

УДК 635.071:51-76:007

**Viktor V. Zhukovskyy**, PhD, Associate Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics

ORCID ID: 0000-0002-7088-6930 *e-mail*: v.v.zhukovskyy@nuwm.edu.ua

**Andrij I. Sydor**, PhD, Senior Lecturer of the Department of Computer Engineering

ORCID ID: 0000-0003-4911-7034 *e-mail*: a.i.sydor@nuwm.edu.ua

**Halyna M. Shpak**, PhD, Senior Researcher

ORCID ID: 0000-0002-8588-441X *e-mail*: Shpak.galochka@gmail.com

**Serhii V. Shatnyi**, PhD, Senior Lecturer of the Department of Computer Engineering

ORCID ID: 0000-0003-4650-5090 *e-mail*: s.v.shatnyi@nuwm.edu.ua

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

## **APPLICATION OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR EVALUATION WESTERN REGION OF UKRAINE WITH THE PURPOSE OF ORGANIC LAND USE DEVELOPMENT**

***Abstract.** The purpose of the research described in this article is to test the method of hierarchies for assessing the territory according to the selected criteria and to determine the most attractive area for the development of organic land use in the Western region of Ukraine, which is suitable for organic land use. The interest of agricultural producers in organic products comes from a stable trend towards growth of the global organic market, and the significant potential of our country as one of the main producers and exporters of organic raw materials and products. The method of hierarchies was chosen to provide the accurate evaluation of the areas for developing organic land use, as it allows to gradually break down the problems into more and more simple components and set the priority of criteria. That is, to assess the importance of individual indicators in the further processing of the sequence of judgments based on the results of pairwise comparisons, which are then expressed numerically, as well as to evaluate alternative solutions and find the best of them. Taking into account the recommendations of scientists and the requirements of the standards according to which organic producers work, in order to build a hierarchical structure of indicators of agricultural land selection there were used ecological-toxicological and agrochemical indicators of its condition. There were derived normalized ratings for each criterion and checked their reliability by the index and the ratio of consistency. There was made a comparison for each criterion, for all studied alternatives and the corresponding generalized ratings were calculated. A matrix of global priorities is constructed, which characterizes the potential of the considered areas. According to the results of the assessment by the hierarchy method, the greatest potential for the introduction of organic land use in the Western region of Ukraine is in Lviv, Khmelnytsky and Ternopil regions. There is the largest area of agricultural land which is potentially suitable for organic production with the least risk and greater economic efficiency in the above-mentioned regions. Further research will focus on the use of the hierarchy method to evaluate the potential of the territory in terms of areas of the region on a wider list of criteria, taking into consideration the suggestions and priorities of the farmer (the potential investor).*

***Keywords:** method of analysis of hierarchies; territory assessment; organic land use; potentially suitable land*

В.В. Жуковський, А.І. Сидор, Г.М. Шпак, С.В. Шатний

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ З МЕТОЮ РОЗВИТКУ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

***Анотація.** Метою досліджень, наведених в цій статті, є апробація методу ієрархії для оцінки території за підібраними критеріями та визначення найбільш привабливої області для розвитку органічного землекористування в Західному регіоні України, що є найбільш придатною для органічного землекористування. Інтерес агровиробників до органіки пов'язаний із стабільною тенденцією до зростання світового органічного ринку та значним потенціалом нашої держави, як одного з основних виробників та експортерів органічної сировини і продукції. Для оцінки території з метою розвитку органічного землекористування було обрано саме метод ієрархії, оскільки він дозволяє поетапно розкласти проблеми на простіші компоненти та встановити пріоритетність критеріїв. Тобто, оцінити важливість окремих показників при подальшій обробці послідовності суджень на основі результатів попарних порівнянь, які потім виражаються чисельно, а також оцінити альтернативні рішення та пошук найкращого з них. Враховуючи рекомендації науковців та вимоги стандартів, за якими працюють органічні виробники, для побудови ієрархічної структури показників відбору сільськогосподарських земель використано еколого-токсикологічні та агрохімічні показники їх стану. Виведені нормалізовані оцінки за кожним критерієм і перевірено їх достовірність індексом та відношенням узгодженості. Для кожного критерію здійснено порівняння по всіх досліджуваних альтернативах та обраховано відповідні узагальнені оцінки. Побудовано матрицю глобальних пріоритетів, що характеризує потенціал розглянутих областей. За результатами оцінки за методом ієрархії, найбільший потенціал запровадження органічного землекористування у Західному регіоні України у Львівської, Хмельницької та Тернопільської областей. Тобто, на території цих областей найбільша площа сільськогосподарських земель, потенційно придатних для ведення органічного виробництва з найменшими ризиками та більшою економічною ефективністю. В подальшому дослідження будуть спрямовані на використання методу ієрархії для проведення оцінки потенціалу території в розрізі районів області за ширшим переліком критеріїв, враховуючи побажання і пріоритети фермера (потенційного інвестора). Таким чином, використання методу ієрархії для оцінки земель дозволить підібрати фермеру (інвестору) найкращий варіант із запропонованих, враховуючи вимоги до органічного виробництва або культури та наявні обмеження.*

***Ключові слова:** метод аналізу ієрархії; оцінка території; органічне землекористування; потенційно придатні землі*

**DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.69-88>**

### Вступ

З кожним роком світовий ринок органічної продукції зростає і за останні 10 років він збільшився у 2 рази (з 50,9 млрд дол. США у 2010 р. до 101 млрд дол. США на початок 2019 р.). В той же час в Україні, органічне

виробництво з маловідомого перетворилося на стратегічно важливий та експортно-орієнтований напрямок розвитку сільського господарства. У 2020 р. експорт української органічної продукції оцінюють в 204 млн дол. США, Україна посіла 4-те місце зі 124 країн за обсягами імпортованої органічної продукції до ЄС (7,8% або 217,2 тис. тонн) [1].

Сприяння розвитку органічного виробництва в Україні стало одним із пріоритетів діяльності уряду. Серед стратегічних завдань на наступне 10-річчя зазначено збільшення площі земель з органічним статусом щонайменше до 3% загальної площі сільськогосподарських угідь та збільшення експорту органічної продукції до 1 млрд дол. США [2]. Вперше органічним виробникам передбачена фінансова підтримка з державного бюджету: виділення бюджетних субсидій з розрахунку на одиницю оброблюваних угідь (5 тис. грн/га, але не більше 100 тис. грн на одного оператора) або одну голову ВРХ (5 тис. грн), відшкодування до 30% вартості витрат на проведення сертифікації органічного виробництва і відшкодування до 30% вартості витрат на придбання дозволених для використання добрив, насіння, кормів.

Ще кілька років тому органічне виробництво було прерогативою виключно невеликих фермерських (сімейних) господарств. Органіками ставали або через ідеологічні переконання або через неможливість конкурувати з агрохолдингами в традиційному виробництві. Проте, стабільно зростаючий ринок, відсутність жорсткої конкуренції, преміальні ціни і можливість диференціювати виробництво приваблюють в цей сектор агрокомпанії з великим земельним банком і капіталом. При цьому органічне виробництво залишається більш ризикованим, ніж традиційне.

