

МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ АГРОПРОДОВОЛЬЧОГО СЕКТОРУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

METHODOLOGY FOR INVESTMENT SUPPORT MODELLING OF THE AGRI-FOOD SECTOR STRATEGIC DEVELOPMENT UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

У статті проведено дослідження сучасних проблем розвитку агропродовольчого сектору. Виділено ризики, які притаманні в сучасних умовах складовим агропродовольчого сектору (рослинництву, тваринництву, переробній промисловості, логістиці та галузі зберігання агропродукції). Проаналізовані та систематизовані види актуальних інвестицій в сучасних умовах господарювання. Показаний зв'язок галузей агропродовольчого сектору з актуальними для них інвестиціями. Систематизовано інвестиційні ініціативи за різними критеріями, серед яких рівень впровадження, напрям впливу та рівень території дії. Розроблено систему методологічних принципів для формування моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку АПС в умовах невизначеності. Розроблено економіко-математичну модель інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку АПС в умовах невизначеності, яка враховує обмеження на бюджет інвестицій, обмеження на дохід від проєкту, обмеження на екологічні та соціальні критерії.

Ключові слова: невизначеність, ризик, стратегічний розвиток, ризик-орієнтоване управління, види інвестицій, інвестиційне забезпечення, агропродовольчий сектор, методологічні принципи.

The article studies the current problems of development of the agri-food sector. The risks inherent in the current conditions of the agri-food sector components (crop production, livestock, processing industry, logistics and storage of agricultural products) are highlighted. The types of relevant investments in the current economic environment are analysed and systematised. The relationship between the agri-food sector industries and relevant investments is shown. Investment initiatives are systematised by various criteria, including the level of implementation, direction of impact and the level of the area of action. A system of methodological principles has been developed to form a model of investment support for the strategic development of the AFS under conditions of uncertainty. The following principles are highlighted: the principle of flexibility and adaptability, the principle of risk management, the principle of sustainable development, the principle of transparency and responsibility, the principle of innovation, the principle of interaction between the state and the private sector, the principle of investment diversification, the principle of inclusiveness, the principle of long-term orientation, the principle of climate change resilience. An economic and mathematical model of investment support for the strategic development of the APS under conditions of uncertainty has been developed, which takes into account restrictions on the investment budget, restrictions on project income, restrictions on environmental and social criteria. When building an economic and mathematical model of investment support for the strategic development of the AFS under conditions of uncertainty, the factors that influence investment decisions, as well as the specifics of risks and uncertainty that are characteristic of the agri-food industry, were taken into account. The following assumptions were made to build the model: investments are considered that will be used to develop different areas of the agri-food sector (production, processing, infrastructure, technology, etc.); the model is built with a long-term time horizon (5-10 years); investments are made under conditions of uncertainty regarding economic changes, climate risks, technological changes, political situation, etc. This uncertainty can be modelled through stochastic parameters; for each direction of development of the agri-food sector, we have costs and revenues that depend on different variables.

Key words: uncertainty, risk, strategic development, risk-oriented management, types of investments, investment support, agri-food sector, methodological principles.

УДК 330.4:330.322:338.43

DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.92-4>

Полулік В.М.

аспірант кафедри економіки промисловості, Одеський національний технологічний університет

Polulikh Volodymyr

Odesa National University of Technology

Постановка проблеми. Починаючи з 2021 року агропродовольчий сектор України зазнав значних змін в обсягах інвестицій, що було зумовлено як позитивними тенденціями, так і викликами, пов'язаними з військовими діями. У 2021 році спостерігалось суттєве збільшення капітальних інвестицій, обсяг яких за січень-вересень 2021 року склав 48,8 млрд грн, з них у сільське господарство – 33,3 млрд грн (68,3 %), у харчову промисловість – 15,5 млрд грн (31,7 %). У цьому періоді можна відмітити зростання інвестицій у сільське господарство на 23,5 % порівняно з попереднім роком [1].

У 2021 році більшість інвестиційних ресурсів (майже 80 %) було спрямовано на вирощування однорічних та багаторічних культур, що є найбільш прибутковими та забезпечують швидку окупність. Водночас лише 14 % інвестицій було вкладено в галузь тваринництва [2].

З початком військових дій у 2022 році агропродовольчий сектор (АПС) України зіткнувся з низкою викликів, що негативно вплинули на інвестиційну активність. Серед таких викликів можна виділити скорочення посівних площ на 20 % порівняно з 2021 роком; пошкодження інфраструктури; зростання витрат, пов'язане зі зростанням ціни на

добрива та паливо; обмеження експорту через блокаду чорноморських портів та ін.

Ці фактори призвели до зниження доходів фермерів та агрокомпаній, що, в свою чергу, вплинуло на обсяги інвестицій у сектор [2].

Загальні збитки агропродовольчого сектору України внаслідок війни оцінюються у 80 млрд доларів США. Міністр аграрної політики та продовольства Віталій Коваль підкреслює, що залучення інвестицій у цю галузь є критично важливим не лише для відновлення економіки після війни, а й для забезпечення глобальної продовольчої безпеки [3].

Загальні потреби у реконструкції та відновленні сільськогосподарського виробництва в Україні оцінюються у 29,7 млрд доларів США на період з 2024 по 2033 рік, з яких 600 млн доларів необхідні вже у 2023 році для негайного відновлення виробництва [2; 4].

