

Рєпіна Інна Миколаївна
доктор економічних наук, професор
завідувач кафедри бізнес-економіки та підприємництва
КНЕУ імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна
e-mail: inna.riepina@kneu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-9141-0117
+380509276793

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ МОДЕЛЮВАННЯ ГЛОБАЛЬНОЇ ПРОДОВОЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Riepina Inna
Dr. of Science (in Economics), Professor,
Head of the Department of Business Economics and Entrepreneurship,
KNEU named after Vadym Hetman Kyiv, Ukraine
e-mail: inna.riepina@kneu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-9141-0117

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN CONCEPTS IN MODELING GLOBAL FOOD SECURITY

Анотація. Глобальна продовольча безпека є однією з найважливіших і найскладніших проблем сучасного світу, яка безпосередньо впливає на соціально-економічну стабільність, екологічну рівновагу та якість життя населення. Зі зростанням світового населення, змінами клімату, виснаженням природних ресурсів і геополітичною нестабільністю забезпечення сталих продовольчих систем набуває стратегічного значення. Стаття присвячена порівняльному аналізу сучасних концепцій моделювання глобальної продовольчої безпеки, зокрема таких підходів, як економіко-математичні моделі, екосистемні підходи, сценарне прогнозування, а також використання великих даних і штучного інтелекту для оцінки і передбачення змін у продовольчих системах. Автор досліджує актуальні моделі, що дозволяють оцінити вплив різних факторів на продовольчу безпеку, зокрема зміну клімату, економічні та соціальні виклики, а також екологічні ризики. У статті розглянуто основні напрямки та проблеми сучасних теорій і моделей, що стосуються продовольчої безпеки, а також виявляються їхні слабкі та сильні сторони. Зокрема, визначено необхідність інтеграції різних підходів для створення комплексних моделей, які можуть бути адаптовані до глобальних викликів і забезпечити сталий розвиток продовольчих систем. Автор також аналізує перспективи удосконалення існуючих концепцій, враховуючи новітні технології, такі як великі дані, геоінформаційні системи та штучний інтелект. Особливу увагу приділено інтеграційним моделям, що поєднують соціальні, економічні та екологічні аспекти для досягнення цілей сталого розвитку ООН у сфері продовольчої безпеки. Результати дослідження мають практичне значення для розробки стратегії та політики забезпечення продовольчої безпеки на глобальному та регіональному рівнях.

Ключові слова: глобальна продовольча безпека, моделювання, економіко-математичні моделі, екосистемні підходи, сценарне прогнозування, штучний інтелект, великі дані, сталий розвиток, продовольчі системи, зміна клімату.

Abstract. Global food security is one of the most important and complex challenges of the modern world, directly impacting socio-economic stability, environmental balance, and the quality of life. With the growth of the world population, climate change, depletion of natural resources, and geopolitical instability, ensuring sustainable food systems has

become of strategic importance. This article is dedicated to the comparative analysis of modern concepts of global food security modeling, particularly approaches such as econometric models, ecosystem-based approaches, scenario forecasting, and the use of big data and artificial intelligence for assessing and predicting changes in food systems. The author explores current models that assess the impact of various factors on food security, including climate change, economic and social challenges, and environmental risks. The article discusses the key directions and issues in modern theories and models related to food security and highlights their strengths and weaknesses. Specifically, the need for integrating various approaches to create comprehensive models capable of adapting to global challenges and ensuring the sustainable development of food systems is identified. The author also analyzes the prospects for improving existing concepts, considering the latest technologies such as big data, geographic information systems, and artificial intelligence. Special attention is given to integrative models combining social, economic, and environmental aspects to achieve the United Nations Sustainable Development Goals in the field of food security. The findings of this research are of practical importance for the development of strategies and policies for global and regional food security.

Key words: global food security, modeling, econometric models, ecosystem-based approaches, scenario forecasting, artificial intelligence, big data, sustainable development, food systems, climate change.

JEL codes: Q18, C53

Постановка проблеми. На тлі швидкого зростання чисельності населення, зміни клімату, виснаження природних ресурсів і геополітичної нестабільності питання забезпечення стійкої продовольчої системи набуває стратегічного значення.