На даний час Україна поки не має власної системи сертифікації, натомість 18 міжнародних акредитованих органів сертифікації сертифікують операторів органічного ринку відповідно до вимог законодавства Європейського Союзу, США, рідше інших країн. Тобто, виробництво всієї органічної продукції в Україні здійснюється відповідно до стандартів інших країн, які між собою дуже схожі.

В процесі виробництва постійно існує ризик втратити статус органічної продукції через найменше відхилення від вимог органічних технологій до будь-якого процесу (виробництво, зберігання, транспортування, реалізація). Що автоматично призведе до недоотримання очікуваних доходів через неможливість реалізувати свою продукцію за підвищеними цінами.

Дослідженню проблематики органічного сільськогосподарського виробництва присвячені праці науковців: Артиша В.І., Новак Н.П., Скрипчука П.М., Шкуратова О.І., Балюк С.А., Дегодюк Е., Кисіль В.І., Писаренко В.М., Шикуча М.К., Чайка Т.О., Ращенко А.В., Шпак Г.М., Захарова Д.С. [3–10].

Всі науковці сходяться в одному: для ефективного запровадження органічного виробництва з мінімальними інвестиціями та виробничими ризиками потрібна здорова агроєкосистема, родючі ґрунти і повне інформаційне забезпечення інвестора. Тому, проведення оцінки території з метою запровадження (розвитку) органічного землекористування є актуальним як для потенційних виробників та інвесторів, так і для місцевих органів влади.

Метод аналізу ієрархій (analytic hierarchy process, АНП) широко застосовується зарубіжними вченими для оцінки ефективності ведення сільського господарства в Мексиці, Марокко, Ірані, Непалу та інших

країнах [11–16]. Крім того, в зарубіжній літературі обґрунтовуються різноманітні критерії оцінки ведення органічного землеробства [17; 18]. Також часто даний алгоритм поєднується з геоінформаційними системами, що дає змогу автоматично опрацьовувати великі обсяги інформації [19]. Разом з тим, українські вчені застосовують метод аналізу ієрархій для оцінки рівня інноваційної активності регіонів [20], визначення стратегічних пріоритетів управління державними фінансами [21] тощо. Однак застосування методу АНР для оцінки території з метою розвитку органічного виробництва є новим підходом і тому не зустрічається у відкритих джерелах.

Метою досліджень є апробація методу аналізу ієрархій для оцінки території та визначення найбільш привабливої області для розвитку органічного виробництва в Західному регіоні України (Волинська, Рівненська, Житомирська, Львівська, Тернопільська, Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Хмельницька).

Для досягнення поставленої мети окреслено ряд задач:

- побудова ієрархічної структури показників відбору сільськогосподарських земель, що найбільш придатні для органічного землекористування, враховуючи рекомендації науковців та вимоги стандартів, за якими працюють виробники;
- оцінка важливості окремих показників для кожного рівня ієрархії;
- порівняння доступних альтернатив та вибір найкращої;
- виконання поетапно основних кроків визначення оптимального рішення, застосовуючи метод аналізу ієрархій;
- проведення аналізу та інтерпретації результатів.

## **Теоретичні основи досліджень**

Для вирощування високоякісної органічної продукції необхідні землі повинні бути не забруднені токсичними і небезпечними речовинами (сполуки важких металів, поліхлоровані біфеніли, діоксини, пестициди, радіонукліди тощо) та володіти високими якісними агрохімічними показниками (вміст гумусу, гранулометричний склад, кислотність ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору і калію). При цьому верхня межа окремих критеріїв є жорстко лімітуючим та обмежувальним фактором (наприклад, високий вміст радіонуклідів), а для деяких – є бажаним (наприклад, високий вміст гумусу). Тому родючі землі з високим вмістом гумусу, але в яких концентрація радіонуклідів перевищує допустимі норми, будуть не придатними для вирощування органічної продукції. Для оцінки території з метою розвитку органічного землекористування було обрано саме метод ієрархій, оскільки він дозволяє встановити пріоритетність критеріїв.

Метою методу ієрархічного аналізу є обґрунтування вибору найкращої із запропонованих альтернатив, характеристиками якої є вектори з неоднорідними, навіть невиразно визначеними окремими компонентами.

Суть методу ієрархічного аналізу полягає в поетапному вирішенні таких взаємопов'язаних окремих завдань:

- побудова ієрархічної структури показників (знаків);
- оцінка важливості окремих показників для кожного рівня ієрархії;
- порівняння доступних альтернатив та вибір найкращої.

Метод ієрархічного аналізу – це системна процедура ієрархічного представлення елементів, що визначають суть проблеми. Метод полягає у поетапному розкладанні проблеми на дедалі простіші компоненти (власне структуру ієрархії) та подальшій обробці послідовності суджень. В результаті слід виразити відносний ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів в ієрархії. Метод ієрархічного аналізу включає процедури синтезу множинних суджень на основі результатів попарних порівнянь, які потім виражаються чисельно, оцінюючи пріоритет (важливість) критеріїв (окремих показників), а також оцінюючи альтернативні рішення та пошук найкращого з них. Отримані кінцеві бали є оцінками за шкалою відносин, які відповідають жорстким оцінкам.

Вирішенням початкової проблеми є процес поетапного визначення (оцінювання, визначення) пріоритетів щодо показників. Перший рівень визначає найважливіші елементи (верхній рівень ієрархії) та оцінює їх важливість, другий – найважливіші елементи наступного рівня, наприклад найкращий спосіб перегляду спостережень, перевірки та оцінки елементів тощо; наступним кроком може бути розробка способу застосування рішення та оцінки його якості тощо. Весь процес побудови ієрархічної структури підлягає численним безперервним оглядам, поки не буде повної впевненості, що цей процес охоплює всі ключові особливості, необхідні для заповнення і вирішення проблеми. Процес може здійснюватися за послідовністю ієрархій: у цьому випадку результати, отримані в одній із них, будуть використані як вихідні дані для вивчення наступної.

Вихідним матеріалом, на основі якого особа, яка приймає рішення, може сформувати достатнє, чітке та однозначне уявлення про перевагу одного елемента над іншим, є інтуїція та суб'єктивні оцінки, хоча судження та їхня інтенсивність є вираженням внутрішніх почуттів та нахилів. Судження можуть розширити сферу спілкування та збільшують доступні елементи на певному рівні ієрархії.

### **Реалізація методу аналізу ієрархій для оцінки розвитку органічного землекористування**

Метод аналізу ієрархій включав наступні основні етапи, значимість яких різна для різних завдань і ситуацій.

1. На першому етапі здійснено опис проблеми та визначення мети досліджень. В нашому випадку це оцінка територій Західного регіону України з метою розвитку органічного землекористування, як одного з перспективних секторів агропромислового виробництва.

2. Побудовано ієрархії, починаючи з вершини (цілі – з точки зору управління), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні), до самого нижчого рівня (який зазвичай є переліком альтернатив). В нашому випадку до критеріїв було включено:

- Щільність забруднення земель радіонуклідами.
- Вміст рухомих форм важких металів.
- Вміст залишків пестицидів.
- Наближеність до джерел забруднення (промзона, траси, сміттєзвалища, інтенсивні господарства).
- Вміст гумусу.

- Вміст основних поживних речовин (NPK).
- Кислотність ґрунту.
- Гранулометричний (механічний) склад ґрунту.

Загальний вигляд побудованої ієрархії наведено на рис. 1.

