

УДК 519.86

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТУРИСТИЧНОГО РУХУ ЩОДО ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ДОСТУПНОСТІ

I. В. Поліщук, В. В. Поліщук, В. І. Повханич

*Ужгородський національний університет,
пл. Народна, 3, Ужгород, 88000, Україна*

Побудовано модель нечіткого логічного виводу рівня задоволеності від подорожі щодо інфраструктури та доступності. Для цього розроблено інформаційну модель критеріїв оцінювання рівня туристичного руху відносно інфраструктури та доступності; модель нечіткого логічного виводу рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду від інфраструктури та доступності. В основу дослідження покладено апарат нечітких множин, нечіткої логіки та інтелектуального аналізу знань, що дає змогу підвищити ступінь обґрунтованості остаточних управлінських рішень. Побудовано правила належності для виведення кількісної нормованої оцінки щодо позитивних та негативних аспектів. На основі кількісної оцінки рівня туристичного руху можна аналізувати ситуацію у туризмі в розрізі регіонів для прийняття рішень на покращення якості інфраструктури, задоволеності учасників та розвитку регіонів.

Ключові слова: *нечітка множина, регіональний туризм, система підтримки прийняття рішень, експертні оцінки, нечітка логіка, інтелектуальний аналіз знань.*

Постановка проблеми. Туризм є найдинамічнішою, а також найшвидшою галуззю послуг, що розвивається. Технологічний розвиток, розвиток ринків, напрямів та інфраструктури також значною мірою сприяють розвитку туризму. Значно впливають на туризм тенденції глобалізації та масове споживання. З економічного погляду туризм є наймасштабнішим бізнесом в усьому світі. Це ключовий експорт послуг для багатьох економік світу, що значно сприяє створенню робочих місць та розвитку регіональної економіки. Останні економічні дані показують, що в країнах-членах Організації економічного співробітництва та розвитку туризм робить внесок на рівні 4,7 % у створення валового внутрішнього продукту, на 6 % у створення нових робочих місць і на 21 % на експорт послуг.

Паралельно з розвитком туризму проводяться дослідження, які стосуються питання сталості туризму. Незважаючи на широкі дослідження вимірів туризму, багато емпіричних і теоретичних питань залишаються невирішеними. Ці зусилля також ускладнюються значною неоднорідністю туристичного сектору, застосуванням поточних емпіричних методів і технік до різних наборів даних, а також недостатнім урахуванням теоретичних і емпіричних наслідків застосованих методів. Особливістю багатьох досліджень є те, що в аналітичних процесах застосовуються

дані для конкретної країни або групи країн чи регіонів. Також спостерігаються дуже різні групи населення. Дослідження недостатньо відображають навіть неоднорідність між напрямками, тому зручність використання та інтерпретація результатів є значно обмеженою. Підготовка порівняльної платформи є складною, оскільки вплив різноманітних соціально-економічних факторів, погодних та економічних циклів, культурних аспектів, політичної ситуації в країні, рівня безпеки та корупції відіграють важливу роль.

Динамічне середовище в туризмі потребує створення моделей інформаційних технологій, а отже, ініціює розвиток нових емпіричних підходів до його дослідження. Туризм має історичні, психологічні, соціальні, культурні, міжнародні, економічні, політичні, екологічні та технологічні аспекти, які підтримують цей сектор у його розвитку. Важливою частиною цих вимірів є туристична інфраструктура, яка безпосередньо впливає на попит в туризмі. Кілька дослідницьких груп займалися питанням аналізу та прогнозування туристичного попиту. Їх дослідження вказують на методологічні проблеми, а також прогрес у розвитку методів, моделей і підходів. Вони також вказують на необхідність постійного дослідження методологічної платформи та перевірки придатності та застосовності як добре відомих, так і менш відомих методів для досягнення оптимальних результатів у процесах прийняття рішень не лише на урядовому рівні, а й на мікрорівнях управління.

Світовий туризм значно зріс до початку 2020 року завдяки технологічному прогресу, процесам глобалізації та цифрової трансформації туристичної галузі. У своєму дослідженні Організація економічного співробітництва та розвитку визначила чотири мегатренди, які будуть визначати розвиток туристичного сектору до 2040 року: розвиток попиту відвідувачів, зростання сталого туризму, допоміжні технології та мобільність подорожей. Туристична інфраструктура також пов'язана з цими мегатенденціями, які розглядаються з багатьох аспектів.