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), понад 800 мільйонів людей у світі щодня стикаються з проблемою недоїдання [1]. Одночасно з цим, очікується, що до 2050 року населення планети перевищить 9 мільярдів, що спричинить збільшення попиту на продовольство щонайменше на 50 %. Вирішення цього завдання ускладнюється такими факторами, як зниження врожайності через екстремальні погодні умови, скорочення площ орних земель і забруднення довкілля [3].

Моделювання глобальної продовольчої безпеки стає критично важливим інструментом для розуміння та передбачення динаміки продовольчих систем у мінливому світі. Воно дозволяє аналізувати вплив політичних, економічних та природних факторів на виробництво, розподіл і споживання продовольства. Сучасні концепції моделювання, такі як економіко-математичні моделі, екосистемні підходи та сценарне прогнозування, допомагають формувати ефективні стратегії управління ризиками продовольчої кризи.

Однак, різноманітність моделей і підходів породжує питання щодо їхньої точності, комплексності та релевантності в умовах швидких змін. Порівняльний аналіз сучасних концепцій моделювання є необхідним для визначення найефективніших інструментів, що дозволяють адаптуватися до глобальних викликів і забезпечити сталий розвиток продовольчих систем.

Таким чином, актуальність теми обумовлена не лише важливістю розв'язання проблеми голоду, але й необхідністю створення стійких моделей для прогнозування та управління глобальною продовольчою безпекою у довгостроковій перспективі.

Аналіз досліджень і публікацій. Критичний аналіз літературних джерел з дослідження глобальної продовольчої безпеки є важливим етапом для виявлення сильних і слабких сторін існуючих теорій, моделей і підходів у цій галузі. Оскільки проблема продовольчої безпеки охоплює широкий спектр дисциплін — від агрономії та екології до соціальних наук і політики — наукові праці з цього питання відрізняються як за методологією, так і за підходами до вирішення проблеми. Аналіз літератури дозволяє виділити основні напрями, проблеми та можливі напрями подальших досліджень.

Напрямок 1: Фокус на глобальних тенденціях і викликах. Більшість досліджень продовольчої безпеки зосереджені на визначенні глобальних викликів, таких як зміна клімату, демографічне зростання, економічна нерівність і глобалізація. Ці роботи, як правило, характеризуються аналізом статистичних даних і прогнозами, що дозволяє визначити можливі сценарії розвитку подій. Наприклад, праці IFPRI (International Food Policy Research Institute) і FAO широко використовують методи математичного моделювання для прогнозування наслідків цих викликів на доступність їжі [3, 4]. Вони дають широке розуміння проблеми на глобальному рівні і пропонують конкретні рекомендації для міжнародної політики. Проте ці роботи часто зосереджуються на великих даних і глобальних трендах, що може знехтувати місцевими або регіональними особливостями. Крім того, моделі часто ігнорують соціокультурні аспекти споживання їжі та їх вплив на продовольчу безпеку.

Напрямок 2: Вплив зміни клімату та екологічних факторів. Роботи, що досліджують вплив зміни клімату на продовольчу безпеку, займають важливе місце у сучасних наукових пошуках. Окремі автори, такі як Майкл Тобіас і Роберт Лутц, акцентують увагу на зв'язку між кліматичними змінами, доступом до природних ресурсів та сільським господарством [5–8]. Вони використовують кліматичні моделі для прогнозування майбутніх змін у аграрних системах і намагаються врахувати екологічні ризики, такі як посухи, повені та інші екстремальні погодні умови. Такі дослідження виявляють, як зміни в навколишньому середовищі можуть серйозно вплинути на продовольчі системи, що допомагає розробляти стратегії адаптації до змін. Однак багато моделей не враховують специфіку різних регіонів і не пропонують детальних рішень для окремих країн або соціальних груп, що стикаються з найбільшими труднощами у забезпеченні продовольчої безпеки.