Окрім цього, сектор зрошення та водовідведення зазнав значних збитків, оцінених у 380,5 млн доларів США та 282,5 млн доларів США відповідно. Станом на лютий 2023 року витрати на реконструкцію зрошувальних систем становили 8,9 млрд доларів США [4].

Таким чином, для повноцінного відновлення та розвитку агропродовольчого сектору України у післявоєнний період необхідно залучити значні фінансові ресурси, спрямовані на реконструкцію інфраструктури, модернізацію виробництва та забезпечення стійкості галузі до майбутніх викликів. Отже, можна зазначити надзвичайну актуальність вирішення проблеми залучення інвестицій у галузь, яка забезпечує продовольчу безпеку країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемам створення сприятливих умов для інвестиційного клімату в країні, розвитку інвестиційних процесів на макrorівні держави і мезорівні галузевого виробництва присвячені наукові праці таких вітчизняних вчених-економістів, як В. Гаврилюка, П. Гайдуцького, І. Гришової, М. Герасимчука, М. Дем'яненка, В. Кужеля, П. Саблука, О. Шпиचाка та ін. [5–12]. Однак у відомих працях учених відсутні підходи до побудови цілісної системи інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку галузі в умовах невизначеності зовнішнього середовища.

Серед вітчизняних авторів, в проблематиці робіт яких були питання управління інвестиційною діяльністю, слід відзначити Ю. Бажала, І. Бланка, М. Денисенка, Г. Козаченко, Т. Майорову, А. Пересаду, В. Федоренка, Н. Хрущ, О. Ястремську та інших, а серед зарубіжних вчених-економістів – Г. Александера, Дж. Бейлі, Г. Бірмана, С. Брігхема, Л. Гітмана, М. Джонка, Ф. Фішера, У. Шарпа, Г. Шмідта та ін. [13–15]. Проте, подальшого вирішення потребує

розробка наукового методологічного підґрунття щодо формування інвестиційної моделі стратегічного розвитку агропродовольчого сектору в умовах невизначеності.

Постановка завдання. Головною метою дослідження є обґрунтування методологічного підходу до розробки моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку агропродовольчої сфери. Для реалізації мети були поставлені такі завдання: дослідити сучасні проблеми розвитку агропродовольчого сектору у розрізі його складових; проаналізувати види актуальних для сучасних умов інвестицій та пов'язати їх з галузями агропродовольчого сектору; систематизувати інвестиційні ініціативи за різними критеріями; розробити систему принципів формування моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку АПС в умовах невизначеності; формалізувати економіко-математичну модель інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку АПС в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Основні проблеми, які потрібно вирішувати, пов'язані з фізичним знищенням аграрної інфраструктури (елеваторів, складів, ферм, портів), мінуванням сільськогосподарських земель та втратою доступу до них, логістичні проблеми (блокада портів, обмеження експорту, дефіцит пального), з дефіцитом робочої сили (мобілізація, міграція, загибель працівників) та зростанням ризиків інвестування через нестабільність та невизначеність.

Військові дії на території України створили безпрецедентні виклики для агропродовольчого сектору, що вимагає адаптації інвестиційних стратегій.

Попри всі труднощі, інвестиції в АПС можуть бути адаптовані до воєнних умов, забезпечуючи його життєздатність і стратегічний розвиток.

Аналізуючи зазначене у таблиці, можна зробити висновок, що кожна галузь агропродовольчого сектору має свої унікальні ризики, і відповідні інвестиції повинні зменшувати їх вплив. Слід зазначити, що диверсифікація інвестицій є ключовим механізмом мінімізації ризиків, що дозволяє уникнути надмірної залежності від одного джерела доходу. А поєднання фінансових механізмів, таких як агрострахування, хеджування, форвардні контракти, допомагає стабілізувати доходи аграрних підприємств в умовах невизначеності. Для подальшого підвищення ефективності виробництва та зниження втрат потрібне впровадження новітніх технологій (цифровізація, автоматизація, біотехнології).

Український АПС залишається стратегічною галуззю навіть в умовах війни, і правильно спрямовані інвестиції допоможуть не лише зберегти його, а й адаптувати до нових глобальних викликів.

Для їх подолання необхідно розробити комплексну систему заходів, яка має включати як державні, так і приватні ініціативи.

До державних заходів слід віднести:

Сучасні проблеми галузей АПС України та актуальні інвестиції для подолання викликів

