

УДК 658:338.2

DOI: <https://doi.org/10.32782/1814-1161/2025-4-14>**Демчук О.І.**

аспірант

Національного університету «Львівська політехніка»

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0203-9955>**Demchuk Oleksii**

Postgraduate Student

Lviv Polytechnic National University

ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АГРОПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

FORECASTING RISKS ARISING DURING THE FORMATION OF THE MANAGEMENT SYSTEM OF AGRICULTURAL ENTERPRISES UNDER THE DIGITALIZATION OF BUSINESS PROCESSES

У процесі дослідження розглянуто підходи до розвитку та удосконалення імітаційної моделі для системи управління ризиками на агропідприємстві в умовах діджиталізації. Обґрунтовано, що ієрархічне моделювання є ефективним методом для розбиття складної системи на менші, легше керовані субмоделі, що спрощує процес валідації та адаптації. Аргументовано, що застосування покращених методів валідації, зокрема крос-валідації та статистичного бутстрапінгу, підвищує надійність та точність моделі, забезпечуючи її спроможність до узагальнення на нових даних. Доведено, що розширення методології моделювання через інтеграцію детермінованих і стохастичних елементів забезпечує більшу гнучкість моделі, дозволяючи ефективно реагувати на змінні умови внутрішнього та зовнішнього середовища. Використання інтелектуальних агентів збільшує реалізм моделі, дозволяючи детально відтворювати взаємодії між окремими елементами та процесами в системі.

Ключові слова: імітаційна модель, управління ризиками, агропідприємства, діджиталізація, методи валідації.

Risk forecasting is a key factor in ensuring the rationality and efficiency of risk management systems in agricultural enterprises under conditions of business-process digitalization. The integration of automation, precision farming, and data analytics creates new opportunities, but also increases vulnerability to cyberattacks, software failures, and hardware malfunctions. Effective forecasting mechanisms make it possible to detect and minimize threats in advance, preventing disruptions in production processes. In the course of the study, various approaches to the development and improvement of a simulation model for the risk management system at an agricultural enterprise under conditions of digitalization have been examined. It has been substantiated that hierarchical modeling is an effective method for decomposing a complex system into smaller, more manageable sub-models, which simplifies the processes of validation and adaptation. It has been argued that the use of advanced validation techniques such as cross-validation and statistical bootstrapping increases the reliability and accuracy of the model, ensuring its ability to generalize to new data. It has been proven that expanding the modeling methodology through the integration of deterministic and stochastic elements provides greater model flexibility, allowing effective responses to changing internal and external environmental conditions. The use of intelligent agents enhances the realism of the model by enabling a detailed representation of interactions between individual elements and processes within the system. Finally, the implementation of hybrid models contributes to achieving an optimal balance between traditional approaches and modern predictive models, increasing the adaptability and resilience of the overall system to change. Overall, the proposed approaches form a comprehensive structure that promotes a deep understanding and effective risk management, which is critically important for the sustainable development of agricultural enterprises in modern conditions of digitalization.

Keywords: simulation model, risk management, agricultural enterprises, digitalization, validation methods.

Постановка проблеми. Прогнозування ризиків є ключовим чинником раціональності та ефективності систем управління агропідприємствами в умовах діджиталізації бізнес-процесів. Інтеграція автоматизації, прецизійного землеробства та аналітики даних створює нові можливості, але й підвищує вразливість до кібератак, програмних збоїв та технічних відмов. Ефективні механізми прогнозування дозволяють завчасно виявляти та мінімізувати загрози, запобігаючи порушенням виробничих процесів.

Системний підхід до управління ризиками підвищує довіру інвесторів і клієнтів, сприяє залученню фінансування та зміцнює конкурентоспроможність підприємств. В умовах глобальної конкуренції та кліматичних змін здатність адаптуватися до внутрішніх і зовнішніх чинників стає вирішальною для довгострокового розвитку аграрного бізнесу.