Дослідження спрямоване на підтримку прийняття рішень щодо доцільності покращення доступності, внутрішньої та зовнішньої інфраструктури з метою підвищення туристичного руху в регіонах. У дослідженні визначаються кількісний та лінгвістичний рівні із застосуванням інноваційного інструменту — інтелектуального аналізу знань учасників туристичного руху. Дослідження враховує рівень задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду учасників туристичного руху від інфраструктури та доступності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розглянемо деякі застосування теорії нечіткої математики до розв'язування прикладних задач у туристичній галузі. У праці [1] висвітлено переваги нечітких моделей і комбінованих підходів для точного прогнозування туристичного попиту. Розроблена система складалася із комбінації нової системи прогнозування, що поєднує нечіткі С-середні з логарифмічними технологіями найменших квадратів підтримки векторної регресії. У публікації [2] подано підхід до вирішення проблем прогнозування в туризмі за допомогою гібридної інтелектуальної системи під назвою «Adaptive Neuro Fuzzy Inference System». Ця система поєднує в собі можливості навчання нейронної мережі та можливості міркування нечіткої логіки, щоб забезпечити розширені

можливості прогнозування. У публікації [3] висвітлено питання персоналізованої інформації для онлайн-користувачів у туристичній індустрії. Автори описують методи спільної фільтрації для прогнозування вимог до інформації для задоволення потреб клієнтів з метою боротьби з інформаційним перевантаженням у готельній індустрії. Багатокритеріальна спільна фільтрація може визначати точні рекомендації на основі оцінки уподобань користувача. Автори пропонують використовувати новий гібридний метод шляхом зменшення розмірності та техніки прогнозування. Вони розробили багатокритеріальну систему спільної фільтрації, щоб підвищити точність прогнозування за допомогою моделі Гауса з алгоритмом максимізації очікування та системою адаптивного нейро-нечіткого висновку. Результати експериментів підтвердили, що запропонований гібридний метод досяг високої точності вирішення поставленої задачі в туристичній сфері. У праці [4] досліджено переваги різних штучних нейронних мереж і гібридних моделей при розв'язанні задачі точного прогнозування прибуття туристів до досліджуваного місця призначення. У публікації [5] також вирішили проблему точного прогнозування прибуття туристів. Як оптимальний метод вирішення дослідницької проблеми автори обрали гібридну модель штучного інтелекту для розробки нечіткої системи на основі правил типу Мамдані.

Мета статті — розроблення моделі нечіткого логічного виводу рівня задоволеності від подорожі щодо інфраструктури та доступності на основі очікуваного та реального досвіду учасників туристичного руху.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нехай маємо $R_c = \{R_{c1}; R_{c2}; \dots; R_{c_c}\}$ — множину регіонів для оцінювання рівня туристичного руху відповідно по країнах $C = \{c_1; c_2; \dots; c_c\}$. Відома множина експертів (учасники туристичного руху) — $E = \{e_1; e_2; \dots; e_n\}$, що оцінювали рівень внутрішньої та зовнішньої інфраструктури у місці призначення, яке відвідали у відповідному регіоні країни; K_T — інформаційна модель критеріїв оцінювання рівня туристичного руху щодо інфраструктури та доступності; M_{OR} — модель нечіткого логічного виводу рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду від інфраструктури та доступності.

Системну теоретико-множинну модель задачі оцінювання рівня туристичного руху щодо інфраструктури та доступності в регіонах подамо так:

$$\{C, R_c, E, K_T, M_{OR} | Y(f)\}. \quad (1)$$

У результаті отримується вихідна оцінка що складається з кількісної оцінки та лінгвістичного рівня, що містить зміст доцільності покращення доступності, внутрішньої та зовнішньої інфраструктури у місцях туристичного руху, а на її основі підвищується ступінь обґрунтованості прийняття управлінських рішень щодо сценаріїв підтримки регіонального туризму.

Суб'єкти управління для поставленої задачі такі:

- експерти — учасники туристичного руху, які висловлювалися щодо очікуваного та отриманого реального досвіду відвідування місця призначення;
- системний аналітик — це особа, яка збирає інформацію від експертів та налаштовує процеси оцінювання на основі запропонованих моделей, формує множинну критеріїв оцінювання;

- особи, що приймають рішення (ОПР) — це особи (органи державної влади або місцевого самоврядування), що ухвалюють подальші рішення доцільності покращення доступності, внутрішньої та зовнішньої інфраструктури у місцях туристичного руху на основі отриманої вихідної оцінки рівня туристичного руху.

Наводиться інформаційна модель критеріїв для оцінювання рівня туристичного руху щодо інфраструктури та доступності. Така інформаційна модель складається з двох груп критеріїв, а саме: інфраструктура та зовнішня доступність; інфраструктура та внутрішня доступність.

- G_1 — інфраструктура та зовнішня доступність (K_{11} — надійність послуги бронювання; K_{12} — надійне підключення до інтернету; K_{13} — безпека на транспорті; K_{14} — доступність громадських туалетів; K_{15} — наявність фізичної охорони);
- G_2 — інфраструктура та внутрішня доступність (K_{21} — достатність дитячих просторів; K_{22} — легкий доступ до різних культурних чи розважальних об'єктів; K_{23} — наявність в достатній кількості обладнання для інвалідів; K_{24} — доступність до банківських послуг (зняття грошей); K_{25} — рівень чистоти навколишнього середовища).

