

Ю.Є. Мегель<sup>1</sup>, С.М. Коваленко<sup>1</sup>, С.В. Коваленко<sup>2</sup>, О.Д. Міхнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків

<sup>2</sup>Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків

## ПІДХІД ДО КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ В'ЇЗНОГО ТУРИЗМУ НА ЕКОНОМІКУ КРАЇНИ

У статті запропоновано підхід до кількісної оцінки впливу в'їзного туризму на економіку країни, що заснований на застосуванні теорії нечіткої логіки та системи нечіткого логічного виведення. Як фактори, на основі яких робиться висновок, були обрані кількість іноземних туристів, що прибувають в країну, середня кількість грошових надходжень, одержуваних від одного іноземного туриста і відсоток населення країни, зайнятого в індустрії подорожей і туризму. Для отримання результату були визначені необхідні лінгвістичні терми для оцінки вхідних змінних, побудовані функції належності для всіх лінгвістичних термів; створена база правил з використанням методу парних порівнянь; обчислена ступінь істинності кожного правила і проведена дефазифікація за методом центру ваги. Запропонований підхід дозволяє отримати кількісну оцінку впливу в'їзного туризму та її якісний еквівалент. Використовуючи даний підхід з іншими вхідними параметрами можна проводити кількісне оцінювання будь-якої системи, що має аналогічну природу.

**Ключові слова:** нечітка логіка, лінгвістична змінна, кількісне оцінювання, в'їзний туризм.

### Вступ

**Постановка проблеми.** На сьогодні туризм являє собою одну з провідних галузей економіки, як світової так і регіональної. В залежності від напрямку руху потоків туристів прийнято виділяти в'їзний та виїзний туризм. І саме в'їзний туризм є не тільки джерелом надходження грошей (валюти) в економіку країни, а й являє собою фактор активізації міжнародних відносин. Тому багато вітчизняних і зарубіжних досліджень присвячені необхідності підвищення рівня саме в'їзного туризму взагалі та напрямкам його розвитку в країні та регіонах. Але разом з позитивним впливом туризму на економіку країни існують певні фактори, що мають негативний характер. Тому проблема кількісного оцінювання рівню впливу туризму, а також визначення якісного (вербального) еквіваленту цієї оцінки є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз впливу туристичної діяльності на економіку регіону і країну в цілому, її позитивний внесок аналізується, в першу чергу, через так звані туристичні мультиплікатори [1]. Таким чином, серед позитивних факторів впливу, по-перше, необхідно виділити підвищення податкових надходжень за рахунок податків фізичних та юридичних осіб, зайнятих у сфері туризму, а також від прямих податків з туристів; забезпечення роботою місцевих жителів; стимулювання інвестицій в інфраструктуру, залучення капіталу, розвиток цифрових технологій тощо [2–3]. Також до позитивних факторів можна віднести підтримку збереження видів дикої флори і фауни, а також історичних місць. Але, разом з позитивними

факторами, туризм має певні негативні аспекти. Серед них такі суспільно-економічні та екологічні фактори як підвищення орендної плати за житло, зростання злочинності, забруднення навколишнього середовища [2]. Аналізуючи негативний вплив туризму, зазвичай обмежуються розглядом негативного впливу на зовнішнє середовище в рамках EIA (Environmental Impact Assessment – Оцінювання впливу на зовнішнє середовище) [4] та SEA (Strategic Environmental Assessment – Стратегічного екологічного оцінювання) [5]. Більш того, зазвичай обмежуються якісною оцінкою таких факторів, а не кількісною.

У якості математичного апарату для розв'язання задачі саме кількісного оцінювання впливу в'їзного туризму пропонується використання теорії нечітких множин, а саме нечіткого логічного виведення [6–7]. Системи нечіткого виведення в останні десятиліття широко використовуються для розв'язання різних задач, але найбільше поширення ці методи отримали в автоматичному регулюванні і теорії прийняття рішень та експертних системах [8–9].

Теорія нечіткого виведення включає в себе всі основні елементи теорії нечіткої логіки, що базується на понятті нечіткої множини, що вперше було введено професором Каліфорнійського університету Л. Заде у 1965 році у праці “Нечіткі множини” [6], що за даними [10] на сьогодні є найбільш цитованою працею в даній області. Надалі теорію було розширено і продовжено у працях Е. Мамдані, М. Сугено, Т. Терано, Р. Ягера, Л.-К. Ванга, Дж. Менделя [6–9; 11–13], що також за даними [10] мають високий рівень цитування. Наразі теорія не-

чітких множин є частиною так званих м'яких обчислень [10] та у її розвитку можна виділити дві гілки розвитку: подальший розвиток теоретичних положень та практичне застосування у різних галузях знань [14]. Серед українських вчених, що займаються теорією та застосуванням нечіткої математики, необхідно відзначити труди Раскіна Л.Г. [15], Ракирянської А.Б. та Ротштейна А.П. [16], що суттєво вплинули на дане дослідження.

