

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-84-188>

УДК 005.334:339.5:658.7

АДАПТИВНЕ ВАРТІСНО-ОРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ ЗОВНІШНЬОЇ ТОРГІВЛІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: СТРУКТУРА SDAC ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИРОБНИЧИХ РИЗИКІВ

ADAPTIVE VALUE-BASED MANAGEMENT OF FOREIGN TRADE LOGISTICS SYSTEMS UNDER MARTIAL LAW: THE SDAC FRAMEWORK FOR PRODUCTION RISK MITIGATION

Каут Ольга Вікторівна

кандидат економічних наук, доцент,
Український державний університет науки і технологій
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4126-4961>

Крамаренко Аліса Василівна

кандидат економічних наук, доцент,
Український державний університет науки і технологій
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0386-9751>

Kaut Olga, Kramarenko Alisa

Ukrainian State University of Science and Technologies

У дослідженні вирішено актуальну науково-практичну задачу адаптивного управління виробничими ризиками в логістичних системах зовнішньої торгівлі в умовах воєнного стану. Визначено, що воєнний стан трансформує логістичне середовище з детермінованого у високоентропійне, де класичні моделі ризик-менеджменту втрачають адекватність через неможливість оцінки ймовірностей на основі історичних даних. Запропоновано розширену модель виробничого ризику, яка вперше інтегрує коефіцієнт воєнної ентропії та індекс зрілості цифрової системи. Доведено, індекс зрілості системи адаптивного цифрового контролю є єдиним керованим параметром, здатним компенсувати зростання зовнішньої невизначеності. Розроблено архітектуру системи SDAC (Smart Data Adaptive Control), що складається з п'яти інтегрованих модулів (збір даних, предиктивна аналітика, прескриптивна оптимізація, ex-ante верифікація, адаптивний зворотний зв'язок). Обґрунтовано ланцюг створення вартості, який забезпечує трансформацію невизначеності середовища у керовані фінансові результати через механізм вартісно-орієнтованої верифікації рішень.

Ключові слова: логістичні системи, зовнішньоекономічна діяльність, структура SDAC, виробничі ризики, воєнний стан.

The martial law in Ukraine has created unprecedented challenges for the functioning of logistics systems in foreign economic activity (FEA). The destruction of transport infrastructure, blockage of export corridors, instability of customs procedures, and security restrictions have led to a sharp increase in uncertainty in managing material flows. The aim of the article is to develop and empirically validate a model of adaptive value-oriented production risk management in logistics systems of foreign economic activity under martial law, based on the SDAC (Smart Data Adaptive Control) architecture. The study is grounded in a systemic approach to logistics system management, principles of information theory (entropy analysis), and methods of economic and mathematical modeling. To test the hypotheses, Monte Carlo simulation with elements of scenario analysis was employed. The research addresses a relevant scientific and practical problem of adaptive management of production risks in logistics systems of foreign trade under martial law conditions. It has been determined that martial law transforms the logistics environment from a deterministic one into a highly entropic system, where classical risk management models lose their adequacy due to the inability to estimate probabilities based on historical data. An extended model of production risk is proposed, which for the first time integrates a war entropy coefficient and a digital system maturity index. It is proven that the maturity index of the adaptive digital control system is the only controllable parameter capable of compensating for the increase in external uncertainty. The SDAC (Smart Data Adaptive Control) system architecture has been



developed, consisting of five integrated modules (data collection, predictive analytics, prescriptive optimization, ex-ante verification, and adaptive feedback). A value creation chain has been substantiated, ensuring the transformation of environmental uncertainty into manageable financial outcomes through a value-oriented decision verification mechanism. The practical significance of the research results lies in the fact that the developed model and SDAC architecture can be used by: – export-oriented enterprises to justify investments in digitalization as a tool for hedging wartime risks; – logistics operators to design monitoring and decision support systems under conditions of instability; – financial directors to integrate logistics scenarios into strategic financial planning.

Keywords: logistics systems, international business, SDAC framework, operational risks, martial law.

Постановка проблеми. Воєнний стан в Україні створив безпрецедентні виклики для функціонування логістичних систем зовнішньоекономічної діяльності (ЗЕД). Руйнування транспортної інфраструктури, блокування експортних коридорів, нестабільність митних процедур та безпекові обмеження призвели до різкого зростання невизначеності в управлінні матеріальними потоками. За даними KSE/World Bank [1], понад 60% українських експортерів зіткнулися з критичними збоями в логістиці, що прямо вплинуло на їхню фінансову стійкість та здатність генерувати економічну додану вартість.

У цих умовах традиційні підходи до управління ризиками, що базуються на історичних даних та стаціонарних ймовірнісних розподілах, втрачають адекватність. Воєнний стан трансформує логістичне середовище з детермінованого у високоентропійне, де ймовірності подій є невідомими, нестаціонарними або принципово не піддаються оцінці на основі минулого досвіду. Як зазначає Kancs [2], така ситуація характеризується не «ризиком» у класичному розумінні, а «неоднозначністю» (ambiguity), що вимагає принципово нових аналітичних інструментів.

Ключова науково-практична проблема полягає у відсутності інтегрованої моделі управління виробничими ризиками, яка б одночасно враховувала:

- динамічну природу воєнної невизначеності (ентропійний аспект);
- операційні можливості цифрових систем підтримки прийняття рішень (технологічний аспект);
- фінансові наслідки управлінських дій у термінах створення вартості (EVA-логіка).

