

УДК 519.86

DOI [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.43\(2\).144-154](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.43(2).144-154)**В. В. Поліщук<sup>1</sup>, Ю. Ю. Білак<sup>2</sup>, А. А. Шафар<sup>3</sup>, О. І. Шпак<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
професор кафедри програмного забезпечення систем,  
доктор технічних наук

volodymyr.polishchuk@uzhnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4586-1333>

<sup>2</sup> ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
завідувач кафедри програмного забезпечення систем,  
кандидат фізико-математичних наук

yuriy.bilak@uzhnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5989-1643>

<sup>3</sup> ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
аспірант,

andrii.shafar@uzhnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2445-8232>

<sup>4</sup> ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
доцент кафедри програмного забезпечення систем,  
кандидат фізико-математичних наук

shpak@uzhnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1179-7196>

## ГІБРИДНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ІМІДЖУ МІСЦЯ ПРИЗНАЧЕННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ

Проведено дослідження актуальної задачі розроблення гібридної моделі оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону.

Гібридна математична модель враховує експертні оцінки учасників туристичного руху щодо відвідування місця призначення через призму здорового та безпечного довкілля; враховується залежність між витратами, кількістю днів перебування та задоволеності відвідування місця призначення; включає експертні висновки рівня сталого розвитку регіонів, як показник між задоволенням сучасних потреб туристичного руху та захистом інтересів майбутніх поколінь через призму здорового та безпечного довкілля. На основі вихідних оцінок підвищується ступінь обґрунтованості рішень щодо розробки майбутніх сценаріїв для інноваційного розвитку туристичної галузі у контексті сталого розвитку регіону. В дослідженні використано адекватний апарат нечітких множин, нечітке логічне виведення, багатовимірні функції належності, інтелектуальний аналіз знань та системний аналіз, що уможливило підвищити ступінь обґрунтованості управлінських рішень щодо майбутніх сценаріїв.

При цьому вперше розроблено гібридну модель оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону, на основі задоволеності учасників туристичного руху. Модель складається з двох етапів. На першому етапі здійснюється фазифікація вхідних даних, що представляє собою, як лінгвістичні висновки, так і кількісні оцінки. Після цього отримується одна нормована оцінка рівня іміджу місця призначення у розрізі експертів. На другому етапі враховується експертний рівень сталого розвитку регіону та здійснюється дефазифікація даних для одержання однієї агрегованої оцінки рівня іміджу місця призначення в межах регіону. На основі агрегованої оцінки визначається лінгвістичний рівень іміджу місця призначення.

**Ключові слова:** гібридна модель, прийняття рішень, багатокритеріальне оцінювання, нечіткі множини, цифрова трансформація, сталий розвиток регіонів.

**1. Вступ.** Представлене дослідження спрямоване на підтримку прийняття рішень щодо оцінювання та вибору регіонів з метою розробки майбутніх сценаріїв для інноваційного розвитку туристичної галузі у контексті сталого розвитку регіону. Майбутні сценарії можуть бути створенні з боку бізнеса для інвестування та розвитку туристичної. З боку держави такі сценарії можуть бути створенні з метою швидкого розвитку та/або підтримки регіонів. Дане дослідження є складовою цифрової трансформації туристичної галузі, оскільки базується на даних та знаннях, засобів програмного забезпечення їх обробки та підтримки прийняття рішень майбутніх сценаріїв.

Гібридна модель — це один із елементів цифрової трансформації туристичної галузі для досягнення сталого світу через призму інтелектуального аналізу даних та знань [1]. Аналіз даних та експертних знань дозволяють підвищити обґрунтованість та якість рішень, що пов'язані з іміджем місця призначення та сталого розвитку регіону, які приймаються у соціо-економічних системах для інноваційного розвитку туристичної галузі, як складової нової глобальної економіки. Крім цього, нові системи підтримки прийняття рішень повинні зосередитися та синхронізуватися на знаннях, що забезпечують сталий розвиток світу, як основного та дуже необхідного виклику сьогодення.

У проведеному дослідженні розглядається сталий розвиток регіонів у контексті іміджу місця призначення — це потреба між задоволенням сучасних потреб туристичного руху та захистом інтересів майбутніх поколінь через призму здорового та безпечного довкілля.

Основною метою даного дослідження є розроблення гібридної моделі оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону.

В результаті дослідження буде кількісна оцінка досліджуваних регіонів, для їх вибору щодо підтримки прийняття рішень та розробки майбутніх сценаріїв для інноваційного розвитку туристичної галузі у контексті сталого розвитку регіону.

