 0{,}35X_1 + 0{,}35X_2 + 0{,}35X_3$$

Такий розподіл передбачає однакову значущість масштабу цифрового сектору та державного фінансування цифрових перетворень. Кожній із цих змінних надається вага 0,35. Ресурсно-інфраструктурному забезпеченню присвоюється вага 0,30. Запропоновані значення мають попередній характер і можуть уточнюватися за допомогою експертного оцінювання, методу аналізу ієрархій, кореляційного аналізу або аналізу чутливості. У вихідному матеріалі саме така пропорція використовується як базовий варіант побудови інтегрального показника.

Перед об'єднанням показників у межах інтегральної моделі їх необхідно нормалізувати. Це пов'язано з тим, що вхідні змінні можуть бути представлені в різних одиницях вимірювання: відсотках, мільярдах гривень, мільярдах доларів США або індексних значеннях. Без попереднього приведення до єдиної шкали показник із більшим числовим діапазоном матиме непропорційно значний вплив на кінцевий результат. Тому кожну змінну доцільно трансформувати до безрозмірного інтервалу від 0 до 1. У такій шкалі значення 0 відповідатиме мінімальному рівню показника, а значення 1 – максимальному.

Метод Монте-Карло передбачає, що кожна вхідна змінна розглядається не як фіксоване число, а як випадкова величина з визначеним законом розподілу. За наявності тривалого статистичного ряду можна встановити тип розподілу на основі фактичних даних. Проте для показників цифрової трансформації характерною є обмеженість часових рядів, зміна методик розрахунку та значний вплив непередбачуваних воєнних факторів. За таких умов доцільним є використання трикутного розподілу, який не потребує великої кількості спостережень і задається трьома параметрами: мінімальним, найбільш імовірним і максимальним значеннями.

Алгоритм моделювання передбачає багаторазове випадкове генерування значень X_1, X_2 і X_3 відповідно до заданих трикутних

розподілів. Для кожної сформованої комбінації здійснюється нормалізація показників та обчислюється інтегральний індекс стратегічного захисту національної економіки. Проведення 10 000 ітерацій забезпечує формування достатньо стабільного розподілу результатів і дає можливість оцінити не лише середнє очікуване значення індексу, а й діапазон його можливих коливань.

Першою вхідною змінною X1 є масштаб цифрового сектору національної економіки.

Фактичні значення показника за 2020–2024 роки представлено в табл. 1.

Наведені дані свідчать про суттєве зростання експорту комп'ютерних послуг у 2021–2022 роках. Якщо у 2020 році його обсяг становив 5,0 млрд. дол. США, то у 2021 році він збільшився до 6,8 млрд. дол. США, а у 2022 році досяг максимального в досліджуваному періоді значення – 7,32 млрд. дол. США. Така динаміка відображає значний потенціал українського сектору інформаційних технологій, його орієнтацію на зовнішні ринки та здатність підтримувати операційну діяльність навіть в умовах різкого погіршення зовнішнього середовища.

Другою вхідною змінною X_2 є державне фінансування цифрової трансформації. Як вимірюваний показник пропонується використовувати обсяг видатків державного бюджету на цифрову трансформацію пріоритетних галузей, виражений у мільярдах гривень. Фактичні значення показника за 2023–2025 роки наведено в табл. 2.

Дані демонструють істотне збільшення обсягів бюджетного фінансування цифрової трансформації. У 2023 році розрахункове значення показника становило 0,4 млрд. грн. У бюджеті на 2024 рік було передбачено 2,5 млрд. грн., тобто на 2,1 млрд. грн. більше порівняно з попереднім роком. На 2025 рік обсяг фінансування було збільшено до 4,0 млрд. грн.

Третьою вхідною змінною X_3 є ресурсно-інфраструктурне забезпечення цифровізації. Для його кількісного вимірювання пропонується використовувати рівень проникнення Інтернету, виражений у відсотках населення. Динаміку рівня проникнення Інтернету наведено в табл. 3.