Галузь АПС	Актуальні проблеми	Види актуальних інвестицій
Рослинництво	Мінування полів та окупація територій → втрата доступу до земель. Знищення техніки та інфраструктури → нестача обладнання для обробки ґрунту. Зростання витрат на логістику та пальне → підвищення собівартості продукції.	Технології дистанційного моніторингу (супутниковий контроль, дрони для розвідки мінованих територій). Програми гуманітарного розмінування (співпраця з міжнародними організаціями). Інвестиції у локальні виробництва пального (біогазові установки, ріпак для біопалива). Розвиток альтернативної логістики (експорт через Дунайські порти, залізничні перевезення). Стимулювання виробництва стійких до посухи культур для мінімізації ризиків через обмежений доступ до зрошення.
Тваринництво	Знищення ферм та загибель тварин через обстріли та окупацію. Перебої з постачанням кормів та ветеринарних препаратів. Дефіцит робочої сили через евакуацію та мобілізацію.	Автоматизація процесів (безпілотні системи годування, роботи-дояри). Локальне виробництво кормів (інвестування у фермерські кооперативи, що можуть швидко відновлювати виробництво). Будівництво мобільних та підземних ферм (для захисту від обстрілів). Розвиток генетичних досліджень (введення високопродуктивних порід для швидкого відновлення стада).
Переробна промисловість	Зруйновані переробні заводи та склади. Дефіцит енергії та нестабільність електропостачання. Втрати ринків збуту через зниження експорту.	Будівництво розподілених переробних потужностей (малих модульних заводів замість великих). Енергонезалежні виробництва (інвестування в генератори, сонячні панелі, біогазові установки). Розширення виробництва продуктів тривалого зберігання (сублімація, консервування для гуманітарних потреб та військових). Створення експортних хабів у західних регіонах (розширення потужностей у Львівській, Волинській, Закарпатській областях).
Логістика та зберігання агропродукції	Блокада морських портів та руйнування портової інфраструктури. Знищення зерносховищ та складів. Дефіцит залізничних вагонів та автомобільного транспорту.	Будівництво мобільних елеваторів та сховищ (на основі модульних рішень). Розвиток залізничної логістики (збільшення кількості вузькоколіїних вагонів для експорту через Європу). Інвестиції в річкові порти (Дунай, Дністер) для альтернативного експорту. Впровадження блокчейн-рішень у логістиці (для контролю переміщення зерна та уникнення корупційних схем).
Альтернативна енергетика в аграрному секторі	Руйнування енергетичної інфраструктури та часті відключення електроенергії. Дефіцит дизельного пального для сільськогосподарської техніки.	Сонячні електростанції для агропідприємств (енергонезалежність у критичних умовах). Виробництво біогазу з аграрних відходів. Впровадження малих гідроелектростанцій на локальних водоймах. Розширення виробництва біопалива (ріпаківий дизель, етанол з кукурудзи).
Агрофінансові механізми та страхування	Зростання ризиків для банків та інвесторів → обмежений доступ до кредитування. Ризики невиконання контрактів через воєнні дії. Втрати сільгосппродукції через обстріли та мінування.	Воєнне страхування врожаю та активів (державні програми та міжнародні фонди). Аграрні облігації для залучення фінансування. Інвестування у цифрові фінансові платформи для швидкого доступу до кредитів. Грантові програми для малого агробізнесу.

Джерело: [16–17]

— гарантії для інвесторів (створення спеціального державного фонду страхування інвестицій в аграрний сектор);

— податкові стимули (тимчасові пільги для агропідприємств у постраждалих регіонах);

— спрощення кредитування (державне субсидування відсоткових ставок та впровадження пільгових кредитів);

— розвиток державно-приватного партнерства (залучення приватних інвесторів через спільні проекти);

— державне страхування аграрного виробництва (страхові механізми для зменшення ризиків втрати врожаю та виробничих потужностей).

Приватні ініціативи мають бути спрямовані на об'єднання малих фермерських господарств, створення кооперативів, встановлення партнерства з міжнародними організаціями та залучення венчурного капіталу для створення умов до інвестування у високотехнологічні агропроекти.

За напрямком впливу заходи з подолання викликів в АПС можна розділити

на фінансові, інфраструктурні, технологічні та соціальні.

Важлива роль належить фінансовим заходам, до яких можна віднести:

- грантові програми для відновлення аграрного сектору;
- випуск облігацій з державною гарантією для залучення інвесторів у вигляді аграрних облігацій;
- хеджування валютних ризиків через механізми страхування валютних коливань для експортерів;
- програми аграрного лізингу (доступ до сучасної техніки через довгострокову оренду з правом викупу).

Надзвичайно актуальними є соціальні заходи, які спрямовані на підтримку фермерів та аграрних працівників через програми реабілітації, психологічної допомоги та перекваліфікації. Актуальними залишаються питання повернення і залучення робочої сили, працевлаштування внутрішньо переміщених осіб тощо.

Розробка заходів з подолання викликів має враховувати регіональний аспект, так як вони будуть відрізнятися відповідно до того, до якої зони відноситься територія запровадження заходів, чи це зона активних бойових дій, чи зона, що межує з бойовими діями, чи це відносно безпечні регіони (західні та центральні області).

Так, для зони активних бойових дій першочерговими заходами мають стати забезпечення безпеки та розмінування території, тимчасове переміщення агровиробництв у безпечні регіони та програми екстреного фінансування та гуманітарної допомоги.

Зони, що межують з бойовими діями, потребують заходів з підтримки фермерів у зоні ризику через гранти та пільгові кредити. Важливим для цих регіонів є резервування стратегічних продовольчих запасів у безпечних регіонах.

Для західних та центральних областей інвестиції мають спрямовуватися у формування нових експортних логістичних ланцюгів, розширення інфраструктури зберігання та переробки для компенсації втрат зруйнованих потужностей на сході та півдні тощо.

Гнучкість та адаптивність до військових умов дозволять сектору не лише вижити, а й розвиватися навіть у кризових обставинах.