**2. Огляд літератури.** Концепція гібридних моделей полягає у поєднанні кількісних та якісних методів. Вони використовуються за відсутності повних кількісних даних про об'єкт дослідження та в ситуаціях з високою невизначеністю. Для розкриття невизначеності використовується теорія нечіткої математики. Розглянемо сучасні дослідження цифрової трансформації туристичної галузі, що базуються на теорії нечіткої математики.

У роботі [2] використовується нечіткий підхід для оцінки туристичних напрямків з точки зору їх ефективності та стійкості. Автори рекомендують цей підхід для всіх зацікавлених сторін через простоту процедур і легку інтерпретацію результатів.

Багато авторів шукають ефективні рішення для розвитку туризму, які сприяють регіональному розвитку в даній місцевості, тобто вони досліджують сталість регіонального розвитку у зв'язку зі сталим туризмом [3–4].

Стійкість туризму також тісно пов'язана з ризиком туристичних напрямків. Також цей напрямок туризму створює великий простір для застосування методів, заснованих на нечітких підходах. Оцінка туристичних ризиків вимагає знання поточної ситуації та механізмів прогнозування [5].

Питання сталого розвитку також можна вивчати в нових сферах туризму, таких як фермерський туризм, де стійкість вивчається паралельно з розвитком

цієї форми туризму. У роботі [6] визначено індикатори стійкості фермерського туризму та застосував метод повної узгодженості та зваженої суми за нечіткою інформацією для оцінки стійкості.

У роботі [7] автори запропонували метод нечітких багатокритеріальних рішень, як оптимальний інструмент для процесів прийняття рішень щодо вибору відповідного місця для екотуризму.

Автори дослідження [8] використовують підхід нечіткої логіки для вибору стратегічних орієнтирів для сталого туризму, поєднуючи цей підхід нечіткої логіки з екологічними та соціальними показниками.

У роботі [9] розроблено нечіткий індекс стійкості для порівняння підсистем стійкості. Використовуючи нечітку логіку, дослідники розробили динамічну модель з можливістю її модифікації, а також з можливістю використання для прогнозування стійкості місцевості.

У роботі [10] рекомендують використовувати методи на основі нечіткої логіки як оптимальний інструмент для оцінки задоволеності туристів у готелях.

Таким чином, наведене вище, аргументує та підтверджує актуальність оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону на основі теорії нечіткої математики.

**3. Матеріали та методи.** Нехай розглядається деяка множина регіонів  $R = \{R_1; R_2; \dots; R_n\}$ , по яких проводиться оцінювання рівня іміджу місця призначення на основі задоволеності туристів та сталого розвитку регіонів. Позначимо  $E = \{e_1; e_2; \dots; e_m\}$  — множину експертів (туристи), що відвідали місця призначення та оцінюють рівень його іміджу. Кожний регіон оцінюється експертами на основі  $K_I$  — інформаційної моделі критеріїв оцінювання рівня іміджу місця призначення, через призму здорового та безпечного довкілля. В основу даної моделі  $K_I$  покладено набір критеріїв оцінювання іміджу місця призначення  $K = \{K_1; K_2; \dots; K_l\}$ . Крім цього, маємо експертний висновок рівню сталого розвитку регіону щодо захисту інтересів майбутніх поколінь через призму здорового та безпечного довкілля —  $EV$ . Даний експертний висновок отримується спеціалістами туристичної галузі.

Формально представимо гібридну модель оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону в наступному вигляді:

$$\omega(R, E, K_I, EV) \rightarrow \delta(M_H, L_H). \quad (1)$$

$\omega$  — оператор, що ставить у відповідність множину вихідних значень  $\delta$ , при вхідних змінних  $R, E, K_I, EV$ .

На виході моделі оцінювання маємо:  $M_H$  — оцінку рівня іміджу місця призначення на основі задоволеності учасників туристичного руху та сталого розвитку регіону;  $L_H$  — лінгвістичний рівень іміджу місця призначення відповідного регіону.

В результаті отримуємо вихідну оцінку  $M_H$ , що містить зміст рівня іміджу місця призначення на основі задоволеності учасників туристичного руху та сталого розвитку регіону. Використовуючи вихідну оцінку здійснюється розробка майбутніх сценаріїв для цифрової трансформації туристичної галузі у контексті сталого розвитку регіонів. Такі сценарії можуть бути, як з боку бізнеса для інвестування туристичної галузі регіонів, або з боку держави для швидкого розвитку та підтримки регіонів через призму здорового та безпечного довкілля.