Упродовж досліджуваного періоду рівень проникнення Інтернету збільшився з 71,8% на початку 2022 року до 82,4% на початку 2025 року. Загальне зростання становило 10,6 відсоткового пункти. Найбільш помітне збільшення відбулося між початком 2022 та початком 2023 року, коли показник зріс до 79,2%.

Таблиця 1

Динаміка експорту комп'ютерних послуг України

Рік	Значення, млрд. дол. США
2020	5,00
2021	6,80
2022	7,32
2023	6,70
2024	6,40

Джерело: систематизовано на основі [6; 7]

Таблиця 2

Державне фінансування цифрової трансформації пріоритетних галузей

Рік	Значення, млрд. грн.
2023	0,40
2024	2,50
2025	4,00

Джерело: систематизовано на основі [6; 7]

Таблиця 3

Рівень проникнення Інтернету в Україні

Період	Значення, % населення
Початок 2022 року	71,8
Початок 2023 року	79,2
Початок 2024 року	79,2
Початок 2025 року	82,4

Джерело: систематизовано на основі [6; 7]

У 2023–2024 роках значення залишалося на рівні 79,2%, що може свідчити про певне уповільнення темпів розширення інтернет-доступу. На початку 2025 року показник збільшився до 82,4%, підтверджуючи подальше поширення цифрової інфраструктури.

Наведені статистичні ряди формують фактичну основу для визначення параметрів розподілів вхідних змінних. Враховуючи обмежену кількість спостережень, для моделювання доцільно використати трикутний розподіл. Його параметрами є мінімальне, найбільш імовірне та максимальне значення показника.

Для змінної X1 мінімальним значенням є 5,0 млрд. дол. США, найбільш імовірним – 6,7 млрд. дол. США, максимальним – 7,32 млрд. дол. США. Відповідно:

$$X_1 \sim Trianguiar\ (5{,}00;6{,}70;7{,}32)$$

Для змінної X_2 мінімальним значенням приймається 0,4 млрд. грн., найбільш імовірним – 2,5 млрд. грн., максимальним – 4,0 млрд. грн.:

$$X_2 \sim Trianguiar\ (0{,}40;2{,}50;4{,}00)$$

Для змінної X3 встановлюються такі параметри: мінімум – 71,8%, найбільш

імовірне значення – 79,2%, максимум – 82,4%:

$$X_3 \sim Trianguiar\ (71{,}80;79{,}20;82{,}40)$$

Таким чином, фактичні дані дають змогу сформувати пессимістичний, базовий та оптимістичний сценарії для кожної вхідної змінної. Їх подальше випадкове генерування в межах 10000 ітерацій забезпечуватиме отримання розподілу інтегрального індексу стратегічного захисту національної економіки та визначення ймовірності досягнення встановлених цільових рівнів.

Для забезпечення порівнянності вхідних показників застосовано нормалізацію методом мінімуму і максимуму. Внаслідок такої процедури фактичні значення кожної змінної переводяться в безрозмірну шкалу від 0 до 1. Нульове значення відповідає мінімальному рівню показника в межах сформованого статистичного діапазону, а одиничне – його максимальному рівню. Нормалізація здійснюється за такими формулами:

$$Z_1 = \frac{X_1 - 5{,}00}{7{,}32 - 5{,}00}$$

$$Z_2 = \frac{X_2 - 0{,}40}{4{,}00 - 0{,}40}$$

$$Z_3 = \frac{X_3 - 71{,}80}{82{,}40 - 71{,}80}$$

де Z_1, Z_2, Z_3 – нормалізовані значення відповідних вхідних змінних;

X_1, X_2, X_3 – значення показників, згенеровані під час проведення кожної ітерації методу Монте-Карло.

Для інтерпретації інтегрального індексу запропоновано таку шкалу: 0–0,30 – низький рівень; 0,31–0,50 – недостатній; 0,51–0,70 – середній; 0,71–0,85 – високий; 0,86–1,00 – стратегічно стійкий рівень. Зростання індексу свідчить про посилення цифрового сектору, державного фінансування та ресурсно-інфраструктурного забезпечення економіки.

