

Марія Я. Височанська¹, Володимир В. Ше²

АСПЕКТИ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

У статті обґрунтовано теоретико-методичні та прикладні засади розроблення програмного забезпечення комплексного еколого-економічного моніторингу сільських територій. Встановлено, що в сучасних умовах децентралізації, євроінтеграції та повсюдного відновлення України зростає потреба у створенні цифрових інструментів підтримки управлінських рішень, які забезпечують комплексне оцінювання екологічних, економічних і соціальних параметрів розвитку територіальних громад. Запропоновано концепцію інтегральної системи показників еколого-економічного моніторингу сільських територій, що передбачає поєднання екологічних, економічних та соціальних індикаторів у межах єдиної інформаційно-аналітичної платформи. Розроблено архітектуру програмного забезпечення, яка включає модулі збору даних, їх верифікації, аналітичної обробки, розрахунку інтегральних індексів, візуалізації результатів та прогнозування тенденцій розвитку. Запропоновано алгоритм формування інтегрального еколого-економічного індексу сільських територій на основі нормування показників, визначення вагових коефіцієнтів та агрегування субіндексів. Доведено, що впровадження програмного забезпечення сприятиме підвищенню ефективності управління розвитком сільських територій, забезпеченню раціонального природокористування та досягненню цілей сталого розвитку.

Ключові слова: еколого-економічний моніторинг, сільські території, цифровізація, програмне забезпечення, інтегральний індекс, інформаційна система, збалансований розвиток.

Рис. 2. Літ. 14.

DOI: 10.32752/1993-6788-2026-1-300-338-350

¹ ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2116-9991>

² ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-5131-0234>

Mariia Ya. Vysochanska, Volodymyr V. She

ASPECTS OF DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR COMPREHENSIVE ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC MONITORING OF RURAL TERRITORIES

The article substantiates the theoretical, methodological and applied principles of developing software for comprehensive environmental and economic monitoring of rural areas. It is established that in the current conditions of decentralization, European integration and post-war reconstruction of Ukraine, there is a growing need to create digital tools to support management decisions that provide a comprehensive assessment of environmental, economic and social parameters of the development of territorial communities. The concept of an integrated system of indicators for environmental and economic monitoring of rural areas is proposed, which involves combining environmental, economic and social indicators within a single information and analytical platform. The software architecture is developed, which includes modules for data collection, verification, analytical processing, calculation of integral indices, visualization of results and forecasting development trends. An algorithm for forming an integrated ecological and economic index of rural

¹ Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAN. Ukraine.

² Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAN. Ukraine.

areas based on the normalization of indicators, determination of weight coefficients and aggregation of sub-indices is proposed. It is proved that the implementation of software will contribute to increasing the efficiency of rural development management, ensuring rational environmental management and achieving sustainable development goals.

Keywords: ecological and economic monitoring, rural areas, digitalization, software, integrated index, information system, balanced development.

Peer-reviewed, approved and placed: 05.06.2026

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Сучасний розвиток сільських територій України відбувається під впливом складних соціально-економічних, екологічних та інституційних трансформацій. Процеси децентралізації, зміни клімату, деградація природних ресурсів, необхідність повоєнного відновлення та адаптація до європейських стандартів управління природокористуванням потребують формування нових підходів до моніторингу стану територій та оцінювання ефективності управлінських рішень.

Традиційні системи статистичного спостереження не забезпечують комплексного врахування взаємозв'язків між екологічними, економічними та соціальними процесами. Внаслідок цього виникає необхідність створення сучасних цифрових платформ, здатних здійснювати інтегроване оцінювання розвитку територій у режимі реального часу та забезпечувати інформаційну підтримку органів державної влади, місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання.

Особливої актуальності набуває розроблення програмного забезпечення комплексного еколого-економічного моніторингу сільських територій, яке забезпечуватиме автоматизований збір, обробку, аналіз та візуалізацію даних, а також формування інтегральних індикаторів розвитку.

Аналіз останніх публікацій по проблемі. Теоретичні та прикладні аспекти моніторингу розвитку територій висвітлено в працях вітчизняних та зарубіжних вчених, які умовно можна об'єднати у три тематичні групи: концептуальні та теоретичні дослідження меж економічного зростання та сталого розвитку; методологічні розробки вітчизняної школи екологічної економіки; прикладні дослідження цифровізації та геопросторового моніторингу територій.

