УДК 338.43:519.8.
DOI: https://doi.org/10.32782/2708-0366/2026.30.39

Чешковський Я.В.
аспірант,
Державна установа «Інститут економіки та прогнозування
Національної академії наук України»
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-1705-4365

Cheshkovskyi Yaroslav
State Organization "Institute for Economics and Forecasting of the
National Academy of Sciences of Ukraine"

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ГІБРИДНОЇ ДВОРІВНЕВОЇ МОДЕЛІ ЗВАЖУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЕКОНОМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ АГРОПРОДОВОЛЬЧОГО ВИРОБНИЦТВА УКРАЇНИ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF A HYBRID TWO-LEVEL MODEL FOR WEIGHTING INDICATORS OF THE ECONOMIC RESILIENCE OF UKRAINE'S AGRIFOOD PRODUCTION IN THE WARTIME AND POST-WAR PERIOD

У статті теоретично обґрунтовано гібридну дворівневу модель зважування індикаторів економічної стійкості агропродовольчого виробництва України. Зіставлено методологію OECP-JRC, RIMA-II, SURE-Farm і GFSI за способом зважування та вимогами до даних. Запропоновано принцип закріплення методів за природою даних: метод головних компонент – для корельованих фінансових показників, ентропійний метод – для екологічних і кліматичних, метод аналізу ієрархій – для соціальних та інституційних. Для верифікації ваг розглянуто застосування методу стандартизованих бета-коефіцієнтів регресії. Обґрунтовано мультиплікативне перенормування, що усуває приховане зважування, та показано необхідність доповнення композитного індексу субіндексами сфер стійкості. Визначено умови застосування та обмеження моделі за дефіциту статистичних даних.

Ключові слова: *агропродовольче виробництво, економічна стійкість, композитний індекс, гібридне зважування, мета-ваги, приховане зважування, державне регулювання.*

Composite indicators of agrifood resilience usually rely on a single weighting technique applied to all indicators regardless of their nature, which leads to double counting of correlated financial variables, to the neglect of qualitative institutional factors and to implicit weighting of dimensions that contain different numbers of indicators. The purpose of the article is to provide a theoretical substantiation of a hybrid two-level model for weighting indicators of the economic resilience of Ukraine's agrifood production in the wartime and post-war period. The study applies a systems approach, a comparative analysis of international measurement frameworks (the OECD-JRC methodology for composite indicators, FAO RIMA-II, the SURE-Farm framework and the Global Food Security Index), abstraction with logical reasoning and economic and mathematical modelling. The proposed model distinguishes five spheres of resilience: economic, ecological, climatic, social and institutional. At the first level, local weights are calculated within each sphere by a method assigned according to the properties of the data: principal component analysis for correlated financial indicators, the entropy weight method for highly variable ecological and climatic indicators, and the analytic hierarchy process for social and institutional parameters. Standardised OLS beta coefficients with respect to a target resilience indicator are used as a verification and calibration module rather than as a separate sphere. At the second level, meta-weights of the spheres are set and local weights are converted into global weights by multiplicative renormalisation, so that the share of each sphere in the composite index

© Чешковський Я.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

equals its meta-weight irrespective of the number of indicators. It is shown that renormalisation removes implicit weighting but not the compensatory character of linear aggregation; therefore, the composite index has to be reported together with sphere sub-indices and a sensitivity analysis of meta-weights. The practical value of the model lies in providing central executive authorities, local self-government bodies and international donors with transparent signals on the spheres of agrifood production that require priority support.

Keywords: *agrifood production, economic resilience, composite index, hybrid weighting, meta-weights, implicit weighting, state regulation.*

Постановка проблеми. В умовах глибоких зрушень в агропродовольчому секторі системність та оперативність державного регулювання є одним із основних факторів, від якого залежить стійкість виробництва. Через гострий дефіцит бюджетних коштів, зниження інвестиційної привабливості та руйнування логістичних ланцюгів перед органами державної влади постає гостра проблема: як ефективно розподілити обмежені фінансові й регуляторні ресурси між різними напрямами підтримки АПК. Відповідь на це питання потребує насамперед коректного вимірювання того, які складники стійкості агропродовольчого виробництва є вразливими і яку вагу кожен із них має в загальній оцінці.