Для наочного представлення результатів імовірнісного моделювання побудовано гістограму розподілу інтегрального індексу стратегічного захисту національної економіки ISE. Вона відображає частоту формування різних значень індексу за результатами 10000 ітерацій методу Монте-Карло. Згладжена крива показує щільність імовірності розподілу, а вертикальна пунктирна лінія позначає порогове значення ISE = 0,7, починаючи з якого рівень стратегічної захищеності оцінюється як високий.

Як видно з рис. 1, розподіл інтегрального індексу має наближену до дзвоноподібної форму та характеризується концентрацією більшості змодельованих значень у межах приблизно від 0,40 до 0,70. Найбільша щільність результатів спостерігається в інтервалі 0,55–0,60, що відповідає середньому рівню стратегічної захищеності економіки.

Середнє значення інтегрального індексу становить 0,5565, а медіанне – 0,5613. Близькість цих показників свідчить про

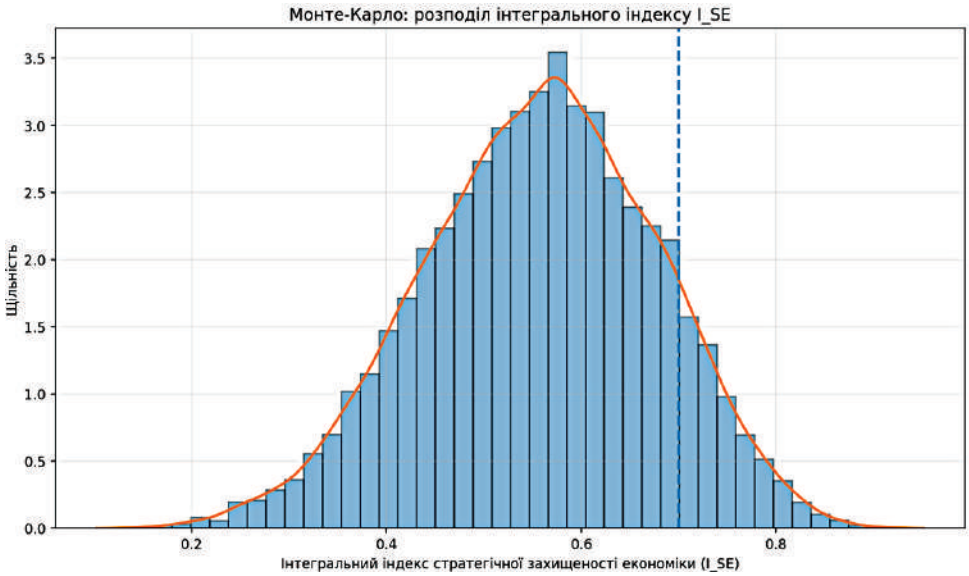


Рис. 1. Розподіл інтегрального індексу стратегічного захисту національної економіки за результатами моделювання методом Монте-Карло

Джерело: побудовано авторами

відносну симетричність розподілу та відсутність значного зміщення результатів у бік крайніх сценаріїв. Стандартне відхилення дорівнює 0,1190, що вказує на помірну варіативність можливих значень індексу.

Переважна частина результатів моделювання розташована нижче порогового значення 0,70. Імовірність досягнення високого або стратегічно стійкого рівня становить 11,63%. Водночас імовірність формування критично низького рівня стратегічної захищеності, за якого ISE<0,30, дорівнює лише 1,89%. Отже, найбільш імовірним результатом за заданих параметрів моделі є середній рівень стратегічної захищеності національної економіки, однак можливість переходу до високого рівня залишається обмеженою та потребує покращення значень вхідних показників.

Для деталізації впливу окремих компонентів моделі доцільно розглянути розподіли кожної вхідної змінної. На рис. 2 представлено результати імітаційного моделювання показника X1, який характеризує масштаб цифрового сектору через обсяг експорту комп'ютерних послуг України. Гістограма відображає частоту появи змодельованих значень у межах 10000 ітерацій, суцільна крива – щільність імовірності, а вертикальна пунктирна лінія – середнє значення показника.