Фундаментальна основа проблеми закладена в працях зарубіжних вчених. Г. Дейлі [1] обґрунтував концепцію стаціонарної економіки, довівши, що необмежене економічне зростання суперечить фізичним межах біосфери, а тому управлінські рішення на рівні територій повинні ґрунтуватися на балансі між економічною активністю та репродуктивною здатністю екосистем. Р. Костанца та співавтори [2] зробили одну з перших спроб оцінки екосистемних послуг у глобальному масштабі, що заклало методологічну основу для включення екологічних активів до систем територіальних індикаторів. Д. Медоуз та його команда [3] у своїй роботі «Межі зростання» емпірично проілюстрували ризики виснаження ресурсів в умовах екстенсивного розвитку, а Дж. Рокстром та його співавтори [4] розвинули цю ідею в концепцію «безпечного операційного простору людства», визначивши

кількісні планетарні межі за ключовими параметрами навколишнього середовища. Спільним обмеженням цієї групи джерел є їх макрорівневий, глобальний характер: вони формують теоретичну основу для сталого розвитку, але не пропонують інструментів для оцінки та моніторингу окремих територіальних одиниць, зокрема сільських громад. Другу групу складають роботи вітчизняних дослідників, які адаптували принципи сталого розвитку до умов природокористування України. О.І. Дребот [5; 6] обґрунтувала інституційні принципи збалансованого лісо- та землекористування, розробивши концептуальні підходи до узгодження екологічних та економічних інтересів на регіональному рівні, а в новішій публікації [7] автор разом зі співавторами розширив питання до продовольчої безпеки як складової соціальної стійкості сільських територій в умовах воєнного стану – цей аспект безпосередньо відповідає соціальному блоку показників, запропонованому в цій статті. В.А. Голян та М.А. Хвесик [8; 9] сформували інституційну модель природокористування, яка враховує глобальні виклики та економічні механізми регулювання використання природних ресурсів. Л.Г. Мельник у співпраці з О.І. Карінцевою [10] систематизував сучасні підходи до економіки сталого розвитку в рамках ширшої економічної теорії. Б.М. Данилишин та С.І. Дорогунцов [11] були одними з перших в Україні, хто здійснив комплексну оцінку природно-ресурсного потенціалу сталого розвитку держави, яка досі залишається методологічним орієнтиром для регіональних досліджень. Однак ця група робіт переважно зосереджена на окремих секторах природокористування (лісові, земельні, водні ресурси) та не пропонує цілісної системи показників, придатних для програмної реалізації. Третю групу формують сучасні прикладні дослідження та практика цифровізації територіального управління. К. Мамонов та співавтори [12] розробили методичні підходи до геопросторового моніторингу землекористування об'єднаних територіальних громад з використанням супутникових даних, що демонструє технологічну готовність ГІС-інструментів до впровадження на рівні громад.

Практичним підтвердженням цієї тенденції є впровадження у 2024 році Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України тестової версії єдиної геоінформаційної системи моніторингу та оцінки розвитку регіонів та територіальних громад [13], яка вже передбачає збір та візуалізацію окремих соціально-економічних та інфраструктурних даних, але не охоплює комплексну еколого-економічну оцінку та не передбачає розрахунок інтегральних індексів. Звіт ОЕСР щодо географії можливостей розвитку сільських територій [14] узагальнює міжнародний досвід побудови індикаторів добробуту сільських територій та наголошує на необхідності поєднання економічних, соціальних та екологічних вимірів в єдиній системі оцінки.

Аналіз показує, що, незважаючи на значні наукові досягнення в галузі теорії сталого розвитку, методології екологічної економіки та практики геопросторового моніторингу, наразі відсутній цілісний підхід до створення програмного забезпечення, яке б інтегрувало екологічні, економічні та соціальні показники сільських територій в єдину аналітичну платформу з

функціями розрахунку інтегральних індексів, прогнозування та підтримки управлінських рішень. Це підтверджує актуальність та наукову новизну цього дослідження.

Формулювання цілей дослідження (мета статті) є розробка концептуальних основ програмного забезпечення для комплексного еколого-економічного моніторингу сільських територій та обґрунтування його функціональної архітектури, системи індикаторів та алгоритмів інтегрованої оцінки.