Щодо кожного із критерію експерт має дати одну лінгвістичну відповідь $L_1 = \{EP_1; RP_1; EN_1; RN_1\}$ на запитання щодо позитивних та негативних аспектів інфраструктури і зовнішньої (внутрішньої) доступності в пункті призначення відносно очікуваного та реального досвіду, а саме:

1. Які ПОЗИТИВНІ аспекти Ви ОЧІКУВАЛИ відчуті з погляду інфраструктури та зовнішньої (внутрішньої) доступності в місці, яке ви відвідали? Відповідь експерта: $EP_{1(2)}(ep) = \{Не\ очікував; \text{Очікував}\}$.

2. Які ПОЗИТИВНІ аспекти Ви насправді ВІДЧУЛИ з погляду інфраструктури та зовнішньої (внутрішньої) доступності в місці, яке ви відвідали? Відповідь експерта: $RP_{1(2)}(rp) = \{Не\ мав\ досвіду; \text{Мав\ досвід}\}$.

3. Які НЕГАТИВНІ аспекти Ви ОЧІКУВАЛИ відчуті з погляду інфраструктури та зовнішньої (внутрішньої) доступності в місці, яке ви відвідали? Відповідь експерта: $EN_{1(2)}(en) = \{Не\ припускав; \text{Припускав}\}$.

4. Які НЕГАТИВНІ аспекти Ви насправді ВІДЧУЛИ з погляду інфраструктури та зовнішньої (внутрішньої) доступності в місці, яке ви відвідали? Відповідь експерта: $RN_{1(2)}(rn) = \{Не\ мав\ досвіду; \text{Мав\ досвід}\}$.

Згідно з наведеними критеріями оцінювання експерт має відповісти на запитання, вибираючи той варіант, що близький до істини в контексті очікуваних позитивних та негативних аспектів від подорожі та реальних позитивних і негативних аспектів після відвідування. Звісно, що кількість груп критеріїв та множини самих критеріїв є відкритими. Тому системний аналітик завжди може додати й інші важливі показники. У результаті після подорожі вхідні дані від експерта e_j будуть виглядати так: табл. 1 для групи G_1 — інфраструктура та зовнішня доступність, табл. 2 для групи G_2 — інфраструктура та внутрішня доступність.

Таблиця 1

Вхідні дані від експерта e_j для групи G_1

Назва критерію	Позитивні аспекти		Негативні аспекти	
	Очікуваний досвід	Реальний досвід	Очікуваний досвід	Реальний досвід
K_{11}	$(EP_1)_{11}^j$	$(RP_1)_{11}^j$	$(EN_1)_{11}^j$	$(RN_1)_{11}^j$
K_{12}	$(EP_1)_{12}^j$	$(RP_1)_{12}^j$	$(EN_1)_{12}^j$	$(RN_1)_{12}^j$
...
K_{15}	$(EP_1)_{15}^j$	$(RP_1)_{15}^j$	$(EN_1)_{15}^j$	$(RN_1)_{15}^j$

Таблиця 2

Вхідні дані від експерта e_j для групи G_2

Назва критерію	Позитивні аспекти		Негативні аспекти	
	Очікуваний досвід	Реальний досвід	Очікуваний досвід	Реальний досвід
K_{21}	$(EP_2)_{21}^j$	$(RP_2)_{21}^j$	$(EN_2)_{21}^j$	$(RN_2)_{21}^j$
K_{22}	$(EP_2)_{22}^j$	$(RP_2)_{22}^j$	$(EN_2)_{22}^j$	$(RN_2)_{22}^j$
...
K_{25}	$(EP_2)_{25}^j$	$(RP_2)_{25}^j$	$(EN_2)_{25}^j$	$(RN_2)_{25}^j$

Тут маємо, що $(EP_{1(2)})_{gk}^j$; $(RP_{1(2)})_{gk}^j$; $(EN_{1(2)})_{gk}^j$; $(RN_{1(2)})_{gk}^j$ — оцінки експертів, gk — номер критерію, j — номер експерта, $g = 1, 2$; $k = 1, 5$; $j = 1, n$.

Наводимо математичну модель нечіткого логічного виводу — M_{OR} , що базується на вхідних лінгвістичних змінних. Математична модель ґрунтується на логічному виводі рівня, враховуючи психологічні властивості поведінки людей в контексті, коли очікуване не відповідає дійсності, оскільки очікуване є одним із сильних регуляторів поведінки індивіда. Очікування — це своєрідний спосіб підвищити суб'єктивну ймовірність події, на відміну від об'єктивної. Очікування підвищує мотиваційний потенціал індивіда, посилює пізнавальну активність, що в туризмі призводить до прямих інвестицій в економіку регіону. Своєю чергою невідповідність очікувань реальному досвіду спричинює «кризу розчарування», через яку є мала ймовірність повторного відвідування місця призначення та поширення негативних відгуків, що знизить кількість нових потенційних учасників туристичного руху. Тому модель нечіткого логічного виводу для критеріїв оцінювання спирається на інтелектуальний аналіз знань предметної області, та враховує логіку психологічних властивостей поведінки індивіда.

