

РОЗДІЛ II. ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

УДК 519.86

DOI <https://doi.org/10.26661/2786-6254-2024-2-02>

НЕЙРО-НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИБОРУ МІСЦЯ ПРИЗНАЧЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ЦІЛЮВИХ ПОТРЕБ ТУРИСТА

Шафар А. А.

аспірант кафедри програмного забезпечення систем

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

вул. Заньковецької, 89А, Ужгород, Україна

orcid.org/0009-0004-2445-8232

andrii.shafar@uzhnu.edu.ua

Ключові слова: *вибір місця призначення, нечітка математика, нейро-мережі, соціальний клас, багатокритеріальний вибір, цифрова трансформація.*

Запровадження нейро-нечітких моделей дозволяє інтегрувати кількісні та якісні аспекти оцінювання, зокрема суб'єктивні чинники, такі як емоції, переваги та цінності туристів. Це дає змогу створити більш персоналізовані та релевантні рекомендації щодо вибору місць відпочинку, підвищуючи задоволеність туристів та ефективність туристичних сервісів. Дослідження сприяє розвитку інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у сфері туризму, підвищенню конкурентоспроможності туристичних напрямків та задоволенню різноманітних потреб туристів. Основною метою проведеного дослідження є розроблення нейро-нечіткої моделі оцінювання та вибору місця призначення з урахуванням цільових потреб туриста, його соціального класу та сучасних туристичних тенденцій на прикладі Закарпатській, Львівській та Івано-Франківській областях. Для цього вперше розроблено: інформаційну модель оцінювання та вибору місця призначення, враховуючи соціальний клас туристів; нечіткий метод оцінювання рівня задоволеності туристом місця призначення (регіону); нейро-нечіткий метод виведення цільових потреб туристів відносно їх соціальних класів; нечіткий метод оцінювання та вибору місць призначення. Верифіковано розроблену модель на реальних даних та проілюстровано приклад побудови ранжувального ряду регіонів для вибору місця призначення в контексті сучасних туристичних тенденцій, враховуючи соціальний клас потенційного туриста. Для формалізації даних використовується математичний апарат експертного оцінювання, теорії нечітких множин, нечіткої логіки, інтелектуального аналізу знань, нейро-мереж та багатокритеріального оцінювання альтернатив. Цінність моделі полягає в тому, що: враховує враження від місць призначення (регіонів) окремих туристів, після цього здійснюється оцінювання та виводиться загальний рівень задоволеності туристами даного місця призначення, в розрізі по групах критеріїв, що задають тренди пріоритетності місць призначення у майбутньому; здійснюється обробка даних демографічних характеристик респондентів та прогноуються їх цільові потреби щодо місця призначення, на основі нейро-нечіткої мережі. На виході отримується ранжувальний ряд для вибору розумного напрямку місць призначення для потенційного туриста, враховуючи його цільові потреби або його соціальний клас.

A NEURO-FUSSY MODEL FOR DESTINATION EVALUATION AND CHOICE TAKING INTO ACCOUNT THE TARGET NEEDS OF THE TOURIST

Shafar A. A.

Postgraduate Student at the Department of Software Systems

Uzhhorod National University

Zankovetska str., 89A, Uzhhorod, Ukraine

orcid.org/0009-0004-2445-8232

andrii.shafar@uzhnu.edu.ua

Key words: *choice of destination, fuzzy mathematics, neural networks, social class, multi-criteria choice, digital transformation.*

The introduction of neuro-fuzzy models allows the integration of quantitative and qualitative aspects of evaluation, in particular subjective factors such as emotions, preferences and values of tourists. This makes it possible to create more personalized and relevant recommendations for the choice of holiday destinations, increasing the satisfaction of tourists and the efficiency of tourist services. The research contributes to the development of intelligent decision support systems in the field of tourism, increasing the competitiveness of tourist destinations and meeting the various needs of tourists. The main goal of the research is to develop a neuro-fuzzy model for evaluating and choosing a destination, taking into account the target needs of the tourist, his social class and modern tourist trends, using the example of Zakarpattia, Lviv and Ivano-Frankivsk regions. For this purpose, the following was developed for the first time: an information model for evaluating and choosing a destination, taking into account the social class of tourists; a vague method of assessing the level of tourist satisfaction of the destination (region); a neuro-fuzzy method of deriving the target needs of tourists in relation to their social classes; a vague method of evaluating and selecting destinations. The developed model was verified on real data and an example of building a ranking series of regions for choosing a destination in the context of modern tourism trends, taking into account the social class of a potential tourist, was illustrated. The mathematical apparatus of expert evaluation, fuzzy set theory, fuzzy logic, intellectual analysis of knowledge, neural networks and multi-criteria evaluation of alternatives is used to formalize the data. The value of the model is that: it takes into account the impressions of the destinations (regions) of individual tourists, after that the evaluation is carried out and the general level of satisfaction of tourists of the given destination is derived, divided by groups of criteria that determine the priority trends of destinations in the future; data processing of respondents' demographic characteristics is carried out and their target needs regarding the destination are predicted, based on a neuro-fuzzy network. At the output, a ranking series is obtained for choosing a reasonable direction of destinations for a potential tourist, taking into account his target needs or his social class.

Вступ. Останні дослідження виявили кілька ключових тенденцій та факторів, що впливають на вибір місця призначення для подорожі. Одним з основних трендів є зростаюча увага до стійкого туризму. Інший важливий аспект стосується змін у поведінці туристів після пандемії. Мандрівники стали більше цінувати винятковий досвід, а також зросла увага до безпеки та якості послуг. Збільшилася частота подорожей, орієнтованих на здоров'я та відновлення, оскільки люди шукають способи розслабитися та відновити сили після стресів. Тому сьогодні постає задача удосконалення підходів до туристичного планування та обслуговування, що враховують індивідуальні переваги та потреби туристів. Сучасні туристи мають різноманітні очікування та вимоги до своїх подорожей, і традиційні методи оцінювання та вибору місць призначення можуть не враховувати ці складні і багатогранні фактори.