Матеріали та методи дослідження. Методологічною основою дослідження є системний підхід, методи економіко-статистичного аналізу, багатокритеріальної оцінки, нормалізації показників, інтегрального індексування, математичного моделювання, ГІС-технологій та інструментів бізнес-аналітики.

Інформаційною базою дослідження є дані Державної служби статистики України, Міністерства охорони навколишнього середовища та природних ресурсів України, Державного земельного кадастру, супутникові дані дистанційного зондування Землі, інформаційні ресурси територіальних громад та результати соціологічних досліджень, а також аналітичні матеріали спеціалізованих міжнародних видань з розвитку сільських територій, зокрема звітів Організації економічного співробітництва та розвитку [14].

Виклад основних результатів та їх обґрунтування. Аналіз наукових джерел та практики цифровізації управління територіальним розвитком дозволив обґрунтувати концептуальну модель програмного забезпечення для комплексного еколого-економічного моніторингу сільських територій. Запропонована Концепція програмного забезпечення для комплексного еколого-економічного моніторингу базується на інтеграції екологічних, економічних та соціальних показників в рамках єдиної цифрової платформи (рис. 1).

Основними складовими програмного забезпечення є:

- модуль збору даних;
- модуль верифікації та очищення інформації;
- аналітичний модуль;
- модуль розрахунку інтегральних індексів;
- GIS-модуль просторового аналізу;
- модуль прогнозування;
- модуль формування управлінських рекомендацій;
- модуль звітності та візуалізації.

Система показників моніторингу

До складу екологічного блоку включено:

- якість атмосферного повітря;
- якість поверхневих та підземних вод;
- стан земельних ресурсів;
- рівень еродованості ґрунтів;
- лісистість території;
- біорізноманіття;
- викиди парникових газів;
- обсяги утворення відходів.

Економічний блок включає:

- валову додану вартість;

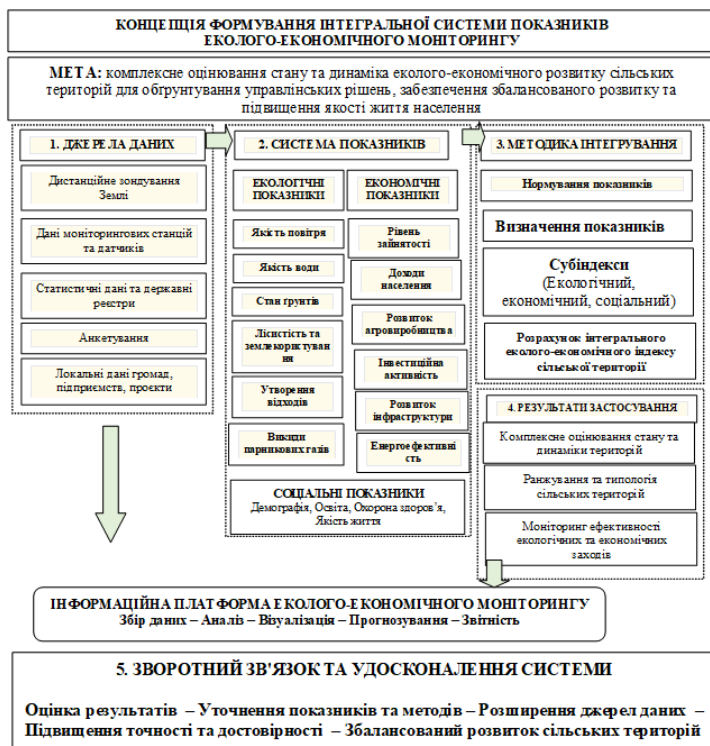


Рис. 1. Концепція формування інтегральної системи показників еколого-економічного моніторингу сільських територій, сформовано авторами

- доходи населення;
- зайнятість;
- інвестиції;
- продуктивність аграрного виробництва;
- енергоефективність;
- розвиток малого підприємництва.

Соціальний блок включає:

- демографічні показники;
- доступність медичних послуг;
- рівень освіти;
- індекс якості життя;
- розвиток соціальної інфраструктури.

Архітектура програмного забезпечення

Програмне забезпечення пропонується реалізувати за тривірневою архітектурою:

1. рівень даних (PostgreSQL/PostGIS);
2. серверний рівень (Python, Django, FastAPI);
3. клієнтський рівень (React, Power BI, GIS Dashboard).