На першому етапі отримуються результуючі кількісні оцінки для кожної групи критеріїв оцінювання з використанням елементів нечіткого логічного виводу та психології учасників туристичного руху щодо очікуваного та реального досвіду. На другому етапі на основі отриманих оцінок двох груп критеріїв будується агрегована

кількісна оцінка рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду від інфраструктури та доступності.

Оскільки всі вхідні лінгвістичні оцінки можуть набувати двох значень, тоді пропонується для них ввести такі характеристичні функції:

$$\begin{cases} ep = \begin{cases} 1, & \text{if } EP = \{\text{очікував}\}; \\ 0, & \text{if } EP = \{\text{не очікував}\}. \end{cases} \\ rp = \begin{cases} 1, & \text{if } RP = \{\text{мав досвід}\}; \\ 0, & \text{if } RP = \{\text{не мав досвіду}\}. \end{cases} \\ en = \begin{cases} 1, & \text{if } EN = \{\text{припускав}\}; \\ 0, & \text{if } EN = \{\text{не припускав}\}. \end{cases} \\ rn = \begin{cases} 1, & \text{if } RN = \{\text{мав досвід}\}; \\ 0, & \text{if } RN = \{\text{не мав досвіду}\}. \end{cases} \end{cases} \quad (2)$$

Де ep — оцінка для позитивних аспектів щодо очікуваного досвіду; rp — оцінка для позитивних аспектів щодо реального досвіду; en — оцінка для негативних аспектів щодо очікуваного досвіду; rn — оцінка для негативних аспектів щодо реального досвіду.

Далі для виведення кількісної нормованої оцінки рівня в межах групи критеріїв пропонується такий підхід. Вводяться в розгляд такі функції належності, побудовані на реальному досвіді учасників туристичного руху [6]:

$$f_g(\delta_j(rp)) = \begin{cases} 0, & \delta_j(rp_g) < 0; \\ \left(\frac{\delta_j(rp_g)}{5}\right)^\alpha, & 0 \leq \delta_j(rp_g) < 5; \\ 1, & \delta_j(rp_g) \geq 5. \end{cases} \quad (3)$$

$$f_g(\delta_j(rn)) = \begin{cases} 0, & \delta_j(rn_g) < 0; \\ \left(\frac{\delta_j(rn_g)}{5}\right)^\beta, & 0 \leq \delta_j(rn_g) < 5; \quad g = \overline{1,2}. \\ 1, & \delta_j(rn_g) \geq 5. \end{cases} \quad (4)$$

Де $\delta_j(rp_g) = \sum_{k=1}^5 (rp_g)_{gk}^j$, $\delta_j(rn_g) = \sum_{k=1}^5 (rn_g)_{gk}^j$, $g = \overline{1,2}$; $j = \overline{1,n}$. α, β — пороги, що дають змогу враховувати очікуваний та реальний досвід подорожі, зважаючи на позитивні та негативні аспекти. Ці пороги визначаються на основі аналізу проблематики та психологічних властивостей поведінки індивіда.

Вихідні оцінки $f_g(\delta_j(rp)), f_g(\delta_j(rn))$ виводяться на основі реального досвіду щодо задоволеності від подорожі, з огляду на психологію міркувань людини, як очікуване відповідає дійсності. Логіка така: людина отримує більше розчарування від подорожей, якщо у позитивних аспектах реальний досвід не виправдає очікування і, навпаки, якщо у негативних аспектах очікуваний досвід не виправдає реальний.

Враховуючи зміст вихідної оцінки, пропонується таке формальне визначення порогів α, β . Для цього застосовуються правила належності, які формально представляють систему логічних висловлювань — «Якщо, То, Інакше» [7] та пов'язують

значення вхідних змінних $\delta_j(ep_g)$, $\delta_j(rp_g)$, $\delta_j(en_g)$, $\delta_j(rn_g)$, $g = \overline{1,2}$ з одним із можливих значень порогів α , β , відповідно. Причому незначні розбіжності між бажаним і дійсним є стимулом до дії, а значні — мають негативний ефект. Розбіжності у позитивних аспектах дають більшу вихідні оцінку, а у негативних навпаки — знижують.

Побудовано правила належності та визначено значення порогів α , β таким чином. Для виведення кількісної нормованої оцінки щодо позитивних аспектів $f_g(\delta_j(rp))$, $g = \overline{1,2}$ поріг α визначається так:

Якщо $\delta(ep_g) = \delta(rp_g)$, То $\alpha = 1$, Інакше....

Якщо $\delta(ep_g) < \delta(rp_g)$, То оцінка $\alpha = \frac{3}{5}$, Інакше....