Запровадження нейро-нечітких моделей дозволяє інтегрувати кількісні та якісні аспекти оцінювання, зокрема суб'єктивні чинники, такі як емоції, переваги та цінності туристів. Це дає змогу створити більш персоналізовані та релевантні рекомендації щодо вибору місць відпочинку, підвищуючи задоволеність туристів та ефективність туристичних сервісів. Таким чином, дослідження сприяє розвитку інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у сфері туризму, підвищенню конкурентоспроможності туристичних напрямків та задоволенню різноманітних потреб туристів.

Основною метою проведеного дослідження є розроблення нейро-нечіткої моделі оцінювання та вибору місця призначення з урахуванням цільових потреб туриста, його соціальний клас та сучасні туристичні тенденції, наприкладі Закарпатській, Львівській та Івано-Франківській областях.

Огляд літератури. Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у процесах інтелектуального та електронного туризму забезпечує широкий потенціал даних і простір для створення багатовимірного аналізу та сценаріїв, а також алгоритмів прийняття рішень. Нові інструменти для розумного та електронного туризму постійно розробляються, але інформаційна невизначеність залишається. Багато досліджень підтверджують застосування нечітких підходів, як ефективного інструменту для вирішення багатокритеріальних проблем зі значними рівнями невизначеності у сфері інтелектуального туризму [1–3].

Мохаммед та ін. [4] пропонує рішення за допомогою застосування нечітких наборів і багатокритеріального аналізу рішень. У дослідженнях [5; 6] застосували багатокритеріальне прийняття рішень для порівняльного аналізу додатків для управління даними інтелектуального електро-

ного туризму. Хем та ін. [7] за допомогою аналізу нечітких множин виявили, що готовність компаній до інформаційних технологій відіграє ключову роль у розвитку конкурентоспроможного інтелектуального туризму. У дослідженні [8] запропоновано новий підхід до систем рекомендацій у туристичній індустрії, тобто поєднання алгоритму ABC (Artificial Bee Colony) та Fuzzy TOPSIS. Розроблена система здійснює пошук між напрямками і, таким чином, рекомендує найкраще місце для туристів. Багато світових напрямків запровадили ініціативи розумного туризму з метою підвищення конкурентоспроможності та стійкості [9], тоді як для розумного туризму та розумних міст важливо забезпечити екологічну, економічну та соціальну стійкість.

Тим не менше, сьогодні не має комплексного підходу, що уможливорює рекомендувати місця призначення з урахуванням цільових потреб туриста та враховуючи його соціальний клас.

Методи. Нехай розглядається $R = \{R_1; R_2; \dots; R_n\}$ – множина місць призначення (регіонів) щодо вибору їх для подорожі. Найважливіша множина туристів (респондентів) $E = \{e_1; e_2; \dots; e_m\}$, що вже відвідали місця призначення (регіон) та оцінюють цього використовуючи критерії оцінювання, що задають тренди пріоритетності місць призначення у майбутньому. Множина критеріїв оцінювання $K = \{K_{gh}; h = 1, m_g\}$, які розбиті на групи $G_1^g; G_2^g; \dots; G_l^g, g = 1, l$. Критерії оцінювання, разом із системою оцінювання, представляють собою інформаційну модель ІМ оцінювання та вибору місця призначення, враховуючи соціальний клас S туристів. P – потенційний турист, для якого буде виведений ранжувальний ряд місць призначення (регіонів), з метою прийняття рішення щодо подорожі, враховуючи його цільові потреби.

Нехай нейро-нечітку модель оцінювання та вибору місця призначення враховуючи цільові потреби туриста задається у вигляді теоретико-множинної моделі наступним чином:

$$\{R, E, S, P, IM, M_1, M_2, M_3 | Y\}. \quad (1)$$

Тут маємо такі моделі керовані даними: M_1 – нечіткий метод оцінювання рівня задоволеності туристом місця призначення (регіону); M_2 – нейро-нечіткий метод виведення цільових потреб туристів відносно їх соціальних класів; M_3 – нечіткий метод оцінювання та вибору місць призначення. В результаті отримується вихідна оцінка $Y = \{A; R^*\}$, де: A – ранжувальний ряд місць призначення (регіонів) відносно цільових потреб туристів, враховуючи їх соціальний клас; R^* – альтернативний варіант розумного напрямку для потенційного туриста при плануванні подорожі.

Нейро-нечітка модель представляється у розрізі чотирьох етапах.

На першому етапі здійснюється збір даних від респондентів за допомогою інформаційної моделі – *IM*.

Респонденти висловлюють своє враження від місця призначення щодо критеріїв, які представлені у вигляді питань. Причому, для формалізації такого ставлення пропонується множина лінгвістичних змінних $L = \{l_1 - \text{“Зовсім не погоджуюсь”}; l_2 - \text{“Не погоджуюсь”}; l_3 - \text{“Ні погоджуюсь, ні не погоджуюсь”}; l_4 - \text{“Погоджуюсь”}; l_5 - \text{“Цілком погоджуюсь”}\}$. Пропонуються наступні критерії оцінювання, які розбиті на 3 групи.