Дослідження проблем АПС, сучасних викликів, які потребують вирішення доводять доцільність розробки моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку агропродовольчого сектору в умовах невизначеності.

Методологія побудови системи інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку агропродовольчого сектору має ґрунтуватися на певних принципах (табл. 2).

Принципи формування моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку АПС в умовах

невизначеності мають забезпечити ефективне залучення та використання ресурсів з урахуванням ризиків, змінюваних умов та інноваційних можливостей.

Формування моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку агропродовольчого сектору в умовах невизначеності потребує чіткої стратегії, яка забезпечить стабільний розвиток галузі при одночасній мінімізації ризиків. Оскільки середовище невизначеності та швидких змін є невід'ємною частиною глобальної економіки, модель повинна бути здатною швидко реагувати на нові виклики та можливості, забезпечуючи сталий розвиток агропродовольчого сектору в довгостроковій перспективі.

Для побудови економіко-математичної моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку АПС в умовах невизначеності, необхідно врахувати основні фактори, які впливають на інвестиційні рішення, а також специфіку ризиків і невизначеності, які характерні для агропродовольчої галузі.

Для побудови моделі було визначено такі припущення:

- розглядаються інвестиції, які будуть використовуватися для розвитку різних напрямів агропродовольчого сектору (виробництво, переробка, інфраструктура, технології тощо) [26; 27];
- модель будується з часовим горизонтом на довгостроковий період (5–10 років) [28; 29];
- інвестиції здійснюються в умовах невизначеності щодо економічних змін, кліматичних ризиків, технологічних змін, політичної ситуації тощо. Цю невизначеність можна змодельовувати через стохастичні параметри [30; 31];
- для кожного напрямку розвитку агропродовольчого сектору маємо витрати та доходи, які залежать від різних змінних.

Побудова моделі починається з формулювання цільової функції. Метою є максимізація чистої приведеної вартості (NPV) інвестицій у агропродовольчий сектор, що дозволяє оцінити вигоди від інвестицій у різні проєкти з урахуванням невизначеності.

Цільова функція:

$$\text{Max } Z = \sum_{t=1}^T \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

де Z – чиста приведена вартість (NPV) інвестицій; R_t – доходи в період t (з урахуванням можливих змін на ринку та впливу нових технологій); C_t – витрати на інвестиції та операційні витрати в період t ; r – ставка дисконтування; T – кількість періодів (років).

Для врахування невизначеності в модель були введені стохастичні змінні для доходів R_t та витрат C_t , які залежать від різних зовнішніх факторів, таких як зміни клімату, політичні ризики, змінюваність ринкових умов.

Основоположні принципи формування моделі інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку агропродовольчого сектору в умовах невизначеності

Принцип	Сутність принципу
1. Принцип гнучкості та адаптивності	Модель повинна бути здатна швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі (економічних, політичних, екологічних), що дозволяє коригувати стратегії інвестицій в реальному часі. Це означає, що інвестиційні стратегії мають бути спрямовані на забезпечення гнучкості в умовах невизначеності, включаючи можливість зміни напрямів та обсягів інвестицій у відповідь на нові виклики.
2. Принцип ризик-менеджменту	Оцінка та управління ризиками є невід'ємною частиною моделі інвестиційного забезпечення. Врахування фінансових, екологічних, соціальних і політичних ризиків дозволяє створювати інвестиційні стратегії, що мінімізують можливі втрати і підвищують ефективність управління ресурсами. Для цього слід використовувати методи хеджування, страхування, диверсифікації та інші стратегії управління невизначеністю.
3. Принцип сталого розвитку	Всі інвестиційні стратегії повинні сприяти сталому розвитку агропродовольчого сектору, що включає економічну, соціальну та екологічну складову. Це означає орієнтацію на інвестиції в сталі практики, екоінновації та технології, які зменшують негативний вплив на навколишнє середовище, сприяють збереженню біорізноманіття та підвищують соціальну відповідальність агробізнесу.
4. Принцип прозорості та відповідальності	Модель інвестиційного забезпечення повинна забезпечувати прозорість в процесі залучення інвестицій, відбору проєктів і використання ресурсів. Це передбачає постійне звітування про результати та вплив інвестицій на економічні, соціальні та екологічні показники. Прозорість також сприяє залученню іноземних інвесторів та підвищує довіру з боку громадськості та держави.
5. Принцип інноваційності	Інвестиційні стратегії повинні підтримувати розвиток нових технологій, нових моделей бізнесу та інноваційних фінансових інструментів. Це включає інвестиції в цифровізацію агробізнесу, використання великих даних для прогнозування, автоматизацію виробничих процесів і розвиток нових фінансових продуктів, таких як зелені облігації або екологічно орієнтовані фонди.
6. Принцип взаємодії держави та приватного сектору	В умовах невизначеності важливу роль відіграє взаємодія держави та приватного сектору для забезпечення стабільного інвестиційного клімату. Державні програми підтримки інвестицій, фінансування через державно-приватне партнерство (ДПП), стимулювання інвестицій у соціально-екологічні ініціативи допомагають залучати ресурси для розвитку агропродовольчого сектору.
7. Принцип диверсифікації інвестицій	Оскільки агропродовольчий сектор стикається з багатьма видами ризиків, важливо здійснювати диверсифікацію інвестиційних портфелів. Це означає розподіл капіталу між різними напрямками агропродовольчої діяльності (виробництво, переробка, логістика, агротехнології тощо), а також між різними типами активів (акції, облігації, земельні ресурси, криптовалюти тощо), що дозволяє знизити вплив окремих кризових ситуацій.
8. Принцип інклюзивності	Стратегічний розвиток агропродовольчого сектору має бути орієнтований на всі категорії учасників ринку: від великих корпорацій до малих фермерських господарств. Це означає забезпечення доступу до фінансування для широкого кола агропідприємств, у тому числі через мікрофінансування, краудфандинг та інші механізми залучення інвестицій.
9. Принцип довгострокової орієнтації	Інвестиції повинні бути орієнтовані на довгострокову перспективу, враховуючи, що агропродовольчий сектор розвивається поступово, і результати інвестицій можуть проявлятися через тривалий час. Це означає, що інвестиційні стратегії повинні включати довгострокові прогнози розвитку агросектора та адаптацію до можливих змін в технологіях, попиті та регулюванні.
10. Принцип стійкості до змін клімату	Оскільки зміни клімату мають значний вплив на агропродовольчий сектор, інвестиції повинні бути спрямовані на розвиток кліматоорієнтованих технологій і проєктів, що здатні адаптувати виробництво до змін клімату. Важливим є також розвиток інфраструктури для управління водними ресурсами, стабільності аграрного виробництва та управління природними ризиками.