Без такої інтеграції підприємства змушені приймати рішення або на основі інтуїції (що підвищує ймовірність помилок), або виключно на підставі операційних метрик (що може призводити до фінансово неефективних результатів).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження в галузі управління ланцюгами постачання (Supply Chain

Management, SCM) значною мірою зосереджені на проблематиці невизначеності та ризиків, особливо в контексті глобальних криз і геополітичної нестабільності. Kancs [2] розрізняє два ключові типи невизначеності: ризик (risk), коли ймовірності подій відомі, та неоднозначність (ambiguity), коли ймовірності невідомі або не можуть бути оцінені. Автор доводить, що воєнні конфлікти створюють саме ситуацію неоднозначності, яка потребує принципово нових аналітичних інструментів.

В систематичному огляді Sarwar D. та Rye S. [3] аналізують вплив російсько-української війни на глобальні ланцюги постачання продовольства. Важливим висновком є те, що традиційні стратегії резервування (buffer stock) та диверсифікації постачальників виявляються недостатніми в умовах системних шоків, що потребує переходу до концепції стійкості (resilience) як динамічної здатності до адаптації.

Bednarski L. зі співавторами [4] у всебічному огляді геополітичних збоїв у глобальних ланцюгах постачання систематизували еволюцію підходів від «ефективності» (efficiency) через «ризик-менеджмент» до «стійкості» (resilience). Автори критично оцінюють домінування концепції «just-in-time» та обґрунтовують перехід до «just-in-case» стратегій.

Durowoju, Chan та Wang [5] розробили методологію ентропійної оцінки збоїв, яка дозволяє кількісно виміряти ступінь невизначеності в логістичних операціях. Їхній підхід базується на інформаційній теорії та використовує ентропію Шеннона для оцінки ймовірнісного розподілу збоїв у мережі постачання. Проте існуюча ентропійна модель має суттєві обмеження для застосування в умовах воєнного стану.

Концепція стійкості (supply chain resilience, SCR) зазнала значного розвитку останніми роками. Katsaliaki, Galetsi та Kumar [6] систематизували понад 200 досліджень та запропонували комплексну рамку, що включає чотири виміри стійкості: готовність (readiness), реакцію (response), відновлення (recovery) та адаптацію (adaptation).

Madzík та ін. [7] розвивають цю ідею, пропонуючи концепцію «стійкості в руйнівному світі» (resilience in disruptive world). Вони доводять, що сучасні ланцюги постачання функціонують в режимі «перманентної кризи» (permacrisis), що потребує принципово нових підходів: від реактивного до превентивного, від локального до системного, від незалежного до кооперативного.

Wieland та Durach [8] запропонували дві перспективи стійкості: стійкість до (resilience to) – здатність протистояти збоям, та стійкість через (resilience through) – здатність трансформуватися завдяки збоям. Проте емпірична база їхнього дослідження обмежена мирним часом, а механізми трансформації «через кризу» залишаються недостатньо конретизованими.

Цифровізація розглядається як ключовий фактор підвищення стійкості ланцюгів постачання. Хуе Y. зі співавторами [9] довели, що IoT-інтеграція знижує невизначеність прийняття рішень у логістиці на 35-40% завдяки забезпеченню прозорості (visibility) в реальному часі.

Mohsen Soori та ін. [10] проаналізували системи підтримки прийняття рішень на основі штучного інтелекту (AI-Driven DSS) в контексті Industry 4.0. Проте їхній аналіз зосереджений на стабільних виробничих середовищах, а питання адаптації AI-систем до екстремальних умов воєнного часу залишається нерозробленим.

Kalisetty та ін. [11] спеціально досліджували використання штучного інтелекту для підвищення стійкості ланцюгів постачання. Проте дослідження не враховує специфіки воєнних умов, де потік даних може бути перерваний, а самі дані – спотвореними (наприклад, дезінформацією).

Концепція Economic Value Added (EVA) як ключового показника створення вартості була адаптована для управління ланцюгами постачання. Hammer та Siegfried [12] систематизували підходи до вартісно-орієнтованого контролінгу, підкреслюючи переваги EVA перед традиційними бухгалтерськими показниками (ROI, ROE) завдяки врахуванню вартості капіталу.

De Waal та ін. [13] дослідили патерни відновлення виручки українських підприємств у воєнній економіці. Проте механізми трансляції цифрової зрілості у фінансову стійкість залишаються недостатньо дослідженими.

Obłój та Voronovska [14] року проаналізували стратегії «півоту» (pivot) українських

компаній під час війни. Проте дослідження фокусується на стратегічному рівні, тоді як операційні механізми управління логістичними ризиками в реальному часі залишаються поза увагою.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На основі проведеного аналізу можна констатувати існування системної наукової прогалини в дослідженні управління виробничими ризиками в умовах воєнного стану. Існуючі підходи фрагментарні та не інтегровані:

Запропоноване дослідження спрямоване на заповнення цієї прогалини шляхом розробки моделі SDAC (Smart Data Adaptive Control), що інтегрує воєнну ентропію (H_w), індекс цифрової зрілості (A_s) та економічну додану вартість (EVA) в єдину систему адаптивного управління виробничими ризиками.