G_1 – безпека місця призначення: K_{11} – зрозумілі інформаційні таблиці щодо попередження про небезпеку; K_{12} – достатня кількість пристроїв, для контролю безпеки туристів; K_{13} – відсутність екологічного забруднення туристичного місця; K_{14} – належний рівень безпеки дорожнього руху; K_{15} – належний рівень безпеки якості місцевих продуктів та їжі; K_{16} – належний рівень безпеки помешкання; K_{17} – добре ставлення місцевих працівників до туристів; K_{18} – добре ставлення місцевих жителів до туристів; K_{19} – низька загроза здоров'ю в цілому;

G_2 – якість туристичної інфраструктури: K_{21} – якісна інфраструктура у місці призначення; K_{22} – добре розвинена мережа туристичної інформації; K_{23} – високий рівень гігієни та чистоти; K_{24} – у місці призначення добре розвинена торгівельна інфраструктура; K_{25} – у місці призначення добре розвинена зелена інфраструктура; K_{26} – у місці призначення сприятливий клімат; K_{27} – місце призначення щедre на культурні заходи; K_{28} – місце призначення щедre на історичні пам'ятки; K_{29} – місце призначення було не дорогим.

G_3 – загальні враження від місце призначення: K_{31} – місце призначення здавалося приємним місцем; K_{32} – місце призначення було веселим; K_{33} – місце призначення здавалося захоплюючим; K_{34} – високе бажання знову відвідати місце призначення у майбутньому; K_{35} – високе бажання рекомендувати місце призначення потенційним туристам.

Також від туристів збираються дані щодо їх демографічних характеристик. Комбінація значень демографічних характеристик представляє собою деякий соціальний клас – *S*. Наприклад, наводяться найпоширеніші демографічні характеристики, а також підходи їх формалізації:

dh_1 – кількість років учаснику туристичного руху.

Для формалізації пропонується використати трапецієподібну функцію належності, за наступною логікою: люди у віці від 21 до 37 років найбільше подорожують. Тоді функція належності буде мати вигляд:

$$\mu(dh_1) = \begin{cases} 0, & dh_1 \leq 18; \\ \frac{dh_1}{2} - 9, & 18 \leq dh_1 < 20; \\ 1, & 20 \leq dh_1 < 30; \\ \frac{75-dh_1}{45}, & 30 \leq dh_1 < 75; \\ 0, & dh_1 \geq 75. \end{cases} \quad (2)$$

dh_2 – соціально-економічний статус (студент; працевлаштований; безробітний; відпустка у зв'язку з вагітністю та пологами / опіка; пенсіонер). За допомогою характеристичної функції присвоюється деяка кількісна оцінка:

$$\mu(dh_2) = \begin{cases} 0,2 & \text{if } dh_2 = \text{“безробітний”}; \\ 0,4 & \text{if } dh_2 = \text{“декретна відпустка / опіка”}; \\ 0,6 & \text{if } dh_2 = \text{“студент”}; \\ 0,8 & \text{if } dh_2 = \text{“пенсіонер”}; \\ 1 & \text{if } dh_2 = \text{“працевлаштований”}. \end{cases} \quad (3)$$

dh_3 – рівень освіти (повна загальна середня освіта; професійно-технічна освіта; вища освіта ступінь бакалавр/вища освіта ступінь магістр). Аналогічно пропонується присвоїти кількісну оцінку за допомогою наступної характеристичної функції:

$$\mu(dh_3) = \begin{cases} 0,4 & \text{if } dh_3 = \text{“загальна середня”}; \\ 0,6 & \text{if } dh_3 = \text{“професійно – технічна”}; \\ 1 & \text{if } dh_3 = \text{“вища освіта”}. \end{cases} \quad (4)$$

dh_4 – середньомісячний дохід (до 6700 грн; 6700 – 10000 грн; 10000 – 14000 грн; 14000 – 18000 грн; 18000 – 22000 грн; 22000 – 26000 грн; 26000 – 30000 грн; 30000 – 34000 грн; більше 34000 грн). Використовується наступна характеристична функція для порівняння даних:

$$\mu(dh_4) = \begin{cases} 0,2 & \text{if } dh_4 = \text{“ до 6700 грн”}; \\ 0,3 & \text{if } dh_4 = \text{“6700 - 10000 грн”}; \\ 0,4 & \text{if } dh_4 = \text{“10000 - 14000 грн”}; \\ 0,5 & \text{if } dh_4 = \text{“14000 - 18000 грн”}; \\ 0,6 & \text{if } dh_4 = \text{“18000 - 22000 грн”}; \\ 0,7 & \text{if } dh_4 = \text{“22000 - 26000 грн”}; \\ 0,8 & \text{if } dh_4 = \text{“26000 - 30000 грн”}; \\ 0,9 & \text{if } dh_4 = \text{“30000 - 34000 грн”}; \\ 1 & \text{if } dh_4 = \text{“більше 34000 грн”}. \end{cases} \quad (5)$$

Далі наводяться математичні методи у загальному вигляді, що не залежать від кількості критеріїв чи демографічних характеристик.

На другому етапі здійснюється обробка даних від респондентів, за допомогою нечіткого методу оцінювання рівня задоволеності туристом місця призначення – M_1 .