Джерело: [18–27]

Було замінено R_t та C_t на такі стохастичні змінні:

$$R_t = \hat{R}_t \cdot (1 + \epsilon_t), \quad C_t = \hat{C}_t \cdot (1 + \delta_t), \quad (2)$$

$\hat{R}_t$ та $\hat{C}_t$ – прогнозовані доходи та витрати без врахування невизначеності; ϵ_t та δ_t – стохастичні змінні, що моделюють ризики та невизначеність (наприклад, за допомогою нормального або лог-нормального розподілу).

Обмеження моделі введені на бюджет інвестицій, дохід від проєкту, екологічні та соціальні критерії [32, 33].

а) Обмеження на бюджет інвестицій:

Інвестиції мають бути обмежені бюджетними можливостями. Таким чином, маємо обмеження на загальну суму інвестицій у кожному періоді:

$$\sum_{i=1}^n I_{i,t} \leq B_t, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (3)$$

де $I_{i,t}$ – інвестиції у проєкт i в період t ; B_t – доступний бюджет на інвестиції в період t ; n – кількість проєктів для інвестицій.

б) Обмеження на дохід від проєкту:

Кожен проєкт має забезпечувати певний мінімальний рівень доходу, що гарантує економічну ефективність і фінансову стійкість:

$$R_{i,t} \geq R_{\min,i}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

де $R_{\min,i}$ – мінімальний дохід від проєкту i .

в) Обмеження на екологічні та соціальні критерії:

Також слід додати додаткові обмеження на екологічні та соціальні показники (наприклад, на зменшення викидів CO_2 або на кількість створених робочих місць):

$$\sum_{i=1}^n E_{i,t} \leq E_{\max}, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n S_{i,t} \leq S_{\min}, \quad (6)$$

де $E_{i,t}$ – екологічні витрати проєкту i в період t ; $S_{i,t}$ – соціальні вигоди від проєкту i в період t ; $E_{\max}$ – максимальний рівень екологічних витрат; $S_{\min}$ – мінімальний рівень соціальних вигід.

Задача з максимізацією чистої приведенної вартості з обмеженнями на бюджет, доходи та екологічні чи соціальні показники може бути розв'язана за допомогою числових методів оптимізації, таких як метод лінійного програмування або метод Монте-Карло для моделювання стохастичних параметрів [34; 35].

Така модель має застосування при:

- оцінці доходів: для кожного проєкту агропродовольчого сектору оцінюються можливі доходи з урахуванням ймовірних змін ринкових умов, кліматичних змін тощо;

- оцінці витрат: для кожного проєкту визначаються витрати на інвестиції та операційні витрати в залежності від умов ринку, технологій, регулювання тощо;

- інвестуванні в проєкти: оптимізація розподілу інвестицій між проєктами з урахуванням наявних бюджетних обмежень та мінімальних доходів.

Математична модель інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку агропродовольчого сектору в умовах невизначеності дозволяє оптимізувати використання обмежених ресурсів, враховуючи економічні, соціальні та екологічні фактори та інші чинники. Модель допомагає приймати інвестиційні рішення в умовах високої невизначеності та змінюваного середовища.

Висновки. В умовах невизначеності та підвищених ризиків інвестиції в агропродовольчий сектор повинні бути диверсифікованими та адаптивними. Інвестиційна стратегія розвитку агропродовольчого сектору України у післявоєнний період має бути спрямована на формування стійкої, конкурентоспроможної та інноваційної моделі агропродовольчого сектору України, що забезпечить продовольчу безпеку, економічний розвиток і інтеграцію у глобальні ринки.