Наявні вітчизняні та зарубіжні підходи до визначення стійкості агросфери здебільшого зосереджені на виведенні статистичних індексів або застосуванні суб'єктивних бальних оцінок. При цьому управлінські кроки, що базуються на розрахунках, виконаних без урахування природи вихідних даних, зазнають впливу ефекту «прихованого зважування», коли стратегічно важливі інституційні чи екологічні напрями нівелюються короткостроковими фінансовими коливаннями. Порівняльні дослідження засвідчують, що вибір методу зважування й агрегування суттєво змінює підсумкові оцінки: під час оцінювання вразливості сільського господарства до зміни клімату 34 з 36 комбінацій методів дали статистично відмінні результати [1, с. 70]. Зазначене зумовлює необхідність теоретичного обґрунтування моделі зважування, яка поєднувала б різні методи відповідно до природи індикаторів і забезпечувала б відтворюваність результатів, придатних для подальшого використання в державному регулюванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кількісне вимірювання та діагностика чинників стійкості агропродовольчого виробництва є актуальним завданням прикладної економічної науки для формування аграрної політики [2, с. 42–43; 3, с. 9–11]. Дослідниками стійкість агровиробництва розглядається як багатовимірна характеристика системи, що вимагає системного урахування чотирьох ключових функціональних сфер її формування – економічної, соціальної, кліматичної, екологічної [2, с. 53–54; 3, с. 19–21]. Інституційна сфера в зазначеній системі індикаторів не виокремлюється [2, с. 53–54], хоча значення інвестицій в інституційний капітал для стійкості визнається [3, с. 26], а в європейській рамці SURE-Farm інституційні шоки розглядаються поряд з економічними, соціальними й екологічними [4, с. 1]. З огляду на це, на думку автора, систему оцінювання доцільно розширити до п'яти сфер.

В деяких дослідженнях показники розмежовують на дві функціональні групи: незалежні змінні (пояснювальні чинники X), які відображають стан ресурсів і загроз у межах п'яти зазначених сфер, та залежні результативні змінні стійкості (цільові індикатори Y) [5, с. 20-21]. Для оцінювання складних, багатовимірних явищ широко застосовується методологія побудови композитних індикаторів [6, с. 13–14], у якій саме розрахунок вагових коефіцієнтів є етапом, що найбільше визначає чутливість моделі [6, с. 117].

У сучасних наукових працях існує думка про необхідність гібридного поєднання методів зважування [7, с. 2–3; 8, с. 2], зокрема методу аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, AHP) та методу інформаційної ентропії Шеннона (Entropy Weight Method, EWM) [8, с. 8–9; 9, с. 1–2]. Ізольоване застосування AHP наражається на ризики суб'єктивного упередження, тоді як EWM, спираючись виключно на варіатив-

ність показників, може недооцінювати критично важливі чинники, значущість яких визначається експертним знанням [10, с. 2; 8, с. 2].

Іншим науковим напрямом є поєднання аналізу головних компонентів (Principal Component Analysis, PCA) та методу EWM. PCA усуває мультиколінеарність фінансово-виробничих показників [6, с. 32, 64–65; 11, с. 78], а EWM опрацьовує варіативні показники без щільних лінійних зв'язків [9, с. 4].

Багаторівневі архітектури, що інтегрують суб'єктивне та об'єктивне зважування [9, с. 2, 5–6; 7, с. 2–3], не враховують безпосередній причинно-наслідковий зв'язок між пояснювальними чинниками та підсумковими результатами діяльності економічної системи. Для усунення цього обмеження доцільно залучити стандартизовані бета-коефіцієнти регресії, оціненої методом найменших квадратів (Ordinary Least Squares, OLS), які вимірюють чистий внесок кожного чинника в стандартних відхиленнях [5, с. 184–185].

У вітчизняному науковому просторі М. В. Кузубов та С. М. Швець на основі методичних рекомендацій ОЕСР розробили співпадаючий та випереджувальний композитні індикатори розвитку економіки України, до складу яких включено й сільськогосподарське виробництво [12]. Проте зазначені розробки не диференціюють методи зважування залежно від специфіки вихідних даних. У дослідженні О. І. Котикової та А. В. Богославської показники сталості сільськогосподарського землекористування розділено на індикатори впливу та індикатори результату [13, с. 3, 8–10], але у вітчизняних працях все ще недостатньо досліджень, де в якості інструмента використано комплексну систему зважування показників в залежності від природи даних. Додатковим обмеженням є наявність достовірної інформації: приблизно половину запропонованих індикаторів стійкості сільгоспвиробництва можна оцінити на основі наявної статистики, тоді як для решти дані переважно відсутні або не оприлюднюються [2, с. 61].

Таким чином, невирішеними залишаються питання: за яким правилом слід закріплювати методи зважування за групами індикаторів різної природи; як поєднати локальні ваги, отримані різними методами, в єдину систему без виникнення прихованого зважування; як перевірити обґрунтованість отриманих ваг щодо результативних показників стійкості.

Формулювання цілей статті. Метою статті є теоретичне обґрунтування гібридної дворівневої моделі зважування індикаторів економічної стійкості агропродовольчого виробництва України, яка закріплює методи зважування за природою вихідних даних і поєднує отримані ваги в єдину композитну оцінку. Для досягнення мети поставлено такі завдання: зіставити міжнародні підходи до вимірювання стійкості агропродовольчих систем з погляду методу зважування та вимог до даних; обґрунтувати правило закріплення методів PCA, EWM і AHP за сферами стійкості та роль стандартизованих бета-коефіцієнтів OLS як модуля верифікації ваг; формалізувати механізм мультиплікативного перенормування ваг на другому рівні моделі; визначити умови застосування та обмеження моделі.