Формування інтегрального індексу

Інтегральний еколого-економічний індекс сільської території визначається за формулою:

$$IEEI = w_1 EI + w_2 EkI + w_3 CI, \quad (1)$$

де: EI – екологічний субіндекс; EkI – економічний субіндекс; CI – соціальний субіндекс; w_1, w_2, w_3 – вагові коефіцієнти.

Очікувані результати впровадження

Використання програмного забезпечення забезпечить:

- оперативне виявлення проблемних територій;
- оцінювання ефективності природоохоронних заходів;
- підтримку стратегічного планування громад;
- підвищення інвестиційної привабливості територій;
- інформаційне забезпечення післявоєнного відновлення.

Методологія розрахунку інтегрованого еколого-економічного індексу сільських територій

Для комплексної оцінки стану сільських територій пропонується використовувати інтегрований еколого-економічний індекс, який поєднує екологічний, економічний та соціальний блоки показників. Загальна формула інтегрованого індексу має вигляд:

$$IEEI = We \cdot Ie + Wek \cdot Iek + Wc \cdot Ic, \quad (2)$$

де: $IEEI$ – інтегральний еколого-економічний індекс сільської території; Ie – екологічний субіндекс; Iek – економічний субіндекс; Ic – соціальний субіндекс; We, Wek, Wc – вагові коефіцієнти відповідних показників. При цьому:

$$We + Wek + Wc = 1 \quad (3)$$

Для сільських територій доцільно прийняти таке співвідношення ваг: $We = 0,40$; $Wek = 0,35$; $Wc = 0,25$. Тоді інтегральний індекс визначається за формулою:

$$IEEI = 0,40 \cdot Ie + 0,35 \cdot Iek + 0,25 \cdot Ic \quad (4)$$

1. Нормування показників

Оскільки показники мають різні одиниці виміру, їх необхідно привести до єдиної шкали від 0 до 1. Для показників-стимуляторів, зростання яких позитивно впливає на розвиток території, використовується формула:

$$X_{i\mu} = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}) \quad (5)$$

де: $X_{i\mu}$ – нормоване значення показника; X_i – фактичне значення показника; X_{min} – мінімальне значення показника серед досліджуваних територій; X_{max} – максимальне значення показника серед досліджуваних територій.

До стимулюючих показників належать: рівень зайнятості, дохід населення, частка органічного землеробства, площа лісів, інвестиції, енергоефективність, розвиток інфраструктури.

$$X_{ji} = (X_{max} - X_j) / (X_{max} - X_{min}) \quad (6)$$

До негативних показників належать: забруднення повітря, забруднення води, деградація ґрунтів, ерозія земель, обсяги відходів, рівень безробіття та скорочення населення.

2. Розрахунок екологічного субіндексу

Екологічний субіндекс формується на основі показників стану природних ресурсів, екологічної безпеки та антропогенного навантаження:

$$Ie = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_6, \quad (7)$$

де: Ie – екологічний субіндекс; X_1 – якість атмосферного повітря; X_2 – якість водних ресурсів; X_3 – стан ґрунтів; X_4 – рівень лісистості; X_5 – біорізноманіття; X_6 – рівень утворення відходів; a_1 - a_6 – вагові коефіцієнти екологічних показників. Сума вагових коефіцієнтів має дорівнювати одиниці:

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 = 1 \quad (8)$$

Орієнтовно можна застосувати таку структуру ваг:

$$Ie = 0,20X_1 + 0,20X_2 + 0,20X_3 + 0,15X_4 + 0,15X_5 + 0,10X_6 \quad (9)$$

3. Розрахунок економічного субіндексу

Економічний субіндекс характеризує рівень економічної активності, ресурсної ефективності та інвестиційної спроможності сільської території:

$$Iek = b_1Y_1 + b_2Y_2 + b_3Y_3 + b_4Y_4 + b_5Y_5 + b_6Y_6, \quad (10)$$

де: Iek – економічний субіндекс; Y_1 – рівень зайнятості населення; Y_2 – середньомісячні доходи населення; Y_3 – обсяг інвестицій на одну особу; Y_4 – продуктивність аграрного виробництва; Y_5 – розвиток малого підприємництва; Y_6 – енергоефективність виробництва; b_1 - b_6 – вагові коефіцієнти економічних показників. Сума ваг:

$$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5 + b_6 = 1 \quad (11)$$

Орієнтовна формула:

$$Iek = 0,20Y_1 + 0,20Y_2 + 0,15Y_3 + 0,20Y_4 + 0,15Y_5 + 0,10Y_6 \quad (12)$$

4. Розрахунок соціального субіндексу

Соціальний субіндекс відображає якість життя населення та рівень соціального розвитку сільських територій:

$$Ic = c_1Z_1 + c_2Z_2 + c_3Z_3 + c_4Z_4 + c_5Z_5, \quad (13)$$

де: Ic – соціальний субіндекс; Z_1 – демографічна стабільність; Z_2 – доступність медичних послуг; Z_3 – доступність освітніх послуг; Z_4 – розвиток соціальної інфраструктури; Z_5 – якість життя населення; c_1 – c_5 – вагові коефіцієнти соціальних показників. Сума ваг:

$$c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 = 1 \quad (14)$$

Орієнтовна формула:

$$Ic = 0,25Z_1 + 0,20Z_2 + 0,20Z_3 + 0,20Z_4 + 0,15Z_5 \quad (15)$$

5. Розрахунок загального інтегрального індексу

Після визначення трьох субіндексів розраховується загальний інтегральний показник:

$$IEEI = 0,40Ie + 0,35Iek + 0,25Ic \quad (16)$$

Якщо, наприклад, $Ie = 0,72$; $Iek = 0,61$; $Ic = 0,68$, то:

$$\begin{aligned} IEEI &= 0,40 \cdot 0,72 + 0,35 \cdot 0,61 + 0,25 \cdot 0,68 = \\ &= 0,288 + 0,2135 + 0,170 = 0,6715 \end{aligned} \quad (17)$$

Отже, інтегральний еколого-економічний індекс становить $IEEI \approx 0,672$.

6. Інтерпретація результатів

Для практичного використання доцільно застосувати таку шкалу інтерпретації: 0,80-1,00 – високий рівень еколого-економічної збалансованості; 0,60-0,79 – достатній рівень; 0,40-0,59 – середній рівень; 0,20-0,39 – низький рівень; 0,00-0,19 – критичний рівень.

У наведеному прикладі значення 0,672 свідчить про достатній рівень еколого-економічної збалансованості сільської території. Водночас, нижче значення економічного субіндексу порівняно з еколого-соціальним свідчить про необхідність підвищення інвестиційної активності, розвитку малого бізнесу, підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва та створення нових робочих місць.

7. Узагальнена формула для програмного забезпечення

Для автоматизованого розрахунку в програмному забезпеченні інтегральний індекс можна подати у такому вигляді:

$$IEEI = \sum (W_j \cdot I_j), \quad (18)$$

де: W_j – вага j -го блоку показників; I_j – субіндекс j -го блоку; j – кількість блоків моніторингу. Субіндекс кожного блоку визначається за формулою:

$$I_j = \sum (w_i \cdot X_{in}) \quad (19)$$

де: w_i – вага i -го показника; X_{in} – нормоване значення i -го показника; i – кількість показників у межах відповідного блоку. Отже, загальна модель має вигляд:

$$IEEI = \sum W_j \cdot \sum w_i \cdot X_{in} \quad (20)$$

Дана формула є базовою математичною основою для створення програмного модуля для автоматизованого еколого-економічного моніторингу сільських територій.