Туристи оцінюють регіон на основі своїх вражень та досвіду, використовуючи критерії оцінювання, які впливають на їх вподобання та задають пріоритетність місць призначення у майбутньому. В результаті отримується набір вхідних лінгвістичних змінних. Для порівняння даних здійснюється перехід від лінгвістичних міркувань туристів по кожному критерію, до однієї агрегованої

нормованої оцінки за групами критеріїв. Для цього присвоюється деяка кількісна оцінка δ кожній лінгвістичній змінній за допомогою наступної характеристичної функції:

$$\delta = \begin{cases} \delta_1 = 1 & \text{якщо Зовсім не погоджуюсь,} \\ \delta_2 = 2 & \text{якщо Не погоджуюсь,} \\ \delta_3 = 3 & \text{якщо Ні погоджуюсь, ні не погоджуюсь,} \\ \delta_4 = 4 & \text{якщо Погоджуюсь,} \\ \delta_5 = 5 & \text{якщо Цілком погоджуюсь.} \end{cases} \quad (6)$$

Для порівняння даних, потрібно отримати нормовані оцінки окремо для груп критеріїв в розрізі туристів. Пропонується це здійснити на основі теорії нечітких множин та функцій належності. Наприклад, квадратичний S-сплайн буде задаватися наступною формулою:

$$\mu(e)_g = \begin{cases} 0, & \Delta_g \leq m_g; \\ \frac{1}{8} \left(\frac{\Delta_g}{m_g} - 1 \right)^2, & m_g < \Delta_g \leq 3m_g; \\ 1 - \frac{1}{8} \left(5 - \frac{\Delta_g}{m_g} \right)^2, & 3m_g < \Delta_g < 5m_g; \\ 1, & \Delta_g \geq 5m_g. \end{cases} \quad g = \overline{1, l}. \quad (7)$$

Де Δ_g – агрегована кількісна оцінка в розрізі туристах $e: \Delta_g = \sum_{h=1}^m \delta_{gh}$, $g = \overline{1, l}$, m_g – кількість критеріїв у g – вій групі критеріїв.

Таким чином, для кожної групи факторів g , у розрізі по туристах, у деякому місці призначення R_j , отримуються нормовані оцінки $\mu(e_i)_{gj} \in [0; 1], i = 1, m; g = \overline{1, l}; j = \overline{1, n}$, що уможливають розкривати суб’єктивізм експертних висновків.

Для виведення загального рівня задоволеності туристами місця призначення (регіону) щодо знаходиться зважена сума в розрізі по групах критеріїв:

$$\theta_{gj} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \mu(e_i)_{gj}, \quad g = \overline{1, l}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Нормовані оцінки $\theta_{gj} \in [0; 1]$ вказують на загальний рівень задоволеності туристами від відвідування місця призначення (регіону) відповідно по групах критеріїв оцінювання щодо сучасних туристичних тенденцій. Чим більший рівень, тим вища задоволеність туристів від подорожі.

На третьому етапі здійснюється обробка даних демографічних характеристик потенційних туристів та прогнозуються їх цільові потреби щодо місця призначення. Це здійснюється за допомогою нейро-нечіткого методу – M_2 .

Нехай на вхід нейро-нечіткого методу подаються оцінки демографічних характеристик потенційного туриста, що в сукупності представляють собою деякий соціальний клас $S = (dh_1, dh_2, \dots, dh_{st})$. Розглядається об’єкт виду $\gamma = f(dh_1, dh_2, \dots, dh_{st})$ для якого зв’язок “входи dh_q – вихід γ ” подаються у вигляді продукційних правил нечіткої бази знань:

ЯКЩО (dh_1 з вагою α_1) ТА (dh_2 з вагою α_2) ТА ... ТА (dh_{st} з вагою α_{st}) ТОДІ γ

Де $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l)$ – це цільові потреби сучасних туристичних тенденцій, що співвідносяться із групами критеріїв оцінювання G_1, G_2, \dots, G_l .

Згідно представлені інформаційної моделі IM потрібно побудувати базу нечітких знань цільових потреб туристів, що складається з систем логічних висловлювань – “Якщо – Тоді, Інакше”, які пов’язують значення вхідних лінгвістичних цільових потреб (Z_1, Z_2, \dots, Z_l) з одним із можливих кількісних значень U :

ЯКЩО $Z_1 = \gamma_{1l}$ та $Z_2 = \gamma_{2l}$ та ... та $Z_l = \gamma_{ll}$ ТОДІ $U = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l)$ ІНАКШЕ... Пропонується нечітка база знань цільових потреб наступним чином.

G_1 – безпека місця призначення: якщо $\gamma_1 = [0; 0, 25]$ тоді мінімальна потреба у безпеці (γ_{11}); якщо $\gamma_1 = (0, 25; 0, 5]$ тоді незначна потреба у безпеці (γ_{12}); якщо $\gamma_1 = (0, 5; 0, 65]$ тоді значна потреба у безпеці (γ_{13}); якщо $\gamma_1 = (0, 65; 0, 85]$ тоді пріоритетна потреба у безпеці (γ_{14}); якщо $\gamma_1 = (0, 85; 1]$ тоді найвища пріоритетна потреба у безпеці (γ_{15}).

G_2 – якість туристичної інфраструктури: якщо $\gamma_2 = [0; 0, 25]$ тоді мінімальна потреба у якісній туристичній інфраструктурі (γ_{21}); якщо $\gamma_2 = (0, 25; 0, 45]$ тоді незначна потреба у якісній туристичній інфраструктурі (γ_{22}); якщо $\gamma_2 = (0, 45; 0, 55]$ тоді значна потреба у якісній туристичній інфраструктурі (γ_{23}); якщо $\gamma_2 = (0, 55; 0, 85]$ тоді пріоритетна потреба у якісній туристичній інфраструктурі (γ_{24}); якщо $\gamma_2 = (0, 85; 1]$ тоді найвища пріоритетна потреба у якісній туристичній інфраструктурі (γ_{25}).