Для розробленої гібридної моделі визначаються наступні суб'єкти управління:

експерти — туристи, які висловлювалися після відвідування місця призначення стосовно аспектів здорового та безпечного довкілля;

системний аналітик — це особа, яка налаштовує всі процеси оцінювання на основі множини критеріїв оцінювання та гібридної моделі;

ОПР — це особи, що приймають подальші управлінські рішення щодо впровадження майбутніх сценаріїв для розвитку цифрової трансформації регіонального та державного туризму.

*Інформаційна модель критеріїв оцінювання рівня іміджу місця призначення.* Пропонується множина критеріїв оцінювання іміджу регіону  $K = \{K_f; f = \overline{1, l}\}$ , що подані у вигляді відповіді на питання:

Яке ваше ставлення до наступних тверджень стосовно безпеки та стійкості місця призначення, що відвідали?

Кожен показник оцінюється експертом за допомогою лінгвістичної змінної  $T = \{T_1; T_2; T_3; T_4; T_5\}$ , де:  $T_1$  — «Зовсім не погоджуюсь»;  $T_2$  — «Не погоджуюсь»;  $T_3$  — «Ні погоджуюсь, ні не погоджуюсь»;  $T_4$  — «Погоджуюсь»;  $T_5$  — «Цілком погоджуюсь».

Експертам потрібно надати відповідь згідно наступних питань [11]:

$K_1$  — місце призначення мало якісну інфраструктуру (дороги, аеропорт, комунальні служби);

$K_2$  — місце призначення мало хорошу мережу туристичної інформації (центри туристичної інформації);

$K_3$  — житло, запропоноване пунктом призначення, було достатнім;

$K_4$  — місце призначення мало високий рівень гігієни та чистоти;

$K_5$  — місце призначення було безпечним;

$K_6$  — місце призначення пропонувало хороші можливості для покупок;

$K_7$  — у місці призначення була гарна природа (парки, ліси, стежки);

$K_8$  — місце призначення мало гарний краєвид;

$K_9$  — місце призначення мало гарний клімат;

$K_{10}$  — місце призначення пропонувало цікаві культурні заходи (фестивали, концерти);

$K_{11}$  — місце призначення пропонувало цікаві історичні пам'ятки (музеї, галереї, мистецькі центри);

$K_{12}$  — проживання в місці призначення було прийнятним;

$K_{13}$  — місце призначення було не дорогим;

$K_{14}$  — співвідношення ціни та якості продуктів було хорошим у місці призначення;

$K_{15}$  — місце призначення запропонувало прийнятну вартість моїх витрат на подорож;

$K_{16}$  — у мене була можливість вибору з кількох цінових рівнів;

$K_{17}$  — місце призначення було приємним місцем;

$K_{18}$  — місце призначення було веселим місцем;

$K_{19}$  — місце призначення було захоплюючим місцем;

$K_{20}$  — місцем призначення було незвідане місце;

$K_{21}$  — наявне бажання найближчим часом знову відвідати місце призначення;

$K_{22}$  — рекомендую місце призначення майбутнім туристам.

Крім цього, експертам буде запропоновано критерії оцінювання, де відповідь на питання, буде кількісні оцінки.

$K_{23}$  — кількість витрачених коштів під час відвідування місця призначення?

$K_{24}$  — кількість днів перебування у місці призначення.

Для оцінювання рівня іміджу місця призначення експерту потрібно, на основі власного досвіду, вибрати варіант відповіді на питання по запропонованих критеріях оцінювання з множини лінгвістичних змінних  $T$ . Системний аналітик завжди може додати інші показники при новому оцінюванні учасників туристичного руху, оскільки наведена множина критеріїв є відкритою, а модель не залежить від їх кількості.

В результаті після відвідування деякого регіону  $R$ , вхідні експертні дані будуть наступні, таблиця 1:

Таблиця 1.

Вхідні експертні дані

Назва критерію	$R_1$		...	$R_n$			
	$e_1$	$e_2$		$e_i$	...	$e_{m-1}$	$e_m$
$K_1$	$T_{111}$	$T_{121}$	...	$T_{1in}$	...	$T_{1(m-1)n}$	$T_{1mn}$
$K_2$	$T_{211}$	$T_{221}$	...	$T_{2in}$	...	$T_{2(m-1)n}$	$T_{2mn}$
...	...	...	...	...	...	...	...
$K_{l-2}$	$T_{(l-2)11}$	$T_{(l-2)21}$	...	$T_{(l-2)in}$	...	$T_{(l-2)(m-1)n}$	$T_{(l-2)mn}$
$K_{l-1}$	$\alpha_{111}$	$\alpha_{121}$	...	$\alpha_{1in}$	...	$\alpha_{1(m-1)n}$	$\alpha_{1mn}$
$K_l$	$\alpha_{211}$	$\alpha_{221}$	...	$\alpha_{2in}$	...	$\alpha_{2(m-1)n}$	$\alpha_{2mn}$

де  $T_{fij}$  — змінна з терм-множини  $T$  за  $f$ -м критерієм, для  $i$ -го експерта у  $j$ -му регіоні;  $\alpha_{1ij}$ ,  $\alpha_{2ij}$  — кількісні оцінки для  $i$ -го експерта у  $j$ -му регіоні,  $f = \overline{1, l}$ ;  $i = \overline{1, m}$ ;  $j = \overline{1, n}$ .