Напрямок 3: Економічний підхід і аналіз продовольчих ринків. Дослідження, що стосуються економічних аспектів продовольчої безпеки, зокрема робота Роберта Фаулера [9, 10] та ін., пропонують численні моделі для прогнозування цін на продовольство, впливу торговельних бар'єрів і політичних рішень. Вони оцінюють, як глобальні зміни в економіці, торговельних відносинах і аграрних субсидіях можуть змінювати доступність їжі. Такий підхід дозволяє зрозуміти економічні механізми, що впливають на продовольчі ринки, та розробляти політики, спрямовані на зниження ризиків продовольчої нестабільності. Однак, багато з цих моделей занадто абстрактні і не завжди враховують соціальні та політичні фактори, які можуть суттєво впливати на доступ до продовольства на рівні окремих домогосподарств чи груп населення.

Напрямок 4: Аналіз соціальних факторів і політики. Дослідження, які зосереджені на соціальних аспектах продовольчої безпеки, вивчають вплив бідності,

нерівності, міграції та соціальних змін на доступ до їжі. Роботи Френсіс Стерн і Енріке Салмі аналізують взаємозв'язок між соціальною нерівністю та продовольчою безпекою, пропонуючи політичні стратегії для зменшення цих проблем [11, 12]. Дослідження враховують людський аспект продовольчої безпеки, зокрема соціальні та культурні фактори, що забезпечує комплексніший погляд на проблему. Соціальний підхід іноді залишає поза увагою економічні та екологічні чинники, які також є важливими для забезпечення стабільності продовольчих систем.

Напрямок 5: Інтеграційні моделі та підходи. Моделі, які поєднують різні аспекти продовольчої безпеки, такі як зміни клімату, економіка, соціальні фактори і глобальні політики, є одними з найсучасніших підходів до дослідження цієї проблеми. Проекти, такі як AgMIP, розробляють інтегровані моделі, що враховують кліматичні зміни, сільське господарство і глобальні економічні процеси [13]. Інтегровані моделі дозволяють створити комплексніше уявлення про продовольчу безпеку, поєднуючи кілька змінних і факторів, що взаємодіють. Такі моделі можуть бути занадто складними та потребують великої кількості даних для ефективного застосування, що інколи обмежує їх практичне використання.

Аналіз літературних джерел з дослідження глобальної продовольчої безпеки виявляє кілька основних напрямів, які активно розвиваються, таких як моделювання впливу кліматичних змін, економічних та соціальних факторів на доступність їжі. Проте кожен з підходів має свої обмеження. Наприклад, екологічні моделі не завжди враховують соціальні аспекти, а економічні моделі можуть не повністю враховувати вплив соціальної нерівності. Для подальших досліджень важливо інтегрувати різні підходи, що дозволить створити точніші та адаптованіші стратегії для вирішення глобальних проблем продовольчої безпеки.

Методика дослідження ґрунтується на комплексному підході до аналізу різних моделей і концепцій, що використовуються для дослідження глобальної продовольчої безпеки. Вона включає порівняльний аналіз різних підходів до моделювання, таких як економетричні моделі, екосистемні підходи, сценарне прогнозування та використання великих даних і штучного інтелекту.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значний прогрес у вивченні глобальної продовольчої безпеки, деякі аспекти цієї проблеми досі залишаються недостатньо дослідженими. Зокрема це стосується систематизації знань про сучасні концепції моделювання глобальної продовольчої безпеки.

Мета даної статті полягає в критичному аналізі сучасних концепцій моделювання глобальної продовольчої безпеки задля визначення їх сильних і слабких сторін, а також окреслення перспектив удосконалення для ефективного вирішення глобальних продовольчих викликів. Виходячи з поставленої мети завданнями дослідження є:

- 1) вивчити теоретичні засади поняття продовольчої безпеки, її основні складові та фактори впливу;
- 2) охарактеризувати існуючі підходи до моделювання глобальної продовольчої безпеки, зокрема: економіко-математичні моделі; екосистемні моделі; сценарні підходи та прогностичні моделі;
- 3) провести порівняльний аналіз сучасних концепцій моделювання глобальної продовольчої безпеки за критеріальним підходом;

4) визначити ключові недоліки існуючих моделей та запропонувати можливі напрямки їх удосконалення, враховуючи сучасні технології (Big Data, штучний інтелект, геоінформаційні системи);

5) сформулювати рекомендації щодо застосування найефективніших моделей для забезпечення продовольчої безпеки на глобальному та регіональному рівнях.