G_3 – загальні враження від місця призначення: якщо $\gamma_3 = [0; 0, 35]$,тоді мінімальна потреба щодо вражень від місця призначення (γ_{31}); якщо $\gamma_3 = (0, 35; 0, 55]$,тоді незначна потреба щодо вражень від місця призначення (γ_{32}); якщо $\gamma_3 = (0, 55; 0, 65]$,тоді значна потреба щодо вражень від місця призначення (γ_{33}); якщо $\gamma_3 = (0, 65; 0, 85]$ тоді пріоритетна потреба щодо вражень від місця призначення (γ_{34}); якщо $\gamma_3 = (0, 85; 1]$, тоді найвища пріоритетна потреба щодо вражень від місця призначення (γ_{35}).

База знань є відкрита, не залежить від кількості правил у цільових потребах. Особа, яка налаштує всі процеси оцінювання, завжди може її корегувати шляхом зміни кількісних рівнів або правил у цільових потребах.

Для виведення прогнозованого рівня цільових потреб γ сучасних туристичних тенденцій для потенційного туриста, який має свій набір демографічних характеристик, представляється чотири шаровий нейро-нечіткий метод. Причому кількість нейро-мереж буде відповідати кількості цільових потреб $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l$, а відрізнятися вони

$$\gamma = (Z_1, Z_2, \dots, Z_l). \quad (12)$$

де γ – вектор вихідної оцінки $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l)$, компоненти його приймають значення із інтервалу $[0; 1]$, Z_1, Z_2, \dots, Z_l – вхідні лінгвістичні змінні, а для їх оцінювання використовуються якісні терми відповідно: $Z_1 = (\gamma_{11}, \gamma_{12}, \dots, \gamma_{15}), Z_2 = (\gamma_{21}, \gamma_{22}, \dots, \gamma_{25}), \dots, Z_l = (\gamma_{l1}, \gamma_{l2}, \dots, \gamma_{l5})$.

Нехай вектор вихідної кількісної та нормованої оцінки $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l)$, що отримується на основі лінгвістичного побажання ОПР, або за допомогою нейро-нечіткого методу виведення цільових потреб, позначається відповідно $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l) = (t_1, t_2, \dots, t_l)$. Такий вектор містить знання «вектору задоволення» $T = (t_1, t_2, \dots, t_l)$. Далі для побудови ранжувального ряду місць призначення (регіонів) пропонується наступний підхід.

Спочатку знаходяться відносні оцінки близькості місць призначення (регіонів) до «вектору задоволення» за кожною окремою цільовою потребою $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l$:

$$Q_j = (q_{1j}; q_{2j}; \dots; q_{lj}) = (1; 1; \dots; 1) - (\varphi_{1j}; \varphi_{2j}; \dots; \varphi_{lj}). \quad (13)$$

де $\varphi_{1j}, \varphi_{2j}, \dots, \varphi_{lj}, j = \overline{1, n}$, функції належності близькості місць призначення (регіонів) до «вектору задоволення», які обчислюються наступним чином:

$$\begin{cases} \varphi_{1j} = \frac{|t_1 - \theta_{1j}|}{\max\{t_1 - \min_j \theta_{1j}; \max_j \theta_{1j} - t_1\}}, \\ \varphi_{2j} = \frac{|t_2 - \theta_{2j}|}{\max\{t_2 - \min_j \theta_{2j}; \max_j \theta_{2j} - t_2\}}, \\ \dots \\ \varphi_{lj} = \frac{|t_l - \theta_{lj}|}{\max\{t_l - \min_j \theta_{lj}; \max_j \theta_{lj} - t_l\}}. \end{cases} \quad (14)$$

Далі ОПР задає вагові коефіцієнти за кожною групою критеріїв оцінювання $\{u_1, u_2, \dots, u_l\}$ з інтервалу $[1, 10]$. Їх нормування наступне:

$$\bar{u}_g = \frac{u_g}{\sum_{g=1}^l u_g}, \quad \bar{u}_g \in [0; 1]. \quad (15)$$

Для побудови ранжувального ряду A місць призначення (регіонів) отримуються агреговані оцінки альтернативних варіантів:

$$Y(f_j) = \bar{u}_1 \cdot q_{1j} + \bar{u}_2 \cdot q_{2j} + \dots + \bar{u}_l \cdot q_{lj}, j = \overline{1, n}. \quad (16)$$

На основі отриманих оцінок будується ранжувальний ряд місць призначення (регіонів) та вибирається альтернативний варіант R^* для потенційного туриста при плануванні подорожі:

$$R^* = \max_j Y(f_j), \quad j = \overline{1, n}. \quad (17)$$

Тим самим, найкраще альтернативне рішення буде найближчим до «вектору задоволення» за цільовими потребами туриста та враховуючи його соціальний клас.

Результати. Нейро-нечітку модель оцінювання та вибору місця призначення, враховуючи цільові потреби туриста, верифіковано та апробовано на реальних даних від 327 респондентів, що збиралися з жовтня по грудень 2023 року в Закарпатській, Львівській та Івано-Франківській областях [10]. Дані, що стосуються дослідження, доступні у відкритому доступі [10]. Респонденти мали заповнити анкету, яка була спрямована на вивчення ставлення до туристичного досвіду в різних обраних сферах. Вони ділилися враженнями про відвідані регіони за період з 2020 до 2023 років. Анкета складалася з 16 груп питань, у загальній кількості 320. Отримані статистичні дані відповідають вимогам формування якісної вибірки, а відібрані респонденти охоплювали повний спектр елементів досліджуваної проблематики і мали різні демографічні характеристики. Використовуючи нейро-нечітку модель, було проведено експерименти на основі всієї множини даних. У статті наводиться приклад оцінювання на фрагментах даних.

На першому етапі моделі було здійснено збір даних від респондентів, враховуючи їх соціальний клас за допомогою інформаційної моделі – *IM*

Респонденту потрібно було відповісти на питання та вибрати той варіант, що близький до істини. В результаті отримується набір вхідних лінгвістичних змінних [10].