Методологічну основу дослідження становлять системний підхід, порівняльний аналіз міжнародних методологій, абстрагування та логічна побудова (для формулювання правил закріплення методів) та економіко-математичне моделювання (для формалізації дворівневої схеми зважування).

Виклад основного матеріалу. У міжнародній аналітичній практиці стандартом побудови складних оціночних систем виступає методологічна концепція, розроблена Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) спільно з Об'єднаним дослідницьким центром Європейської Комісії (JRC) [6, с. 13–15]. Розробка композитного індикатора вимагає дотримання послідовних етапів – від теоретичного структурування досліджуваного явища до вибору методів нормалізації первинних даних, їхнього зважування та агрегування, оскільки кожен із цих кроків безпосередньо впливає на точність та кінцеву інтерпретованість результатів оцінювання [6, с. 19–21].

Ключовим принципом цієї архітектури є структурування досліджуваного явища на підгрупи, у яких вихідний масив індикаторів послідовно агрегується у виміри і, зрештою, у підсумковий композитний індекс [6, с. 22]. Одним із методологічних застережень фахівців ОЕСР та JRC є ризик так званого «прихованого зважування»: рівні ваги, присвоєні окремим змінним, за їх групування у виміри призводять до нерівного зважування самих вимірів, оскільки виміри з більшою кількістю змінних отримують більшу фактичну вагу, що спотворює структуру композитного індексу [6, с. 31]. Подібний ефект виникає і в разі включення до індексу корельованих показників, коли один і той самий вимір враховується двічі [6, с. 32]. Для уникнення цієї проблеми далі запропоновано ієрархічне зважування, за якого сукупна вага пропорційно розщеплюється між вимірами та окремими індикаторами.

У кількісному вимірюванні стійкості на мікрорівні FAO розроблено модель RIMA-II, у якій стійкість розглядається як латентна характеристика системи, яка оцінюється за допомогою двоетапного процедурного апарату [14, с. 21–25, 61]. На першому етапі за допомогою факторного аналізу з первинних спостережуваних змінних формуються чотири стовпи стійкості (доступ до базових послуг, активи, соціальні мережі безпеки, адаптивна спроможність), на другому – застосовується модель множинних індикаторів та множинних причин (MIMIC), що пов'язує їх із цільовими індикаторами продовольчої безпеки [14, с. 7–10, 21–26]. Такий підхід забезпечує верифікацію оцінок, однак його застосування спирається на великі вибіркові обстеження домогосподарств [14, с. 19].

У сучасних європейських дослідженнях концептуалізація стійкості агропродовольчих систем знайшла своє відображення у рамковій структурі міжнародного проєкту SURE-Farm (Towards SUstainable and REsilient EU FARMing systems) [4, с. 1–2]. У межах цієї концепції стійкість сільськогосподарських систем виражається через три спроможності: міцність (здатність протистояти шокам і стресам), адаптивність (здатність до поетапних технологічних і організаційних змін) та здатність до трансформації (спроможність до глибокої перебудови системи у разі незворотних зовнішніх зрушень) [4, с. 1–2]. Ще одним прикладом вимірювання на макроекономічному рівні є глобальний індекс продовольчої безпеки (Global Food Security Index, GFSI). У виданні 2019 р. підсумковий показник GFSI, сформований на основі трьох категорій (доступність, наявність, якість та безпечність), коригувався на четверту категорію – природні ресурси та стійкість (NRR) – за формулою $X(1\text{-}Z) + X \cdot (Y/100) \cdot Z$, де X – вихідна оцінка, Y – NRR, Z – вага коригування, яка за замовчуванням становить 0,25 [15, с. 34, 37]. Типовими в моделі GFSI є ваги, усереднені за пропозиціями п'яти членів експертної панелі, а альтернативою – рівні ваги [15, с. 37]. Залежність індексу від експертного зважування критикують через ризик суб'єктивного упередження, оскільки ваги визначаються без застосування статистичних процедур [16, с. 1343–1344]. Водночас емпіричні перевірки не виявили суттєвого зміщення: ранги країн за блоком NRR, отримані з вагами на основі PCA та з експертними вагами, тісно корельовані (коефіцієнт рангової кореляції 0,831), хоча об'єктивно зважені оцінки є нижчими [16, с. 1350], а зіставлення з рейтингами, побудованими за допомогою методу головних компонент та аналізу ефективності, підтвердило обґрунтованість експертних ваг GFSI [17, с. 1135, 1143]. Отже, вибір способу зважування доцільно обґрунтовувати не апріорі, а через аналіз чутливості результатів.

Узагальнення розглянутих підходів (табл. 1) засвідчує, що жоден із них не може бути безпосередньо перенесений на умови агропродовольчого виробництва України, оскільки вихідне інформаційне поле характеризується високою динамічністю та обмеженістю первинних даних.