Як видно з рис. 2, змодельовані значення $X_1X_1X_1$ перебувають у межах 5,0 – 7,32 млрд. дол. США, а найбільша щільність спостерігається поблизу 6,6 – 6,7 млрд. дол. США. Середнє значення становить близько 6,34 млрд. дол. США; його нижче розташування порівняно з модою пояснюється лівосторонньою асиметрією розподілу. Основна частина результатів концентрується в інтервалі 5,8 – 7,0 млрд. дол. США, що свідчить про переважання сценаріїв збереження експорту на відносно високому рівні. Подальше посилення позитивного впливу $X_1X_1X_1$ потребує підтримки експорту IT-послуг, збереження людського капіталу та поліпшення інвестиційного середовища.

Для подальшого аналізу впливу окремих складових моделі розглянуто розподіл другої вхідної змінної X2, яка характеризує обсяг державного фінансування цифрової трансформації. На рис. 3 гістограма відображає частоту появи змодельованих значень у межах 10 000 ітерацій, суцільна крива показує щільність імовірності, а вертикальна пунктирна лінія позначає середнє значення показника.

Як видно з рис. 3, значення $X_2X_2X_2$ перебувають у межах 0,40 – 4,00 млрд. грн., а найбільша щільність спостерігається поблизу 2,50 млрд. грн. Середнє значення становить близько 2,30 млрд. грн.; його нижче розташування порівняно з модою зумовлене незначною лівосторонньою асиметрією розподілу. Підвищення та стабілізація державного фінансування цифрової трансформації є важливим резервом зміцнення стратегічної захищеності економіки й потребує довгострокового бюджетного планування та підтримки критичної цифрової інфраструктури.

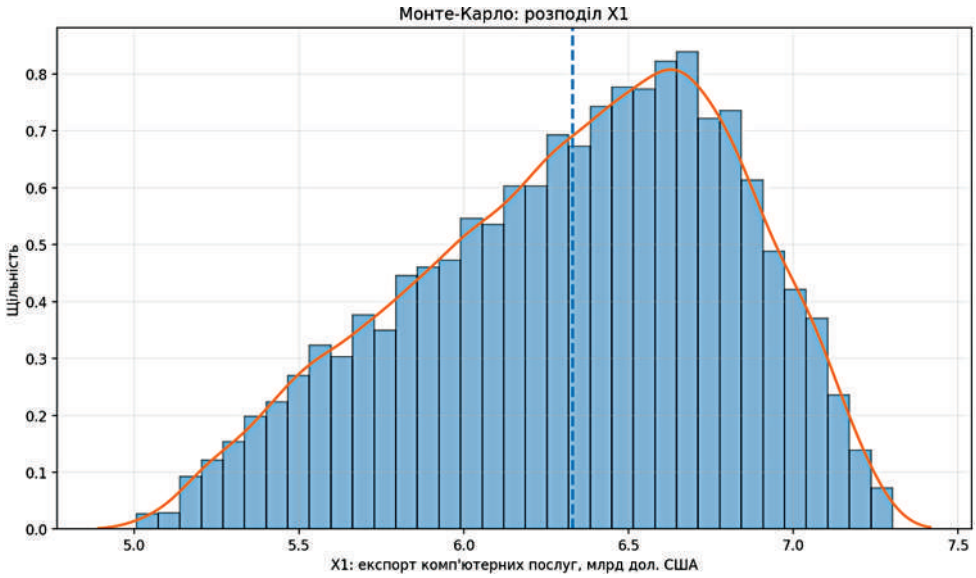


Рис. 2. Розподіл обсягу експорту комп'ютерних послуг України за результатами моделювання методом Монте-Карло