Методологія формування економіко-математичної моделі інвестиційного забезпечення

стратегічного розвитку АПС має базуватися на системі принципів, серед яких виділені принцип гнучкості та адаптивності, принцип ризик-менеджменту, принцип сталого розвитку, принцип прозорості та відповідальності, принцип інноваційності, принцип взаємодії держави та приватного сектору, принцип диверсифікації інвестицій та інші.

Математична модель інвестиційного забезпечення стратегічного розвитку агропродовольчого сектору в умовах невизначеності дозволяє оптимізувати використання обмежених ресурсів, враховуючи економічні, соціальні та екологічні фактори та інші чинники. Модель допомагає приймати інвестиційні рішення в умовах високої невизначеності та змінюваного середовища.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Собкевич О. Підтримка інвестицій у промисловість України в умовах війни та повоєнного відновлення. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/pidtrymka-investytsiy-u-promyslovist-ukrayiny-v-umovakh-viyny-ta>
2. Стрижеус А. Робоча інвестиційна модель: на яких умовах бізнес готовий вкладати в агросектор. Робоча інвестиційна модель. URL: <https://agroportal.ua/publishing/analitika/robocha-investiciyna-model-na-yakih-umovah-biznes-gotoviy-vkladati-v-agrosekto>
3. Агросектор України: війна завдала збитків на \$80 млрд. 2024. URL: <https://mind.ua/news/20281856-agrosekto>
4. Сільське господарство: пріоритети сталих інвестицій для сприяння відновленню України. 2023. URL: https://ecoaction.org.ua/sh-priorityety-stalykh-investytsij.html?utm_source=chatgpt.com
5. Гайдучий І.П. Структурні та інноваційні пріоритети залучення прямих іноземних інвестицій у контексті здійснення регуляторних реформ в Україні. *Актуальні проблеми економіки*. 2011. №4. С. 47–62.
6. Гришова І.Ю. Державна підтримка як невід'ємний механізм економічного зростання. Інституційні чинники розвитку підприємницьких структур: кол. монографія. Умань СПД Сочінський, 2013. С. 36–44.
7. Герасимчук М.С. Механізм державного регулювання іноземного інвестування: монографія. Київ: НАН України, Інститут економіки. 2003. 161 с.
8. Давиденко Т.М., Дем'яненко І.В. Політика держави щодо інвестиційної діяльності в Україні та перспективи прямого іноземного інвестування. *Наукові праці НУХТ*. 2012. № 45. С. 133–138.
9. Кужель В.М. Напрями подальшого зміцнення інвестиційного потенціалу підприємств України. *Інвестиції: практика та досвід*. 2010. № 21. С. 3–5.
10. Інвестування в Україні в умовах глобалізації: монографія / за ред. В. Г. Федоренко, І. М. Грищенко, Г. Є. Воронкової. Київ: ДКС-центр, 2016. 324 с.
11. Крамаренко І.С., Сенкевич О.Ф., Войт Д.С. Стратегічні домінанти формування і розвитку інвестиційного потенціалу: регіональні та національні особливості. *Причорноморські економічні студії*. 2020. Вип. 50, част.1. С.167–175.

12. Майорова Т.В. Інвестиційний процес і фінансово-кредитні важелі його активізації в Україні: монографія. Київ : КНЕУ, 2013. 332 с.
13. Gordon J. Alexander, William F. Sharpe, Jeffery V. Bailey. *Fundamentals of Investments* Paperback. 30 Jun. 2000. 816 p.
14. Eugene F. Brigham, Michael C. Ehrhardt *Financial Management: Theory & Practice*. Cengage Learning. 2023. 1184 p.
15. William F. Sharpe, Gordon J. Alexander, Jeffery V. Bailey. *Investments*. Prentice Hall. 1999, 962 p.
16. Звіт Світового банку. The World Bank. *Agricultural Investment and Rural Development*. 2020. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>
17. Андрєєва О. Адаптивне управління у умовах економічної невизначеності. *Економіка та інновації*. 2018. № 45 (3). С. 42–58.
18. Кисельова Л. Глобалізація і її вплив на агропродовольчий сектор. *Економіка України*. 2020. № 59(4) С. 88–95.
19. Міжнародний валютний фонд (IMF). *Global Financial Stability Report*. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2023/10/10/global-financial-stability-report-october-2023>
20. Мартиненко А. Управління фінансовими ризиками в умовах глобальної економічної нестабільності. *Бізнес і право*. 2017. № 48 (2). С. 102–110
21. Джонс Р. Risk Management in Agricultural Finance. *Journal of Risk Analysis*. 2021. № 41 (2). Pp. 235–249.
22. Грін М. Фінансування сільського господарства: від традиційних до інноваційних підходів. *Фінанси та інвестиції*. 2019. № 21 (1). С. 37–43.
23. OECD (2018). *Agricultural Innovation Systems: An Investment Perspective*. URL: https://www.oecd.org/en/publications/agricultural-innovation-systems_9789264200593-en.html
24. Спілка сталого розвитку. ESG інвестиції в агропродовольчий сектор. *Сталий розвиток*. 2020. № 33 (3). С. 58–65.
25. United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). *Food Security and Sustainable Agriculture*. URL: <https://sdgs.un.org/topics/food-security-and-nutrition-and-sustainable-agriculture>
26. Jorion P. *Financial Risk Management: A Practitioner's Guide to Managing Market and Credit Risk*. McGraw-Hill. 2007. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Financial+Risk+Management%3A+A+Practitioner%27s+Guide+to+Managing+Market+and+Credit+Risk%2C+2nd+Edition-p-x000586447>
27. Green R.K. & Hendershott P.H. *The Economics of Risk and Uncertainty*. University of California Press. 2017. URL: <https://ideas.repec.org/b/elg/eebook/17427.html>
28. Black F. & Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*. 1973. № 81 (3). Pp. 637–654. URL: <https://www.jstor.org/stable/1831029>
29. Ross S.A. *Financial Institutions and Markets*. McGraw-Hill. 2004. URL: https://info.mheducation.com/rs/128-SJW-347/images/Preface_Saunders_Financial%20Markets%20and%20Institutions_2024%20Release.pdf?version=0
30. Markowitz H.M. Portfolio Selection. *Journal of Finance*. 1952. № 7 (1). Pp. 77–91. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1885238>
31. Samuelson P.A. Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. *Industrial Management Review*. 1965. № 6 (2). Pp. 41–49. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1773985>
32. Stern N. The Economics of Climate Change: The Stern Review. *Cambridge University Press*. 2007. URL: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
33. Porter M.E., Kramer M.R. Creating Shared Value. *Harvard Business Review*. 2011. № 89 (1–2). Pp. 62–77. URL: <https://hbr.org/2011/01/the-big-idea-creating-shared-value>
34. Glasserman P. Monte Carlo Methods in Financial Engineering. *Springer*. 2004. URL: https://www.academia.edu/26054760/Monte_Carlo_Methods_In_Financial_Engineering
35. Salkind N.J. *Encyclopedia of Research Design*. SAGE Publications. 2010. URL: <https://methods.sagepub.com/encyc/edvoll/encyc-of-research-design/toc>