Додатково, використання IoT, штучного інтелекту та систем аналізу великих даних підвищує точність прогнозування, забезпечує швидке реагування на ризики та оптимізацію ресурсів. Така технологічна інтеграція зміцнює стійкість агропідприємств і посилює їх позиції на ринку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З урахуванням специфіки агропідприємств як складних систем управління, а також на основі критичного огляду та аналізу літературних джерел, зокрема праць Martyniuk V., Dluhopolskyi O., Kniaz S., Podolchak N., Muravska Y., Martyniuk B. [1], Gomez M., Freddy J., Yanelys D.T. [2], Monastyrnaya I., Le Bris G.Y., Yannou B., Petit G. [3], Nastos P.T. та ін. [4], Maknickiene N., Stankeviciene J., Maknickas A. [5], Partiti E. [6], Popkova E. G., Shakhovskaya L. S., Abramov S. A. [7], Prause L., Hackfort S., Lindgren M. [8], Saban Kumar K.C., Arun Kumar Timalina P. [9], Semenova N. [10], встановлено, що значна частина досліджень акцентує увагу на окремих інструментах цифровізації, проте питання прогнозування ризиків та інтеграції цих інструментів у комплексну систему управління залишаються недостатньо опрацьованими. Відсутність однозначності у визначенні ключових елементів цифрових систем управління ризиками, їх взаємозв'язків та класифікаційних ознак зумовлює потребу у систематизації наукових підходів та формуванні узгодженого переліку управлінських векторів, орієнтованих на завчасне виявлення, оцінювання і мінімізацію ризиків в агропідприємствах. Це дозволить створити єдину методологічну основу для впровадження ефективних моделей прогнозування ризиків та підвищення стійкості аграрного бізнесу в умовах діджиталізації.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри наявні наукові розробки, низка аспектів управління ризиками агропідприємств у процесі діджиталізації залишається недостатньо вивченою. Передусім потребує поглиблення комплексна інтеграція цифрових технологій із системами прогнозування ризиків, оскільки

більшість досліджень зосереджується лише на окремих інструментах діджиталізації.

Мета статті – є обґрунтування доцільності застосування імітаційного моделювання для прогнозування ризиків у системі управління агропідприємством в умовах діджиталізації бізнес-процесів, а також розроблення удосконаленої моделі управління ризиками на основі ієрархічного, змішаного, агентного та гібридного підходів із урахуванням специфіки аграрного сектору.

Виклад основних результатів дослідження.

Для прогнозування ризиків під час формування системи управління агропідприємством в умовах діджиталізації бізнес-процесів можна використовувати імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання є вибором для прогнозування ризиків в агропідприємствах умовах діджиталізації через свою здатність детально відтворювати та аналізувати складні системи та процеси. Основна перевага імітаційного моделювання полягає в його гнучкості: модель може включати різноманітні змінні та сценарії, дозволяючи аналізувати вплив зовнішніх та внутрішніх змін на систему [1]. Це дозволяє не просто розглядати статичні характеристики, а моделювати динамічні процеси, що є ключовими в агропромисловому секторі, де змінні умови зовнішнього середовища мають великий вплив на діяльність підприємства. На відміну від традиційних статистичних методів, які часто обмежені лінійними залежностями та вимагають строгих передумов щодо розподілу даних, імітаційне моделювання може враховувати нелінійності, взаємозалежності між різними змінними та непередбачувані випадкові події. Це робить його незамінним у ситуаціях, де поведінка системи залежить від складної взаємодії багатьох факторів. Крім того, імітаційне моделювання дозволяє проводити «що якщо» аналіз, який є особливо корисним для стратегічного планування та управління ризиками, адже дозволяє оцінювати потенційні наслідки різних стратегічних рішень до їхнього впровадження. Також, імітаційне моделювання підтримує візуалізацію процесів, що значно поліпшує зрозумілість і інтерпретацію результатів моделювання для ухвалення рішень, надаючи можливість менеджерам і директорам агропідприємств бачити візуальне представлення складних процесів та їх взаємодій [2]. Ця візуалізація сприяє кращому розумінню потенційних ризиків та ефективності запропонованих стратегій управління. Таким чином, імітаційне моделювання не тільки підвищує ефективність управління ризиками, але й служить стратегічним інструментом для оптимізації процесів і збільшення адаптивності підприємства до змін умов зовнішнього та внутрішнього середовища.

Етапи застосування імітаційного моделювання для прогнозування ризиків під час формування системи управління агропідприємством в умовах діджиталізації бізнес-процесів включають низку послідовних кроків. Першим етапом є визначення цілей моделювання та збір необхідних даних [3]. На цьому етапі формуються завдання,

пов'язані з аналізом потенційних ризиків впровадження цифрових технологій, таких як кібербезпека, технологічні та фінансові ризики, а також здійснюється збір інформації про бізнес-процеси, технічні рішення, історичні інциденти та фінансові показники.

Другий етап передбачає створення концептуальної моделі, яка описує ключові процеси агропідприємства та їх взаємодію, а також визначає основні ризикові фактори, що можуть впливати на ефективність і безпеку цифровізованих процесів.