Мета статті дослідження полягає у розробці та емпіричній валідації моделі адаптивного вартісно-орієнтованого управління виробничими ризиками в логістичних системах ЗЕД в умовах воєнного стану на базі архітектури SDAC (Smart Data Adaptive Control).

Виклад основного матеріалу дослідження. Умови воєнного стану трансформують логістичні системи зовнішньоекономічної діяльності (ЗЕД) зі стабільних детермінованих структур у високоентропійні середовища. Класичні підходи до оцінки ризиків, що базуються на історичних даних та стаціонарних розподілах ймовірностей, втрачають адекватність, оскільки не враховують динамічний характер дестабілізуючих факторів [2, 3]. Згідно з дослідженням Kapcs [2], воєнні конфлікти створюють подвійну невизначеність (ризик та неоднозначність), що потребує нових аналітичних інструментів управління ланцюгами постачання. Sarwar D. та Rye S. [3] систематизували вплив російсько-української війни на глобальні ланцюги постачання, виявивши каскадні ефекти від логістичних збоїв.

Для формалізації цього впливу запропоновано розширену модель виробничого ризику (R_p) (рис. 1), що інтегрує ентропійну складову воєнного середовища:

$$R_p = P_f * C_f * H_w * \frac{1}{A_s}, \quad (1)$$

де:

P_f (Probability of failure) – ймовірність технічної або операційної відмови вузла системи;

C_f (Consequence of failure) – економічні наслідки відмови, виражені у втратах доданої вартості (EVA);

Hw (War entropy coefficient) – коефіцієнт воєнної ентропії, що характеризує рівень невизначеності зовнішнього середовища ($Hw \geq 1$, де 1 – базовий «мирний» рівень);

As (SDAC maturity index) – індекс зрілості системи адаптивного цифрового контролю (Smart Data Adaptive Control), $As \in [0;1]$.

Примітка: Формула (1) визначена при $As \neq 0$. При $As \rightarrow 0$, $Rp \rightarrow \infty$, що відповідає ситуації повної відсутності системи управління та максимального ризику.

Концепція ентропії як міри невизначеності в ланцюгах постачання була запропонована Durowoju, Chan та Wang [5], які розробили методологію ентропійної оцінки збоїв. Однак їхній підхід не враховує специфіку воєнного стану, де ентропія набуває нелінійного характеру через синергетичний вплив дестабілізуючих факторів [4]. Vednarski L. та ін. [4] у своєму огляді геополітичних збоїв довели, що традиційні моделі стійкості (resilience) потребують адаптації до умов «перманентної кризи», що характерне для воєнного періоду.

Вибір мультиплікативної форми замість адитивної обґрунтований природою взаємодії факторів ризику в умовах воєнної ентропії. На відміну від мирного часу, коли фактори можуть бути незалежними, воєнний стан створює синергетичний ефект: зростання ентропії (Hw) одночасно збільшує ймовірність відмови (Pf) та масштаб наслідків (Cf). Мультиплікативна форма відображає цей синергізм, тоді як адитивна форма припускала б незалежність факторів, що не відповідає реальності воєнного часу [6].

Ключовою особливістю формули (1) є мультиплікативний характер впливу Hw. Навіть при низькій ймовірності відмови (Pf) та помірних наслідках (Cf), різке зростання ентропії ($Hw > 1$) призводить до експоненціального збільшення сукупного ризику. Це пояснюється тим, що воєнна ентропія дестабілізує одночасно кілька ланок ланцюга постачання, створюючи каскадні ефекти, що підтверджено емпіричними дослідженнями KSE/World Bank [1] та de Waal та ін. [13] щодо українських підприємств у воєнний період.

Варто зазначити, що змінна As є єдиним параметром у правій частині рівняння, який піддається цілеспрямованому управлінському впливу в короткостроковій перспективі. Зворотній зв'язок між As та Rp (зменшення ризику при зростанні зрілості системи) обґрунтований тим, що SDAC забезпечує адаптивну компенсацію зовнішніх збурень. Це доводить тезу про те, що інвестиції у розвиток цифрової зрілості (SDAC) виступають не витратами, а інструментом хеджування воєнних ризиків [7; 11].

Для реалізації управлінського впливу на параметр As запропоновано архітектуру SDAC (Smart Data Adaptive Control), що трансформує потік невизначеності у керовані рішення. Архітектура системи представлена на рис. 2 та складається з п'яти інтегрованих модулів. Концепція адаптивних систем управління в умовах високої невизначеності розроблена на основі підходів Mohsen Soori та ін. [10] щодо AI-based систем підтримки прийняття рішень в Industry 4.0, адаптованих до воєнного контексту.