Зазначені обставини зумовлюють необхідність формування гібридної ієрархічної моделі, спрямованої на досягнення максимально можливої об'єктивності за наявного стану інформаційної бази. Архітектуру запропонованої моделі наведено на рис. 1.

Таблиця 1

Порівняння міжнародних підходів до вимірювання стійкості та запропонованої моделі

Підхід	Спосіб зважування	Вимоги до даних	Обмеження для застосування в Україні
OECP-JRC [6]	Вибір методу за розробником; рекомендовано аналіз чутливості	Статистичні ряди за всіма індикаторами	Не містить правила відбору методу залежно від природи даних
RIMA-II (FAO) [14]	Факторний аналіз стовпів стійкості та модель MIMIC	Великі вибіркові обстеження домогосподарств	Мікрорівень; обстеження такого масштабу обмежені в умовах війни
SURE-Farm [4]	Оцінювання трьох спроможностей змішаними кількісними та якісними методами	Регіональні кейси, дані опитувань	Відсутня фіксована процедура зважування індикаторів
GFSI [15; 16; 17]	Експертні ваги панелі (альтернатива – рівні ваги)	Дані на рівні країн	Суб'єктивність ваг; відсутність галузевої деталізації
Запропонована модель	PCA, EWM, AHP за природою даних; верифікація OLS-бета; перенормування	Офіційна статистика та експертні оцінки	Потребує аналізу чутливості до мета-ваг

Джерело: узагальнено автором на основі [6; 14; 4; 15; 16]

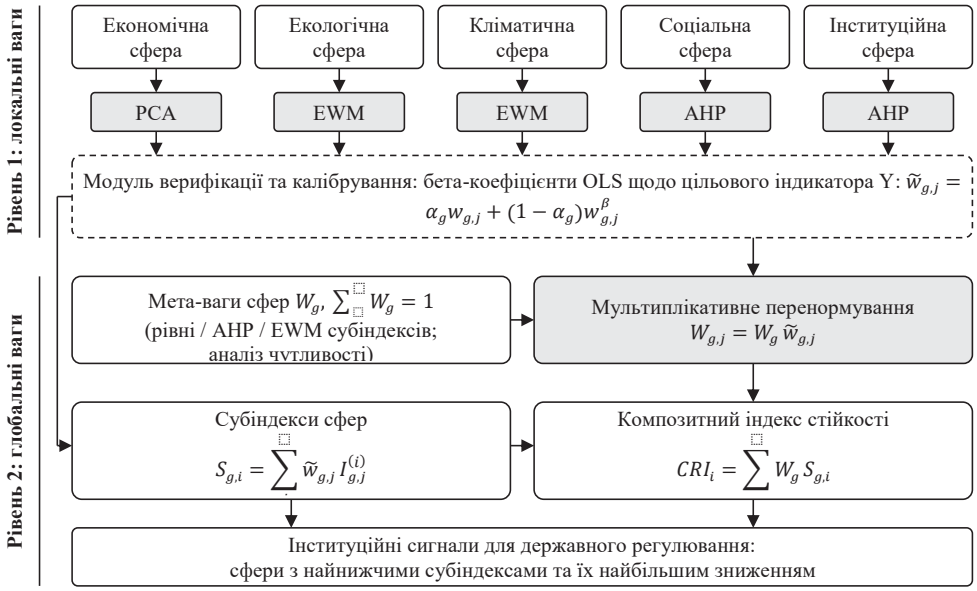


Рис. 1. Архітектура гібридної дворівневої моделі зважування індикаторів економічної стійкості агропродовольчого виробництва

Джерело: розроблено автором

Правило закріплення методів за сферами стійкості ґрунтується на трьох характеристиках вихідних даних: наявності кількісної статистичної метрики, ступені взаємної кореляції індикаторів та характері їх варіації (табл. 2). Закріплення має умовний характер: якщо фактичні властивості даних певної сфери відрізняються від типових

(наприклад, соціальні показники мають надійну кількісну метрику й низьку взаємну кореляцію), метод обирається за властивостями даних, а не за назвою сфери.

Економічна сфера охоплює фінансово-виробничі індикатори агровиробництва. Таким вибіркам притаманна висока внутрішня мультиколінеарність, що у разі звичайного додавання призводить до подвійного врахування однакових інформаційних сигналів [6, с. 32; 18, с. 167]. Тому для зважування використовується PCA: на основі кореляційної матриці стандартизованих показників [18, с. 21–22] обчислюються власні значення λ_k та власні вектори a_k, а відбір компонент здійснюється за критерієм Кайзера (λ_k>1) та порогом сукупної поясненої дисперсії не менше 70% [18, с. 112–115]. Локальна вага *j*-го індикатора обчислюється пропорційно сумі квадратів його факторних навантажень, зважених на пояснену дисперсію відібраних компонент [6, с. 89–90; 1, с. 72]:

$$w_{g,j}^{PCA} = \frac{\sum_{k=1}^{p} \lambda_k a_{kj}^2}{\sum_{j=1}^{n_g} \sum_{k=1}^{p} \lambda_k a_{kj}^2}, \quad \sum_{j=1}^{n_g} w_{g,j}^{PCA} = 1, \tag{1}$$

де p – кількість відібраних компонент; n_g – кількість індикаторів у сфері g.