3. Побудовано матрицю впливу елементів верхнього (попереднього) рівня на елементи нижнього (наступного) рівня (для кожного з нижніх рівнів) – по одній матриці для кожного елемента, що примикає зверху рівня. В повній простій ієрархії будь-який елемент впливає на кожен елемент примикаючого зверху рівня. Елементи кожного рівня були порівняні один з одним щодо ступеня їх впливу на елемент попереднього рівня і отримано квадратну матрицю суджень, наведену в табл. 1.

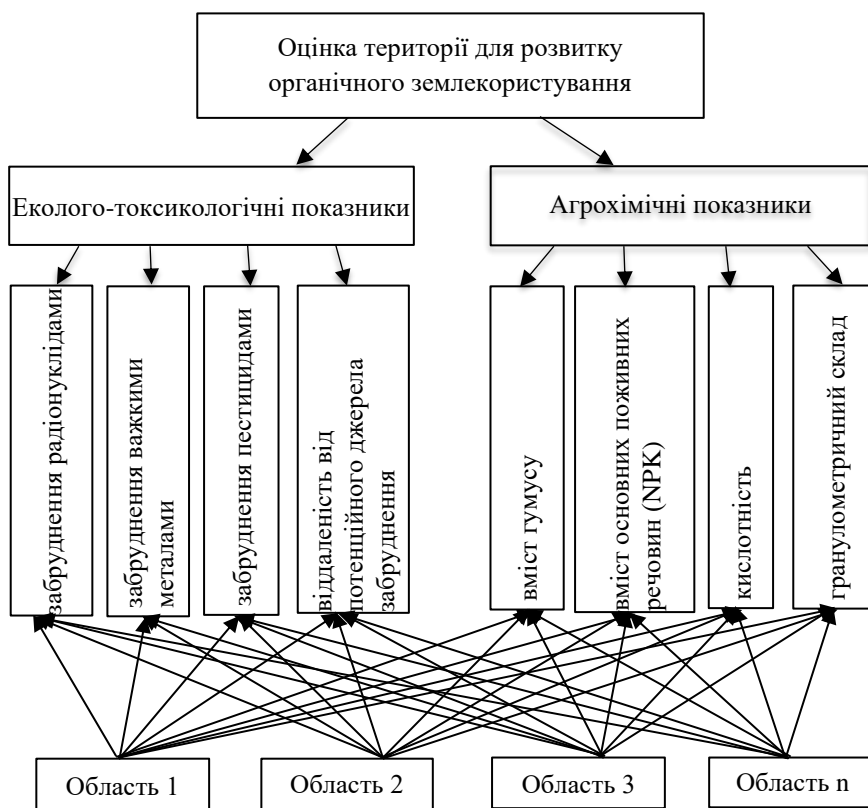


Рис. 1. Ієрархічна модель оцінки території з метою розвитку органічного землекористування

4. На етапі 4 для отримання кожної матриці виконано попарні порівняння суджень. Результатом етапу 4 (порівняння значущості впливу елементів наступного рівня на елементи попереднього рівня) є набір квадратних матриць  $N_1, N_2, \dots, N_k$  з елементами  $(a_{ij}, i, j=1, 2, \dots, n)$ , де  $k$  – число елементів попереднього рівня ієрархії,  $n$  – число елементів наступного рівня ієрархії. По діагоналі, що відповідає порівнянню самого критерію з собою, вказане значення 1, далі симетрично виставлено значення – у скільки відповідний критерій більш чи менш важливий за інший. Всі відповідні оцінки наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Матриця впливу для обраних критеріїв

№ з/п	Критерії	Номер								Нормалізована оцінка вектора пріоритету
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Гранулометричний склад ґрунту	1	0,5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,25	0,04
2	Кислотність ґрунту	2	1	1	0,33	0,25	0,5	0,33	0,25	0,056
3	Вміст основних поживних речовин (НРК)	3	1	1	0,33	0,33	0,5	0,33	0,25	0,061
4	Вміст гумусу, %	3	3	3	1	0,33	0,5	0,33	0,25	0,092
5	Наближеність до джерел забруднення (промзона, звалища, траси), м	3	4	3	3	1	1	1	1	0,186
6	Вміст залишків пестицидів	3	2	2	2	1	1	0,5	0,33	0,123
7	Вміст рухомих форм важких металів, мг/кг	3	3	3	3	1	2	1	0,33	0,17
8	Щільність забруднення земель радіонуклідами, Кі/км <sup>2</sup>	4	4	4	4	1	3	3	1	0,273
ІУ індекс узгодженості		ІУ = 0,068 ВУ = 4,801								ВУ відношення узгодженості

5. Після проведення всіх парних порівнянь для елементів сусідніх рівнів (отримання набору матриць) обчислено вагові коефіцієнти дуг, що з'єднують відповідні елементи. Для кожної з матриць  $N_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) визначається нормалізований вектор локальних пріоритетів, компоненти якого розраховуються наступним чином:

$$C_i = C_{i-1} \times B_i, \tag{1}$$

де  $n$  – розмірність матриці;  $a_{ij}$  – елемент  $j$ -ої комірки матриці. Таким чином, матриці  $N_i$  з'являється вектор  $a_i$ . В нашому випадку отримали наступні значення, що наведені в таблиці 2.

Нормування компонент здійснюється шляхом ділення кожної компоненти вектора  $a_i$  на суму всіх компонент цього вектора:

$$b_j = \frac{a_j}{\sum_j a_j}. \tag{2}$$

Нормований вектор  $b_i$  відповідає ваговим коефіцієнтам дуг, що з'єднують  $i$ -й елемент попереднього рівня з усіма елементами наступного рівня. Якщо ввести в розгляд матрицю впливів елементів нижнього рівня на елементи попереднього рівня  $B_l$ , де  $l$  – номер рівня ієрархії, то вектори  $b_i$  будуть її стовпцями.

Таблиця 2 – Нормалізований вектор локальних пріоритетів

№ з/п	Критерії	Нормалізований вектор локальних пріоритетів
1	Гранулометричний (механічний) склад ґрунту	0,388
2	Кислотність	0,537
3	Вміст основних поживних речовин (NPK)	0,585
4	Вміст гумусу, %	0,884
5	Наближеність до джерел забруднення (промзона, траси, сміттєзвалища), м	1,795
6	Вміст залишків пестицидів	1,189
7	Вміст рухомих форм важких металів, мг/кг	1,646
8	Щільність забруднення земель радіонуклідами, Кі/км <sup>2</sup>	2,632
S		9,659
Lmax		8,473

Нормалізована оцінка вектора пріоритету для наших критеріїв наведена в таблиці 1 (див. вище). З таблиці видно, що найбільш суттєвий вплив на підсумкову оцінку мають критерії «Щільність забруднення земель радіонуклідами» та «Наближеність до джерел забруднення», найменшу – «Гранулометричний (механічний) склад ґрунту» та «Кислотність» (рис. 2).