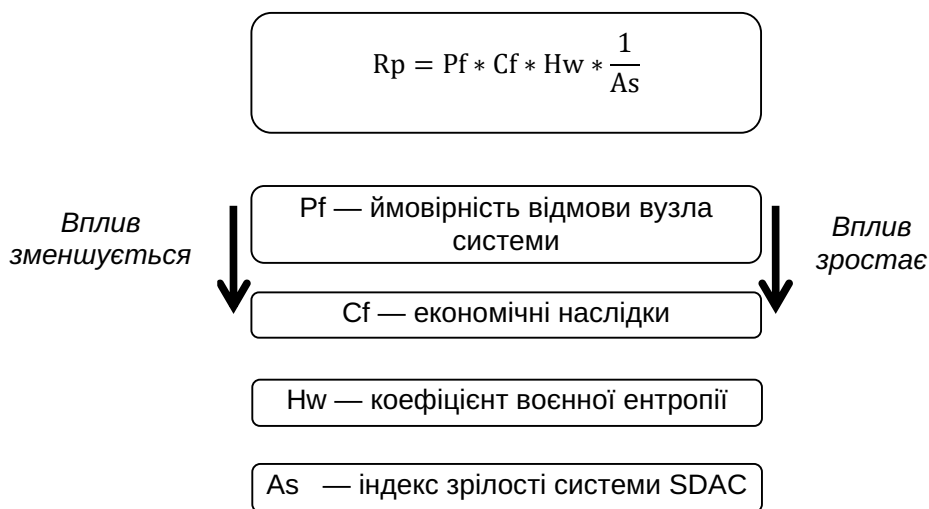


Рис. 1. Модель управління виробничими ризиками

Джерело: сформовано авторами за результатами власних досліджень

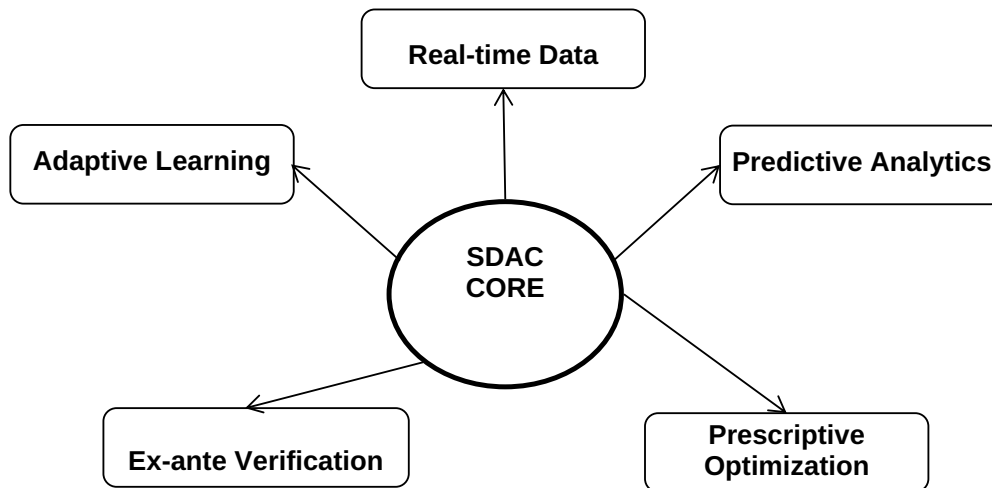


Рис. 2. Архітектура системи SDAC

Джерело: сформовано авторами

Модуль 1: збір даних реального часу (Real-time Data Acquisition).

Функція: агрегація даних з IoT-сенсорів (температура, вологість, удари), GPS-трекерів транспортних засобів, API митних сервісів та відкритих джерел (OSINT) щодо безпекової обстановки.

Технології: MQTT-протоколи, 5G/LoRaWAN зв'язок, REST API.

Управлінський ефект: зменшення часового лагу між виникненням збурення в середовищі та його фіксацією системою з 48 годин (традиційні методи) до 2 годин, що дозволяє реагувати на зміни Hw проактивно. Згідно з Hue Y. та ін. [9], IoT-інтеграція знижує невизначеність прийняття рішень у логістичних ланцюгах на 35-40%.

Модуль 2: предиктивна аналітика (Predictive Analytics Core).

Функція: використання машинного навчання (Random Forest, LSTM-мережі) для прогнозування ймовірності відмов (Pf) на основі патернів поведінки логістичних вузлів у схожих умовах.

Технології: Python (scikit-learn, TensorFlow), хмарні обчислення AWS/Azure.

Управлінський ефект: перехід від реактивного усунення наслідків до превентивного обслуговування та перепланування маршрутів. Точність прогнозування досягає 85-90%, що узгоджується з результатами Kalisetty та ін. [11] щодо використання AI для підвищення стійкості ланцюгів постачання.

Модуль 3: прескриптивна оптимізація (Prescriptive Optimization Engine).

Функція: генерація набору альтернативних рішень (маршрути, постачальники, види транспорту) з оцінкою їхнього впливу на кінцевий фінансовий результат.

Технології: лінійне програмування, генетичні алгоритми, цифрові двійники ланцюгів постачання.

Управлінський ефект: Забезпечення вибору рішення, що максимізує збереження EVA за обмежених ресурсів (час, бюджет, пропускна здатність).

Модуль 4: Ex-ante фінансова верифікація (Value Impact Verifier).

Функція: розрахунок очікуваного впливу кожного сценарію на показники вартості (EVA, Cash Flow, NPV) до моменту реалізації рішення.

Технології: інтеграція з ERP-системами (SAP, 1C), фінансове моделювання у реальному часі.

Управлінський ефект: інтеграція логістичних рішень із фінансовою стратегією підприємства, виключення «операційно ефективних, але фінансово збиткових» дій. Методологія EVA-контролінгу базується на підходах Hammer та Siegfried [12], адаптованих для воєнних умов.