**Мета статті** – сформулювати і обґрунтувати підхід до кількісного оцінювання ступеню впливу в'їзного туризму на економіку країни.

У якості факторів для досягнення поставленої мети будемо розглядати агрегований показник кількості іноземних туристів, що в'їхали в країну, середнього доходу, отриманого від одного туриста та кількості робочих місць (у відсотках) створених у сфері туризму в країні.

**Виклад основного матеріалу**

Система нечіткого виведення, що буде застосована, це процес отримання певних чітких висновків за допомогою нечітких передумов, що являють собою дані про поточний стан об'єкта дослідження [6–8].

Розв'язання будь-якої задачі за допомогою методів нечіткої логіки повинно складатись з 4 етапів: формування бази правил, приведення до нечіткості (фазифікація), нечіткий логічний вивід, приведення до чіткості (дефазифікація) [8].

Будемо розглядати об'єкт моделювання як чорний ящик з  $n$  входами та  $l$  виходом.

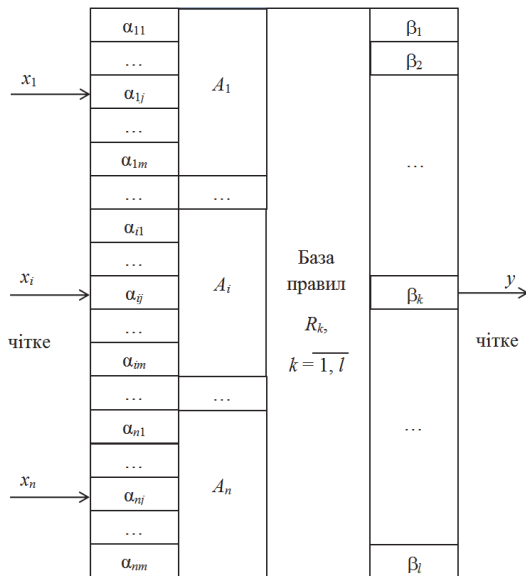


Рис. 1. Моделювання за допомогою системи нечіткої логіки

На рис. 1  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – множина входних параметрів, де  $x_i = [x_i^{\min}, x_i^{\max}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $x_i^{\min}$ ,

$x_i^{\max}$  – відповідно найменше і найбільше значення з універсуму (області визначення)  $X$  нечіткої змінної  $x_i$ .  $A_i = \{\alpha_{i1}, \dots, \alpha_{ij}, \dots, \alpha_{im}\}$  – множина лінгвістичних термів для кожного параметра  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ .  $R_k$  – база правил, де  $k = \overline{1, l}$ .  $B = \{\beta_1, \dots, \beta_k, \dots, \beta_l\}$  є, в загальному випадку, множиною лінгвістичних термів для оцінки параметра  $y$ , що є системою вихідних змінних.

Кожну терм-оцінку  $\alpha_{ij} \in A_i$  будемо описувати за допомогою нечіткої множини

$$\alpha_{ij} = \left\{ \left\langle x_i, \mu_{\alpha_{ij}}(x_i) \right\rangle \right\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m},$$

де  $\mu_{\alpha_{ij}}(x_i)$  – значення функції приналежності змінної  $x_i$  відповідному терму  $\alpha_{ij} \in A_i$ .

Кожна з функцій приналежності  $\mu_{\alpha_{ij}}(x_i)$  ставить у відповідність кожному елементу з множин  $x_i \in X$  дійсне число з інтервалу  $[0, 1]$ , тобто  $\mu_{\alpha_{ij}}(x_i) \in [0, 1]$  визначає ступінь відповідності лінгвістичної змінної  $x_i \in X$  терму  $\alpha_{ij} \in A_i$ .