Третім етапом є розробка імітаційної моделі за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (AnyLogic, Vensim, Simul8 тощо) [4]. На цьому кроці будується модель, яка відтворює поведінку системи за різних сценаріїв, із можливістю включення модулів для моделювання окремих ризиків, наприклад кібератак або технічних збоїв.

Четвертим етапом виступає калібрування та валідація моделі. Тут здійснюється перевірка точності моделювання на основі історичних даних і експертних оцінок, а також налаштування параметрів для досягнення максимально реалістичних результатів [5].

Завершальним етапом є проведення експериментів з моделлю та аналіз їх результатів. Це дозволяє оцінити реакцію системи на різні ризикові сценарії, визначити вплив змін у бізнес-процесах або технологіях, а також сформулювати рекомендації щодо стратегій мінімізації ризиків, ефективного впровадження цифрових технологій та процедур відновлення після інцидентів [6].

Таким чином, імітаційне моделювання виступає комплексним інструментом, що забезпечує глибокий аналіз ризикових ситуацій, створює основу для стратегічних рішень і підвищує рівень безпеки та стійкості агропідприємства в умовах діджиталізації.

Визначення цілей моделювання та збір даних формують основу всієї моделі, дозволяючи глибше розуміти базові параметри системи, що є критично важливим для подальшого аналізу [7]. На основі зібраних даних створюється концептуальна модель, яка структурує різні елементи системи та визначає зв'язки між ними, що допомагає виявити потенційні точки впливу та зони ризику. Далі, концептуальна модель трансформується в імітаційну модель, яка пристосована для виконання комп'ютерних симуляцій, дозволяючи тестувати різні сценарії в контрольованому віртуальному середовищі. Калібрування та валідація моделі відбуваються через серію тестів, які забезпечують достовірність та точність результатів моделювання, переконуючись, що модель адекватно відображає реальні процеси. Використання експериментів з моделлю дозволяє оцінити реакцію системи на різноманітні зміни і впливи, що сприяє розробці ефективних стратегій управління ризиками [8]. Завершується процес аналізом результатів, на основі яких формуються рекомендації та стратегії для оптимізації діяльності підприємства, забезпечуючи його здатність адаптуватися до змінних умов ринку та зовнішнього середовища.

Перший етап не має строгого математичного представлення, але передбачає збір та аналіз даних:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

де X – набір даних, що включає фінансові показники, дані про виробництво, звіти про інциденти тощо.

У відповідності до наступних етапів (2 і 3) створимо концептуальну та імітаційну моделі, яку представимо диференціальними рівняннями або системою лінійних рівнянь залежно від типу процесів:

$$S = f(X, R, T); \frac{dS}{dt} = A(S, R, T, t), \quad (2)$$

де S – стан системи; X – вхідні дані; R – ризики; T – технології; A – функція, що описує зміну стану системи з часом.

На етапі калібрування та валідації моделі застосуємо таку формулу:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}, \quad (3)$$

де χ^2 – χ^2 -квадрат статистика для оцінки відповідності моделі; O_i – спостережувані значення; E_i – значення, отримані з моделі.

Після цього можемо виконувати експерименти з моделлю, тобто модель запускається при різних умовах для аналізу чутливості:

$$S_{new} = f(S, \delta R, \delta T), \quad (4)$$

де $\delta R, \delta T$ – зміни в ризиках і технологіях.

Отримавши результати виконаних експериментів необхідним є аналіз результатів та розробка стратегії управління ризиками. Результати аналізуються для визначення оптимальних параметрів:

$$U = \operatorname{argmin}_R V(S, R, T), \quad (5)$$

де U – набір управлінських рішень; V – функція вартості, яка мінімізується.

Імітаційне моделювання виступає потужним інструментом для аналізу складних систем, але має ряд обмежень та потенційних недоліків, особливо коли йдеться про управління ризиками на агропідприємствах у процесі діджиталізації. Одним з таких недоліків є обмеженість даних: імітаційні моделі вимагають великої кількості точних даних для ефективного калібрування та валідації, водночас в агробізнесі деякі дані можуть бути неповними або важкодоступними. Це ускладнює точність прогнозів моделі. Ще однією проблемою є складність самої моделі: велика кількість параметрів та взаємодій може ускладнити розуміння та інтерпретацію результатів моделювання, особливо для керівників, які не мають глибоких технічних знань. Також важливо відзначити залежність від технічних засобів: висока залежність від програмного забезпечення та обчислювальних потужностей може обмежувати доступність імітаційного моделювання для дрібних або середніх агропідприємств. До того ж існує ризик переосмислення – ризик переосмислення в контексті