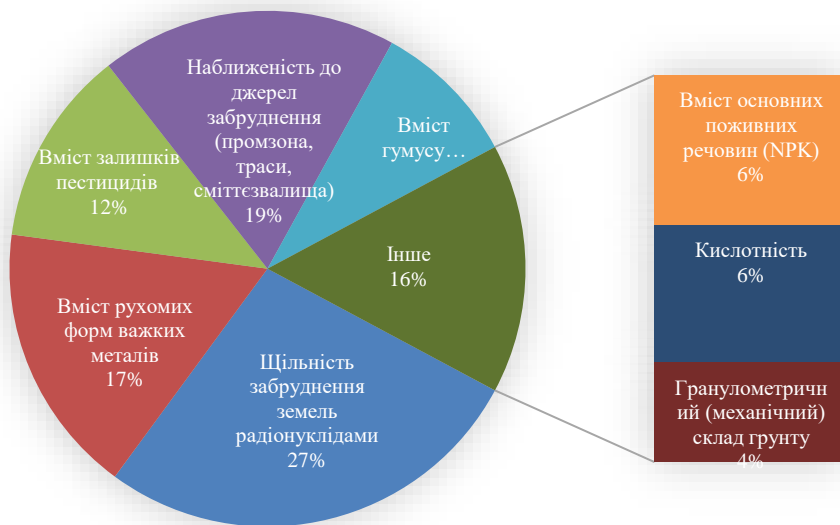


Рис. 2. Діаграма впливу різних критеріїв на загальну оцінку нормалізованих оцінок

6. Після отримання даних (обробки матриць суджень  $N_i$  за формулами (1) і (2)) необхідно визначити їх узгодженість. Ступінь узгодженості для кожної матриці наближено обчислюється таким способом: підсумовується кожен стовпець матриці суджень і сума першого стовпця збільшується на величину першої компоненти нормалізованого вектора пріоритетів, сума другого стовпця – другу компоненту і т.д. Отримані числа сумуються.



Використовуючи відхилення  $L_{\max}$  від  $n$ , знаходять індекс узгодженості (IУ), порівнюючи який з відповідними середніми значеннями для випадкових елементів, отримують відношення узгодженості (ВУ). В нашому випадку  $S = 9,659$ ,  $L_{\max} = 8,473$ , кількість критеріїв  $K = 8$ , тоді відповідна формула знаходження Індексу узгодженості:

$$IУ = \frac{L_{\max} - K}{K - 1} = \frac{8.473 - 8}{8 - 1} = 0.068. \quad (3)$$

Відповідно відношення узгодженості рівне:

$$ВУ = \frac{IУ}{k} \times 100\% = \frac{0.068}{1.41} \times 100 = 4.801\%, \quad (4)$$

де  $k$  – скоригована оцінка для 8 критеріїв, так як  $ВУ < 10\%$ , то вважається, що здійснено адекватне оцінювання і можна здійснювати подальші обрахунки.

7. Етапи 3, 4, 5 і 6 проводяться для всіх рівнів ієрархії. Отримані результати розрахунків для всіх критеріїв ієрархії наведено в таблицях 3–10. Для проведення оцінки за агроекологічними показниками, вихідними даними є результати досліджень якісного стану ґрунтів Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» [22].

Для виведення нормалізованих оцінок за механічним складом (табл. 3) були виведені середні значення для різних областей за категоріями.

Таблиця 3 – Оцінка за механічним складом ґрунту

№ з/п	Область	Номер									Узагальнена оцінка за рН
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	1	1	0,5	0,33	0,5	0,5	0,33	0,33	0,056
2	Рівненська	1	1	1	0,5	0,33	0,5	0,5	0,33	0,33	0,056
3	Житомирська	1	1	1	0,5	0,33	0,5	0,5	0,33	0,33	0,056
4	Львівська	2	2	2	1	0,67	1	1	0,67	0,67	0,111
5	Тернопільська	3	3	3	1,5	1	1,5	1,5	1	1	0,167
6	Закарпатська	2	2	2	1	0,67	1	1	0,67	0,67	0,111
7	Івано-Франківська	2	2	2	1	0,67	1	1	0,67	0,67	0,111
8	Чернівецька	3	3	3	1,5	1	1,5	1,5	1	1	0,167
9	Хмельницька	3	3	3	1,5	1	1,5	1,5	1	1	0,167

Як видно з таблиці, найкращі показники за механічним складом мають Хмельницька, Чернівецька та Тернопільська області, найгірші – Волинська, Рівненська та Житомирська області.

Для виведення нормалізованих оцінок за ступенем кислотності були виведені середні значення для різних областей за категоріями, де дуже сильнокислі ґрунти отримали оцінку 1, сильнокислі – 2, середньокислі – 3, близькі до нейтрального – 4, нейтральні – 5, лужні – 6.

В результаті були отримані наступні нормалізовані оцінки, наведені в таблиці 4.

Як видно з таблиці 4, найкращі показники кислотності мають Хмельницька та Рівненська області, найгірші – Закарпатська, Чернівецька та Івано-Франківська.

Таблиця 4 – Оцінка за кислотністю ґрунту

№ з/п	Область	Номер									Узагальнена оцінка за рН
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	0,97	1,38	1,65	1,06	2,75	2,54	2,54	0,87	0,151
2	Рівненська	1,03	1	1,42	1,7	1,1	2,83	2,62	2,62	0,9	0,156
3	Житомирська	0,73	0,71	1	1,2	0,77	2	1,85	1,85	0,63	0,11
4	Львівська	0,61	0,59	0,83	1	0,65	1,67	1,54	1,54	0,53	0,092
5	Тернопільська	0,94	0,91	1,29	1,55	1	2,58	2,38	2,38	0,82	0,142
6	Закарпатська	0,36	0,35	0,5	0,6	0,39	1	0,92	0,92	0,32	0,055
7	Івано-Франківська	0,39	0,38	0,54	0,65	0,42	1,08	1	1	0,34	0,06
8	Чернівецька	0,39	0,38	0,54	0,65	0,42	1,08	1	1	0,34	0,06
9	Хмельницька	1,15	1,12	1,58	1,9	1,23	3,17	2,92	2,92	1	0,174

Для виведення нормалізованих оцінок за рівнем забезпеченості ґрунтів азотом (N), фосфором (P) і калієм (K) були виведені середні значення для різних областей за категоріями, де ґрунти з дуже низьким рівнем отримали оцінку 1, низьким – 2, помірним – 3, підвищеним – 4. В результаті були отримані наступні нормалізовані оцінки, що наведені в таблиці 5.

Як видно з таблиці, найкращі за рівнем забезпеченості ґрунтів NPK є ґрунти Хмельницької та Тернопільської областей, найгірші – Рівненської та Житомирської.

Таблиця 5 – Оцінка за рівнем забезпеченості ґрунтів NPK

№ з/п	Область	Номер									Узагальнена оцінка за рН
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	1,06	1,38	0,72	0,62	0,90	0,86	0,82	0,62	0,093
2	Рівненська	0,94	1	1,31	0,68	0,59	0,85	0,81	0,77	0,59	0,088
3	Житомирська	0,72	0,76	1	0,52	0,45	0,65	0,62	0,59	0,45	0,067
4	Львівська	1,39	1,47	1,92	1	0,86	1,25	1,19	1,14	0,86	0,129
5	Тернопільська	1,61	1,71	2,23	1,16	1	1,45	1,38	1,32	1	0,149
6	Закарпатська	1,11	1,18	1,54	0,80	0,69	1	0,95	0,91	0,69	0,103
7	Івано-Франківська	1,17	1,24	1,62	0,84	0,72	1,05	1	0,95	0,72	0,108
8	Чернівецька	1,22	1,29	1,69	0,88	0,76	1,1	1,05	1	0,76	0,113
9	Хмельницька	1,61	1,71	2,23	1,16	1	1,45	1,38	1,32	1	0,149

Для виведення нормалізованих оцінок за вмістом гумусу були виведені середні значення для різних областей за категоріями, де ґрунти з низьким рівнем отримали оцінку 1, середнім – 2, підвищеним – 3, високим – 4, дуже високим – 5. В результаті були отримані наступні нормалізовані оцінки, наведені в таблиці 6.