Ця інформаційна модель дозволяє збирати дані від туристів та використовувати їх задоволеність для оцінки іміджу місця призначення.

*Гібридна модель оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону.*

*Перший етап.* Спочатку здійснюється перехід від лінгвістичних міркувань експертів по кожному критерію до однієї результуючої лінгвістичної оцінки. Для цього кожній лінгвістичній змінній присвоюється деяка кількісна оцінка  $t$ :

якщо  $T_1$  — «Зовсім не погоджуюсь», тоді  $t_1 = 1$ ;

якщо  $T_2$  — «Не погоджуюсь», тоді  $t_2 = 2$ ;

якщо  $T_3$  — «Ні погоджуюсь, ні не погоджуюсь», тоді  $t_3 = 3$ ;

якщо  $T_4$  — «Погоджуюсь», тоді  $t_4 = 4$ ;

якщо  $T_5$  — «Цілком погоджуюсь», тоді  $t_5 = 5$ .

Чим більша задоволеність учасників туристичного руху щодо іміджу місця призначення, тим більше значення кількісної оцінки  $t$ .

Далі знаходиться результуюча терм оцінку по критеріях оцінювання, як су-

ма значень кількісних оцінок по відповідному експерту:

$$\Delta_{ij} = \sum_{f=1}^l t_{fij}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Для виведення результуючої терм оцінки пропонується наступна характеристична функція:

$$T_{ij}^* = \begin{cases} T_1^*, & \Delta_{ij} < 30, \\ T_2^*, & 30 \leq \Delta_{ij} < 60, \\ T_3^*, & 60 \leq \Delta_{ij} < 80, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \\ T_4^*, & 80 \leq \Delta_{ij} < 100, \\ T_5^*, & \Delta_{ij} \geq 100. \end{cases} \quad (3)$$

Звісно, у класичній теорії нечітких множин використовуються системи нечіткого логічного виводу для отримання результуючих термів. Також можна застосовувати і нечіткі логічні правила, по яких будуються бази знань. Це підходить для задач, коли є можливість застосувати методи навчання для різних комбінацій лінгвістичних змінних по критеріях. У нашому випадку, ми враховуємо сумарну задоволеність учасників туристичного руху, тому не маємо необхідності у конструюванні складних баз знань. А запропонований підхід дозволить швидко відтворити дослідження іншими зацікавленими особами для інших регіонів.

Існує залежність між витратами (критерій  $K_{23}$ ) та задоволеності відвідування місця призначення. Таку залежність також потрібно враховувати для оцінювання рівня іміджу регіону. Для формалізації даної залежності використовується інтелектуальний аналіз знань та функції належності [1]. Наприклад, таку залежність виражаємо за допомогою гармонійного S-сплайну:

$$\mu_{1ij} = \begin{cases} 0, & \alpha_{1ij} < 1000; \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{\alpha_{1ij} - 10000}{9000} \cdot \pi\right); & 1000 \leq \alpha_{1ij} \leq 10000; \\ 1, & \alpha_{1ij} > 10000. \end{cases} \quad (4)$$

Також, враховується кількість днів перебування ( $K_{24}$ ). Чим довше триває подорож, тим глибше пізнається місцевість, а в результаті — оцінки експертів будуть близькі до істини. Для формалізації даної залежності застосовується квадратичний S-сплайн. Нехай в середньому тривалості подорожей складає від 2 до 10 днів, тоді:

$$\mu_{2ij} = \begin{cases} 0, & \alpha_{2ij} \leq 1; \\ 2\left(\frac{\alpha_{2ij} - 1}{10}\right)^2, & 1 < \alpha_{2ij} \leq 6; \\ 1 - 2\left(\frac{11 - \alpha_{2ij}}{10}\right)^2, & 6 < \alpha_{2ij} < 11; \\ 1, & \alpha_{2ij} \geq 11. \end{cases} \quad (5)$$

Далі потрібно результуючі терми  $T^*$  визначити на числовому проміжку. Оскільки обчислення відбувається у нормованому просторі оцінок, тоді числовий проміжок —  $[0; 1]$ . Так, як для розв'язуваної задачі всі експерти вважаються

рівноважними, тому розбиття проміжків беруться однакової величини:  $T_1^* = [0; 0,2]$ ,  $T_2^* = (0,2; 0,4]$ ,  $T_3^* = (0,4; 0,6]$ ,  $T_4^* = (0,6; 0,8]$ ,  $T_5^* = (0,8; 1]$ .