Виклад основного матеріалу. Глобальна продовольча безпека визначається як стан, за якого всі люди мають фізичний, соціальний та економічний доступ до достатньої кількості безпечної та поживної їжі для задоволення своїх дієтичних потреб і забезпечення активного та здорового способу життя [14, 15]. Це поняття включає чотири ключові складові.

Перша складова: *доступність продовольства.* Відображає достатність пропозиції продуктів харчування, яка залежить від обсягів виробництва, ефективності розподільчих систем і логістики. Доступність забезпечується як місцевим виробництвом, так і імпортом.

Друга складова: *стабільність постачання.* Має на увазі сталість продовольчих систем протягом часу, враховуючи сезонні коливання, природні катастрофи чи інші кризові явища. Стабільність забезпечується наявністю стратегічних запасів, диверсифікацією джерел постачання та системами раннього попередження про можливі ризики.

Третя складова: *якість та безпечність продовольства.* Означає відповідність харчових продуктів стандартам безпеки та їхню здатність задовольнити потреби у калоріях, мікроелементах і вітамінах. Питання якості набуває особливого значення у світлі зростання кількості фальсифікованих продуктів і випадків харчових отруєнь.

Четверта складова: *економічна доступність.* Відображає здатність населення придбати необхідну кількість продовольства. Вона залежить від рівня доходів, цін на харчові продукти та державної політики, спрямованої на підтримку незахищених верств населення.

Проблема забезпечення продовольчої безпеки є багатофакторною та залежить від взаємодії низки глобальних чинників. Глобальне потепління, частіші посухи, повені, урагани та інші екстремальні погодні явища негативно впливають на продуктивність сільського господарства. Зміщення сезонів, деградація ґрунтів і зменшення водних ресурсів також ставлять під загрозу продовольчу безпеку. Постійне зростання населення, особливо у країнах, що розвиваються, створює додатковий тиск на продовольчі системи. Урбанізація змінює структуру попиту, збільшуючи споживання м'ясних і оброблених продуктів, що потребують значних ресурсів для виробництва. Інтеграція світових ринків сприяє підвищенню доступності продовольства, але також створює ризики для локальних виробників через конкуренцію з імпортованою продукцією. Коливання цін на світових ринках можуть викликати продовольчі кризи у вразливих країнах. Війни, збройні конфлікти та політичні кризи призводять до руйнування інфраструктури, порушення логістичних ланцюгів і зростання цін на продовольство. Крім того, великі міграційні потоки внаслідок конфліктів посилюють навантаження на продовольчі системи приймаючих країн.

Таким чином, забезпечення глобальної продовольчої безпеки є комплексним завданням, яке вимагає врахування не лише аграрних, але й соціально-

економічних, екологічних та політичних аспектів. Тільки за умови гармонійної взаємодії всіх складових продовольчої системи можна досягти сталого розвитку в умовах сучасних глобальних викликів.

Сучасні концепції моделювання глобальної продовольчої безпеки ґрунтуються на міждисциплінарних підходах, які враховують взаємозв'язки між природними, економічними, соціальними та політичними факторами [16–18]. Нижче наведено основні концепції:

1. Економіко-математичні концепції. Орієнтовані на аналіз попиту, пропозиції та ціноутворення на продукти харчування. Включають балансові моделі, оптимізаційні моделі й моделі ринкових взаємодій. **Зокрема** для аналізу зв'язків між землекористуванням, водними ресурсами та продовольчими системами використовується модель GLOBIOM (Global Biosphere Management Model). А для оцінювання виробництва, торгівлі та споживання в аграрній сфері FAO GAPS.