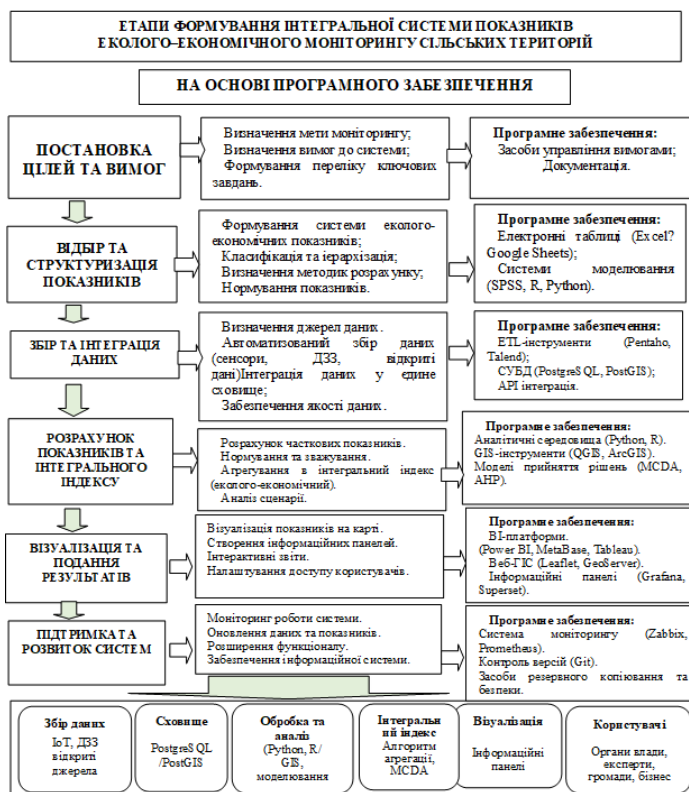


Рис. 2. Етапи формування інтегральної системи показників еколого-економічного моніторингу сільських територій, сформовано авторами

Етап 1. Визначення цілей та формування концептуальних принципів моніторингу.

На першому етапі визначаються мета, завдання, об'єкт та предмет еколого-економічного моніторингу сільських територій. Основна увага приділяється визначенню ключових проблем територіального розвитку, встановленню інформаційних потреб органів влади, громад та суб'єктів

господарювання, а також формуванню вимог до майбутньої інформаційно-аналітичної системи. Важливим результатом цього етапу є розробка концептуальної моделі моніторингу, яка визначає взаємозв'язок між екологічною, економічною та соціальною складовими розвитку сільських територій.

Етап 2. Формування та структурування системи індикаторів.

На другому етапі відбираються репрезентативні індикатори, які найповніше характеризують стан природно-ресурсного потенціалу, ефективність господарської діяльності та соціально-економічний розвиток сільських територій. Індикатори групуються в окремі блоки (екологічний, економічний та соціальний), проходять стандартизацію, нормування та перевірку інформативності. Одночасно визначаються методи їх розрахунку та формуються критерії оцінки для подальшої інтеграції в єдину систему моніторингу.

Етап 3. Інтеграція даних та розрахунок інтегрального індексу.

Третій етап передбачає автоматизований збір, накопичення та обробку інформації з різних джерел, включаючи статистичні бази даних, геоінформаційні системи, матеріали дистанційного зондування Землі та результати соціально-економічних досліджень. На основі програмного забезпечення нормалізуються показники, визначаються їх вагові коефіцієнти та агрегуються в субіндекси та інтегральний еколого-економічний індекс розвитку сільських територій. Використання сучасних аналітичних платформ забезпечує високу точність розрахунків, ефективність обробки даних та можливість моделювання альтернативних сценаріїв розвитку.

Етап 4. Візуалізація результатів та підтримка управлінських рішень.

На завершальному етапі результати моніторингу представлені у вигляді інтерактивних карт, аналітичних панелей, рейтингів та звітів, що забезпечує зручне сприйняття інформації користувачами. Отримані результати використовуються для виявлення проблемних зон, оцінки ефективності еколого-економічних заходів, прогнозування майбутніх тенденцій розвитку та обґрунтування управлінських рішень на місцевому, регіональному та державному рівнях. Постійне оновлення бази даних та вдосконалення алгоритмів аналізу забезпечують адаптивність системи до нових викликів та потреб сталого розвитку сільських територій (рис. 2).

Наукова новизна дослідження полягає в розробці концептуальних засад формування інтегрованої системи показників еколого-економічного моніторингу сільських територій на основі програмного забезпечення, що забезпечує комплексне поєднання екологічних, економічних та соціальних показників в єдиному інформаційно-аналітичному середовищі. Запропоновано науково-методологічний підхід до інтеграції різномірних даних з використанням цифрових технологій, який передбачає нормалізацію показників, визначення вагових коефіцієнтів, формування субіндексів та розрахунок інтегрованого еколого-економічного індексу розвитку сільських територій для оцінки їх поточного стану та динаміки змін. Удосконалено методологічні підходи до реалізації еколого-економічного моніторингу сільських територій шляхом впровадження програмно-орієнтованої

архітектури збору, обробки, візуалізації та аналізу даних, яка забезпечує автоматизацію процедур моніторингу, підвищення ефективності прийняття управлінських рішень та прогнозування сценаріїв розвитку територій. Отримано подальший розвиток положень щодо використання геоінформаційних систем, інструментів бізнес-аналітики та багатокритеріальної оцінки для підтримки процесів стратегічного планування, підвищення ефективності управління навколишнім середовищем та забезпечення сталого розвитку сільських територій [1–4; 12; 13; 14].