імітаційного моделювання, особливо при аналізі управління ризиками на агропідприємствах у процесі діджиталізації, означає, що модель може неправильно відтворити або інтерпретувати зовнішні впливи, які не були передбачені під час її розробки. Цей ризик виникає з кількох причин. По-перше, імітаційні моделі засновані на доступних даних і припущеннях про те, як елементи системи взаємодіють між собою. Якщо ці дані неповні або припущення є недостатньо точними, модель може не враховувати певні критичні фактори, що призводить до помилкових висновків або рекомендацій. По-друге, імітаційні моделі часто використовують спрощені представлення складних процесів для забезпечення обчислювальної ефективності, що може упустити важливі деталі реальних ситуацій. Також, зміни в зовнішньому середовищі, такі як політичні, економічні або кліматичні зміни, можуть не бути адекватно відображені у моделі, оскільки вона може бути розроблена на основі застарілих даних або не здатна адаптуватися до швидких змін. Така ситуація ставить під сумнів здатність моделі надавати точні прогнози та ефективні стратегії управління ризиками, що є критично важливим для агропідприємств у динамічному сучасному бізнес-середовищі. Тому для зниження ризику переосмислення необхідно регулярно оновлювати дані, переглядати припущення моделі та адаптувати її до поточних умов середовища. Ці аспекти підкреслюють необхідність удосконалення імітаційних моделей для забезпечення їхньої точності, доступності та адаптивності в умовах динамічного агробізнесу.

Перейдемо до математичного опису вищеведених рекомендацій.

1. Ієрархічне моделювання дозволяє розбити складну систему на більш прості компоненти, що полегшує розробку, тестування та валідацію кожної частини. Це також дозволяє краще управляти змінами в певних аспектах системи без необхідності змінювати всю модель. Формулу для ієрархічного моделювання можемо записати так:

$$M = \bigcup_{i=1}^n M_i, \quad (6)$$

де M – представляє загальну модель системи, а M_i – окремі субмоделі (наприклад, логістика, виробництво, управління ресурсами).

2. Покращення методів валідації, таких як крос-валідація, забезпечує більшу впевненість в тому, що модель коректно працює на нових, раніше небачених даних. Це критично для забезпечення надійності рішень, прийнятих на основі моделі. Формулою для визначення крос-валідації є:

$$V = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k accuracy(M, D_{test,j}), \quad (7)$$

V – середня точність моделі на різних тестових наборах $D_{test,j}$, що отримані через крос-валідацію.

3. Змішане моделювання дозволяє інтегрувати точність детермінованих моделей з гнучкістю стохастичних моделей, що є ідеальним для відображення реальної невизначеності в агробізнесі, такої як погодні умови або захворювання культур.

Для цілей змішаного моделювання пропонуємо таку формулу:

$$M_{total} = \alpha M_d + (1 - \alpha) M_s, \quad (8)$$

де M_d – детермінована частина моделі; M_s – стохастична частина моделі; α – параметр, що балансує вклад кожної частини в загальну модель.

4. Інтелектуальні агенти дозволяють моделювати динамічну взаємодію між окремими елементами системи на мікрорівні. Це додає точності при моделюванні складних взаємодій в агропідприємствах і дозволяє детально аналізувати вплив окремих змін. Опишемо ідею використання інтелектуальних агентів такою формулою:

$$M = \sum_{i=1}^M f_i(S_i, A_i), \quad (9)$$

де f_i – функція поведінки i -го агента; S_i – стан; A_i – дії агента.

5. Гібридні моделі використовують переваги як традиційних, так і передових підходів до моделювання, дозволяючи балансувати між різними вимогами точності та адаптивності до змін. Такий підхід може значно підвищити гнучкість та адаптивність системи управління ризиками. Запишемо гібридну модель так:

$$M = \beta M_c + (1 - \beta) M_p, \quad (10)$$

де M_c – компонента моделі, що керується класичними принципами; M_p – прогностична компонента, що базується на передбаченнях; β – ваговий коефіцієнт.