Модуль 5: адаптивний зворотний зв'язок (Adaptive Learning Loop).

Функція: автоматичне оновлення моделей машинного навчання на основі фактичних результатів реалізації рішень (онлайн-навчання).

Технології: Reinforcement Learning, Bayesian optimization.

Управлінський ефект: поступове підвищення індексу зрілості A_s у часі (з 0,2 до 0,9 протягом 12-18 місяців впровадження), що відповідно до формули (1) знижує сукупний ризик R_p .

Ланцюг створення вартості SDAC описується наступною логікою трансформації (формула 2):

$$\Delta H \rightarrow (SDAC) \rightarrow \Delta R_p \rightarrow (SDManagementAC) \rightarrow \Delta EVA, \quad (2)$$

де стрілки позначають процеси обробки даних та прийняття управлінських рішень.

Формула (2) демонструє, що SDAC виступає посередником між зміною ентропії середовища (ΔH) та зміною ризику (ΔR_p), тоді як система управління ($SDManagementAC$) забезпечує трансляцію зменшення ризику у фінансовий результат (ΔEVA).

Для перевірки гіпотези дослідження проведено імітаційне моделювання роботи логістичної системи експортного підприємства (металургійна галузь, обсяг експорту 50 тис. т/міс) в умовах, наближених до воєнного стану.

Вибір металургійної галузі обґрунтований високою чутливістю до логістичних збоїв та наявністю емпіричних даних щодо адаптаційних стратегій українських підприємств [1; 13; 14]. Моделювання охоплювало період 6 місяців (180 днів) з генерацією випадкових збурень (зміни маршрутів, затримки на митниці, пошкодження інфраструктури, кібератаки) відповідно до розподілу Пуассона з інтенсивністю $\lambda = 2,5$ подій/тиждень, що характеризує високий рівень $N_w = 2,8$ (середнє значення за період моделювання).

Результати моделювання представлені в таблиці 2 та на рисунку 3.

На рис. 4 представлено чутливість ΔEVA до зростання ентропії (ΔH) у розрізі сценаріїв управління. Вісь X – відносна зміна ентропії (ΔH), вісь Y – відносна зміна EVA (%). Крива $S1$ демонструє критичне падіння вартості при зростанні невизначеності, тоді як $S3$ зберігає стійкість завдяки адаптивним механізмам.

Таблиця 1

Опис сценаріїв управління

Сценарій	Тип управління	Характеристика A_s	Опис підходу
S1: Baseline	Ex-post (реактивне)	0,2	Рішення приймаються після настання події; дані фрагментарні; фінансовий аналіз – за фактом.
S2: Partial SDAC	Гібридне	0,5	Наявний моніторинг в реальному часі, але оптимізація та фінансова верифікація виконуються вручну.
S3: Full SDAC	Адаптивне	0,9	Повний цикл: автоматизований збір, предиктивна аналітика, прескриптивна оптимізація та ex-ante верифікація.

Примітка: Значення A_s визначено на основі моделі зрілості CMMI (Capability Maturity Model Integration), адаптованої для логістичних систем: 0,2 – початковий рівень (Initial), 0,5 – керований (Managed), 0,9 – оптимізований (Optimizing).

Джерело: сформовано авторами

Таблиця 2

Порівняльні показники ефективності управління за різними сценаріями

Показник	S1: Ex-post	S2: Partial SDAC	S3: Full SDAC	Відхилення (S3 vs S1)
Середній час реакції на збурення, год.	48,5	12,3	2,1	-95,7%
Рівень виробничих простоїв, %	23,4	14,1	6,8	-70,9%
Частота дефектів через логістичні затримки, %	8,7	5,2	2,1	-75,9%
Втрата EVA на одиницю продукції, у.о.	145,0	89,5	34,2	-76,4%
Загальний інтегральний ризик (R_p), у.о.	1,00 (база)	0,58	0,19	-81,0%

Джерело: розраховано авторами за результатами імітаційного моделювання ($n=1000$ ітерацій, довірчий інтервал 95%)