Джерело: побудовано авторами

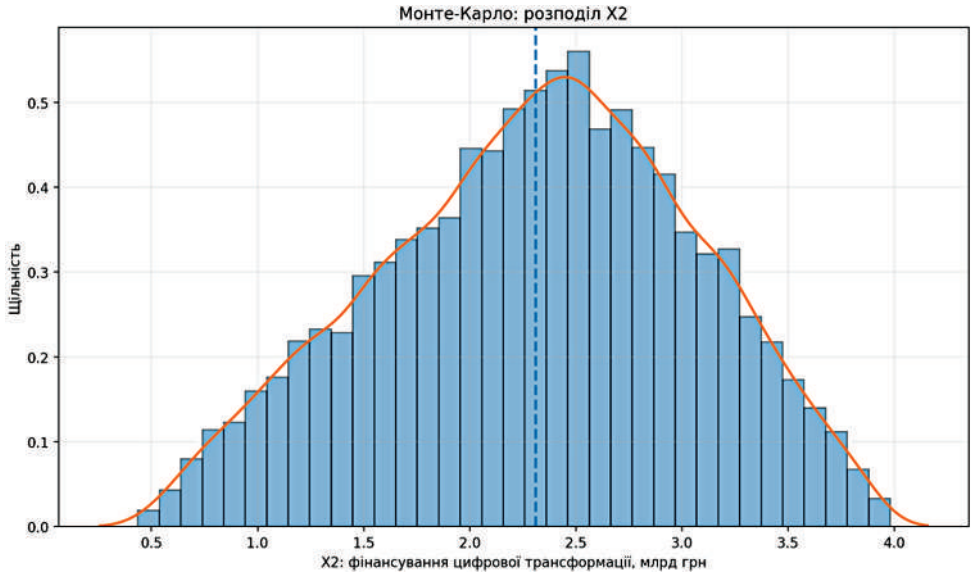


Рис. 3. Розподіл обсягу державного фінансування цифрової трансформації за результатами моделювання методом Монте-Карло

Джерело: побудовано авторами

Для завершення аналізу вхідних параметрів моделі розглянуто розподіл третьої змінної X_3, яка характеризує рівень проникнення Інтернету серед населення України. На рис. 4 гістограма відображає частоту появи змодельованих значень у межах 10 000 ітерацій, суцільна крива показує щільність імовірності, а вертикальна пунктирна лінія позначає середнє значення показника.

Як видно з рис. 4, значення $X_3X_3X_3$ перебувають у межах 71,8–82,4%, а найбільша щільність спостерігається поблизу 79,2%. Середнє значення становить близько 77,8%; його нижче розташування порівняно з модою пояснюється асиметрією трикутного розподілу. У більшості сценаріїв $X_3X_3X_3$ формує середні та відносно високі значення й позитивно впливає на інтегральний індекс. Подальше зростання інтернет-проникнення сприятиме цифровій доступності, адаптивності та стійкості економіки.

Для визначення відносного впливу вхідних змінних на результат моделювання проведено аналіз чутливості інтегрального