REFERENCES:

1. Sobkevych O. Pidtrymka investytsii u promyslovist Ukrainy v umovakh viyny ta povoiennoho vidnovlennia [Supporting investment in Ukraine's industry during the war and post-war recovery]. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/pidtrymka-investytsiy-u-promyslovist-ukrayiny-v-umovakh-viyny-ta> (in Ukrainian)
2. Stryzheus A. Robocha investytsiina model: na yakykh umovakh biznes hotovy vkladaty v ahrosektor [A working investment model: what are the conditions for businesses to invest in the agricultural sector]. URL: <https://agroportal.ua/publishing/analitika/robocha-investiciyna-model-na-yakih-umovah-biznes-gotoviy-vkladati-v-agrosector> (in Ukrainian)
3. Ahrosector Ukrainy: viina zavdala zbytkiv na \$80 mlrd [Ukraine's agricultural sector: the war caused \$80bn in losses]. 2024. URL: https://mind.ua/news/20281856-agrosector-ukrayini-vijna-zavdala-zbitkiv-na-80-mlrd-doslidzhennya?utm_source=chatgpt.com (in Ukrainian)
4. Silske hospodarstvo: priorytety stalych investytsii dlia spryannia vidnovlennia Ukrainy [Agriculture: priorities for sustainable investment to support Ukraine's recovery]. 2023. URL: https://ecoaction.org.ua/sh-priorytety-stalych-investytsij.html?utm_source=chatgpt.com (in Ukrainian)
5. Haidutskyi I.P. (2011) Strukturni ta innovatsiini priorytety zaluchennia priamykh inozemnykh investytsii u konteksti zdiisnennia rehuliatornykh reform v Ukraini [Structural and innovation priorities for attracting foreign direct investment in the context of regulatory reforms in Ukraine]. *Aktualni problemy ekonomiky*, no. 4, pp. 47–62. (in Ukrainian)
6. Hryshova I.Yu. (2013) Derzhavna pidtrymka yak nevidiemnyi mekhanizm ekonomichnoho zrostantia. Instytutsiini chynnyky rozvytku pidpriemnytskykh struktur: kol. monohrafiia [State support as an integral mechanism of economic growth. Institutional factors of the development of entrepreneurial structures: col. monograph]. Uman SPD Sochinskyi, pp. 36–44. (in Ukrainian)