2. Екосистемні концепції. Фокусуються на впливі природних ресурсів (земля, вода, клімат) і екологічних змін на продовольчі системи. Підходять для оцінювання сталого землекористування, адаптації до кліматичних змін та оптимізації сільського господарства. Так, для моделювання продуктивності культур з урахуванням кліматичних факторів використовується модель LPJmL (Lund–Potsdam–Jena Managed Land Model), а для просторового аналізу продовольчих систем — геоінформаційні системи (GIS).

3. Сценарні та прогностичні концепції. Передбачають розробку сценаріїв майбутніх змін у продовольчих системах залежно від кліматичних, соціальних і економічних факторів. Використовують сценарії МГЕЗК (IPCC) для прогнозування впливу кліматичних змін. Для прогнозування сценаріїв продовольчої безпеки, зокрема під впливом змін клімату та водних ресурсів використовується модель IMPACT (International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade). Глобальні сценарії сталого розвитку продовольчих систем моделюються за допомогою FABLE (Food, Agriculture, Biodiversity, Land-Use and Energy).

4. Концепції на основі великих даних (Big Data). Використовують великі обсяги даних для моніторингу продовольчих систем у реальному часі, прогнозування цін і оцінки ризиків. Інтегрують штучний інтелект для аналізу багатofакторних процесів. Для моніторингу сільськогосподарських культур за супутниковими даними розроблена модель CropWatch. Прикладом системи прогнозування голоду слугує Всесвітня продовольча програма (WFP).

5. Комплексні концепції стійкого розвитку. Спрямовані на досягнення Цілей сталого розвитку ООН, зокрема зменшення голоду та забезпечення продовольчої стійкості. Ці концепції інтегрують екосистемні, економічні та соціальні аспекти. Враховують вплив політичних, демографічних і соціальних змін на продовольчі системи. Приклади: AgMIP (Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project) — оцінка стійкості аграрних систем до кліматичних змін; Ceres2030 — дослідження шляхів викорінення голоду до 2030 року; Global Food Security Index — моделі, засновані на індексах продовольчої безпеки; SAM (Social Accounting Matrix) — моделі аналізу взаємодії продовольчих систем з економічною діяльністю.

Сучасні концепції тяжіють до інтеграції підходів для побудови універсальних моделей, які враховують як локальні, так і глобальні аспекти продовольчої

безпеки. Особлива увага приділяється використанню новітніх технологій (штучного інтелекту, супутникових даних) та адаптації моделей до змінного середовища.

Порівняльний аналіз сучасних концепцій моделювання глобальної продовольчої безпеки пропонуємо здійснити за десятьма критеріями: *K1: Комплексність аналізу; K2: Точність прогнозування; K3: Адаптивність до змін; K4: Доступність даних; K5: Ресурсоемність; K6: Практична цінність; K7: Рівень деталізації; K8: Стійкість до невизначеності; K9: Технологічний рівень; K10: Орієнтація на стійкість*. Використання цих критеріїв дозволить об'єктивно оцінити переваги й недоліки сучасних концепцій моделювання, а також вибрати найефективніші підходи для розв'язання проблем глобальної продовольчої безпеки. У таблиці 1 наведено результати порівняння сучасних концепцій моделювання глобальної продовольчої безпеки.