Екологічна та кліматична сфери охоплюють показники родючості ґрунтів, зволоженості, температурних коливань та деградації земель [3, с. 31–33, 88]. Зазначені індикатори характеризуються високою природною варіативністю й просторовою гетерогенністю, однак не мають чітко вираженої кореляційної залежності між собою, що

Таблиця 2

Правило закріплення методів зважування за сферами стійкості агропродовольчого виробництва

Сфера	Типові індикатори	Властивості даних	Метод	Умова коректності
Економічна	Рентабельність, ліквідність, капіталовіддача, валова продукція на 1 га	Кількісні, висока взаємна кореляція	PCA	Власні значення >1; пояснена дисперсія ≥70%
Екологічна	Родючість ґрунтів, деградація земель	Кількісні, висока варіативність, слабка кореляція	EWM	Невід'ємні нормовані значення, достатня диференціація
Кліматична	Температурні коливання, зволоженість	Кількісні, висока варіативність, слабка кореляція	EWM	Невід'ємні нормовані значення, достатня диференціація
Соціальна	Зайнятість, кадровий потенціал, соціальний капітал	Частково якісні	AHP (EWM – за наявностінадійної кількісної метрики)	CR<0,10
Інституційна	Якість регулювання, прозорість програм підтримки	Якісні, без прямої метрики	AHP	CR<0,10
Модуль верифікації (усі сфери)	Цільовий індикатор Y	Кількісні часові або просторові ряди	OLS-бета	Кількість спостережень перевищує кількість регресорів; контроль мультиколінеарності

Джерело: розроблено автором

робить недоцільним застосування PCA. Для їх зважування застосовується EWM, який вимірює ступінь неоднорідності даних [9, с. 4; 10, с. 7]. Для кожного індикатора за нормованими частками p_{ij} розраховується ентропія $E_j = -\frac{1}{\ln m}\sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln p_{ij}$, де m – кількість періодів або просторових об'єктів. Чим більшою є диференціація значень показника, тим меншою є його ентропія, більшою – інформаційна цінність $d_j = 1 - E_j$ і, відповідно, вагомішим – внесок у загальну оцінку:

$$w_{g,j}^{EWM} = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^{n_g}\left(1 - E_j\right)}, \quad \sum_{j=1}^{n_g} w_{g,j}^{EWM} = 1, \tag{2}$$

Соціальна та інституційна сфери охоплюють якісні параметри (якість державного регулювання, прозорість програм підтримки, рівень розвитку соціального капіталу), які не мають прямої кількісної метрики. Для них застосовується AHP [6, с. 96–98; 19, с. 82–83]. На основі експертних оцінок будуєтьсязворотно-симетрична матриця парних порівнянь $A=(a_{jk})$ за шкалою від 1 до 9, де $a_{kj}=\frac{1}{a_{jk}}$, а локальна вага обчислюється як нормоване середнє геометричне елементів рядка:

$$w_{g,j}^{AHP} = \frac{\left(\prod_{k=1}^{n_g} a_{jk}\right)^{1/n_g}}{\sum_{l=1}^{n_g}\left(\prod_{k=1}^{n_g} a_{lk}\right)^{1/n_g}}, \tag{3}$$

Сформована система суджень підлягає обов'язковій перевірці за відношенням узгодженості $CR=CI/RI<0{,}10$, де $CI = (\lambda_{max} - n_g)/(n_g - 1)$, а RI – випадковий індекс [19, с. 103–104].

Модуль стандартизованих бета-коефіцієнтів OLS застосовується в межах будь-якої сфери за наявності цільового індикатора стійкості Y (наприклад, валової доданої вартості сільського господарства) та достатньої кількості спостережень. Для усунення впливу одиниць виміру оцінені коефіцієнти регресії $\hat{\beta}_j$ трансформуються у безрозмірні параметри $\beta_{std,j} = \hat{\beta}_j s_{x_j} / s_y$ [5, с. 184–185], а модулі цих параметрів нормуються:

$$w_{g,j}^{\beta} = \frac{\left|\beta_{std,j}\right|}{\sum_{j=1}^{n_g}\left|\beta_{std,j}\right|}, \quad \sum_{j=1}^{n_g} w_{g,j}^{\beta} = 1, \tag{4}$$

Використання модулів OLS-оцінок дозволяє зафіксувати внесок кожного чинника в дисперсію результативної змінної [5, с. 184], надаючи позитивним чинникам і загрозам рівнозначну інформаційну цінність, що узгоджується з рекомендацією OECP щодо перевірки внеску індикаторів за допомогою аналізу шляхів і стандартизованих коефіцієнтів регресії [6, с. 132–134].