Далі на другому етапі здійснюється обробка вхідних даних за допомогою нечіткого методу оцінювання рівня задоволеності туристом місця призначення (M_1). Спочатку виводиться агрегована кількісна оцінка по туристах, згідно формули (7). Для наглядної інтерпретації оцінювання наводяться фрагменти даних по туристах Тячівського району Закарпатської області, таблиця 1.

Таблиця 1

Фрагменти вхідних даних

Значення	e_2	e_6	e_7	...	e_{322}
$\mu(e)_1$	0,125	0,739	0,261	...	0,222
$\mu(e)_2$	0,099	0,813	0,261	...	0,924
$\mu(e)_3$	0,08	0,92	0,32	...	0,955

Після цього за формулою (8) отримуються нормовані оцінки окремо для груп критеріїв в межах регіону. Наприклад, для 38 туристів Тячівського району: $\theta_1 = 0,268$; $\theta_2 = 0,65$; $\theta_3 = 0,709$.

Аналогічно обчислюються загальні рівні задоволеності туристами від інших регіонів. Наприклад, серед шести районів здійснюється вибір розумного напрямку, табл. 2.

Таблиця 2
Загальний рівень задоволеності туристами
в регіонах

	Область	Назва району	θ_1	θ_2	θ_3
R_1	Закарпатська	Тячівський	0,268	0,65	0,709
R_2	Львівська	Львівський	0,373	0,754	0,8
R_3	Закарпатська	Ужгородський	0,31	0,69	0,773
R_4	Закарпатська	Мукачівський	0,262	0,71	0,765
R_5	Івано-Франківська	Івано-Франківський	0,29	0,777	0,816
R_6	Закарпатська	Рахівський	0,366	0,712	0,77

На третьому етапі моделі здійснюється обробка даних демографічних характеристик потенційних туристів та прогноуються їхні цільові потреби щодо місця призначення на основі сучасних туристичних тенденцій за допомогою нейро-нечіткого методу – M_2 .

Нехай існує деякий потенційний турист, P для якого буде виведений ранжувальний ряд регіонів $R_1 - R_6$. Потенційний турист має наступні оцінки демографічних характеристик: {36 років; працевлаштований; вища освіта; 22000 – 26000 грн}.

Далі для виведення прогнозованого рівня цільових потреб $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$ здійснюється операція фазифікації для кожної демографічної характеристики за формулами (2)-(5) відповідно: $\mu(dh_1) = 0,87$; $\mu(dh_2) = 1$; $\mu(dh_3) = 1$; $\mu(dh_4) = 0,7$.

327 респондентів висловилися щодо лінгвістичних цільових потреб, а саме: γ_1 – безпека місця призначення; γ_2 – якість туристичної інфраструктури; γ_3 – загальні враження від місця призначення. На основі отриманого реального набору даних було проведено навчання нейро-нечіткої мережі за допомогою методу зворотного поширення похибки. В результаті отримуються синаптичні ваги для кожної окремої цільової потреби:

$$\gamma_1 : \alpha_1 = 0,839 ; \alpha_2 = 0,911 ; \alpha_3 = 0,824 ; \alpha_4 = 0,953.$$

$$\gamma_2 : \alpha_1 = 0,692 ; \alpha_2 = 0,831 ; \alpha_3 = 0,7 ; \alpha_4 = 0,882.$$

$$\gamma_3 : \alpha_1 = 0,882 ; \alpha_2 = 0,851 ; \alpha_3 = 0,721 ; \alpha_4 = 0,89.$$

Далі обчислюються функції постсинаптичного потенціалу нейронів другого шару, за формулою (9), у розрізі по цільовим потребам:

$$\omega_1(\gamma_1) \approx 0,7488 ; \omega_2(\gamma_1) \approx 0,8131 ; \omega_3(\gamma_1) \approx 0,7354 ; \omega_4(\gamma_1) \approx 0,8506.$$

$$\omega_1(\gamma_2) \approx 0,6176 ; \omega_2(\gamma_2) \approx 0,7417 ; \omega_3(\gamma_2) \approx 0,6248 ; \omega_4(\gamma_2) \approx 0,7872.$$

$$\omega_1(\gamma_3) \approx 0,7872 ; \omega_2(\gamma_3) \approx 0,7595 ; \omega_3(\gamma_3) \approx 0,6435 ; \omega_4(\gamma_3) \approx 0,7943.$$

Далі для кожної демографічної характеристики системний аналітик визначає синаптичні ваги відповідно з деякого інтервалу $[1;10]$, наприклад: $\beta_1 = 6; \beta_2 = 8; \beta_3 = 6; \beta_4 = 10$. Потім за формулою (10) відбувається обчислення функції постсинаптичного потенціалу нейронів третього шару, відповідно у розрізі цільових потреб:

$$\eta_1(\gamma_1) \approx 0,1498 ; \eta_2(\gamma_1) \approx 0,2168 ; \eta_3(\gamma_1) \approx 0,1471 ; \eta_4(\gamma_1) \approx 0,2835.$$

$$\eta_1(\gamma_2) \approx 0,1235 ; \eta_2(\gamma_2) \approx 0,1978 ; \eta_3(\gamma_2) \approx 0,125 ; \eta_4(\gamma_2) \approx 0,2624.$$

$$\eta_1(\gamma_3) \approx 0,1574 ; \eta_2(\gamma_3) \approx 0,2025 ; \eta_3(\gamma_3) \approx 0,1287 ; \eta_4(\gamma_3) \approx 0,2648.$$

На четвертому шарі здійснюється дефазифікація даних за формулою (11) окремо по цільовим потребам: $\gamma_1 = 0,7972$; $\gamma_2 = 0,7086$; $\gamma_3 = 0,7534$.