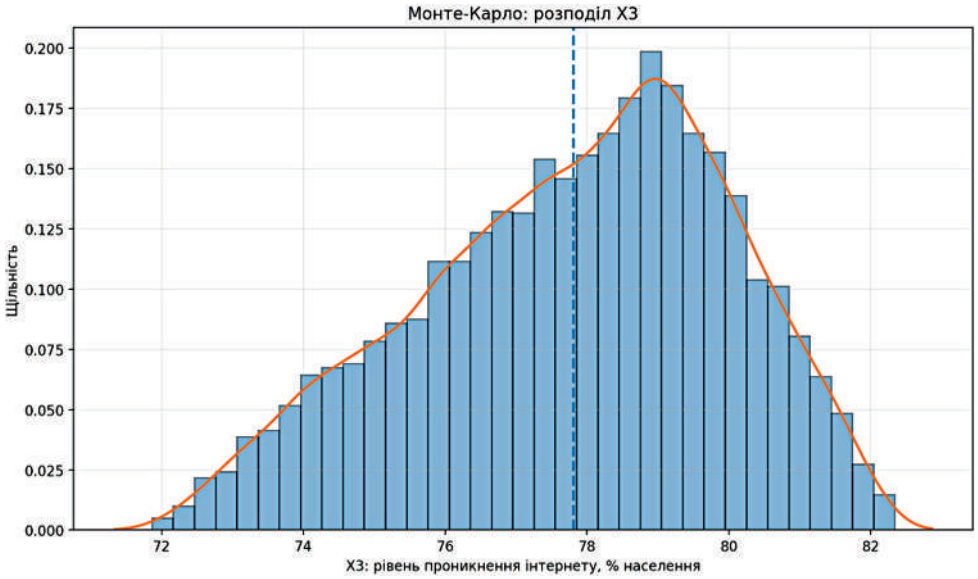


Рис. 4. Розподіл рівня проникнення Інтернету в Україні за результатами моделювання методом Монте-Карло

Джерело: побудовано авторами

індексу стратегічного захисту національної економіки ISE. Як видно з рис. 5, усі три вхідні змінні мають позитивний зв'язок з інтегральним індексом ISE. Це означає, що збільшення експорту комп'ютерних послуг, державного фінансування цифрової трансформації та рівня проникнення Інтернету сприяє підвищенню стратегічної захищеності національної економіки.

Найбільший вплив на інтегральний індекс має експорт комп'ютерних послуг (X1), коефіцієнт кореляції якого становить близько 0,61. Другою за значущістю є змінна державного фінансування цифрової трансформації X_2 із коефіцієнтом 0,59, що підтверджує важливість стабільної підтримки цифрових проєктів. Вплив рівня проникнення Інтернету X_3 є дещо меншим, але суттєвим – близько 0,50. Отже, пріоритетними напрямами підвищення стратегічної захищеності є підтримка цифрового сектору, нарощування експорту ІТ-послуг, стабілізація державного фінансування та розвиток якісної цифрової інфраструктури.

Висновки. У дослідженні розроблено та апробовано імовірнісну модель оцінювання стратегічного захисту національної економіки в умовах цифрової трансформації на основі методу Монте-Карло. Застосування цього методу дало змогу перейти від точкової оцінки до формування розподілу можливих значень інтегрального індексу, урахувати невизначеність зміни вхідних показників та оцінити ймовірність реалізації сприятливих і несприятливих сценаріїв.

До складу моделі включено три вхідні змінні, що характеризують економічний, фінансовий та інфраструктурний аспекти цифрової трансформації: масштаб цифрового сектору, державне фінансування цифрових перетворень та ресурсно-інфраструктурне забезпечення цифровізації. Для їх кількісного вимірювання використано відповідно обсяг експорту комп'ютерних послуг України, видатки державного бюджету на цифрову трансформацію пріоритетних галузей та рівень проникнення Інтернету серед населення.

На основі фактичних даних сформовано песимістичний, базовий та оптимістичний сценарії. Для експорту комп'ютерних послуг встановлено мінімальне значення 5,0 млрд. дол. США, найбільш імовірне – 6,7 млрд. дол. США, максимальне – 7,32 млрд. дол. США. Для державного фінансування відповідні параметри становлять 0,4; 2,5 та 4,0 млрд. грн., а для рівня проникнення Інтернету – 71,8; 79,2 та 82,4%. З огляду на обмеженість статистичних рядів і вплив воєнних чинників для всіх змінних застосовано трикутний розподіл.

Для забезпечення порівнянності різнорідних показників проведено їх нормалізацію методом мінімуму і максимуму до безрозмірної шкали від 0 до 1. Інтегральний індекс стратегічної захищеності побудовано як зважену суму нормалізованих змінних. Масштабу цифрового сектору та державному фінансуванню надано ваги по 0,35, ресурсно-інфраструктурному забезпе-