Водночас використання регресійних ваг як самостійних обмежене: вони залежать від вибору залежної змінної, припущення про лінійність та значення коефіцієнта детермінації [11, с. 79]. Тому в запропонованій моделі ваги (4) використовуються для верифікації локальних ваг, отриманих основним методом сфери. Істотне розходження рангів індикаторів за двома наборами ваг є сигналом для перегляду складу індикаторів або експертних суджень. За потреби калібрування локальні ваги поєднуються лінійною комбінацією [9, с. 5]:

$$\tilde{w}_{g,j} = \alpha_g w_{g,j} + \left(1 - \alpha_g\right) w_{g,j}^{\beta}, \tag{5}$$

де $\alpha_g \in [0;1]$ – коефіцієнт довіри до основного методу сфери g, який обирається дослідником і підлягає перевірці на чутливість. За відсутності надійної регресійної оцінки приймається $\alpha_g=1$.

Завершальним етапом обчислювального алгоритму є реалізація механізму другого рівня – мультиплікативного перенормування локальних ваг, що запобігає системному спотворенню результатів через приховане зважування. На другому рівні встановлюються мета-ваги сфер W_g, які відображають стратегічний пріоритет кожної з п'яти сфер у забезпеченні стійкості агропродовольчого виробництва та підпорядковуються умові $\sum_{g=1}^{5} W_g = 1$. Підсумкова глобальна вага кожного індикатора визначається як добуток його локальної ваги та мета-ваги відповідної сфери [6, с. 31–32; 11, с. 85]:

$$W_{g,j} = W_g \widetilde{w}_{g,j}, \tag{6}$$

Оскільки $\sum_j \widetilde{w}_{g,j}=1$ для кожної сфери, виконується умова $\sum_g \sum_j W_{g,j} = \sum_g W_g = 1$, а частка кожної сфери в індексі дорівнює її мета-вазі незалежно від кількості індикаторів у ній. Композитний індекс стійкості агропродовольчого виробництва CRI_i для *i*-го об'єкта чи періоду обчислюється шляхом лінійного згортання стандартизованих значень показників $I^{(i)}_{g,j}$ за глобальними вагами [6, с. 102–103]:

$$CRI_i = \sum_{g=1}^{5} \sum_{j=1}^{n_g} W_{g,j}\, I^{(i)}_{g,j} = \sum_{g=1}^{5} W_g S_{g,i}, \tag{7}$$

де $S_{g,i} = \sum_j \widetilde{w}_{g,j} I^{(i)}_{g,j}$ – субіндекс сфери *g*.

Мета-ваги W_g можуть бути встановлені трьома способами: рівними (як базовий сценарій), методом AHP на основі суджень експертної групи з перевіркою узгодженості або ентропійним методом за варіацією субіндексів $S_{g,i}$. Оскільки вибір мета-ваг є нормативним рішенням, модель передбачає обов'язковий аналіз чутливості рейтингів і динаміки CRI_i до альтернативних наборів W_g [6, с. 117–119].

Слід зазначити, що лінійне згортання (7) залишається компенсаторним: низьке значення в одній сфері може бути частково компенсоване високими значеннями в інших [6, с. 33; 11, с. 85–86]. Перенормування усуває приховане зважування, але не усуває компенсацію. Тому поряд із CRI_i модель передбачає обов'язкове відображення субіндексів $S_{g,i}$, а за потреби обмеження компенсації – застосування геометричного згортання на другому рівні [6, с. 103-104]. Саме сукупність субіндексів і глобальних ваг, а не лише підсумкове значення CRI_i, формує інституційні сигнали для аграрної політики: сфери з найнижчими значеннями субіндексів або з їх найбільшим зниженням вказують на напрями, що потребують першочергової державної уваги.

Застосування моделі має низку обмежень. По-перше, для частини індикаторів відсутня регулярна статистика [2, с. 61], що в умовах воєнного стану посилюється через обмеження доступу до даних. По-друге, PCA та регресійний модуль потребують кількості спостережень, яка перевищує кількість індикаторів, а за короткими часовими рядами оцінки стають нестабільними. По-третє, мета-ваги та судження AHP залишаються суб'єктивними і мають бути задокументовані й перевірені на чутливість.

Висновки. Наукова новизна дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні гібридної дворівневої моделі зважування індикаторів економічної стійкості агропродовольчого виробництва, яка закріплює аналітичні методи за природою даних. На відміну від існуючих аналогів, які спираються на один конкретний метод зважування, модель застосовує методи PCA, EWM і AHP, а стандартизовані бета-коефіцієнти OLS використовуються для перевірки та калібрування локальних ваг. Мультиплікативне перенормування ваг на другому рівні унеможливлює приховане зважування і зберігає задану частку кожної сфери в загальному ваговому розподілі моделі.

Показано, що перенормування не усуває компенсаторного характеру лінійного згортання, тому результатом моделі має бути не лише підсумковий композитний індекс, а й система субіндексів сфер, доповнена аналізом чутливості до вибору мета-ваг. Такий формат результатів забезпечує прозорі інституційні сигнали для централь-

них органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та міжнародних донорів, що фінансують відновлення агропродовольчого виробництва.