Якщо $\delta(ep_g) > \delta(rp_g)$, То $\alpha = \frac{6}{5}$.

Для виведення кількісної нормованої оцінки щодо негативних аспектів $f_g(\delta_j(rn))$, $g = \overline{1,2}$ поріг β визначається так:

Якщо $\delta(en_g) = \delta(rn_g)$, То $\beta = 1$, Інакше....

Якщо $\delta(en_g) < \delta(rn_g)$, То $\beta = \frac{8}{5}$, Інакше....

Якщо $\delta(en_g) > \delta(rn_g)$, То $\beta = \frac{7}{5}$.

Отже, на першому етапі для j -го експерта отримуються кількісні нормовані оцінки рівня для позитивних $f_1(\delta_j(rp))$, $f_2(\delta_j(rp))$ та негативних аспектів $f_1(\delta_j(rn))$, $f_2(\delta_j(rn))$ відповідно до груп критеріїв G_1 та G_2 .

Таке логічне виведення для критеріїв оцінювання дає змогу оцінити реальну задоволеність учасників туристичного руху, базуючись на психології очікуваного та реального досвіду.

Далі переходимо на другий етап для виведення рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду. На основі отриманих оцінок будуються дві агреговані кількісні оцінки в межах групи критеріїв. Для цього пропонуємо таку функцію, змінюючи направленість цілі для негативних аспектів:

$$\varepsilon_{gj} = \frac{1}{2} * \left(f_g(\delta_j(rp)) + \left(1 - f_g(\delta_j(rn)) \right) \right), g = \overline{1,2}. \quad (5)$$

Зміна направленості цілі для негативних аспектів пояснюється тим, що чим більша кількість негативного досвіду, тим менша задоволеність від подорожі. Тому, якщо оцінки $f_1(\delta_j(rn))$, $f_2(\delta_j(rn))$ прямують до 0, тоді задоволеність краща. Для позитивного досвіду навпаки, максимальна задоволеність має прямувати до 1. Тому і змінюється направленість цілі для можливого порівняння.

Після цього для отримання однієї агрегованої оцінки рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду пропонується застосувати інтелектуальний аналіз знань [8] та скористатися багатовимірними функціями належності. Для агрегування величин ε_{1j} , ε_{2j} пропонується використовувати моделювання невизначеностей виду «середнє значення» у двовимірному просторі оцінок $[0; 1]$ за

допомогою конусоподібної функції належності. Вибір функції належності зумовлюється тим, що якщо обидва аргументи прямують до 1, тоді і результат буде прямувати до 1. Значення центра основи конуса буде одиничний вектор $(x_1^0; x_2^0) = (1; 1)$ при масштабуванні за координатами — (2;2). Конусоподібна функція належності буде мати такий вигляд [8]:

$$\varphi_j = \begin{cases} 1 - \mu, & \text{якщо } \mu < 1 \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases} \quad (6)$$

де $\mu = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\varepsilon_{1j} - 1)^2 + (\varepsilon_{2j} - 1)^2}$.

Отже, отримуємо вихідні агреговані оцінки φ_j , $j = \overline{1, n}$ з інтервалу $[0; 1]$ окремо по n учасникам туристичного руху, що зумовлюють рівень задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду, ґрунтуючись на інформаційній моделі лінгвістичних критеріїв оцінювання рівня туристичного руху щодо інфраструктури та доступності туристичного руху.

Далі в межах досліджуваного регіону R_C виводиться одне узагальнене значення на основі значень агрегованих оцінок φ_j ($j = \overline{1, n}$) експертів. Для цього пропонується згортковий підхід. Якщо у дослідженні є можливість поставити вагові коефіцієнти експертам, тоді можемо використати одну із згорток, що використовується у теорії нечітких множин, наприклад [7]: песимістичну, обережну, середню або оптимістичну. На практиці найчастіше використовується лінійна згортка, яку ще називають валовим показником:

$$m(R_C) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \varphi_j. \quad (7)$$

Коефіцієнти $\{w_j\}$ називаються вагами суб'єктів управління і відповідають умові $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Вагові коефіцієнти можна отримати для експертів шляхом розв'язання задачі оцінювання рівня задоволеності від туру, враховуючи різні соціальні класи експертів, тривалість подорожей, кількість витрачених коштів на подорож та інші показники, при цьому використовувати нечіткі моделі [6–8]. Таку задачу автори розв'яжуть у майбутніх дослідженнях. Не зменшуючи загальності, пропонується використати згортку, де ваги експертів рівноважливі ($w_j = 1/n$).

Узагальнена оцінка $m(R_C) \in [0; 1]$ характеризує узагальнений рівень туристичного руху регіону, оціненого реальним досвідом учасників туристичного руху щодо інфраструктури та доступності.