Залежність результуючої терм оцінки задоволеності учасників туристичного руху  $T^*$  та залежності між витратами  $\mu_1$  та кількості днів перебування  $\mu_2$  природно розглядати, як твердження функцій належності “значення  $x$  більше”. Це пояснюється логічним твердженням: якщо подорож тривала досить довго, витрачених коштів багато, а людина отримує розчарування з іміджу місця призначення, тоді вихідна оцінка буде прямувати до 0. Логічне виведення налаштовується за допомогою  $S$ -подібної функції належності.

Оскільки, значення залежностей між витратами  $\mu_1$  та кількістю днів перебування  $\mu_2$  відомо, а також відомо інтервали числових значень для  $T^*$ , тоді виражається залежність  $x$  із  $S$ -подібної функції належності по кожному експерту у відвідуваному регіоні для всіх отриманих результуючих термів  $T^*$  відповідно:

$$x_{1gij}^* = \begin{cases} \frac{1}{5} \sqrt{\frac{\mu_{gij}}{2}}, & 0 < \mu_{gij} < 0,5; \\ \frac{1}{5} \left( 1 - \sqrt{\frac{1-\mu_{gij}}{2}} \right), & 0,5 < \mu_{gij} < 1. \end{cases} \quad (6)$$

$$x_{2gij}^* = \begin{cases} \frac{1}{5} \left( \sqrt{\frac{\mu_{gij}}{2}} + 1 \right), & 0 < \mu_{gij} < 0,5; \\ \frac{1}{5} \left( 2 - \sqrt{\frac{1-\mu_{gij}}{2}} \right), & 0,5 < \mu_{gij} < 1. \end{cases} \quad (7)$$

$$x_{3gij}^* = \begin{cases} \frac{1}{5} \left( \sqrt{\frac{\mu_{gij}}{2}} + 2 \right), & 0 < \mu_{gij} < 0,5; \\ \frac{1}{5} \left( 3 - \sqrt{\frac{1-\mu_{gij}}{2}} \right), & 0,5 < \mu_{gij} < 1. \end{cases} \quad (8)$$

$$x_{4gij}^* = \begin{cases} \frac{1}{5} \left( \sqrt{\frac{\mu_{gij}}{2}} + 3 \right), & 0 < \mu_{gij} < 0,5; \\ \frac{1}{5} \left( 4 - \sqrt{\frac{1-\mu_{gij}}{2}} \right), & 0,5 < \mu_{gij} < 1. \end{cases} \quad (9)$$

$$x_{5gij}^* = \begin{cases} \frac{1}{5} \left( \sqrt{\frac{\mu_{gij}}{2}} + 4 \right), & 0 < \mu_{gij} < 0,5; \\ 1 - \frac{1}{5} \sqrt{\frac{1-\mu_{gij}}{2}}, & 0,5 < \mu_{gij} < 1. \end{cases} \quad (10)$$

де  $g = \{1; 2\}$ ;  $i = \overline{1, m}$ ;  $j = \overline{1, n}$ , а вибір формул (6)–(10) залежить від значення результуючих термів  $T_1^*$ ;  $T_2^*$ ;  $T_3^*$ ;  $T_4^*$ ;  $T_5^*$  відповідно.

Таким чином, у результаті фазифікації вхідних даних отримуються дві нормованої оцінки  $x_{1ij}^*$  та  $x_{2ij}^*$ . Для отримання однієї агрегованої оцінки рівня іміджу місця призначення окремо по експертах  $e_i$  пропонується застосувати багатовимірні функції належності в змісті інтелектуального аналізу знань [6]. Оскільки наявне моделювання невизначеностей виду «середнє значення» в двох вимірному просторі оцінок  $[0; 1]$ , тоді пропонується конусоподібну або пірамідальну функцію належності. Вони визначається тим, що коли значення прямує до максимальних величин, тоді результат прямує до 1. Наприклад пірамідальна функція належності в двовимірному просторі буде мати вигляд:

$$f_{ij} = \max \left\{ \left( 1 - \frac{1}{2} (|x_{1ij}^* - 1| + |x_{2ij}^* - 1|) \right); 0 \right\}, \quad (11)$$

де  $i = \overline{1, m}$ ;  $j = \overline{1, n}$ , масштабування за координатами —  $(2; 2)$ , центр основи —  $(1; 1)$ .