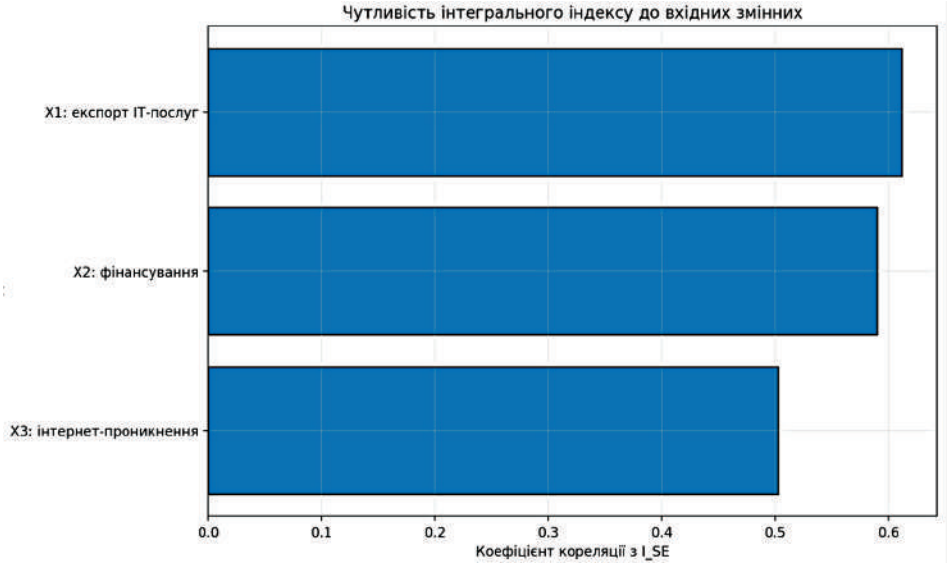


Рис. 5. Чутливість інтегрального індексу стратегічної захищеності економіки до вхідних змінних

Джерело: побудовано авторами

ченню – 0,30. Такий розподіл дозволив збалансовано врахувати економічну, фінансову та інфраструктурну складові, хоча вагові коефіцієнти мають попередній характер і потребують подальшого уточнення.

Проведення 10 000 ітерацій методу Монте-Карло забезпечило формування емпіричного розподілу інтегрального індексу. Його середнє значення становить 0,5565, медіанне – 0,5613, стандартне відхилення – 0,1190. Близькість середнього значення і медіани свідчить про відносну збалансованість розподілу, а стандартне відхилення – про помірну варіативність можливих результатів. П'ятий перцентиль становить близько 0,3550, а 95-й – 0,7456.

За запропонованою шкалою отримане середнє значення відповідає середньому рівню стратегічної захищеності національної економіки. Імовірність формування критично низького рівня, за якого ISE<0,30, становить 1,89%, тоді як імовірність досягнення високого або стратегічно стійкого рівня, коли ISE≥0,70, дорівнює 11,63%. Отже, економічна система має певний запас стійкості, однак можливість переходу до високого рівня стратегічної захищеності залишається обмеженою.

Аналіз чутливості показав, що найбільший вплив на інтегральний індекс має експорт комп'ютерних послуг, коефіцієнт кореляції якого становить приблизно 0,61. Для державного фінансування цифрової трансформації відповідний показник дорівнює близько 0,59, а для рівня проникнення Інтернету – 0,50. Це дає підстави визначити пріоритетними напрямами державної політики підтримку цифрового сектору, нарощування експорту ІТ-послуг, забезпечення стабільного фінансування цифрових проєктів, модернізацію інформаційних систем та розширення доступу до цифрової інфраструктури.