Для визначення лінгвістичного рівня туристичного руху щодо інфраструктури та доступності отримане значення за формулою (7) зіставляється до одної зі змінної терм-множин $L = \{l_1, l_2, \dots, l_5\}$ за таким змістом оцінювання:

- $m \in (0,8; 1]$ – l_1 = «високий рівень туристичного руху щодо інфраструктури та доступності». Найвищий рівень позитивних аспектів інфраструктури, зовнішньої та внутрішньої доступності у пункті призначення. Очікуваний та реальний досвід збігається, або реальний позитивний досвід переважає очікуваний;
- $m \in (0,6; 0,8]$ – l_2 = «рівень туристичного руху щодо інфраструктури та доступності вище середнього». Високий рівень позитивних аспектів інфраструктури, зовнішньої та внутрішньої доступності у пункті призначення. Очікуваний та

- реальний досвід збігається, або незначна перевага очікуваного негативного досвіду над реальним негативним;
- $m \in (0,4; 0,6] - l_3 =$ «середній рівень туристичного руху щодо інфраструктури та доступності». Середній рівень позитивних аспектів інфраструктури, зовнішньої та внутрішньої доступності в пункті призначення. Очікуваний та реальний досвід не збігається. Можлива ситуація, коли незначна перевага очікуваного позитивного досвіду над реальним. Можлива зміна ситуації у зв'язку із економічними змінами як на краще, так і на гірше;
 - $m \in (0,2; 0,4] - l_4 =$ «низький рівень туристичного руху щодо інфраструктури та доступності». Позитивних аспектів майже немає. Очікуваний та реальний досвід не збігається. Значна перевага реального негативного досвіду над очікуваним;
 - $m \in [0; 0,2] - l_5 =$ «дуже низький рівень туристичного руху щодо інфраструктури та доступності». Потрібна докорінна зміна ситуації щодо інвестування інфраструктури, а також апріорних та емпіричних знань суб'єктів галузі для її розвитку в регіоні.

Результати дослідження апробовано на вхідних даних, отриманих деяким експертом після подорожі в 2019 році в Берегівський район Закарпатської області. Оцінювання здійснюється на основі розробленої нечіткої моделі. Нехай маємо вхідні експертні дані (табл. 3–4).

Таблиця 3

Вхідні дані від експерта для групи G_1

Назва критерію	Позитивні аспекти		Негативні аспекти	
	Очікуваний досвід	Реальний досвід	Очікуваний досвід	Реальний досвід
K_{11}	не очікував	мав досвід	не припускав	не мав досвіду
K_{12}	очікував	мав досвід	не припускав	не мав досвіду
K_{13}	очікував	мав досвід	не припускав	не мав досвіду
K_{14}	не очікував	мав досвід	не припускав	не мав досвіду
K_{15}	очікував	мав досвід	не припускав	не мав досвіду

Таблиця 4

Вхідні дані від експерта для групи G_2

Назва критерію	Позитивні аспекти		Негативні аспекти	
	Очікуваний досвід	Реальний досвід	Очікуваний досвід	Реальний досвід
K_{21}	не очікував	не мав досвіду	не припускав	не мав досвіду
K_{22}	не очікував	не мав досвіду	не припускав	не мав досвіду
K_{23}	не очікував	не мав досвіду	не припускав	не мав досвіду
K_{24}	очікував	мав досвід	не припускав	не мав досвіду
K_{25}	очікував	мав досвід	не припускав	не мав досвіду

Згідно із характеристичною функцією (2) вхідні дані перетворюються у бінарні та обчислюються суми набраних балів відносно груп критеріїв. Далі здійснюється виведення кількісної нормованої оцінки рівня в межах груп критеріїв за формулами (3)–(4). Обчислені результати наводяться у табл. 5.

Таблиця 5

Виведення кількісної нормованої оцінки рівня в межах груп критеріїв

Назва критерію	Позитивні аспекти		Негативні аспекти	
	Очікуваний досвід	Реальний досвід	Очікуваний досвід	Реальний досвід
G_1 — інфраструктура та зовнішня доступність				
$\delta(l_1)$	3	5	0	0
$f_1(\delta)$	1 ($\alpha = 3/5$)		0 ($\beta = 1$)	
G_2 — інфраструктура та внутрішня доступність				
$\delta(l_2)$	2	2	0	0
$f_2(\delta)$	0,4 ($\alpha = 1$)		0 ($\beta = 1$)	

Отже, на першому етапі для експерта, відповідно до груп критеріїв G_1 та G_2 , отримуються $f_1(\delta(rp)) = 1$; $f_2(\delta(rp)) = 0,4$ кількісні нормовані оцінки рівня для позитивних та негативних аспектів $f_1(\delta(rn)) = 0$; $f_2(\delta(rn)) = 0$.