Система нечіткого логічного виведення базується на нечіткій базі знань, яка є сукупністю нечітких правил “якщо – то”, що визначають взаємозв'язки між входними та вихідними даними системи, де у якості передумови (антецеденту) і наслідку (консеквенту) виступають нечіткі множини. Існує декілька методів для реалізації нечіткого логічного виведення: методи Мамдані, Цукamoto, Ларсена, Сугено [8; 13–14]. Але на наш погляд, для задачі, що розглядається, найкраще використовувати алгоритм спрощеного логічного виведення [14], для якого на стадії формування бази правил консеквентна частина кожного правила визначається рівною певному чіткому числу  $\beta_k$ . Якщо антецедентна частина правила має декілька простих нечітких умов (у разі декількох входних змінних) та один вихід, база правил приймає форму:

$$R_1: \text{якщо } (x_1 \in a_{11}) \cdot i \cdot \dots \cdot i(x_i \in a_{i1}) \cdot i \cdot \dots \cdot i(x_n \in a_{n1}) \text{ то } y = \beta_1, \\ \dots \dots \dots \\ R_k: \text{якщо } (x_1 \in a_{1k}) \cdot i \cdot \dots \cdot i(x_i \in a_{ik}) \cdot i \cdot \dots \cdot i(x_n \in a_{nk}) \text{ то } y = \beta_k, \\ \dots \dots \dots \\ R_l: \text{якщо } (x_1 \in a_{1l}) \cdot i \cdot \dots \cdot i(x_i \in a_{il}) \cdot i \cdot \dots \cdot i(x_n \in a_{nl}) \text{ то } y = \beta_l,$$

де  $\alpha_{ik}$  терм-оцінка  $x_i$  в  $k$ -му рядку,  $l$  – кількість правил в базі;  $x_i, j = \overline{1, n}$  – входні змінні,  $y$  – вихідна змінна;  $\beta_k \in [0, 1]$ ,  $k = \overline{1, l}$  – чіткі значення. Число

правил в базі  $l = m^n$ , де  $m$  – число терм-оцінок для кожної змінної, а  $n$  – кількість вхідних змінних  $x_i$ .

Чіткі значення  $\beta_k \in [0;1]$  задаються експертами, наприклад за допомогою методу парних порівнянь. Існує декілька алгоритмів методу парних порівнянь описаних, наприклад в [17–18]. На нашу думку, для розв’язання поставленої задачі достатньо використати алгоритм, описаний в [18], що полягає у знаходженні оцінок  $\xi_{st} = \{0,1,2\}$  таких, що

$$\xi_{st} = \begin{cases} 2, & \text{якщо } R_s \text{ надається перевага перед } R_t, \\ & s \neq t, \\ 0, & \text{якщо } R_t \text{ надається перевага перед } R_s, \\ & s \neq t, \\ 1, & \text{якщо } s = t. \end{cases} \quad (2)$$

де  $s = \overline{1,l}, t = \overline{1,l}$ .

Нормалізовані значення  $\beta_k \in [0,1]$  розраховуються за формулою

$$\beta_k = \frac{\sum_{t=1}^l \xi_{kt}}{\max_l \sum_{t=1}^l \xi_{kt}},$$

де  $k = \overline{1,l}$ .

Після формування бази правил необхідно провести фазифікацію (або приведення до нечіткості) вхідних даних. Під фазифікацією розуміють визначення відповідності між чисельним значенням чіткої вхідної змінної і значенням функції приналежності відповідного терма лінгвістичної змінної, тобто знаходження  $\mu_{\alpha_{ij}}(x_i) \in [0,1]$  для кожної  $x_i$ , де  $i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}$ .

Значення функції приналежності  $\mu_{\alpha_{ij}}(x_i)$  будемо розглядати в класах кусочно-лінійних трикутних, трапецієвидних, s- та z- функцій [19].

Наступним кроком реалізації алгоритму є агрегування підумов бази правил (1), тобто визначення ступеня істинності умов в кожному з правил. У разі наявності декількох простих умов у антецедентній частині правила та використання логічного оператора “і” або кон’юнкції, у відповідності до теорії нечіткої логіки [6], ця операція розглядається як взяття мінімуму, тобто  $\omega \wedge \vartheta = \min\{\omega, \vartheta\}$ , де  $\omega$  і  $\vartheta$  – довільні нечіткі змінні. Таким чином агрегована умова  $\lambda_k$  розраховується за правилом:

$$\lambda_k = \left( \mu_{\alpha_{ik_1}}(x_1) \in \alpha_{1k_1} \right) \wedge \dots \wedge \left( \mu_{\alpha_{ik_i}}(x_i) \in \alpha_{ik_i} \right) \wedge \dots \wedge \left( \mu_{\alpha_{ik_n}}(x_n) \in \alpha_{1k_n} \right) = \bigwedge_{i=1}^n \min\left\{ \mu_{\alpha_{ik_i}}(x_i) \right\}, \quad (3)$$

де  $\alpha_{ik_i}$  – терм-оцінка  $x_i$  в  $k$ -му рядку,  $\mu_{\alpha_{ik_i}}$  – значення функції приналежності вхідних змінних  $x_i$  до терм-оцінки  $\alpha_{ik_i}, i = \overline{1,n}, k = \overline{1,l}$ .