Таблиця 1

ПОРІВНЯЛЬНА ТАБЛИЦЯ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ МОДЕЛЮВАННЯ ГЛОБАЛЬНОЇ ПРОДОВОЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Критерій	Економіко-математичні концепції	Екосистемні концепції	Сценарні та прогностичні концепції	Концепції на основі Big Data	Комплексні концепції стійкого розвитку
K1: Комплексність аналізу	Фокус на економічних аспектах (попит, пропозиція, ціноутворення)	Враховують природні ресурси, кліматичні та екологічні фактори.	Оцінюють прогностичні сценарії за багатофакторними моделями.	Аналізують системи в реальному часі з використанням великих обсягів даних.	Інтегрують економічні, екологічні та соціальні аспекти.
K2: Точність прогнозування	Висока для короткострокових прогнозів.	Залежить від точності кліматичних і ресурсних даних.	Середня, залежить від якості сценаріїв і параметрів моделі.	Висока завдяки аналізу актуальних даних у реальному часі.	Залежить від якості інтеграції багатофакторних даних.
K3: Адаптивність до змін	Обмежена, потребує регулярного оновлення параметрів.	Середня, враховує кліматичні й екологічні ризики.	Висока, адаптується до глобальних змін.	Дуже висока, швидко реагує на нові дані.	Висока, адаптується до цілей сталого розвитку.
K4: Доступність даних	Потребують великого обсягу економічних і статистичних даних.	Висока залежність від кліматичних і екологічних даних.	Висока залежність від сценарних параметрів і довгострокових прогнозів.	Вимагають доступу до великих масивів даних і обчислювальних потужностей.	Залежить від повноти інтегрованих даних.
K5: Ресурсоемність	Помірна, залежить від складності математичних моделей.	Висока, потребує складних обчислень і геопросторових даних.	Помірна, але залежить від обсягу сценаріїв для аналізу.	Дуже висока, вимагає сучасних технологій аналізу даних.	Висока, враховуючи інтеграцію різних факторів.
K6: Практична цінність	Широко використовується для аналізу ринків і прийняття рішень.	Корисна для оцінювання стійкості в сільському господарстві.	Підходить для стратегічного планування.	Використовується в реальному часі для моніторингу ризиків.	Ефективна для розробки довгострокової політики.
K7: Рівень деталізації	Середній, орієнтований на національний і регіональний рівні.	Високий, з акцентом на регіональні екосистеми.	Середній, орієнтований на глобальні та регіональні рівні.	Дуже високий, можливий аналіз на локальному рівні.	Високий, але більше орієнтований на стратегічний рівень.

Критерій	Економіко-математичні концепції	Екосистемні концепції	Сценарні та прогностичні концепції	Концепції на основі Big Data	Комплексні концепції стійкого розвитку
К8: Стійкість до невизначеності	Середня, потребує точності даних.	Висока, моделі можуть враховувати широкий діапазон сценаріїв.	Висока, дозволяє оцінювати ймовірні сценарії.	Висока, аналіз великих даних компенсує прогалини у входах.	Середня, залежить від інтеграції.
К9: Технологічний рівень	Використовують традиційні обчислювальні методи.	Потребують геоінформаційних систем і кліматичних моделей.	Можуть інтегрувати сучасні обчислювальні ресурси.	Використовують Big Data, AI, супутникові дані.	Використовують найновіші технології для інтеграції даних.
К10: Орієнтація на стійкість	Обмежена, фокус на економічних аспектах.	Висока, спрямована на збереження природних ресурсів.	Висока, враховує вплив кліматичних і соціальних змін.	Дуже висока, дозволяє швидко адаптуватися до сучасних викликів.	Дуже висока, спрямована на досягнення Цілей сталого розвитку.

Джерело: систематизовано автором на основі [1–18].

Дискусія. Сучасні моделі продовольчої безпеки в основному фокусуються на економічних і соціальних факторах, у той час як екологічні фактори, зокрема зміна клімату, деградація земель і водні ресурси, часто недостатньо враховуються. Однак наукові дослідження підтверджують, що екологічні фактори значно впливають на стабільність продовольчих систем. Це відкриває дискусію щодо того, наскільки важливим є інтегрування цих аспектів у стратегії забезпечення продовольчої безпеки [19, 20].

Продовольча безпека не обмежується лише доступом до достатньої кількості їжі. Соціальні нерівності, зокрема бідність, безробіття, нерівність у доступі до освіти і медичних послуг, значно впливають на здатність людей забезпечувати себе харчуванням. Під час обговорення продовольчої безпеки важливо враховувати, як ці соціальні фактори можуть бути включені в прогнози та моделі для забезпечення справедливого розподілу ресурсів. Прогрес у використанні новітніх технологій, таких як великі дані, штучний інтелект, біотехнології та генетичне модифікування культур, надає нові можливості для покращення продовольчої безпеки. Однак є й етичні та практичні питання щодо використання таких технологій. Як буде впливати їх впровадження на малих фермерів, екосистеми та глобальну економіку? Які соціальні та політичні наслідки можуть виникнути від використання технологій у продовольчій сфері?