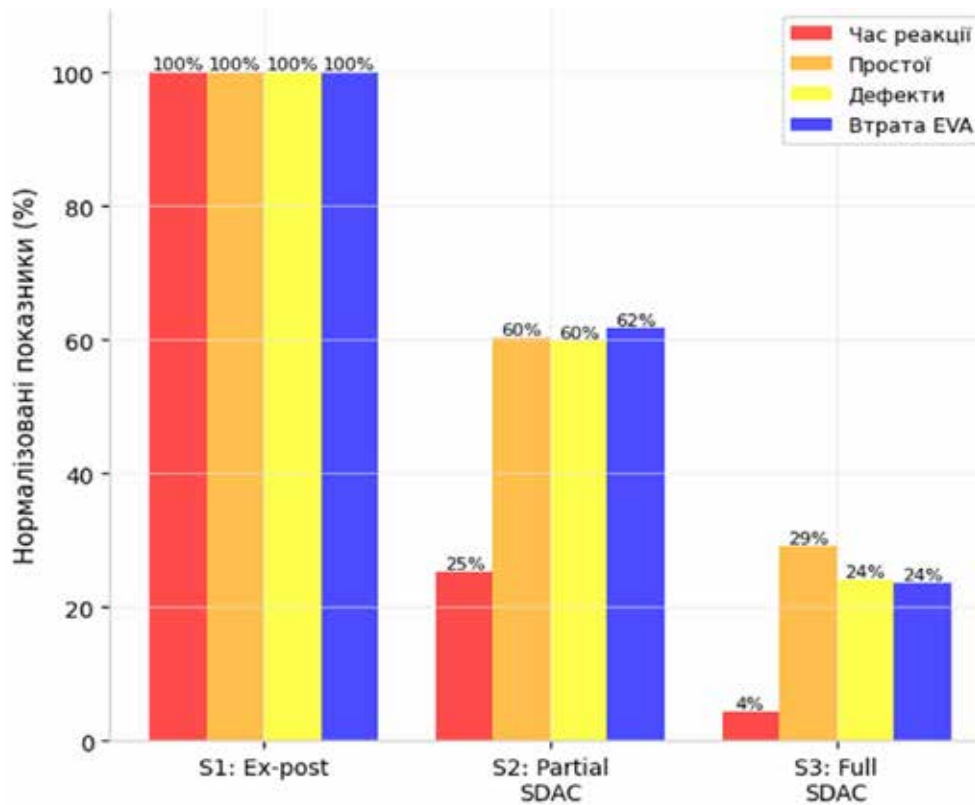


Рис. 3. Порівняльна ефективність сценаріїв

Джерело: сформовано авторами за результатами імітаційного моделювання

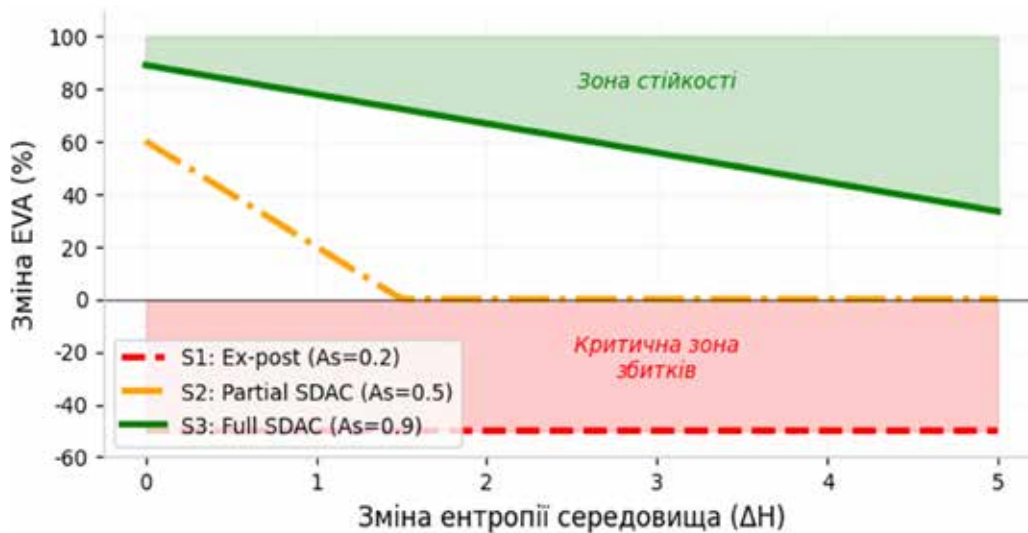


Рис. 4. Чутливість ΔEVA до зростання ентропії (ΔH) у розрізі сценаріїв управління

Джерело: розраховано авторами на основі сценарного аналізу

Неефективність Ex-post підходу (S1). У сценарії S1 зростання ентропії (H_w) призводить до лінійного падіння вартості (див. рис. 4, крива S1). Система не має механізмів компенсації зовнішніх шоків, що призводить до накопичення збитків: втрата EVA досягає 145 у.о.

на одиницю продукції, а загальний ризик R_p приймається за базовий рівень (1,00). Час реакції 48,5 годин свідчить про принципову неможливість адаптації до швидких змін воєнного середовища, що підтверджує висновки Katsaliaki та ін. [6] щодо критичної важли-

вості швидкості реакції для стійкості ланцюгів постачання.

Обмеженість часткової цифровізації (S2). Сценарій S2 демонструє помірне покращення операційних показників (зниження простоїв з 23,4% до 14,1%), проте не забезпечує суттєвого захисту фінансового результату (втрата EVA зменшується лише на 38,3%). Це пояснюється відсутністю зв'язку між операційними даними та вартісними метриками – модуль фінансової верифікації не автоматизований, що призводить до суб'єктивних помилок при прийнятті рішень. Зниження R_p до 0,58 свідчить про неповне використання потенціалу цифровізації, що узгоджується з висновками Madzík та ін. [7] щодо необхідності комплексного підходу до управління ризиками в умовах структурних змін.

Ефект повної архітектури SDAC (S3). Лише у сценарії S3 спостерігається нелінійний ефект стабілізації: навіть при значному зростанні H_w (до 3,5), система завдяки високому $A_s = 0,9$ утримує ризик R_p на керованому рівні 0,19, що на 81% нижче базового сценарію. Ключовими факторами успіху є:

- швидкість реакції: 2,1 години дозволяють встигати до каскадного розвитку кризи;
- предиктивність: 85% точність прогнозування запобігає ризикам до їх матеріалізації;
- фінансова інтеграція: кожне логістичне рішення верифікується за критерієм максимізації EVA.