Запропонована концепція формування інтегрованої системи показників еколого-економічного моніторингу сільських територій (рис. 1) базується на складному поєднанні екологічних, економічних та соціальних показників, що забезпечує комплексну оцінку стану та тенденцій розвитку сільських територій. Важливою перевагою концепції є використання різних джерел інформації – від статистичних даних та державних реєстрів до результатів дистанційного зондування Землі та локальних даних громад. Це дозволяє підвищити достовірність оцінок та сформувати об'єктивну інформаційну базу для прийняття управлінських рішень.

У концепції особлива увага приділяється інтеграції еколого-економічних показників через механізм нормалізації, визначення вагових коефіцієнтів та формування субіндексів. Такий підхід дає змогу врахувати різноспрямований вплив окремих факторів на розвиток територій та отримати єдиний інтегрований індекс еколого-економічного розвитку. Розрахунок інтегрованого показника забезпечує можливість порівнювати території між собою, визначати рівень їх збалансованості та виявляти диспропорції розвитку.

Практична цінність запропонованої системи полягає в можливості ранжування сільських територій, виявлення проблемних зон, оцінки екологічних ризиків та визначення пріоритетних напрямків державної підтримки. Результати моніторингу можуть бути використані органами державної влади, органами місцевого самоврядування, територіальними громадами та суб'єктами господарювання для розробки стратегій сталого розвитку, програм відновлення територій та підвищення ефективності використання природно-ресурсного потенціалу. Загалом, запропонована концепція формує методологічну основу для створення сучасної цифрової системи екологічного та економічного моніторингу сільських територій. Її впровадження сприятиме підвищенню якості управління розвитком громад, забезпеченню збалансованого використання природних ресурсів, зміцненню екологічної безпеки та досягненню цілей сталого розвитку в контексті європейської інтеграції та повоєнної відбудови України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблено концептуальні принципи програмного забезпечення для комплексного еколого-економічного моніторингу сільських територій, яке забезпечує інтеграцію екологічних, економічних та соціальних показників в єдину цифрову систему підтримки управлінських рішень.

Запропоновано архітектуру інформаційно-аналітичної платформи, що поєднує модулі збору, обробки, аналізу, візуалізації та прогнозування даних. Її впровадження сприятиме підвищенню ефективності управління розвитком

сільських територій та забезпеченню сталого екологічного менеджменту.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розширення функціональних можливостей програмного забезпечення шляхом інтеграції геоінформаційних технологій (ГІС), даних дистанційного зондування, супутникового моніторингу, безпілотних систем та мережі екологічних датчиків. Це забезпечить автоматизацію процесів збору та оновлення інформації, підвищить ефективність виявлення негативних змін у навколишньому середовищі, сприятиме просторовому аналізу стану природних ресурсів та формуванню цифрових карт еколого-економічного розвитку сільських територій у режимі реального часу.

Важливим напрямком подальших наукових досліджень є розробка адаптивних моделей підтримки управлінських рішень на основі штучного інтелекту, машинного навчання та технологій великих даних. Використання інтелектуальних алгоритмів дозволить прогнозувати екологічні та економічні ризики, моделювати альтернативні сценарії розвитку територій, оцінювати ефективність управлінських заходів та своєчасно формувати рекомендації для органів державної влади, місцевого самоврядування та інших зацікавлених сторін. Впровадження цих підходів сприятиме цифровій трансформації системи моніторингу, підвищенню обґрунтованості управлінських рішень та забезпеченню сталого розвитку сільських територій в умовах сучасних екологічних, економічних та кліматичних викликів.