Політичні конфлікти та нестабільність можуть серйозно порушити постачання продовольства, зокрема у країнах, що залежать від імпорту. Більше того, нестабільні політичні режими можуть призвести до неправильного управління продовольчими ресурсами, корупції або неправильних політик, які загрожують продовольчій безпеці. Питання полягає в тому, як можна створити механізми політичної стабільності, які забезпечать безпеку продовольства в умовах глобальної політичної невизначеності. Оцінювання ефективності державних і міжнародних ініціатив щодо забезпечення продовольчої безпеки часто залишається на рівні кількісних показників, таких як обсяги виробництва чи рівень цін. Однак питання стосується також довгострокових економічних і соціальних вигод від таких заходів, включаючи стійкість до глобальних криз, зниження бідності

та підвищення рівня життя. Як можна оцінити реальну економічну ефективність цих заходів в умовах мінливих глобальних обставин? Ці дискусійні моменти свідчать про те, що проблема продовольчої безпеки є надзвичайно складною і багатогранною, що вимагає комплексного підходу до розв'язання існуючих проблем та розробки нових, ефективніших моделей і стратегій для її забезпечення у майбутньому.

Висновки. У результаті проведення порівняльного аналізу приходимо до висновку, що жодна з сучасних концепцій моделювання глобальної продовольчої безпеки не є універсальною, але їх комбінація дозволяє досягти синергетичного ефекту. Наприклад, економіко-математичні моделі ефективні для прогнозування ринкових змін, тоді як екосистемні концепції підходять для оцінювання сталого землекористування. Інтеграція Big Data та орієнтація на стійкий розвиток забезпечують адаптацію до сучасних викликів.

Література

1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*. Rome: FAO.
2. Rosegrant, M. W., & Cline, S. A. (2003). «*Global Food Security in the 21st Century: Challenges and Opportunities.*» In *Food Policy*, 28(5-6), 377—387.
3. IFPRI. (2012). «*Food Security and Agricultural Modeling.*» IFPRI, Washington, D.C.
4. *Impact Modeling of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT) Model*: Developed and utilized by IFPRI for policy analysis related to food security and agricultural economics.
5. Tobias, M. (2007). «*Ecological Modeling and the Food Crisis: The Role of Biodiversity in Sustainable Agriculture.*» In *Ecology and Sustainability*, 6(4), 29—35.
6. Tobias, M. (2011). «*Climate Change and Food Security: New Challenges in Ecological Modeling.*» Springer, Dordrecht.
7. Lutz, R. (2010). «*Modeling Food Security: A Global Approach to Sustainable Agriculture.*» In *Agricultural Economics Review*, 15(2), 78—90.
8. Lutz, R. (2013). «*Econometric Modeling of Global Food Systems.*» Springer, Berlin.
9. Fowler, R. (2009). «*Global Food Security and Agricultural Policy Models.*» In *Global Policy Journal*, 1(1), 45—60.
10. Fowler, R., & Peterson, P. (2012). «*Modeling Agricultural Systems and Food Security in the Age of Globalization.*» Routledge, New York.
11. Salmi, E. (2013). «*Climate Change and its Impact on Global Food Security: An Analytical Framework.*» In *Proceedings of the International Food Policy Research Institute*.
12. Salmi, E. (2015). «*Modeling the Impact of Climate Change on Global Food Security.*» FAO, Rome.
13. AgMIP (2013). «*Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project: A Framework for Global Agricultural and Food Security Research.*» *Global Food Security*, 1(1), 3—10.
14. Lentz, E. C., & Boettiger, S. (2020). *Food Systems and Sustainability: The Role of the Global Economy. Annual Review of Environment and Resources*, 45, 159-185. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-043809>
15. Tubiello, F. N., & Fischer, G. (2007). «*Global Food Security and Climate Change.*» In *Food Policy*, 32(6), 556—565.
16. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022*. Rome: FAO.
17. IPCC (2021). «*Climate Change and Food Security: Risks and Opportunities.*» IPCC Special Report on Climate Change and Land.