Таким чином, отримується агрегована оцінка рівня іміджу місця призначення  $f_{ij} \in [0; 1]$  окремо по експертах, що обумовлюють рівень місця призначення на основі задоволеності учасників, ґрунтуючись на інформаційній моделі критеріїв оцінювання рівня іміджу місця призначення.

*Другий етап* На другому етапі потрібно врахувати експертний рівень сталого розвитку регіону та здійснити дефазифікацію даних для одержання однієї вихідної агрегованої оцінки рівня іміджу місця призначення в межах регіону. Для цього виведеться одне узагальнене значення на основі значень агрегованих оцінок рівня іміджу місця призначення  $f_{ij}$  щодо міркувань експертів, кількості витраченого часу та коштів у досліджуваному регіоні  $R_j$ . Вважається, що всі експерти є рівноважними, тоді:

$$m_j = \frac{1}{m(R_j)} \sum_{i=1}^{m(R_j)} f_{ij}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (12)$$

де  $m(R_j)$  — кількість експертів у регіоні  $R_j$ . Агрегована оцінка в межах регіону  $m_j \in [0; 1]$ , характеризує імідж місця призначення, який був оцінений реальним досвідом учасників туристичного руху враховуючи витрати та період перебування.

На наступному кроці особи, що приймають подальші управлінські рішення щодо сценаріїв підтримки регіонального туризму висловлюють висновки щодо сталого розвитку регіону. Такий висновок має лінгвістичну природу  $EV = \{EV_1; EV_2; \dots; EV_5\}$ , де:

- $EV_1$  — високий рівень сталого розвитку регіону;
- $EV_2$  — рівень сталого розвитку регіону вище середнього;
- $EV_3$  — середній рівень сталого розвитку регіону;
- $EV_4$  — низький рівень сталого розвитку регіону;
- $EV_5$  — дуже низький рівень сталого розвитку регіону.

Отримання даного висновку — це складна багатofакторна задача, яка має враховувати концепцію сталого розвитку досліджуваного регіону, складові концепції сталого розвитку (економічна, соціальна, екологічна, їх узгодження), індикатори сталого розвитку та інші фактори. Такі висновки можуть давати тільки фахівці конкретного досліджуваного регіону.

Далі враховується експертний висновок рівня сталого розвитку регіону  $EV$  для оцінки рівня іміджу місця призначення  $M_H$ . Для цього, вихідні оцінки  $m_j$  та експертний висновок об'єднуються за допомогою наступної функції належності:

$$M_H(m_j) = \begin{cases} 0, & m_j < 0; \\ (m_j)^k, & 0 < m_j < 1, \quad j = \overline{1, n}; \\ 1, & m_j \geq 1. \end{cases} \quad (13)$$

де  $k$  — степінь, що залежить від експертного висновку  $EV$ . Експериментально пропонується наступні значення порогу:  $k = \frac{2}{5}$  для  $EV_1$ ;  $k = \frac{4}{5}$  —  $EV_2$ ;  $k = 1$  —  $EV_3$ ;  $k = \frac{8}{5}$  —  $EV_4$ ;  $k = \frac{11}{2}$  —  $EV_5$ .



Таким чином, отримується  $M_H(m_j) \in [0; 1]$  оцінка рівня іміджу місця призначення на основі задоволеності учасників туристичного руху та сталого розвитку регіонів.

Для визначення лінгвістичного рівня іміджу місця призначення відповідного регіону ( $L_H$ ) отримане значення за формулою (13) зіставляється до одної з змінної терм-множин  $L = \{il_1, il_2, \dots, il_5\}$  покладаючи наступний зміст рівня іміджу місця призначення:

$M_H \in (0,8; 1]$  —  $il_1 =$  «високий»;

$M_H \in (0,6; 0,8]$  —  $il_2 =$  «вище середнього»;

$M_H \in (0,4; 0,6]$  —  $il_3 =$  «середній»;

$M_H \in (0,2; 0,4]$  —  $il_4 =$  «низький»;

$M_H \in [0; 0,2]$  —  $il_5 =$  «дуже низький».

**4. Висновки та перспективи подальших досліджень.** У роботі розроблено гібридну модель оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону на основі залежності між витратами, кількістю днів перебування та задоволеності учасників туристичного руху, а також враховуючи рівень сталого розвитку регіонів. Для цього: розроблено інформаційну модель критеріїв оцінювання рівня іміджу місця призначення, через призму здорового та безпечного довкілля; розроблено гібридну модель оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону.