Таким чином, для кожного з правил (1) маємо пари значень  $R_k = (\lambda_k, \beta_k), k = \overline{1,l}$ .

Дефазифікація вихідної лінгвістичної змінної, тобто отримання чіткого значення, проводиться за допомогою дискретного аналогу формули пошуку центру ваги [8]:

$$y = \frac{\sum_{k=1}^l \lambda_k \cdot \beta_k}{\sum_{k=1}^l \lambda_k}. \quad (4)$$

Для вербального аналізу отриманих результатів можна скористатися вербально-чисельною шкалою Харрінгтона [20] та визначити ступінь впливу у термах “високий позитивний вплив” (ВПВ), “позитивний вплив” (ПВ), “середній позитивний вплив” (СПВ), “недостатній позитивний вплив” (НПВ) і “негативний вплив” (НВ), чисельні значення якого надані в табл. 1.

Таблиця 1

Співвідношення між кількісною та якісною оцінкою

Кількісна оцінка	1,00-0,8	0,8-0,63	0,63-0,37	0,37-0,2	0,2-0
Якісна оцінка	ВПВ	ПВ	СПВ	НПВ	НВ

Для проведення чисельного експерименту для визначення рівню впливу в’їзного туризму на економіку країни було використано результати звіту “Travel and Tourism Competitiveness Report 2017” від міжнародної організації World Economic Forum, що є останнім на момент написання статті [21]. Вхідні дані надано в табл. 2 курсивом.

Таблиця 2

Вхідні дані та розраховані значення функції приналежності

	Позначення	Франція	США	Китай	Польща	Болгарія	Україна
Кількість прибуттів іноземних туристів, млн. чол.	$x_1$	<b>84,5</b>	77,5	56,9	16,7	7,1	12,4
	$\mu_{\alpha_{11}}$	<b>0</b>	0	0	1	1	1
	$\mu_{\alpha_{12}}$	<b>0</b>	0	1	0	0	0
	$\mu_{\alpha_{13}}$	<b>1</b>	0,88	0	0	0	0

Закінчення табл. 2

	Позначення	Франція	США	Китай	Польща	Болгарія	Україна
Середній дохід від одного прибуття, дол.	$x_2$	<b>543,7</b>	2600	2006	581,5	443,2	87,1
	$\mu_{\alpha_{21}}$	<b>0,19</b>	0	0	0,06	0,52	1
	$\mu_{\alpha_{22}}$	<b>0,61</b>	0	0	0,7	0,36	0
Кількість працівників, зайнятих у сфері туризму, % від загальної кількості	$x_3$	<b>4,2</b>	3,8	2,9	1,7	3,1	1,2
	$\mu_{\alpha_{31}}$	<b>0</b>	0	0	0,3	0	0,8
	$\mu_{\alpha_{32}}$	<b>0,6</b>	0,73	0,97	0,57	0,97	0,4
	$\mu_{\alpha_{33}}$	<b>0,1</b>	0	0	0	0	0

У якості вхідних змінних  $\{x_i\}$  взяті нечіткі змінні:  $x_1$  – кількість прибуттів іноземних туристів до країни;  $x_2$  – середній дохід від одного прибуття;  $x_3$  – відсоток зайнятих у туризмі серед всієї кількості зайнятих.

Для визначення терм-оцінок  $\alpha_{ij}$  будемо використовувати загальноприйняті скорочення: PS (Positive Small) – додатне мале, PM (Positive Middle) – додатне середнє, PB (Positive Big) – додатне велике. Задамо терм-оцінки  $\alpha_{ij}$ , які виглядають наступним чином:  $\alpha_{i1} = PS$ ,  $\alpha_{i2} = PM$ ,  $\alpha_{i3} = PB$ :  $\alpha_{11}$  = “мала кількість прибуттів”,  $\alpha_{12}$  = “середня кількість прибуттів”,  $\alpha_{13}$  = “велика кількість прибуттів”;  $\alpha_{21}$  = “малий дохід від одного прибуття”,  $\alpha_{22}$  = “середній дохід від одного прибуття”,  $\alpha_{23}$  = “великий дохід від одного прибуття”;  $\alpha_{31}$  = “малий відсоток зайнятих”,  $\alpha_{32}$  = “середній відсоток зайнятих”,  $\alpha_{33}$  = “великий відсоток зайнятих”.