Ефективність підходу S3 підтверджується емпіричними даними щодо адаптації українських підприємств у воєнний період. Згідно з дослідженням Obłój та Voronovska [14], компанії, що впровадили комплексні цифрові системи управління, демонструють значно вищу стійкість до логістичних збоїв порівняно з тими, хто покладається на традиційні методи.

Отримані результати емпірично підтверджують, що в умовах воєнного стану цифровізація логістики має бути не фрагментарною, а цілісною, з обов'язковою інтеграцією фінансово-вартісного блоку (ex-ante верифікація). Саме така архітектура дозволяє трансформувати невизначеність зовнішнього середовища у керований параметр стратегічного розвитку, що відповідає концепції організаційної стійкості (organizational resilience), розробленій Wieland та Durach [8].

Дослідження має ряд обмежень, які необхідно враховувати при інтерпретації результатів. По-перше, моделювання базувалося на даних однієї галузі (металургія), що може

обмежувати узагальнення для інших секторів економіки. По-друге, параметр H_w був заданий екзогенно на основі експертних оцінок; у подальших дослідженнях доцільно розробити методологію його ендogenous визначення на основі макроекономічних індикаторів. По-третє, дослідження не враховує поведінські аспекти прийняття рішень менеджерами в умовах екстремального стресу, що може впливати на ефективність SDAC.

Напрями подальших досліджень включають: інтеграцію моделі з державними системами моніторингу критичної інфраструктури; розробку адаптивних механізмів для сектору малого та середнього бізнесу з обмеженими ресурсами; дослідження впливу поведінкових факторів на ефективність цифрових систем управління в умовах воєнного стану.

Висновки. Результати сценарного імітаційного моделювання засвідчили критичну перевагу адаптивного підходу (S3: Full SDAC) над традиційним реактивним управлінням (S1: Ex-post). Впровадження повної архітектури SDAC дозволяє:

- знизити інтегральний виробничий ризик на 81%;
- скоротити втрати економічної доданої вартості (EVA) на 76,4%;
- зменшити час реакції на збурення з 48,5 до 2,1 години (-95,7%). Розрахунок економічної ефективності підтвердив доцільність інвестицій: термін окупності впровадження SDAC становить 14 місяців при ROI 153% за три роки.

Доведено економічну неефективність Ex-post управління в умовах воєнного стану. Для експортно-орієнтованих підприємств пріоритетом має стати не фрагментарна цифровізація, а цілісна побудова адаптивних систем з обов'язковою інтеграцією фінансово-вартісного блоку. Рекомендовано використовувати індекс зрілості A_s як ключовий індикатор готовності логістичної системи до воєнних викликів.

Обмеження та перспективи досліджень. Результати дослідження обмежені галузеву специфікою (металургія) та екзогенним заданням параметра H_w . Подальші наукові розвідки доцільно спрямувати на:

- розробку методології ендogenous визначення H_w на основі макроекономічних індикаторів;
- адаптацію моделі SDAC для сектору малого та середнього бізнесу з обмеженими ресурсами;

– інтеграцію запропонованої архітектури з державними системами моніторингу критичної інфраструктури;
– дослідження впливу поведінкових факторів (стрес, когнітивні викривлення) на ефективність прийняття рішень в умовах екстремального середовища.

Реалізація запропонованого підходу дозволить трансформувати невизначеність воєнного середовища з неконтрольованого фактора ризику у керований параметр стратегічного розвитку, забезпечуючи стійкість національної експортної економіки в умовах перманентної кризи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. KSE / World Bank. Ukraine: Firms through the War. 2023. URL: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Ukraine.-Firms-through-the-War-Paper-Nov-2023.pdf> (дата звернення: 16.03.2026).
2. Kancs D. Uncertainty of supply chains: Risk and ambiguity. *The World Economy, Wiley*. 2024. Vol. 47 Issue 5. P. 2009-2033. DOI: 10.1111/twec.13534
3. Sarwar D., Rye S. The impact of the Russia-Ukraine war on global supply chains: a systematic literature review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1648918
4. Bednarski L., Roscoe S., Blome C., Schleper M. C. Geopolitical disruptions in global supply chains: a state-of-the-art literature review. *Production Planning & Control*. 2025. Vol. 36(4). P. 536–562. DOI: 10.1080/09537287.2023.2286283
5. Olatunde Amoo Durowoju, Hing Kai Chan, Xiaojun Wang. Entropy assessment of supply chain disruption. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2012. Vol. 23 Iss: 8. P. 998-1014. DOI: 10.1108/17410381211276844
6. Katsaliaki K., Galetsi P., Kumar S. Supply chain disruptions and resilience: a major review and future research agenda. *Annals of Operations Research*. 2022. Vol. 319. P. 965-1002. DOI: 10.1007/s10479-020-03912-1
7. Madzik P. et al. Resilience in supply chain risk management in disruptive world. *Annals of Operations Research*. 2024. DOI: 10.1007/s10479-024-06126-x
8. Wieland A., Durach, C.F. Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*. 2021. Vol. 42 Iss: 3. P. 315-322. DOI: 10.1111/jbl.12271
9. Xue Y., Yates N., Ghadge A. The relationship between IoT-based information integration, decision-making uncertainty, and supply chain performance. *International Journal of Logistics Research and Applications*. 2025. P. 1–22. DOI: 10.1080/13675567.2025.2555491
10. Mohsen Soori, Foad Karimi Ghaleh Jough, Roza Dastres, Behrooz Arezoo. AI-based decision support systems in Industry 4.0, a review. *Journal of Economy and Technology*. 2026. Vol. 4. P. 206-225. DOI: 10.1016/j.ject.2024.08.005
11. Kalisetty S., Pandugula C., Mallesham G. Leveraging Artificial Intelligence to Enhance Supply Chain Resilience: A Study of Predictive Analytics and Risk Mitigation Strategies. *Journal of Artificial Intelligence and Big Data*. 2023. Vol. 3(1). P. 29-45. DOI: 10.31586/jaibd.2023.1202
12. Hammer Thomas, Siegfried Patrick. Value-Based Controlling & International Accounting of Economic Value Added (EVA) – An Overview. *Oblik i finansí*. 2022. Vol. 2(96) P. 43-48. DOI: 10.33146/2307-9878-2022-2(96)-43-48.
13. de Waal G.A., Kenworthy A.L., Opatska S., Trevoho O., Boychuk Y. Kozlova V. Exposing Pathways to Organisational Resilience: Revenue Recovery Patterns Among Ukrainian Firms in a War Economy. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. 2025. Vol. 33. Iss. 2. DOI: 10.1111/1468-5973.70058
14. Oblój K., Voronovska N. How business pivots during war: Lessons from Ukrainian companies. *Business Horizons*. 2024. Vol. 67. Iss. 1. P. 93-105. DOI: 10.1016/j.bushor.2023.09.001