Ці п'ять етапів удосконалення імітаційної моделі пов'язані між собою через логіку побудови, інтеграції та оптимізації моделі для комплексного відображення та управління реальними процесами агропідприємства. Розглянемо, як формули взаємопов'язані та як кожен етап впливає на наступний у контексті загальної структури моделі: формула (6) представляє об'єднання окремих субмоделей M_i в одну інтегровану модель M . Цей підхід створює основу для решти моделювання, розбиваючи складну систему на керовані, менш складні частини, кожна з яких може бути оптимізована окремо. Формула (7) використовується для оцінки точності об'єднаної моделі M , яка була створена на першому етапі. Вона забезпечує зворотний зв'язок щодо адекватності кожної субмоделі та їх інтеграції, вказуючи на потребу подальших коригувань у моделі. Формула (8) інтегрує детерміновані M_d та стохастичні M_s аспекти в одну модель M_{total} , використовуючи параметр α для збалансування внесків кожного підходу. Це дозволяє доповнити основну модель M з покращеною адаптивністю та здатністю моделювати непередбачувані зміни. На етапі використання інтелектуальних агентів агенти f_i з власними станами S_i та діями A_i інтегруються в загальну модель. Кожен агент може представляти певний компонент з ієрархічних субмоделей, забезпечуючи динаміку та реалістичність поведінки моделі. Етап впровадження гібридних моделей знову балансує між класичними M_c та прогностичними

М_р компонентами моделі. Ця формула дозволяє гнучко реагувати на зміни, оптимізувати результати моделювання на основі входу з інших етапів, і надає можливість для точних та обґрунтованих рішень на основі комплексного аналізу. Кожен наступний етап використовує виходи попереднього для подальшого розвитку та покращення моделі, що забезпечує постійне вдосконалення і адаптацію системи. Така інтеграція забезпечує, що модель здатна еволюціонувати та адаптуватися до змінюваних умов бізнесу та зовнішнього середовища, забезпечуючи надійне управління ризиками.

Таким чином, у процесі формування системи управління агропідприємством, що відбувається в умовах діджиталізації бізнес-процесів необхідно ретельно прогнозувати та управляти ризиками за допомогою імітаційного моделювання, що дозволяє виявляти потенційні загрози та мінімізувати їх вплив. Застосування ієрархічного моделювання, покращення методів валідації, інтеграція інтелектуальних агентів, а також впровадження гібридних моделей підвищують ефективність та точність системи управління ризиками. Ефективне управління ризиками є критично важливим для стійкості, конкурентоспроможності та довготривалого успіху агропідприємств у сучасному швидкозмінному світі.

Висновки. Імітаційне моделювання є ефективним інструментом прогнозування та управління ризиками в агропідприємствах, що працюють в умовах діджиталізації бізнес-процесів. Його застосування дозволяє детально відтворювати динаміку системи, аналізувати вплив зовнішніх і внутрішніх факторів та оцінювати наслідки різних стратегічних рішень у віртуальному середовищі. Побудова моделі на основі ієрархічного, змішаного та агентного підходів, а також використання гібридних структур забезпечує високу гнучкість, адаптивність і точність прогнозування. Проведення калібрування, валідації та експериментів з моделлю гарантує достовірність результатів і дозволяє сформувати обґрунтовані управлінські рішення щодо мінімізації ризиків. Разом з тим, виявлені недоліки – зокрема потреба у великих масивах даних, складність інтерпретації та ризик спотворення результатів – підтверджують необхідність подальшого вдосконалення моделей та їх адаптації до реальних умов агробізнесу.

Отже, комплексне застосування імітаційного моделювання є невід'ємною складовою сучасних систем управління ризиками, підвищує стійкість і конкурентоспроможність агропідприємств та сприяє їх довгостроковому розвитку в умовах цифрової трансформації.

Бібліографічний список:

1. Martyniuk, V., Dluhopolskyi, O., Kniaz, S., Podolchak, N., Muravska, Y., & Martyniuk, B. (2020). The Fiscal Policy Impact on Indicators of the State's Economic Growth, *10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2020 – Proceedings*, pp. 695–698. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9208903>