Таблиця 6 – Оцінка за вмістом гумусу

№ з/п	Область	Номер									Узагальнена оцінка за рН
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	0,69	0,78	0,58	0,5	0,61	0,48	0,6	0,53	0,068
2	Рівненська	1,46	1	1,13	0,85	0,73	0,89	0,69	0,87	0,77	0,099
3	Житомирська	1,29	0,89	1	0,75	0,64	0,79	0,61	0,77	0,68	0,087
4	Львівська	1,71	1,18	1,33	1	0,85	1,04	0,81	1,03	0,9	0,116
5	Тернопільська	2,01	1,38	1,56	1,17	1	1,22	0,95	1,2	1,06	0,136
6	Закарпатська	1,64	1,13	1,27	0,96	0,82	1	0,78	0,98	0,86	0,111
7	Івано-Франківська	2,1	1,44	1,63	1,23	1,05	1,28	1	1,26	1,11	0,142
8	Чернівецька	1,67	1,15	1,29	0,97	0,83	1,02	0,79	1	0,88	0,113
9	Хмельницька	1,9	1,3	1,47	1,11	0,95	1,16	0,9	1,14	1	0,128

Як видно з таблиці, найкращі ґрунти за рівнем гумусу в Івано-Франківській та Тернопільській областях, найгірші – у Волинській та Житомирській.

Для виведення нормалізованих оцінок за наближеністю до джерел забруднення були виведені середні значення для різних областей. Для цього по кожній з областей Західного регіону визначили площу територій, потенційно непридатних для органічного землекористування через наближеність до потенційних джерел забруднення (табл. 7).

Таблиця 7 – Розрахунок площі земель, непридатних для органічного землекористування через наближення до потенційних джерел забруднення

№ з/п	Область	Загальна площа, км <sup>2</sup>	Площа земель, потенційно непридатних для органічного землекористування, км <sup>2</sup>						Наближена площа придатних земель, км <sup>2</sup>
			атомна енергетика	хімічна галузь	електрична генерація	легка промисловість	видобуток корисних копалин	машинобудування	
1	Волинська	20 144	-	2 010	942	2 000	1 000	730	13 462
2	Рівненська	20 047	706	4 020	628	2 000	1 000	730	10 963
3	Житомирська	29 832	-	4 020	942	2 000	1 000	730	21 140
4	Львівська	21 833	-	2 010	1 256	2 000	2 000	1 850	12 717
5	Тернопільська	13 823	-	2 010	942	2 000	1 000	730	7 141
6	Закарпатська	12 777	-	2 010	314	2 000	1 500	730	6 223
7	Івано-Франківська	13 900	-	2 010	942	2 000	1 500	730	6 718
8	Чернівецька	8 097	-	2 010	942	2 000	1 000	730	1 415
9	Хмельницька	20 645	706	2 010	942	2 000	1 000	1 850	12 137

Як видно з таблиць 7–8, найбільша площа земель віддалених від потенційних джерел забруднення у Житомирській, Волинській та Хмельницькій областях. Найменше потенційно придатних земель для органічного землекористування за цим критерієм у Чернівецькій та Закарпатській областях, через невелику площу самих областей.

Для виведення нормалізованих оцінок за забрудненістю пестицидами (табл. 9) були виведені середні значення для різних областей залежно від обсягів застосування різних груп пестицидів (пестициди, гербіциди, фунгіциди) [23; 24]. Чим більші обсяги використання пестицидів в області, тим більший ризик забруднення ґрунтів їх залишками.

Найвищу оцінку прогнозовано отримали Закарпатська та Івано-Франківська області, де переважає гірська місцевість і мало поширене сільське господарство. Найнижча в рейтингу – Хмельницька область, де завдяки родючим ґрунтам достатньо розвинене традиційне інтенсивне землекористування.

Для виведення нормалізованих оцінок за вмістом важких металів (бору, марганцю молібдену, міді, цинку, кобальту) в орному шарі ґрунту (табл. 10) були виведені середні значення по областях [25].

Таблиця 8 – Оцінка за наближеністю для потенційних джерел забруднення

№	Область	Номер									Узагальнена оцінка за наближеністю до джерел забруднення
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	1,23	0,64	1,06	1,89	2,16	2	9,51	1,11	0,146
2	Рівненська	0,81	1	0,52	0,86	1,54	1,76	1,63	7,75	0,9	0,119
3	Житомирська	1,57	1,93	1	1,66	2,96	3,40	3,15	14,94	1,74	0,23
4	Львівська	0,94	1,16	0,60	1	1,78	2,04	1,89	8,99	1,05	0,138
5	Тернопільська	0,53	0,65	0,34	0,56	1	1,15	1,06	5,05	0,59	0,078
6	Закарпатська	0,46	0,57	0,29	0,49	0,87	1	0,93	4,4	0,51	0,068
7	Івано-Франківська	0,50	0,61	0,32	0,53	0,94	1,08	1	4,75	0,55	0,073
8	Чернівецька	0,11	0,13	0,07	0,11	0,2	0,23	0,21	1	0,12	0,015
9	Хмельницька	0,90	1,11	0,57	0,95	1,7	1,95	1,81	8,58	1	0,132

Таблиця 9 – Оцінка за обсягами використання пестицидів

№ з/п	Область	Номер									Узагальнена оцінка за обсягами використання пестицидів
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	1,1	1,16	1,05	1,38	0,88	0,92	0,96	4,4	0,126
2	Рівненська	0,91	1	1,05	0,95	1,25	0,8	0,83	0,87	4	0,114
3	Житомирська	0,86	0,95	1	0,9	1,19	0,76	0,79	0,83	3,8	0,109
4	Львівська	0,95	1,05	1,11	1	1,31	0,84	0,88	0,91	4,2	0,12
5	Тернопільська	0,73	0,8	0,84	0,76	1	0,64	0,67	0,7	3,2	0,091
6	Закарпатська	1,14	1,25	1,32	1,19	1,56	1	1,04	1,09	5	0,143
7	Івано-Франківська	1,09	1,2	1,26	1,14	1,5	0,96	1	1,04	4,8	0,137
8	Чернівецька	1,05	1,15	1,21	1,1	1,44	0,92	0,96	1	4,6	0,131
9	Хмельницька	0,23	0,25	0,26	0,24	0,31	0,2	0,21	0,22	1	0,029

Таблиця 10 – Оцінка за забрудненням земель важкими металами

№ з/п	Область	Номер									Узагальнена оцінка за вмістом важких металів
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	0,93	1,09	0,76	0,65	0,94	0,56	0,62	0,66	0,084
2	Рівненська	1,07	1	1,16	0,81	0,69	1	0,6	0,67	0,7	0,091
3	Житомирська	0,92	0,86	1	0,7	0,6	0,86	0,52	0,57	0,6	0,078
4	Львівська	1,32	1,23	1,43	1	0,85	1,24	0,74	0,82	0,87	0,111
5	Тернопільська	1,55	1,44	1,68	1,17	1	1,45	0,87	0,96	1,01	0,131
6	Закарпатська	1,07	1,00	1,16	0,81	0,69	1	0,6	0,66	0,7	0,09
7	Івано-Франківська	1,78	1,66	1,93	1,35	1,15	1,67	1	1,11	1,17	0,15
8	Чернівецька	1,61	1,5	1,75	1,22	1,04	1,51	0,9	1	1,05	0,136
9	Хмельницька	1,53	1,42	1,66	1,16	0,99	1,43	0,86	0,95	1	0,129

За результатами оцінки, перевагу мають Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська та Хмельницька області.