Далі переходимо на другий етап. На основі отриманих оцінок будуються дві агреговані кількісні оцінки в межах групи критеріїв за формулою (5):

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} * (1 + (1 - 0)) = 1; \varepsilon_2 = \frac{1}{2} * (0,4 + (1 - 0)) = 0,7.$$

Після цього для отримання однієї агрегованої оцінки рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду використовується формула (6):

$$\varphi = 1 - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(1 - 1)^2 + (0,7 - 1)^2} = 0,85.$$

У результаті отримано вихідну агреговану оцінку $\varphi = 0,85$, що зумовлює рівень задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду, ґрунтуючись на інформаційній моделі критеріїв оцінювання рівня туристичного руху відносно інфраструктури та доступності туристичного руху.

Висновки. Побудовано модель нечіткого логічного виводу рівня задоволеності від подорожі щодо інфраструктури та доступності. Для цього розроблено інформаційну модель критеріїв оцінювання рівня туристичного руху щодо інфраструктури та доступності; модель нечіткого логічного виводу рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду від інфраструктури та доступності.

В основу дослідження покладений апарат нечітких множин, нечіткої логіки та інтелектуального аналізу знань, що дає змогу підвищити ступінь обґрунтованості остаточних управлінських рішень. Цінність моделі полягає у тому, що враховує експертні оцінки позитивних та негативних аспектів інфраструктури, зовнішньої та внутрішньої доступності в пункті призначення; формальну логіку на основі психології

учасників туристичного руху щодо очікуваного та реального досвіду. На основі кількісної оцінки рівня туристичного руху можна аналізувати ситуацію у туризмі в розрізі регіонів для прийняття рішень на покращення якості інфраструктури, задоволеності учасників та розвитку регіонів.

Переваги нечіткої моделі оцінювання рівня туристичного руху щодо інфраструктури та доступності в регіонах випливають із того, що множини та групи критеріїв інформаційної моделі є відкритими, модель не залежить від їх кількості, а системні аналітики завжди можуть множину критеріїв розширити залежно від наявних експертних оцінок; модель дає можливість зрозуміти зміст досліджуваного регіону через призму рівня задоволеності від подорожі щодо очікуваного та реального досвіду від інфраструктури та доступності у просторі оцінок; нечітка модель розкриває невизначеність вхідних експертних оцінок за допомогою нечіткого логічного виводу щодо логіки психологічних властивостей поведінки індивіда шляхом введення порогів α , β .

До недоліків цього підходу можна зарахувати використання різних типів функцій належності, характеристичних функцій, згорток, що може призвести до неоднозначності кінцевих результатів. Також введені пороги α , β потрібно верифікувати на реальних даних.

Рациональність отриманої вихідної оцінки $Y(f)$ для прийняття управлінських рішень доводить переваги розробленої моделі. Достовірність отриманих результатів підтверджується результатами досліджень та забезпечується обґрунтованим використанням апарату нечітких множин, нечіткої логіки та інтелектуального аналізу знань.

Подальше дослідження проблематики вбачаємо в зборі реальних даних від учасників туристичного руху в Закарпатській, Львівській та Івано-Франківській областях для верифікації моделі нечіткого логічного виводу рівня задоволеності від подорожі щодо інфраструктури та доступності. Також планується розвивати напрям розробки моделей, методів та засобів інформаційної технології для розвитку регіонального туризму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Pai P. F., Hung K. C., Lin K. P. Tourism demand forecasting using novel hybrid system. *Expert Systems with applications*. 2014. 41 (8). 3691–3702. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.12.007>.
2. Atsalakis G. S., Atsalaki I. G., Zopounidis C. Forecasting the success of a new tourism service by a neuro-fuzzy technique. *European Journal of Operational Research*. 2018. 268 (2). 716–727. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.01.044>.
3. A multi-criteria collaborative filtering recommender system for the tourism domain using Expectation Maximization (EM) and PCA–ANFIS / Nilashi M., bin Ibrahim O., Ithnin N., Sarmin N. H. *Electronic Commerce Research and Applications*. 2015. 14 (6). 542–562. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2015.08.004>.
4. Hernández-López M., Cáceres-Hernández J. J. Forecasting tourists' characteristics by a genetic algorithm with a transition matrix. *Tourism Management*. 2007. 28 (1). 290–297. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.11.016>.

5. Tourist arrival forecasting by evolutionary fuzzy systems / Hadavandi E., Ghanbari A., Shahanaghi K., Abbasian-Naghneh S. *Tourism Management*. 2011. 32 (5). 1196-1203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.09.015>.
6. Gavurova B., Kelemen M., Polishchuk V. Expert model of risk assessment for the selected components of smart city concept: From safe time to pandemics as COVID-19. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2022. 101253. doi: 10.1016/j.seps.2022.101253.
7. A Fuzzy Model of Risk Assessment for Environmental Start-up Projects in the Air Transport Sector / Polishchuk V., Kelemen M., Gavurova B., Varotsos C., Andoga R., Gera M., Christodoulakis J., Soušek R., Kozuba J., Blišťan P., Szabo Jr. S. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019. 16. 3573. doi: 10.3390/ijerph16193573.
8. Conceptual Model of Presentation of Fuzzy Knowledge / Polishchuk V., Kelemen M., Włoch I., Polishchuk A., Sharkadi M., Mlavets Yu. In: II International Scientific Symposium “Intelligent Solutions” (IntSol-2021). CEUR Workshop Proceedings. Kyiv-Uzhhorod, 2021. Pp. 1-12. doi: http://ceur-ws.org/Vol-3018/Paper_1.pdf.