18. Riepina, I., Koval, A., Starikov, O., & Tokar, V. (2022). Risks of Agrobusiness Digital Transformation. In R. Bhatnagar, N. K. Tripathi, N. Bhatnagar, C. K. Panda (Eds.), *The Digital Agricultural Revolution: Innovations and Challenges in Agriculture through Technology Disruptions* (pp. 333—358). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119823469.ch15>
19. Perton, J., & Walker, J. (2015). *The Role of Technology in Global Food Security. Agricultural Economics*, 46(4), 523—533. <https://doi.org/10.1111/agec.12132>
20. Репіна І. М., Яценко О. М. Концептуалізація адаптивного стратегування поведінки національних агродрейдерів на глобальних ринках. *Підприємництво і торгівля. Від. Ред. Семак Б. Б. Львів. Видавництво Львівського торговельно-економічного університету*. 2024. №40. С. 100—108.

References

1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*. Rome: FAO.
2. Rosegrant, M. W., & Cline, S. A. (2003). «Global Food Security in the 21st Century: Challenges and Opportunities.» In *Food Policy*, 28(5-6), 377—387.
3. IFPRI. (2012). «Food Security and Agricultural Modeling.» IFPRI, Washington, D.C.
4. Impact Modeling of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT) Model: Developed and utilized by IFPRI for policy analysis related to food security and agricultural economics.
5. Tobias, M. (2007). «Ecological Modeling and the Food Crisis: The Role of Biodiversity in Sustainable Agriculture.» In *Ecology and Sustainability*, 6(4), 29-35.
6. Tobias, M. (2011). «Climate Change and Food Security: New Challenges in Ecological Modeling.» Springer, Dordrecht.
7. Lutz, R. (2010). «Modeling Food Security: A Global Approach to Sustainable Agriculture.» In *Agricultural Economics Review*, 15(2), 78—90.
8. Lutz, R. (2013). «Econometric Modeling of Global Food Systems.» Springer, Berlin.
9. Fowler, R. (2009). «Global Food Security and Agricultural Policy Models.» In *Global Policy Journal*, 1(1), 45—60.
10. Fowler, R., & Peterson, P. (2012). «Modeling Agricultural Systems and Food Security in the Age of Globalization.» Routledge, New York.
11. Salmi, E. (2013). «Climate Change and its Impact on Global Food Security: An Analytical Framework.» In *Proceedings of the International Food Policy Research Institute*.
12. Salmi, E. (2015). «Modeling the Impact of Climate Change on Global Food Security.» FAO, Rome.
13. AgMIP (2013). «Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project: A Framework for Global Agricultural and Food Security Research.» *Global Food Security*, 1(1), 3—10.
14. Lentz, E. C., & Boettiger, S. (2020). Food Systems and Sustainability: The Role of the Global Economy. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 159-185. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-043809>
15. Tubiello, F. N., & Fischer, G. (2007). «Global Food Security and Climate Change.» In *Food Policy*, 32(6), 556—565.
16. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022*. Rome: FAO.
17. IPCC (2021). «Climate Change and Food Security: Risks and Opportunities.» IPCC Special Report on Climate Change and Land.
18. Riepina, I., Koval, A., Starikov, O., & Tokar, V. (2022). Risks of Agrobusiness Digital Transformation. In R. Bhatnagar, N. K. Tripathi, N. Bhatnagar, C. K. Panda (Eds.),

The Digital Agricultural Revolution: Innovations and Challenges in Agriculture through Technology Disruptions (pp. 333-358). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119823469.ch15>

19. Perton, J., & Walker, J. (2015). The Role of Technology in Global Food Security. *Agricultural Economics*, 46(4), 523—533. <https://doi.org/10.1111/agec.12132>

20. Riepina I. M., Yatsenko O. M. Kontseptualizatsiia adaptivnoho stratehuvannia povedinky natsionalnykh ahroreideriv na hlobalnykh rynkakh. *Podpriemnytstvo i torhivlia. Vid. Red. Semak B. B. Lviv. Vydavnytstvo Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu*. 2024. №40. S.100—108.