В дослідженні використано адекватний апарат нечітких множин, нечітке логічне виведення, багатовимірні функції належності, інтелектуальний аналіз знань та системний аналіз, що уможлиблює підвищити ступінь обґрунтованості управлінських рішень щодо майбутніх сценаріїв. Особливістю дослідження є те, що воно враховує експертні оцінки учасників туристичного руху щодо відвідування місця призначення через призму здорового та безпечного довкілля; враховується залежність між витратами, кількістю днів перебування та задоволеності відвідування місця призначення; включає експертні висновки рівня сталого розвитку регіонів, як показник між задоволенням сучасних потреб туристичного руху та захистом інтересів майбутніх поколінь через призму здорового та безпечного довкілля. На основі вихідних оцінок підвищується ступінь обґрунтованості рішень щодо розробки майбутніх сценаріїв для інноваційного розвитку туристичної галузі у контексті сталого розвитку регіону.

При цьому вперше розроблено гібридну модель оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону, на основі задоволеності учасників туристичного руху. Модель складається з двох етапів. На першому етапі здійснюється фазифікація вхідних даних, що представляє собою, як лінгвістичні висновки, так і кількісні оцінки. Після цього отримується одна нормована оцінка рівня іміджу місця призначення у розрізі експертів. На другому етапі враховується експертний рівень сталого розвитку регіону та здійснюється дефазифікація даних для одержання однієї агрегованої оцінки рівня іміджу місця призначення в межах регіону. На основі агрегованої оцінки визначається лінгвістичний рівень іміджу місця призначення.

Подальше дослідження проблематики вбачаємо у апробації дослідження на даних відгуків учасників туристичного руху та конструюванні програмного забезпечення, як складової цифрової трансформації туристичної галузі. Таке програмне забезпечення буде корисним для аналізу регіонів, як для бізнесу з метою

інвестування, так і з боку держави, для розвитку та підтримки регіонів.

### Список використаної літератури

1. Polishchuk V., Kelemen M., Włoch I., Polishchuk A., Sharkadi M., Mlavets Yu. Conceptual Model of Presentation of Fuzzy Knowledge. *Proceedings of II International Scientific Symposium "Intelligent Solutions": X International School-Seminar "Decision Making Theory". CEUR Workshop Proceedings*. Kyiv-Uzhhorod, 28–30 September, 2021. P. 1–12. URL: [http://ceur-ws.org/Vol-3018/Paper\\_1.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-3018/Paper_1.pdf) (date of access: 15.08.2023).
2. Andria J., di Tollo G., Pesenti R. Fuzzy multi-criteria decision-making: An entropy-based approach to assess tourism sustainability. *Tourism Economics*. 2021. Vol. 27, No. 1. P. 168–186. DOI: <https://doi.org/10.1177/1354816619885207>
3. Romao J., Neuts B. Territorial capital, smart tourism specialization and sustainable regional development: Experiences from Europe. *Habitat International*. 2017. Vol. 68. P. 64–74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.04.006>
4. Constantin D. L., Mitrut C. Cultural tourism, sustainability and regional development: Experiences from Romania. *In Cultural Tourism and Sustainable Local Development*. 2016. P. 167–184.
5. Pai P. F., Hung K. C., Lin K. P. Tourism demand forecasting using novel hybrid system. *Expert Systems with applications*. 2014. Vol. 41, No. 8. P. 3691–3702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.12.007>
6. Ocampo L., Ebisa J. A., Ombe J., Escoto M. G. Sustainable ecotourism indicators with fuzzy Delphi method – A Philippine perspective. *Ecological indicators*. 2018. Vol. 93. P. 874–888. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.060>
7. Mahdavi A., Niknejad M., Karami O. A fuzzy multi-criteria decision method for ecotourism development locating. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2015. Vol. 13, No. 3. P. 221–236.
8. Ziyadin S., Borodin A., Streltsova E., Suiubayeva S., Pshembayeva D. Fuzzy logic approach in the modeling of sustainable tourism development management. *Polish Journal of management studies*. 2019. Vol. 19, No. 1. P. 492–504. DOI: <https://doi.org/10.17512/pjms.2019.19.1.37>
9. Jaderi F., Ibrahim Z. Z., Jaafarzadeh N., Abdullah R., Shamsudin M. N., Yavari A. R., Nabavi S. M. B. Methodology for modeling of city sustainable development based on fuzzy logic: a practical case. *Journal of Integrative Environmental Sciences*. 2014. Vol. 11, No. 1. P. 71–91. DOI: <https://doi.org/10.1080/1943815X.2014.889719>
10. Wullur M., Sutapa I. N. Measuring the tourist destination images based on service quality using fuzzy inference system. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 567, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/567/1/012007>
11. Skare M., Gavurova B., Polishchuk V. A Fuzzy Multicriteria Model of Sustainable Tourism: Examples From the V4 Countries. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3239519>

**Polishchuk V. V., Bilak Yu. Yu., Shafar A. A., Shpak O. I.** A hybrid mathematical model for evaluating the level of destination image in the context of sustainable development of the region.