7. Herasymchuk M.S. (2003) Mekhanizm derzhavnoho rehuliuвання inozemnoho investuvannya: monohrafiia [Mechanism of state regulation of foreign investment: monohrafiia]. Kyiv: NAN Ukrainy, Instytut ekonomiky, 161 p. (in Ukrainian)
8. Davydenko T.M., Demianenko I.V. (2012) Polityka derzhavy shchodo investytsiinoi diialnosti v Ukraini ta perspektyvy priamoho inozemnoho investuvannya [State policy on investment activity in Ukraine and prospects for foreign direct investment]. *Naukovi pratsi NUKhT*, no. 45, pp. 133–138. (in Ukrainian)
9. Kuzhel V.M. (2010) Napriamy podalshoho zmitsnennia investytsiinoho potentsialu pidpriemstv Ukrainy [Directions for further strengthening the investment potential of Ukrainian enterprises]. *Investytsii: praktyka ta dosvid*, no. 21, pp. 3–5. (in Ukrainian)
10. Fedorenko V.H., Hryshchenko I.M., Voronkovi T.Ye. (2016) Investuvannya v Ukraini v umovakh hlobalizatsii: monohrafiia [Investing in Ukraine in the context of globalization: monohrafiia]. Kyiv: TOV "DKS Tsentr", 324 p. (in Ukrainian)
11. Kramarenko I.S., Sienkevych O.F., Voit D.S. (2020) Stratehichni dominanty formuvannya i rozvytku investytsiinoho potentsialu: rehionalni ta natsionalni osoblyvosti [Strategic dominants of the formation and development of investment potential: regional and national characteristics]. *Prychornomorski ekonomichni studii*, vol. 50, part 1, pp.167–175. (in Ukrainian)
12. Maiorova T.V. (2013) Investytsiinyi protses i finansovo-kredytni vazheli yoho aktyvizatsii v Ukraini monohrafiia [The investment process and financial and credit levers for its activation in Ukraine: monohrafiia]. Kyiv: KNEU, 332 p. (in Ukrainian)
13. Gordon J. (2000) Alexander, William F. Sharpe, Jeffery V. Bailey. *Fundamentals of Investments* Paperback, 816 p.
14. Eugene F. Brigham, Michael C. Ehrhardt (2023) *Financial Management: Theory & Practice*. Cengage Learning, 1184 p.
15. William F. Sharpe, Gordon J. Alexander, Jeffery V. Bailey. (1999) *Investments*. Prentice Hall, 962 p.
16. World Bank report. The World Bank. *Agricultural Investment and Rural Development*. 2020. Available at: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>
17. Andrieieva O. (2018) Adaptivne upravlinnia u umovakh ekonomichnoi nevyznachenosti [Adaptive management in the face of economic uncertainty]. *Ekonomika ta innovatsii*, no. 45 (3), pp. 42–58. (in Ukrainian)
18. Kyselova L. (2020) Hlobalizatsiia i yii vplyv na ahroprodovolchyi sektor [Globalisation and its impact on the agri-food sector]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 59 (4), pp. 88–95. (in Ukrainian)
19. IMF. *Global Financial Stability Report*. Available at: <https://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2023/10/10/global-financial-stability-report-october-2023>
20. Martynenko A. (2017) Upravlinnia finansovymy ryzykamy v umovakh hlobalnoi ekonomichnoi nestabilnosti [Financial risk management in the context of global economic instability]. *Biznes i pravo*, no. 48 (2), pp. 102–110 (in Ukrainian)
21. Jones R. (2021) Risk Management in Agricultural Finance. *Journal of Risk Analysis*, no. 41 (2), pp. 235–249.
22. Hrin M. (2019) Finansuvannya silskoho hospodarstva: vid tradytsiinykh do innovatsiinykh pidkhodiv [Financing agriculture: from traditional to innovative approaches]. *Finansy ta investytsii*, no. 21 (1), pp. 37–43. (in Ukrainian)
23. OECD (2018). *Agricultural Innovation Systems: An Investment Perspective*. Available at: https://www.oecd.org/en/publications/agricultural-innovation-systems_9789264200593-en.html
24. Spilka staloho rozvytku. ESG investytsii v ahroprodovolchyi sektor (2020) [Sustainable Development Union. ESG investments in the agri-food sector]. *Stalyi rozvytok*, no. 33 (3), pp. 58–65. (in Ukrainian)
25. United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). Food Security and Sustainable Agriculture. Available at: <https://sdgs.un.org/topics/food-security-and-nutrition-and-sustainable-agriculture>
26. Jorion P. (2007) *Financial Risk Management: A Practitioner's Guide to Managing Market and Credit Risk*. McGraw-Hill. Available at: <https://www.wiley.com/en-us/Financial+Risk+Management%3A+A+Practitioner%27s+Guide+to+Managing+Market+and+Credit+Risk%2C+2nd+Edition-p-x000586447>
27. Green R.K., Hendershott P.H. (2017) *The Economics of Risk and Uncertainty*. University of California Press. Available at: <https://ideas.repec.org/b/elg/eebook/17427.html>
28. Black F., Scholes M. (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, no. 81 (3), pp. 637–654. Available at: <https://www.jstor.org/stable/1831029>
29. Ross S.A. *Financial Institutions and Markets*. McGraw-Hill. 2004. URL: https://info.mheducation.com/rs/128-SJW-347/images/Preface_Saunders_Financial%20Markets%20and%20Institutions_2024%20Release.pdf?version=0
30. Markowitz H.M. (1952) Portfolio Selection. *Journal of Finance*, no. 7 (1), pp. 77–91. Available at: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1885238>
31. Samuelson P.A. (1965) Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. *Industrial Management Review*, no. 6 (2), pp. 41–49. Available at: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1773985>
32. Stern N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press. Available at: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
33. Porter M.E., Kramer M.R. (2011) Creating Shared Value. *Harvard Business Review*, no. 89 (1–2), pp. 62–77. Available at: <https://hbr.org/2011/01/the-big-idea-creating-shared-value>
34. Glasserman P. (2004) Monte Carlo Methods in Financial Engineering. *Springer*. Available at: https://www.academia.edu/26054760/Monte_Carlo_Methods_In_Financial_Engineering
35. Salkind N.J. (2010) *Encyclopedia of Research Design*. SAGE Publications. Available at: <https://methods.sagepub.com/encyclopedia/encyc-of-research-design/toc>