Практичне значення моделі полягає в можливості її використання для сценарного планування, моніторингу цифрових перетворень і кількісного оцінювання стратегічних ризиків. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення складу вхідних змінних шляхом включення реального ВВП, продуктивності праці, зайнятості, прямих іноземних інвестицій, конкурентоспроможності та кіберстійкості. Перспективним є також уточнення вагових коефіцієнтів, урахування взаємозалежності показників, коригування бюджетного фінансування на інфляцію та доповнення показника інтернет-проникнення характеристиками якості з'єднання, територіальної доступності й цифрових навичок населення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Adrian T., Giannone D., Luciani M., West M. Scenario synthesis and macroeconomic risk. *IMF Working Papers.* 2025. No. 2025/105. Washington, DC : International Monetary Fund, 2025. 30 p. DOI: https://doi.org/10.5089/9798229009225.001
2. Adrian T., Vitek F. Managing macrofinancial risk. *IMF Working Papers.* 2020. No. 2020/151. Washington, DC : International Monetary Fund, 2020. 60 p. DOI: https://doi.org/10.5089/9781513550893.001
3. Andrle M., Hunt B. L. Model-based globally-consistent risk assessment. *IMF Working Papers.* 2020. No. 2020/064. Washington, DC : International Monetary Fund, 2020. 28 p. DOI: https://doi.org/10.5089/9781513536460.001
4. Copestake A., Estefania-Flores J., Furceri D. Digitalization and resilience. *Research Policy.* 2024. Vol. 53, No. 3. Art. 104948. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104948
5. Ji Z., Huang Y. Does digital transformation promote economic resilience? Urban-level evidence from China. *Heliyon.* 2024. Vol. 10, No. 4. Art. e26461. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26461
6. OECD. Administrative service delivery during war time. *OECD Policy Responses on the Impacts of the War in Ukraine*. Paris : OECD Publishing, 2022. 10 p. DOI: https://doi.org/10.1787/23d5a973-en
7. OECD. Digitalisation for recovery in Ukraine. *OECD Policy Responses on the Impacts of the War in Ukraine.* Paris : OECD Publishing, 2022. 8 p. DOI: https://doi.org/10.1787/c5477864-en
8. Tian Y., Guo L. Digital development and the improvement of urban economic resilience: Evidence from China. *Heliyon.* 2023. Vol. 9, No. 10. Art. e21087. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21087
9. Wei P., Lu Z., Yuan X. Monte Carlo simulation for moment-independent sensitivity analysis. *Reliability Engineering & System Safety.* 2013. Vol. 110. P. 60–67. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ress.2012.09.005
10. Zheng Y., Chen W., Zou W. The impact of digital policies on urban economic resilience under the low-carbon background: A deep identification based on environmental regulation and industrial digital transformation. *Heliyon.* 2024. Vol. 10, No. 21. Art. e39583. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39583

REFERENCES:

1. Adrian T., Giannone D., Luciani M. & West M. (2025). Scenario synthesis and macroeconomic risk (IMF Working Paper no. 2025/105 p. 30). *International Monetary Fund.* DOI: https://doi.org/10.5089/9798229009225.001
2. Adrian T. & Vitek F. (2020). Managing macrofinancial risk (IMF Working Paper no. 2020/151 p. 60). *International Monetary Fund.* DOI: https://doi.org/10.5089/9781513550893.001
3. Andrle M. & Hunt B. L. (2020). Model-based globally-consistent risk assessment (IMF Working Paper no. 2020/064 p. 28). *International Monetary Fund.* DOI: https://doi.org/10.5089/9781513536460.001
4. Copestake A., Estefania-Flores J. & Furceri D. (2024). Digitalization and resilience. *Research Policy,* no. 53(3), 104948. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104948

5. Ji Z. & Huang Y. (2024). Does digital transformation promote economic resilience? Urban-level evidence from China. *Heliyon,* no. 10(4), e26461. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26461
6. OECD. (2022). Administrative service delivery during war time. *OECD Publishing.* DOI: https://doi.org/10.1787/23d5a973-en
7. OECD. (2022). Digitalisation for recovery in Ukraine. *OECD Publishing.* DOI: https://doi.org/10.1787/c5477864-en
8. Tian Y. & Guo L. (2023). Digital development and the improvement of urban economic resilience: Evidence from China. *Heliyon,* no. 9(10), e21087. pp. 60–67. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21087
9. Wei P., Lu Z. & Yuan X. (2013). Monte Carlo simulation for moment-independent sensitivity analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, no.110, pp. 60–67. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ress.2012.09.005
10. Zheng Y., Chen W. & Zou W. (2024). The impact of digital policies on urban economic resilience under the low-carbon background: A deep identification based on environmental regulation and industrial digital transformation. *Heliyon,* no. 10(21), e39583. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39583

Дата надходження статті: 03.08.2026
Дата прийняття статті: 07.09.2026
Дата публікації статті: 03.11.2026