Research has been carried out on the actual task of developing a hybrid model for evaluating the level of the image of the destination in the context of the sustainable development of the region.

The hybrid mathematical model takes into account the expert assessments of the participants of the tourist movement regarding visiting the destination through the prism of a healthy and safe environment; the dependence between expenses, the number of days of stay, and the satisfaction of visiting the destination is taken into account; includes expert conclusions on the level of sustainable development of regions, as an indicator between meeting the current needs of the tourist movement and protecting the interests of future generations through the prism of a healthy and safe environment. Based on initial assessments, the degree of validity of decisions regarding the development of future scenarios for the innovative development of the tourism industry in the context of sustainable development of the region increases. The research uses an adequate apparatus of fuzzy sets, fuzzy

logical derivation, multidimensional membership functions, intellectual analysis of knowledge, and system analysis, which makes it possible to increase the degree of reasonableness of management decisions regarding future scenarios.

At the same time, for the first time, a hybrid model was developed for evaluating the level of the image of the destination in the context of sustainable development of the region, based on the satisfaction of the participants of the tourist movement. The model consists of two stages. In the first stage, input data is fuzzification, which represents both linguistic conclusions and quantitative assessments. After that, one normalized assessment of the image level of the destination according to experts is obtained. At the second stage, the expert level of sustainable development of the region is taken into account and data defuzzification is carried out to obtain one aggregated assessment of the image level of the destination within the region. Based on the aggregated assessment, the linguistic level of the image of the destination is determined.

**Keywords:** hybrid model, decision-making, multi-criteria evaluation, fuzzy sets, digital transformation, sustainable development of regions.

## References

1. Polishchuk, V., Kelemen, M., Włoch, I., Polishchuk, A., Sharkadi, M., & Mlavets, Yu. (2021). Conceptual Model of Presentation of Fuzzy Knowledge. *X International School-Seminar "Decision Making Theory". CEUR Workshop Proceedings*. Kyiv-Uzhhorod. Retrieved from [http://ceur-ws.org/Vol-3018/Paper\\_1.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-3018/Paper_1.pdf)
2. Andria, J., di Tollo, G., & Pesenti, R. (2021). Fuzzy multi-criteria decision-making: An entropy-based approach to assess tourism sustainability. *Tourism Economics*, 27(1), 168–186. <https://doi.org/10.1177/1354816619885207>
3. Romao, J., & Neuts, B. (2017). Territorial capital, smart tourism specialization and sustainable regional development: Experiences from Europe. *Habitat International*, 68, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.04.006>
4. Constantin, D. L., & Mitrut, C. (2016). Cultural tourism, sustainability and regional development: Experiences from Romania. In *Cultural Tourism and Sustainable Local Development*, 167–184.
5. Pai, P. F., Hung, K. C., & Lin, K. P. (2014). Tourism demand forecasting using novel hybrid system. *Expert Systems with applications*, 41(8), 3691–3702. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.12.007>
6. Ocampo, L., Ebisa, J. A., Ombe, J., & Escoto, M. G. (2018). Sustainable ecotourism indicators with fuzzy Delphi method – A Philippine perspective. *Ecological indicators*, 93, 874–888. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.060>
7. Mahdavi, A., Niknejad, M., & Karami, O. (2015). A fuzzy multi-criteria decision method for ecotourism development locating. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 13(3), 221–236.
8. Ziyadin, S., Borodin, A., Streltsova, E., Suiubayeva, S., & Pshembayeva, D. (2019). Fuzzy logic approach in the modeling of sustainable tourism development management. *Polish Journal of management studies*, 19(1), 492–504. <https://doi.org/10.17512/pjms.2019.19.1.37>
9. Jaderi, F., Ibrahim, Z. Z., Jaafarzadeh, N., Abdullah, R., Shamsudin, M. N., Yavari, A. R., & Nabavi, S. M. B. (2014). Methodology for modeling of city sustainable development based on fuzzy logic: a practical case. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 11(1), 71–91. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2014.889719>
10. Wullur, M., & Sutapa, I. N. (2019). Measuring the tourist destination images based on service quality using fuzzy inference system. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 567(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/567/1/012007>
11. Skare, M., Gavurova, B., & Polishchuk, V. (2023). A Fuzzy Multicriteria Model of Sustainable Tourism: Examples From the V4 Countries. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3239519>

Одержано 24.09.2023