Для виведення нормалізованих оцінок за забруднення земель радіонуклідами (табл. 11) було розраховано середні значення для різних областей за категоріями, враховувалися забруднення плутонієм, цезієм-137 та америцієм-241 [26–28].

Хмельницька, Львівська та Тернопільська області отримали найвищу оцінку і є лідерами в рейтингу. Найбільш забрудненими радіонуклідами є землі в Житомирській, Рівненській, Волинській та Закарпатській областях.

Таблиця 11 – Оцінка за рівнем забруднення земель радіонуклідами

№ з/п	Область	Номер									Узагальнена оцінка за рівнем забруднення радіонуклідами
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Волинська	1	1,01	1,21	0,85	0,85	1,05	0,95	0,88	0,85	0,106
2	Рівненська	0,99	1	1,21	0,85	0,85	1,04	0,94	0,87	0,84	0,105
3	Житомирська	0,82	0,83	1	0,7	0,7	0,86	0,78	0,72	0,7	0,087
4	Львівська	1,17	1,18	1,42	1	1	1,23	1,11	1,03	0,99	0,123
5	Тернопільська	1,17	1,18	1,42	1,00	1	1,23	1,11	1,03	0,99	0,123
6	Закарпатська	0,95	0,96	1,16	0,82	0,82	1	0,91	0,84	0,81	0,1
7	Івано-Франківська	1,05	1,06	1,28	0,90	0,90	1,1	1,00	0,93	0,89	0,111
8	Чернівецька	1,14	1,14	1,38	0,97	0,97	1,19	1,08	1	0,97	0,12
9	Хмельницька	1,18	1,18	1,43	1,01	1,01	1,23	1,12	1,03	1	0,124

Таблиця 12 – Узгодженість всієї ієрархії

№	Область	Гранулометричний склад ґрунту	Кислотність ґрунту, рН	Вміст основних поживних речовин (NPK)	Рівень гумусу, %	Наближеність до джерел забруднення	Забруднення земель пестицидами	Забруднення земель важкими металами	Забруднення земель радіонуклідами	Глобальні пріоритети
	Нормалізовані оцінки по критеріях	0,04	0,056	0,061	0,092	0,186	0,123	0,17	0,273	
1	Волинська	0,056	0,151	0,093	0,068	0,146	0,126	0,084	0,106	0,108
2	Рівненська	0,056	0,156	0,088	0,099	0,119	0,114	0,091	0,105	0,105
3	Житомирська	0,056	0,11	0,067	0,087	0,23	0,109	0,078	0,087	0,113
4	Львівська	0,111	0,092	0,129	0,116	0,138	0,120	0,111	0,123	0,121
5	Тернопільська	0,167	0,142	0,149	0,136	0,078	0,091	0,131	0,123	0,117
6	Закарпатська	0,111	0,055	0,103	0,111	0,068	0,143	0,09	0,101	0,096
7	Івано-Франківська	0,111	0,06	0,108	0,142	0,073	0,137	0,15	0,111	0,113
8	Чернівецька	0,167	0,06	0,113	0,113	0,015	0,131	0,136	0,12	0,102
9	Хмельницька	0,167	0,174	0,149	0,128	0,132	0,029	0,129	0,124	0,121

8. Проводиться поетапна оцінка вагових коефіцієнтів елементів кожного наступного рівня ієрархії:

$$C_i = C_{i-1} \times B_i, \quad (5)$$

де  $C_{i-1}$  – вектор вагових коефіцієнтів елементів попереднього рівня, а  $B_i$  – матриця впливів елементів нижнього рівня на елементи попереднього рівня, що складається з векторів, отриманих за формулою (2);  $i$  – номер рівня ієрархії.

9. Узгодженість всієї ієрархії можна знайти, перемноживши кожен індекс узгодженості на пріоритет відповідного критерію і підсумувавши отримані числа (таблиця 12). Потім результат ділиться на вираз такого ж типу, але з випадковим індексом узгодженості, відповідним розмірам кожної зваженої пріоритетами матриці. Прийнятним є ставлення узгодженості близько 10% або менше. В іншому випадку якість суджень слід поліпшити, змінивши спосіб, завдяки якому задаються питання при проведенні парних порівнянь. Якщо це не допомагає поліпшити узгодженість, то, ймовірно, завдання слід більш точно структурувати, тобто згрупувати аналогічні елементи під більш значущими критеріями. І в цьому випадку потрібно повернутися до етапу 2, хоча перегляду можуть потребувати тільки сумнівні частини ієрархії.

В результаті отримуємо наступні глобальні пріоритети для розглянутих областей (таблиця 13), а на рис. 3 їх візуалізовано.

Таблиця 13 – Глобальні пріоритети розвитку органічного землекористування в Західному регіоні України

№ з/п	Область	Глобальні пріоритети
1.	Львівська	0,121
2.	Хмельницька	0,121
3.	Тернопільська	0,118
4.	Житомирська	0,114
5.	Івано-Франківська	0,113
6.	Волинська	0,108
7.	Рівненська	0,105
8.	Чернівецька	0,102
9.	Закарпатська	0,096

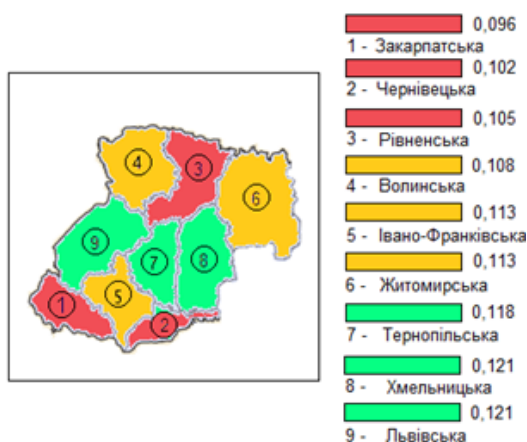


Рис. 3. Глобальні пріоритети розвитку органічного землекористування в Західному регіоні України

## Висновки та перспективи подальших досліджень

За результатами оцінки за методом ієрархії, найбільший потенціал запровадження органічного землекористування у Західному регіоні України у Львівської, Хмельницької та Тернопільської областей. Тобто, на території цих областей найбільша площа сільськогосподарських земель потенційно придатних для ведення органічного виробництва за еколого-токсикологічними та агрохімічними показниками. Перевага Західного регіону пов'язана в першу чергу з низькою концентрацією промислового виробництва, натомість Волинська, Рівненська та Житомирська області втратили позиції в рейтингу через забруднення ґрунтів радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

Достовірність отриманих результатів оцінки за методом ієрархій підтверджують напрацювання науковців Інституту землеробства Національної академії аграрних наук (НААН) [29]. Відповідно до розробленої ними карти придатності ґрунтів для органічного землеробства, Західний регіон має переважно придатні та дуже придатні землі. Лідерами в Західному регіоні є Хмельницька, Івано-Франківська та Тернопільська області. До малопродатних прогнозовано потрапили території Волинської та більша частина Рівненської області.