REFERENCES

1. 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.12.007> (in English).
2. Atsalakis, G. S., Atsalaki, I. G., & Zopounidis, C. (2018). Forecasting the success of a new tourism service by a neuro-fuzzy technique: *European Journal of Operational Research*, 268 (2), 716–727. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.01.044> (in English).
3. Nilashi, M., bin Ibrahim, O., Ithnin, N., & Sarmin, N. H. (2015). A multi-criteria collaborative filtering recommender system for the tourism domain using Expectation Maximization (EM) and PCA–ANFIS: *Electronic Commerce Research and Applications*, 14 (6), 542–562. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2015.08.004> (in English).
4. Hernández-López, M., & Cáceres-Hernández, J. J. (2007). Forecasting tourists’ characteristics by a genetic algorithm with a transition matrix: *Tourism Management*, 28 (1), 290–297. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.11.016> (in English).
5. Hadavandi, E., Ghanbari, A., Shahanaghi, K., & Abbasian-Naghneh, S. (2011). Tourist arrival forecasting by evolutionary fuzzy systems: *Tourism Management*, 32 (5), 1196-1203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.09.015> (in English).
6. Gavurova, B., Kelemen, M., & Polishchuk, V. (2022). Expert model of risk assessment for the selected components of smart city concept: From safe time to pandemics as COVID-19: *Socio-Economic Planning Sciences*, 101253. doi: 10.1016/j.seps.2022.101253 (in English).
7. Polishchuk, V., Kelemen, M., Gavurova, B., Varotsos, C., Andoga, R., Gera, M., Christodoulakis, J., Soušek, R., Kozuba, J., Blišťan, P., & Szabo, Jr. S. (2019). A Fuzzy Model of Risk Assessment for Environmental Start-up Projects in the Air Transport Sector: *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 3573. doi: 10.3390/ijerph16193573 (in English).
8. Polishchuk, V., Kelemen, M., Włoch, I., Polishchuk, A., Sharkadi, M., & Mlavets, Yu. (2021). Conceptual Model of Presentation of Fuzzy Knowledge. In: II International Scientific Symposium “Intelligent Solutions” (IntSol-2021). CEUR Workshop Proceedings. Kyiv-Uzhhorod, 1-12. doi: http://ceur-ws.org/Vol-3018/Paper_1.pdf (in English).

doi: 10.32403/1998-6912-2023-1-66-104-116

A FUZZY MODEL FOR ASSESSING THE LEVEL OF TOURIST TRAFFIC IN RELATION TO INFRASTRUCTURE AND ACCESSIBILITY

I. V. Polishchuk, V. V. Polishchuk, V. I. Povkhanych

*Uzhhorod National University,
3, Narodna Square, Uzhhorod, 88000, Ukraine
inna.polishchuk@uzhnu.edu.ua*

In the work, a model of fuzzy logical inference of the level of travel satisfaction in relation to infrastructure and accessibility is constructed. For this purpose, the following information model of criteria for assessing the level of tourist traffic in relation to infrastructure and accessibility is developed; a fuzzy logic inference model of travel satisfaction levels relative to expected and actual experiences from infrastructure and accessibility.

The research is based on the apparatus of fuzzy sets, fuzzy logic, and intellectual analysis of knowledge, which allows increasing the degree of validity of final management decisions. The value of the model is that it takes into account the expert assessments of positive and negative aspects of infrastructure, external and internal accessibility at the destination; formal logic based on the psychology of the participants of the tourist traffic regarding the expected and real experience. Based on the quantitative assessment of the level of tourist traffic, it is possible to analyse the situation in tourism, by region, to make decisions on improving the quality of the infrastructure, the satisfaction of the participants and the development of the regions.

The advantages of a fuzzy model for assessing the level of tourist traffic in relation to infrastructure and accessibility in regions derive from the fact that the sets and groups of criteria of the information model are open, the model does not depend on their number, and system analysts can always expand the set of criteria depending on the available expert assessments; the model makes it possible to understand the content of the studied region through the prism of the level of travel satisfaction relative to the expected and real experience from infrastructure and accessibility, in the space of evaluations; the fuzzy model reveals the uncertainty of the input expert evaluations with the help of a fuzzy logical conclusion regarding the logic of the psychological properties of the individual's behaviour by introducing thresholds α, β .

Keywords: *fuzzy sets, regional tourism, decision support system, expert evaluations, fuzzy logic, intellectual analysis of knowledge.*

Стаття надійшла до редакції 03.05.2023.

Received 03.05.2023.