1. Daly H. E. *Steady-State Economics: Economics, Ecology, Ethics*. 2nd ed. Washington, DC : Island Press, 1991. 302 p.
2. Costanza R., d'Arge R., de Groot R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997. Vol. 387. P. 253–260.
3. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. *The Limits to Growth*. New York : Universe Books, 1972. 205 p.
4. Rockström J., Steffen W., Noone K. et al. A safe operating space for humanity. *Nature*. 2009. Vol. 461. P. 472–475.
5. Дребот О. І. Інституціалізація лісового сектору економіки у контексті сталого розвитку України : монографія. Київ : ДІА, 2012. 336 с.
6. Дребот О. І., Боцула О. І., Височанська М. Я. Концептуальні підходи до збалансованого користування землями лісгосподарського призначення. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12. С. 66–72.
7. Дребот О. І., Палапа Н. В., Діхтяр І. О. Продовольча безпека — глобальна проблема людства та основні чинники, що впливають на неї. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 3. С. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311176>
8. Голян В. А. Економічний механізм природокористування: яким йому бути? *Агросвіт*. 2007. № 8. С. 5–12.
9. Хвесик М. А., Голян В. А. Інституціональна модель природокористування в умовах глобальних викликів : монографія. Київ : Кондор, 2007. 480 с.
10. Мельник Л. Г., Карінцева О. І. *Економіка і бізнес : підручник*. Суми : Університетська книга, 2021. 316 с.
11. Данилишин Б. М., Дорогунцов С. І., Міщенко В. С. та ін. *Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України*. Київ : РВПС України НАН України, 1999. 716 с.
12. Мамонов К., Гой В., Штерндок А. Геопросторовий моніторинг використання земель об'єднаних територіальних громад. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 311–318.
13. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Мінінфраструктури презентує тестову версію Геоінформаційної системи регіонального розвитку : офіційне повідомлення, 13 березня 2024 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mininfrastruktury-prezentuiue-testovu-versiiu-heoinformatsiinoi-sistemy-rehionalnoho-rozvytku>

14. OECD. Rural Well-being: Geography of Opportunities. Paris : OECD Publishing, 2020. 190 p.
URL: https://www.oecd.org/en/publications/rural-well-being_d25cef80-en.html

-
1. Daly H. E. Steady-State Economics: Economics, Ecology, Ethics. 2nd ed. Washington, DC : Island Press, 1991. 302 p.
 2. Costanza R., dArge R., de Groot R. et al. The value of the worlds ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997. Vol. 387. P. 253–260.
 3. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. The Limits to Growth. New York : Universe Books, 1972. 205 p.
 4. Rockström J., Steffen W., Noone K. et al. A safe operating space for humanity. *Nature*. 2009. Vol. 461. P. 472–475.
 5. Drebot O. I. Instytutalizatsiia lisovoho sektoru ekonomiky u konteksti staloho rozvytku Ukrainy : monohrafiia. Kyiv : DIA, 2012. 336 s.
 6. Drebot O. I., Botsula O. I., Vysochanska M. Ya. Kontseptualni pidkhody do zbalansovanoho korystuvannya zemliamy lisohospodarskoho pryznachennia. *Visnyk ahrarynoi nauky*. 2019. № 12. S. 66–72.
 7. Drebot O. I., Palapa N. V., Dikhtiar I. O. Prodovolcha bezpeka — hlobalna problema liudstva ta osnovni chynnyky, shcho vplyvaiut na nei. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2024. № 3. S. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311176>
 8. Holian V. A. Ekonomichnyi mekhanizm pryrodokorystuvannia: yakym yomu buty? *Ahrosvit*. 2007. № 8. S. 5–12.
 9. Khvesyk M. A., Holian V. A. Instytutsionalna model pryrodokorystuvannia v umovakh hlobalnykh vyklykiv : monohrafiia. Kyiv : Kondor, 2007. 480 s.
 10. Melnyk L. H., Karitseva O. I. *Ekonomika i biznes : pidruchnyk*. Sumy : Universytetska knyha, 2021. 316 s.
 11. Danylyshyn B. M., Dorohuntsov S. I., Mishchenko V. S. ta in. *Pryrodno-resursnyi potentsial staloho rozvytku Ukrainy*. Kyiv : RVPS Ukrainy NAN Ukrainy, 1999. 716 s.
 12. Mamonov K., Hoi V., Shterndok A. Heoprostorovy monitorynh vykorystannia zemel obiednanykh terytorialnykh hromad. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*. 2024. № 1 (35). S. 311–318.
 13. Ministerstvo rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy. *Mininfrastruktury prezentuie testovu versiiu Heoinformatsiinoi systemy rehionalnoho rozvytku : ofitsiine povidomlennia*, 13 bereznia 2024 r. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mininfrastruktury-prezentuie-testovu-versiiu-heoinformatsiinoi-systemy-rehionalnoho-rozvytku>
 14. OECD. Rural Well-being: Geography of Opportunities. Paris : OECD Publishing, 2020. 190 p.
URL: https://www.oecd.org/en/publications/rural-well-being_d25cef80-en.html