Отриману оцінку можна співставити до лінгвістичного трактування цільових потреб. Тоді отримується, що потенційний турист, як представник соціального класу, має наступні пріоритети: для G_1 (безпека місця призначення) має пріоритетну потребу у безпеці – Z_1 ; для G_2 (якість туристичної інфраструктури) має пріоритетну потребу у якійшій туристичній інфраструктурі – Z_2 ; для G_3 (загальні враження від місця призначення) має пріоритетну потребу щодо вражень від місця призначення – Z_3 .

На четвертому етапі моделі здійснюється побудова ранжувального ряду регіонів $R_1 - R_6$ для вибору потенційним туристом відносно соціального класу, на основі нечіткого методу оцінювання та вибору місць призначення – M_3 .

Нехай «вектор задоволення» $T^* = (Z_1, Z_2, Z_3)$ був отриманий на основі нейро-нечіткого методу M_2 . Тоді $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3) = (t_1, t_2, t_3) = (0,7972 ; 0,7086 ; 0,7534)$. Далі знаходяться відносні оцінки близькості регіонів до «вектору задоволення». Для цього обчислюються функції належності близькості регіонів до «вектору задоволення» за формулою (14). Далі отриманий результат підставляється у формулу (13). Результати обчислення наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Оцінки близькості до «вектору задоволення»

	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
φ_1	0,989	0,793	0,91	0,948	0,948	0,806
φ_2	0,857	0,664	0,272	0,02	1	0,05
φ_3	0,709	0,744	0,313	0,185	1	0,265
q_1	0,011	0,207	0,09	0,052	0,052	0,194
q_2	0,143	0,336	0,728	0,98	0	0,95
q_3	0,291	0,256	0,687	0,815	0	0,735

Нехай ОПР задає вагові коефіцієнти за кожною групою критеріїв оцінювання $\{10; 7; 9\}$. За формулою (15) проводиться їх нормування: $\bar{u}_1 = 0,39$; $\bar{u}_2 = 0,27$; $\bar{u}_3 = 0,34$. Для побудови ранжувального ряду районів, використовується формула (16): $Y(f_1) = 0,144$; $Y(f_2) = 0,259$; $Y(f_3) = 0,468$; $Y(f_4) = 0,566$; $Y(f_5) = 0,02$; $Y(f_6) = 0,585$.

На основі отриманих агрегованих оцінок будується ранжувальний ряд регіонів: $R_6, R_4, R_3, R_2, R_1, R_5$. В якості альтернативного варіанту для потенційного туриста, враховуючи його соціальний клас та сучасні туристичні тенденції, отримується $R^* = R_6$ – Рахівський район Закарпатської області.

Висновки. У роботі розроблена нейро-нечітка модель оцінювання та вибору місця призначення з урахуванням цільових потреб туриста, його соціальний клас та сучасні туристичні тенденції на прикладі Закарпатської, Львівської та Івано-Франківської областей. Для цього вперше розроблено: інформаційну модель оцінювання та вибору місця призначення, враховуючи соціальний клас туристів; нечіткий метод оцінювання рівня задоволеності туристом місця призначення (регіону); нейро-нечіткий метод виведення цільових потреб туристів відносно їх соціальних класів; нечіткий метод оцінювання та вибору місць призначення. Верифіковано розроблену модель на реальних даних та проілюстровано приклад побудови ранжувального ряду регіонів для вибору місця призначення в контексті сучасних туристичних тенденцій, враховуючи соціальний клас потенційного туриста.

тичних тенденцій, враховуючи соціальний клас потенційного туриста.

Цінність моделі в тому, що: враховує враження від місць призначення (регіонів) окремих туристів, після цього здійснюється оцінювання та виводиться загальний рівень задоволеності туристами даного місця призначення, в розрізі по групах критеріїв, що задають тренди пріоритетності місць призначення у майбутньому; здійснюється обробка даних демографічних характеристик респондентів та прогноуються їх цільові потреби щодо місця призначення на основі нейро-нечіткої мережі. На виході отримується ранжувальний ряд для вибору розумного напрямку місць призначення (регіонів) для потенційного туриста, враховуючи його цільові потреби або його соціальний клас.

Поставлена задача представляє собою складну систему оцінювання, тому вона не може бути розв'язана відомими формальними підходами, що використовуються для розв'язування задач одного класу. У зв'язку з цим нейро-нечітка модель поєднує у собі ряд нечітких методів та підходів. Для формалізації даних використовується математичний апарат експертного оцінювання, теорії нечітких множин, нечіткої логіки, інтелектуального аналізу знань, нейро-мереж та багатокритеріального оцінювання альтернатив.