2. Gomez, M., Freddy, J. & Yanelys, D.T. (2022). Sustainable Management of Environmental Risks in Agricultural Production: Ensuring the Right to Food. *Global Jurist*. 13 January 2022. pp. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1515/gj-2021-0086>
3. Monastyrnaya, I., E. Gwenola Y. Le Bris, Yannou, B. & Petit, G. (2017). A template for sustainable food value chains. *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 20, no 4, pp. 461–476. DOI: <https://doi.org/10.22434/IFAMR2015.0061>
4. Nastos, P.T., Dalezios, N.R., Faraslis, I.N., Mitrakopoulos, K., Blanta, A., Spiliotopoulos, M., Sakellariou, S., Sidiropoulos, P., & Tarquis A.M. (2021). Review article: Risk management framework of environmental hazards and extremes in Mediterranean ecosystems. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. pp. 1935–1954. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-21-1935-2021>
5. Maknickiene, N., Stankeviciene, J., & Maknickas, A. (2020). Comparison of Forex Market Forecasting Tools Based on Evolino Ensemble and Technical Analysis Indicators. *Romanian Journal of Economic Forecasting (RJEf)*, Vol. 23, Issue 3, pp. 134–148 URL: http://www.ipe.ro/rjef/rjef3_20/rjef3_2020p134-148.pdf
6. Partiti, E. (2021). The Place of Voluntary Standards in Managing Social and Environmental Risks in Global Value Chains. *European Journal of Risk Regulation*, pp. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1017/err.2021.34>
7. Popkova, E. G., Shakhovskaya, L. S., Abramov, S. A. et al. (2016). Ecological clusters as a tool of improving the environmental safety in developing countries. *Environment, Development and Sustainability*, Vol. 18 pp. 1049–1057. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9685-3>
8. Prause, L., Hackfort, S. & Lindgren, M. (2020). Digitalization and the third food regime. *Agric Hum Values*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10161-2>
9. Saban Kumar K.C., Arun Kumar Timalisina, P. (2018). A Case Study on Agro-based E-Commerce Portal. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, Vol. 3, no. 1, pp. 213–216. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.1.27>
10. Semenova, N. (2021). Management control systems in response to social and environmental risk in large Nordic companies. *International Journal of Corporate Social Responsibility*, Vol. 6, No. 13, pp. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40991-021-00067-5>

References:

1. Martyniuk, V., Dluhopolskyi, O., Kniaz, S., Podolchak, N., Muravska, Y., & Martyniuk, B. (2020). The Fiscal Policy Impact on Indicators of the State's Economic Growth, *10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2020 – Proceedings*, pp. 695–698. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9208903>
2. Gomez, M., Freddy, J. & Yanelys, D.T. (2022). Sustainable Management of Environmental Risks in Agricultural Production: Ensuring the Right to Food. *Global Jurist*. 13 January 2022. pp. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1515/gj-2021-0086>
3. Monastyrnaya, I., E. Gwenola Y. Le Bris, Yannou, B. & Petit, G. (2017). A template for sustainable food value chains. *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 20, no 4, pp. 461–476. DOI: <https://doi.org/10.22434/IFAMR2015.0061>
4. Nastos, P.T., Dalezios, N.R., Faraslis, I.N., Mitrakopoulos, K., Blanta, A., Spiliotopoulos, M., Sakellariou, S., Sidiropoulos, P., & Tarquis A.M. (2021). Review article: Risk management framework of environmental hazards and extremes in Mediterranean ecosystems. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. pp. 1935–1954. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-21-1935-2021>

5. Maknickiene, N., Stankeviciene, J., & Maknickas, A. (2020). Comparison of Forex Market Forecasting Tools Based on Evolino Ensemble and Technical Analysis Indicators. *Romanian Journal of Economic Forecasting (RJEF)*, Vol. 23, Issue 3, pp. 134–148. Available at: http://www.ipe.ro/rjef/rjef3_20/rjef3_2020p134-148.pdf
6. Partiti, E. (2021). The Place of Voluntary Standards in Managing Social and Environmental Risks in Global Value Chains. *European Journal of Risk Regulation*, pp. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1017/err.2021.34>
7. Popkova, E. G., Shakhovskaya, L. S., Abramov, S. A. et al. (2016). Ecological clusters as a tool of improving the environmental safety in developing countries. *Environment, Development and Sustainability*, Vol. 18 pp. 1049–1057. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9685-3>
8. Prause, L., Hackfort, S. & Lindgren, M. (2020). Digitalization and the third food regime. *Agric Hum Values*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10161-2>
9. Saban Kumar K.C., Arun Kumar Timalisina, P. (2018). A Case Study on Agro-based E-Commerce Portal. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, Vol. 3, no. 1, pp. 213–216. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.1.27>
10. Semenova, N. (2021). Management control systems in response to social and environmental risk in large Nordic companies. *International Journal of Corporate Social Responsibility*, Vol. 6, No. 13, pp. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40991-021-00067-5>

Стаття надійшла: 03.11.2025

Стаття прийнята: 02.12.2025

Стаття опублікована: 26.12.2025