Перспективою подальших досліджень є емпірична апробація моделі на даних офіційної статистики агропродовольчого виробництва України за 2021–2025 рр. та розроблення на її основі процедури пріоритезації державних регуляторних і фінансових рішень, зокрема сценарного оцінювання того, як зміна обсягів пільгового кредитування, запровадження страхування воєнних ризиків чи прямі гранти впливатимуть на субіндекси сфер стійкості.

Список використаних джерел:

1. Wirehn L., Danielsson A., Neset T.-S. S. Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. *Journal of Environmental Management*. 2015. Vol. 156. P. 70–80. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.020

2. Шубравська О. В., Прокопенко К. О. Ризики та індикатори стійкості сільгосп-виробництва України в умовах зміни клімату. *Економіка України*. 2023. № 12. С. 41–67. DOI: https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.12.041

3. Повоєнне забезпечення кліматичної та природоресурсної стійкості агропродовольчого виробництва України : монографія / за ред. О. В. Шубравської. Київ: ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», 2025. 260 с. DOI: https://doi.org/10.15407/978-617-14-0440-3

4. Meuwissen M. P. M., Feindt P. H., Spiegel A. et al. A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*. 2019. Vol. 176. Art. 102656. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656

5. Wooldridge J. M. Introductory econometrics: a modern approach. 7th ed. Boston: Cengage Learning, 2019. 864 p.

6. OECD, European Commission Joint Research Centre. Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. Paris: OECD Publishing, 2008. 158 p. DOI: https://doi.org/10.1787/9789264043466-en

7. Liborio M. P., Karagiannis R., Diniz A. M. A., Ekel P. I., Vieira D. A. G., Ribeiro L. C. The use of information entropy and expert opinion in maximizing the discriminating power of composite indicators. *Entropy*. 2024. Vol. 26, No. 2. Art. 143. DOI: https://doi.org/10.3390/e26020143

8. Xu D., Liu S., Kuang Y., Guan X. An integrated AHP–entropy weight approach for urban construction land suitability evaluation in Zhengzhou, China. *Urban Science*. 2026. Vol. 10, No. 2. Art. 67. DOI: https://doi.org/10.3390/urbansci10020067

9. Wu X., Hu F. Analysis of ecological carrying capacity using a fuzzy comprehensive evaluation method. *Ecological Indicators*. 2020. Vol. 113. Art. 106243. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106243

10. Liu Y., Zhang J., Asutosh A. T., Li Y. Assessing urban flood resilience: a coupled AHP-entropy-GIS approach. *Journal of Building Design and Environment*. 2026. Vol. 4. Art. 202579. DOI: https://doi.org/10.70401/jbde.2026.0024

11. Terzi S., Otoiu A., Grimaccia E., Mazziotta M., Pareto A. Open issues in composite indicators: a starting point and a reference on some state-of-the-art issues. Roma: Roma TrE-Press, 2021. 122 p. DOI: https://doi.org/10.13134/979-12-5977-001-1

12. Кузубов М. В., Швець С. М. Композитні індикатори розвитку економіки України. *Ефективна економіка*. 2016. № 7. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5032

13. Котикова О. І., Богославська А. В. Економічні індикатори сільськогосподарського землекористування в системі моніторингу сталого розвитку України. *Агросвіт*. 2017. № 9. С. 3–11.

14. FAO. RIMA-II: Resilience Index Measurement and Analysis – II. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016.

15. The Economist Intelligence Unit. Global Food Security Index 2019: strengthening food systems and the environment through innovation and investment. London : The Economist Intelligence Unit, 2019.

16. Odhiambo V. O., Hendriks S. L., Mutsvangwa-Sammie E. P. The effect of an objective weighting of the global food security index's natural resources and resilience component on country scores and ranking. *Food Security*. 2021. Vol. 13, No. 6. P. 1343–1357. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-021-01176-6

17. Izraelov M., Silber J. An assessment of the global food security index. *Food Security*. 2019. Vol. 11, No. 5. P. 1135–1152. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-019-00941-y

18. Jolliffe I. T. Principal component analysis. 2nd ed. New York : Springer-Verlag, 2002. 487 p. DOI: https://doi.org/10.1007/b98835

19. Saaty T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Aestimum*. 1994. Atti del XXIV Incontro di Studio Ce.S.E.T. P. 75–105. DOI: https://doi.org/10.13128/Aestimum-7138

References:

1. Wirehn, L., Danielsson, A., & Neset, T.-S. S. (2015). Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. *Journal of Environmental Management*, vol. 156, pp. 70–80. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.020

2. Shubravska, O. V., & Prokopenko, K. O. (2023). Ryzyky ta indykatory stiikosti silhospvyrobnytstva Ukrainy v umovakh zminy klimatu [Risks and indicators of Ukraine's agriculture resilience under climate change]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 12, pp. 41–67. DOI: https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.12.041 (in Ukrainian)