В подальшому дослідження будуть спрямовані на використання методу ієрархій для проведення оцінки потенціалу території в розрізі районів області за ширшим переліком критеріїв, враховуючи побажання і пріоритети фермера (потенційного інвестора).

## Подяка

Розрахунки були проведені в рамках виконання науково-технічної розробки за темою «Інформаційно-аналітична система органічного землеробства та забезпечення екологічної стійкості ґрунтів» (номер державної реєстрації НДР 01208U000235)

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Organicinfo.ua. Експорт української органічної продукції (2020 рік, огляд) – Organicinfo.ua / Organicinfo.ua. – <https://organicinfo.ua/infographics/ua-organic-export-2020/>.
2. Kitsoft. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року / Kitsoft. – <https://www.kmu.gov.ua/pras/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>.
3. Скрипчук П.М. Науково-практичні засади виробництва органічної продукції / П.М. Скрипчук. – Рівне, 2015.
4. Новак Н.П. Принципи та конкурентні переваги розвитку органічного сільськогосподарського виробництва в Україні. / Н.П. Новак // Агросвіт. – 2016. – №9. – С. 30–33.
5. Органічне сільське господарство: екологоекономічні імперативи розвитку: монографія / ред. О.І. Шкуратов, В.А. Чудовська, А.В. Вдовиченко: К. : ДІА, 2015.
6. Писаренко В.М. Органічне землеробство для приватного сектора / В.М. Писаренко, П.В. Писаренко, С.В. Пономаренко: Полтава, 2017.
7. Писаренко П.В. Оцінка економічної ефективності органічного сільського господарства / П.В. Писаренко, Т.О. Чайка: Харків : Смуґаста типографія, 2015.



8. Шпак Г.М. Прикладні аспекти геоуправління в органічному землеробстві / Г.М. Шпак // Збалансоване природокористування. – 2019. – №2. – С. 33–41.
9. Інформаційне забезпечення розвитку органічного сільського господарства / ред. П.М. Скрипчук. – Рівне: НУВГП, 2018. – 354 с.
10. Хомюк Н.Л. Нормативно-правова база у сфері оподаткування органічного землекористування / Н.Л. Хомюк, П.М. Скрипчук // Інноваційна економіка. – 2018. – Т.7-8. – С. 78–86.
11. Akıncı H. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique / H. Akıncı, A.Y. Özalp, B. Turgut // Computers and Electronics in Agriculture. – 2013. – Т.97. – С. 71–82.
12. Bhatta G.D. Farming Differentiation in the Rural-urban Interface of the Middle Mountains, Nepal: Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) Modeling / G.D. Bhatta, W. Doppler // Journal of Agricultural Science. – 2010. – Т.2, №4.
13. Bunruamkaew K. Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP / K. Bunruamkaew, Y. Murayam // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2011. – Т.21. – С. 269–278.
14. Ennaji W. GIS-based multi-criteria land suitability analysis for sustainable agriculture in the northeast area of Tadla plain (Morocco) / W. Ennaji, A. Barakat, M. El Baghdadi, H. Oumenskou, M. Aadraoui, L.A. Karroum, A. Hilali // Journal of Earth System Science. – 2018. – Т.127, №6. – С. 475.
15. Kieu P.T. A Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process (SF-AHP) and Combined Compromise Solution (CoCoSo) Algorithm in Distribution Center Location Selection: A Case Study in Agricultural Supply Chain / P.T. Kieu, T. van Nguyen, V.T. Nguyen, T.P. Ho // Axioms. – 2021. – Т.10, №2. – С. 53.
16. Mishra A.K. Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS / A.K. Mishra, S. Deep, A. Choudhary // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. – 2015. – Т.18, №2. – С. 181–193.
17. Alphonse C.B. Application of the analytic hierarchy process in agriculture in developing countries / C.B. Alphonse // Agricultural Systems. – 1997. – Т.53, №1. – С. 97–112.
18. Sajadian M. Developing and quantifying indicators of organic farming using analytic hierarchy process / M. Sajadian, K. Khoshbakht, H. Liaghati, H. Veisi, A. Mahdavi Damghani // Ecological Indicators. – 2017. – Т.83. – С. 103–111.
19. Жуковський В.В. Проектування та розробка геоінформаційно-аналітичної системи органічного виробництва / В.В. Жуковський, П.М. Скрипчук, Н.А. Жуковська // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2018. – Т.29, №5. – С. 121–125.
20. Кулиняк І.Я. Метод аналізу ієрархій як інструмент оцінювання рівня інноваційної активності регіонів Західної України / І.Я. Кулиняк, Г.Р. Копець // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2017. – Т.873. – С. 60–71.
21. Онищенко С.В. Визначення стратегічних пріоритетів управління державними фінансами з використанням методу аналізу ієрархій / С.В. Онищенко // Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. Економічні науки. – 2017. – Т.Вип. 23, ч. 3. – С. 101–106.
22. Картограми якісного стану ґрунтів України / Інститут охорони ґрунтів України. – <https://www.iogu.gov.ua/pasportizaciya/karty-po-vmistu-pozhyvnyh-rechovyn-rn-humus-fosfor-kalij/>.
23. Antonenko A. Prediction of pesticide risks to human health by drinking water extracted from underground sources / A. Antonenko, O. Vavrinevych, S. Omelchuk, M. Korshun // Georgian Medical News. – 2015. – №244-245. – С. 99–106.
24. Vavrinevych O. Prediction of soil and ground water contamination with fungicides of different classes according to soil and climate conditions in Ukraine and other European countries / O. Vavrinevych, A. Antonenko, S. Omelchuk, M. Korshun, V. Bardov // Georgian Medical News. – 2015. – №242. – С. 77–84.

25. Барановський В.А. та інші. Україна. Еколого-географічний атлас. Атлас-монографія / В.А. Барановський // К.: Варта. – 2006.
26. Bondar O. Mapping of radiation pollution on the territory of Ukraine / O. Bondar, G. Finin, R. Shevchenko // *Ecological Sciences*. – 2020. – Т.2, №2. – С. 20–30.
27. Vlasyuk A.P. Mathematical Simulation of the Migration of Radionuclides in a Soil Medium Under Nonisothermal Conditions with Account for Catalytic Microparticles and Nonlinear Processes / A.P. Vlasyuk, V.V. Zhukovskii // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. – 2017. – Т.90, №6. – С. 1386–1398.
28. Vlasyuk A. Parallel Computing optimization of Two-Dimensional Mathematical Modeling of Contaminant Migration in Catalytic Porous Media / A. Vlasyuk, V. Zhukovskyy, N. Zhukovska, S. Shatnyi // 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT): IEEE, 16.09.2020 – 18.09.2020. – С. 23–28.
29. Інститут землеробства НААН розробив карту придатності ґрунтів для органічного землеробства. – [http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT\\_ID=5028](http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=5028).