Подальше дослідження даної проблематики вбачаємо в конструюванні програмного забезпечення для можливості практичного застосування нейро-нечіткої моделі оцінювання та вибору місця призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Badu-Baiden F., Correia A., Kim S. How do tourists' memorable local gastronomy experiences and their personal gastronomic traits influence destination loyalty? A fuzzy set approach. *Journal of Travel & Tourism Marketing*. 2022. 39(5). 501-515. DOI: 10.1080/10548408.2022.2148041.
2. Firmansyah H. S., Supangkat S. H., Arman A. A., Giabbanelli P. J. Identifying the components and interrelationships of smart cities in Indonesia: Supporting policymaking via fuzzy cognitive systems. *IEEE Access*. 2019. 7. 46136-46151. DOI: 10.1109/access.2019.2908622.
3. Ладик С., Базилук К. Використання апарату теорії нечітких множин для оцінювання якості турпродукту. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. 2022. 1(5). 47–51.
4. Mohammed R. T., Alamoodi A. H., Albahri O. S., Zaidan A. A., AlSattar H. A., Aickelin U., Albahri A. S., Zaidan B. B., Ismail A. R., Malik R. Q. A decision modeling approach for smart e-tourism data management applications based on spherical fuzzy rough environment. *Applied Soft Computing*. 2023. 143. 110297. DOI: 10.1016/j.asoc.2023.110297.
5. Alamoodi A.H., Mohammed R.T., Albahri O.S., Qahtan S., Zaidan A.A., Alsattar H.A., Albahri A.S., Aickelin U., Zaidan B.B., Baqer M.J., Najm Jasim A. Based on neutrosophic fuzzy environment: a new development of FWZIC and FDOSM for benchmarking smart e-tourism applications. *Complex Intell. Syst.* 2022. 8. 3479–3503. DOI: 10.1007/s40747-022-00689-7.
6. Milošević M. R., Milošević D. M., Stanojević A. D., Stević D. M., Simjanović D. J. Fuzzy and Interval AHP Approaches in Sustainable Management for the Architectural Heritage in Smart Cities. *Mathematics*. 2021. 9(4). 304. DOI: 10.3390/math9040304.
7. Ham J., Koo C., Chung N. Configurational patterns of competitive advantage factors for smart tourism: An equifinality perspective. *Current Issues in Tourism*. 2020. 23(9). 1066-1072. DOI: 10.1080/13683500.2019.1566303.
8. Forouzandeh S., Rostami M., Berahmand K. A hybrid method for recommendation systems based on tourism with an evolutionary algorithm and topsis model. *Fuzzy Information and Engineering*. 2022. 14(1). 26-50. DOI: 10.1080/16168658.2021.2019430.

9. Bastidas-Manzano A-B., Sánchez-Fernández J., Casado-Aranda L-a. The Past, Present, and Future of Smart Tourism Destinations: A Bibliometric Analysis. *Journal of Hospitality & Tourism Research*. 2020. 45(3). 529-552. DOI: 10.1177/1096348020967062.
10. Дані 327 респондентів для оцінювання та вибору місця призначення враховуючи цільові потреби туриста. URL: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LlgRiHG1zP43xiIp7lyT7ydiqDXYX0fg/edit?usp=sharing&ouid=110688046638619396256&rtpof=true&sd=true> (дата звернення: 01.08.2024).

REFERENCES

1. Badu-Baiden F., Correia A., Kim S. (2022). How do tourists' memorable local gastronomy experiences and their personal gastronomic traits influence destination loyalty? A fuzzy set approach. *Journal of Travel & Tourism Marketing*. 39(5). 501-515. DOI: 10.1080/10548408.2022.2148041
2. Firmansyah H. S., Supangkat S. H., Arman A. A., Giabbanelli P. J. (2019). Identifying the components and interrelationships of smart cities in Indonesia: Supporting policymaking via fuzzy cognitive systems. *IEEE Access*. 7. 46136-46151. DOI: 10.1109/access.2019.2908622
3. Ladyk S., Bazylyuk K. (2022). Vykorystannya aparatu teoriiy nechitkykh mnozhyn dlya otsinyuvannya yakosti turproduktu. *Innovatsiyi ta tekhnolohiyi v sferi posluh i kharchuvannya*. 1(5). 47-51. (in Ukrainian).
4. Mohammed R. T., Alamoodi A. H., Albahri O. S., Zaidan A. A., AlSattar H. A., Aickelin U., Albahri A. S., Zaidan B. B., Ismail A. R., Malik R. Q. (2023). A decision modeling approach for smart e-tourism data management applications based on spherical fuzzy rough environment. *Applied Soft Computing*. 143. 110297. DOI: 10.1016/j.asoc.2023.110297
5. Alamoodi A.H., Mohammed R.T., Albahri O.S., Qahtan S., Zaidan A.A., Alsattar H.A., Albahri A.S., Aickelin U., Zaidan B.B., Baqer M.J., Najm Jasim A. (2022). Based on neutrosophic fuzzy environment: a new development of FWZIC and FDOSM for benchmarking smart e-tourism applications. *Complex Intell. Syst.* 8. 3479–3503. DOI: 10.1007/s40747-022-00689-7
6. Milošević M. R., Milošević D. M., Stanojević A. D., Stević D. M., Simjanović D. J. (2021). Fuzzy and Interval AHP Approaches in Sustainable Management for the Architectural Heritage in Smart Cities. *Mathematics*. 9(4). 304. DOI: 10.3390/math9040304
7. Ham J., Koo C., Chung N. (2020). Configurational patterns of competitive advantage factors for smart tourism: An equifinality perspective. *Current Issues in Tourism*. 23(9). 1066-1072. DOI: 10.1080/13683500.2019.1566303
8. Forouzandeh S., Rostami M., Berahmand K. (2022). A hybrid method for recommendation systems based on tourism with an evolutionary algorithm and topsis model. *Fuzzy Information and Engineering*. 14(1). 26-50. DOI: 10.1080/16168658.2021.2019430
9. Bastidas-Manzano A-B., Sánchez-Fernández J., Casado-Aranda L-a. (2020). The Past, Present, and Future of Smart Tourism Destinations: A Bibliometric Analysis. *Journal of Hospitality & Tourism Research*. 45(3). 529-552. DOI: 10.1177/1096348020967062
10. Data of 327 respondents for evaluation and selection of the destination taking into account the target needs of the tourist. URL: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LlgRiHG1zP43xiIp7lyT7ydiqDXYX0fg/edit?usp=sharing&ouid=110688046638619396256&rtpof=true&sd=true> (date of access: 01.08.2024).