3. Shubravska, O. V. (Ed.). (2025). Povoienne zabezpechennia klimatychnoi ta pryrodoresursnoi stiikosti ahroprodovolchoho vyrobnytstva Ukrainy [Post-war provision of climate and natural resource resilience of Ukraine's agrifood production]. Kyiv: Institute for Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine. DOI: https://doi.org/10.15407/978-617-14-0440-3 (in Ukrainian)

4. Meuwissen, M. P. M., Feindt, P. H., Spiegel, A., Termeer, C. J. A. M., Mathijs, E., de Mey, Y., Finger, R., Balmann, A., Wauters, E., Urquhart, J., Vigani, M., Zawalińska, K., Herrera, H., Nicholas-Davies, P., Hansson, H., Paas, W., Slijper, T., Coopmans, I., Vroege, W., … Reidsma, P. (2019). A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*, vol. 176, art. 102656. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656

5. Wooldridge, J. M. (2019). Introductory econometrics: A modern approach (7th ed.). Boston: Cengage Learning. Available at: http://lib.ysu.am/disciplines_bk/33b6e2aa30379171d53274830843d3f8.pdf

6. OECD, & European Commission Joint Research Centre. (2008). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide. Paris: OECD Publishing. DOI: https://doi.org/10.1787/9789264043466-en

7. Liborio, M. P., Karagiannis, R., Diniz, A. M. A., Ekel, P. I., Vieira, D. A. G., & Ribeiro, L. C. (2024). The use of information entropy and expert opinion in maximizing the discriminating power of composite indicators. *Entropy*, vol. 26, no. 2, art. 143. DOI: https://doi.org/10.3390/e26020143

8. Xu, D., Liu, S., Kuang, Y., & Guan, X. (2026). An integrated AHP–entropy weight approach for urban construction land suitability evaluation in Zhengzhou, China. *Urban Science*, vol. 10, no. 2, art. 67. DOI: https://doi.org/10.3390/urbansci10020067

9. Wu, X., & Hu, F. (2020). Analysis of ecological carrying capacity using a fuzzy comprehensive evaluation method. *Ecological Indicators*, vol. 113, art. 106243. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106243

10. Liu, Y., Zhang, J., Asutosh, A. T., & Li, Y. (2026). Assessing urban flood resilience: A coupled AHP-entropy-GIS approach. *Journal of Building Design and Environment*, vol. 4, art. 202579. DOI: https://doi.org/10.70401/jbde.2026.0024

11. Terzi, S., Otoiu, A., Grimaccia, E., Mazziotta, M., & Pareto, A. (2021). Open issues in composite indicators: A starting point and a reference on some state-of-the-art issues. Roma: Roma TrE-Press. DOI: https://doi.org/10.13134/979-12-5977-001-1

12. Kuzubov, M. V., & Shvets, S. M. (2016). Kompozytni indykatory rozvytku ekonomiky Ukrainy [Composite indicators of Ukraine's economic development]. *Efektyvna ekonomika*, no. 7. Available at: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5032 (in Ukrainian)

13. Kotykova, O. I., & Bohoslavska, A. V. (2017). Ekonomichni indykatory silskohospodarskoho zemlekorystuvannia v systemi monitorynhu staloho rozvytku Ukrainy [Economic indicators of agricultural land use in the system of monitoring sustainable development of Ukraine]. *Ahrosvit*, no. 9, pp. 3–11. Available at: http://www.agrosvit.info/pdf/9_2017/2.pdf (in Ukrainian)

14. FAO. (2016). RIMA-II: Resilience Index Measurement and Analysis – II. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: https://www.fao.org/3/i5665e/I5665E.pdf

15. The Economist Intelligence Unit. (2019). Global Food Security Index 2019: Strengthening food systems and the environment through innovation and investment. London: The Economist Intelligence Unit. Available at: https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/corteva/eu/es/es/files/otros-documentos/Global_Food_Security_Index_2019_report.pdf

16. Odhiambo, V. O., Hendriks, S. L., & Mutsvangwa-Sammie, E. P. (2021). The effect of an objective weighting of the global food security index's natural resources and resilience component on country scores and ranking. Food Security, vol. 13, no. 6, pp. 1343–1357. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-021-01176-6

17. Izraelov, M., & Silber, J. (2019). An assessment of the global food security index. *Food Security*, vol. 11, no. 5, pp. 1135–1152. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-019-00941-y

18. Jolliffe, I. T. (2002). Principal component analysis (2nd ed.). New York: Springer-Verlag. DOI: https://doi.org/10.1007/b98835

19. Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *Aestimum* (Atti del XXIV Incontro di Studio Ce.S.E.T.), pp. 75–105. DOI: https://doi.org/10.13128/Aestimum-7138

Дата надходження статті: 30.09.2026
Дата прийняття статті до публікації: 27.10.2026
Дата публікації статті: 27.11.2026