Стаття надійшла до редакції 13.10.2021 і прийнята до друку після рецензування 11.01.2022

## REFERENCES

1. Organicinfo.ua. Export of Ukrainian organic products (2020, review). Retrieved from: <https://organicinfo.ua/infographics/ua-organic-export-2020/>.
2. On approval of the National Economic Strategy for the period up to 2030. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>.
3. Skripchuk, P.M. (2015). Scientific and practical principles of organic production. Rivne [In Ukrainian].
4. Novak, N.P. (2016). Principles and competitive advantages of organic agricultural production in Ukraine. *Agrosvit*, (9), 30–33 [In Ukrainian].
5. Shkuratov, O.I., Chudovskaya, V.A., & Vdovichenko, A.V. (Eds.). (2015). Organic agriculture: ecological and economic imperatives of development: monograph. Kyiv: DIA [In Ukrainian].
6. Pisarenko, V.M., Pisarenko, P.V. & Ponomarenko, S.V. (2017). Organic farming for the private sector. Poltava [In Ukrainian].
7. Pisarenko, P.V., & Chaika, T.O. (2015). Estimation of economic efficiency of organic agriculture. Kharkiv: Striped printing house. Retrieved from: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/4616>.
8. Shpak, G.M. (2019). Applied aspects of geomangement in organic farming. *Balanced nature management*, (2), 33–41 [In Ukrainian].
9. Skripchuk, P.M. (Ed.). (2018). Information support for the development of organic agriculture. Rivne: NUVHP [In Ukrainian].
10. Khomyuk, N.L., & Skripchuk, P.M. (2018). Regulatory framework in the field of taxation of organic land use. *Innovative Economics*, 7-8, 78–86 [In Ukrainian].
11. Akıncı, H., Özalp, A. Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.006>.
12. Bhatta, G.D., & Doppler, W. (2010). Farming Differentiation in the Rural-urban Interface of the Middle Mountains, Nepal: Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) Modeling. *Journal of Agricultural Science*, 2(4). <https://doi.org/10.5539/jas.v2n4p37>.
13. Bunruamkaew, K., & Murayam, Y. (2011). Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP: A Case Study of Surat Thani Province, Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 21, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.024>.
14. Ennaji, W., Barakat, A., El Baghdadi, M., Oumenskou, H., Aadraoui, M., Karroum, L. A., & Hilali, A. (2018). GIS-based multi-criteria land suitability analysis for sustainable

- agriculture in the northeast area of Tadla plain (Morocco). *Journal of Earth System Science*, 127(6), 475. <https://doi.org/10.1007/s12040-018-0980-x>.
15. Kieu, P.T., van Nguyen, T., Nguyen, V.T., & Ho, T.P. (2021). A Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process (SF-AHP) and Combined Compromise Solution (CoCoSo) Algorithm in Distribution Center Location Selection: A Case Study in Agricultural Supply Chain. *Axioms*, 10(2), 53. <https://doi.org/10.3390/axioms10020053>.
16. Mishra, A.K., Deep, S., & Choudhary, A. (2015). Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(2), 181–193. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.06.005>.
17. Alphonse, C.B. (1997). Application of the analytic hierarchy process in agriculture in developing countries. *Agricultural Systems*, 53(1), 97–112. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(96\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(96)00035-2).
18. Sajadian, M., Khoshbakht, K., Liaghati, H., Veisi, H., & Mahdavi Damghani, A. (2017). Developing and quantifying indicators of organic farming using analytic hierarchy process. *Ecological Indicators*, 83, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.047>.
19. Zhukovskyy, V.V., Skripchuk, P.M., & Zhukovska, N.A. (2018). Design and development of geoinformation-analytical system of organic production. *Scientific notes of Tavriya National University named after V.I. Vernadsky. Series: Technical Sciences*, 29(5), 121–125 [In Ukrainian].
20. Kulinyak, I.Ya., & Kopets, G.R. (2017). Method of analysis of hierarchies as a tool for assessing the level of innovation activity in the regions of Western Ukraine. *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic"*, 873, 60-71 [In Ukrainian].
21. Onishchenko, S.V. (2017). Determining strategic priorities of public finance management using the method of hierarchy analysis. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Ser. Economic Sciences*, Vol. 23, part 3, 101–106 [In Ukrainian].
22. Cartograms of the quality of soils of Ukraine. Institute of Soil Protection of Ukraine. Retrieved from: <https://www.iogu.gov.ua/pasportizaciya/karty-po-vmistu-pozhyvnyh-rechovyn-rn-humus-fosfor-kalij/>.
23. Antonenko, A., Vavrinevych, O., Omelchuk, S., & Korshun, M. (2015). Prediction of pesticide risks to human health by drinking water extracted from underground sources. *Georgian Medical News*, (244-245), 99–106.
24. Vavrinevych, O., Antonenko, A., Omelchuk, S., Korshun, M., & Bardov, V. (2015). Prediction of soil and ground water contamination with fungicides of different classes according to soil and climate conditions in Ukraine and other European countries. *Georgian Medical News*, (242), 77–84.
25. Baranovsky, V.A. (2006). Ukraine. Ecological and geographical atlas. Atlas-monograph. Kyiv: Varta [In Ukrainian].
26. Bondar, O., Finin, G., & Shevchenko, R. (2020). Mapping of radiation pollution on the territory of Ukraine. *Ecological Sciences*, 2(2), 20–30. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.4>.
27. Vlasyuk, A.P., & Zhukovskii, V.V. (2017). Mathematical Simulation of the Migration of Radionuclides in a Soil Medium Under Nonisothermal Conditions with Account for Catalytic Microparticles and Nonlinear Processes. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 90(6), 1386–1398. <https://doi.org/10.1007/s10891-017-1697-4>.
28. Vlasyuk, A., Zhukovskyy, V., Zhukovska, N., & Shatnyi, S. (2020). Parallel Computing optimization of Two- Dimensional Mathematical Modeling of Contaminant Migration in Catalytic Porous Media. In *2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, (pp. 23–28). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACIT49673.2020.9208878>.
29. The Institute of Agriculture of NAAS has developed a map of soil suitability for organic farming. Retrieved from: [http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT\\_ID=5028](http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=5028).

*The article was received 13.10.2021 and was accepted after revision 11.01.2022*

**Жуковський Віктор Володимирович**

кандидат технічних наук, Національний університет водного господарства та природокористування

**Адреса робоча:** м. Рівне, вул. Соборна, 11

ORCID ID: 0000-0002-7088-6930 **e-mail:** v.v.zhukovsky@nuwm.edu.ua

**Сидор Андрій Іванович**

кандидат технічних наук, Національний університет водного господарства та природокористування

**Адреса робоча:** м. Рівне, вул. Соборна, 11

ORCID ID: 0000-0003-4911-7034 **e-mail:** a.i.sydor@nuwm.edu.ua

**Шпак Галина Миколаївна**

кандидат економічних наук, Національний університет водного господарства та природокористування

**Адреса робоча:** м. Рівне, вул. Соборна, 11

ORCID ID: 0000-0002-8588-441X **e-mail:** Shpak.galochka@gmail.com

**Шатний Сергій В'ячеславович**

кандидат технічних наук, Національний університет водного господарства та природокористування

**Адреса робоча:** м. Рівне, вул. Соборна, 11

ORCID ID: 0000-0003-4650-5090 **e-mail:** s.v.shatnyi@nuwm.edu.ua