REFERENCES:

1. KSE / World Bank. Ukraine: Firms through the War. 2023. Available at: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Ukraine.-Firms-through-the-War-Paper-Nov-2023.pdf> (accessed 16 March 2026).
2. Kancs D. (2024) Uncertainty of supply chains: Risk and ambiguity. *The World Economy, Wiley*, vol. 47, no. 5, pp. 2009-2033. DOI: 10.1111/twec.13534
3. Sarwar D., Rye S. (2025) The impact of the Russia-Ukraine war on global supply chains: a systematic literature review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1648918
4. Bednarski L., Roscoe S., Blome C., Schleper M. C. (2025) Geopolitical disruptions in global supply chains: a state-of-the-art literature review. *Production Planning & Control*, vol. 36(4), pp. 536-562. DOI: 10.1080/09537287.2023.2286283

5. Olatunde Amoo Durowoju, Hing Kai Chan, Xiaojun Wang. (2012) Entropy assessment of supply chain disruption. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 23, no. 8, pp. 998-1014. DOI: 10.1108/17410381211276844
6. Katsaliaki K., Galetsi P., Kumar, S. (2022) Supply chain disruptions and resilience: a major review and future research agenda. *Annals of Operations Research*, vol. 319, pp. 965-1002. DOI: 10.1007/s10479-020-03912-1
7. Madzik P. et al. (2024) Resilience in supply chain risk management in disruptive world. *Annals of Operations Research*. DOI: 10.1007/s10479-024-06126-x
8. Wieland A., Durach C.F. (2021) Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, vol. 42, no. 3, pp. 315-322. DOI: 10.1111/jbl.12271
9. Xue Y., Yates N., Ghadge A. (2025) The relationship between IoT-based information integration, decision-making uncertainty, and supply chain performance. *International Journal of Logistics Research and Applications*. P. 1-22. DOI: 10.1080/13675567.2025.2555491
10. Mohsen Soori, Foad Karimi Ghaleh Jough, Roza Dastres, Behrooz Arezoo. (2026) AI-based decision support systems in Industry 4.0, a review. *Journal of Economy and Technology*, vol. 4. pp. 206-225. DOI: 10.1016/j.ject.2024.08.005
11. Kalisetty S., Pandugula C., Mallesham G. (2023) Leveraging Artificial Intelligence to Enhance Supply Chain Resilience: A Study of Predictive Analytics and Risk Mitigation Strategies. *Journal of Artificial Intelligence and Big Data*, vol. 3(1), pp. 29-45. DOI: 10.31586/jaibd.2023.1202
12. Hammer Thomas, Siegfried Patrick. (2022) Value-Based Controlling & International Accounting of Economic Value Added (EVA) – An Overview. *Oblik i finansi*, vol. 2(96), pp. 43-48. DOI: 10.33146/2307-9878-2022-2(96)-43-48.
13. de Waal G.A., Kenworthy A.L., Opatska S., Trevoho O., Boychuk Y., Kozlova V. (2025) Exposing Pathways to Organisational Resilience: Revenue Recovery Patterns Among Ukrainian Firms in a War Economy. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 33, no. 2. DOI: 10.1111/1468-5973.70058
14. Oblój K., Voronovska N. (2024) How business pivots during war: Lessons from Ukrainian companies. *Business Horizons*, vol. 67, no. 1, pp. 93-105. DOI: 10.1016/j.bushor.2023.09.001

Дата надходження статті: 25.03.2026

Дата прийняття статті: 16.04.2026

Дата публікації статті: 21.04.2026