За допомогою методу парних порівнянь та експертів було сформовано базу правил, як зазначено у (1) і (2):

$R_1$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_1 = 0,13$ ;

$R_2$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_2 = 0,21$ ;

$R_3$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_3 = 0,29$ ;

$R_4$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_4 = 0,21$ ;

$R_5$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_5 = 0,29$ ;

$R_6$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_6 = 0,4$ ;

$R_7$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_7 = 0,48$ ;

$R_8$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_8 = 0,67$ ;

$R_9$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{11}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_9 = 0,73$ ;

$R_{10}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_{10} = 0,17$ ;

$R_{11}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_{11} = 0,25$ ;

$R_{12}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_{12} = 0,4$ ;

$R_{13}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_{13} = 0,37$ ;

$R_{14}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_{14} = 0,52$ ;

$R_{15}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_{15} = 0,6$ ;

$R_{16}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_{16} = 0,71$ ;

$R_{17}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_{17} = 0,75$ ;

$R_{18}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{12}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_{18} = 0,71$ ;

$R_{19}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_{19} = 0,06$ ;

$R_{20}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_{20} = 0,17$ ;

$R_{21}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{21}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_{21} = 0,4$ ;

$R_{22}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_{22} = 0,83$ ;

$R_{23}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_{23} = 0,87$ ;

$R_{24}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{22}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_{24} = 0,9$ ;

$R_{25}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{31})$  то  $y \in \beta_{25} = 0,94$ ;

$R_{26}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13}) \text{ і } (x_2 \in \alpha_{23}) \text{ і } (x_3 \in \alpha_{32})$  то  $y \in \beta_{26} = 0,94$ ;

$R_{27}$ : якщо  $(x_1 \in \alpha_{13})$  і  $(x_2 \in \alpha_{23})$  і  $(x_3 \in \alpha_{33})$  то  $y \in \beta_{27} = 1$ .

Для визначення універсумів, тобто множин значень, яким належать вхідні параметри  $x_i$ , проведено аналіз статистичних даних, наведених у звіті [21]. Так виявлено, що  $x_1 = [0..84,5]$ ,  $x_2 = [0..543,7]$ ,  $x_3 = [0..4,2]$ .

Функції приналежності для  $x_1, x_2, x_3$  будемо розглядати у класах кусочно-лінійних трикутних, трапецієвидних,  $s$ - та  $z$ -функцій (рис. 2–4). На рис. 2–4 пунктирними лініями відмічені поточні значення  $x'_1 = 84,5$ ,  $x'_2 = 543,7$ ,  $x'_3 = 4,2$ , що відповідають вхідним даним для Франції (в табл. 2 виділені напівжирним шрифтом).

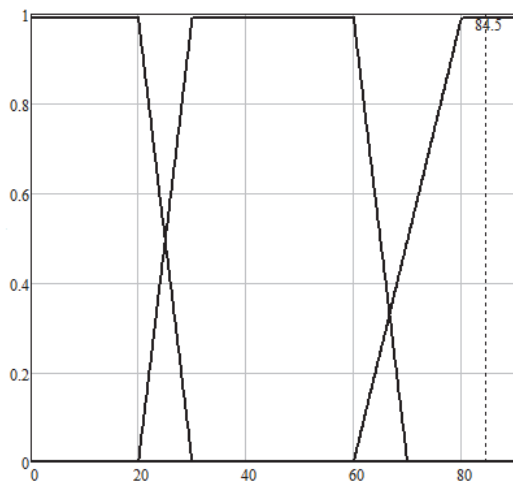


Рис. 2. Функції приналежності для терм оцінок  $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}$  вхідної змінної  $x_1$

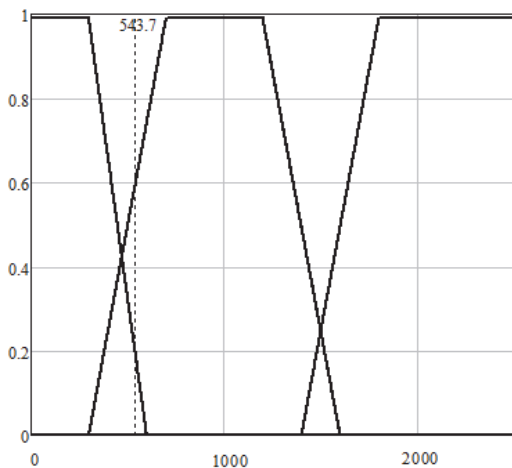


Рис. 3. Функції приналежності для терм оцінок  $\alpha_{21}, \alpha_{22}, \alpha_{23}$  вхідної змінної  $x_2$

Розрахуємо значення  $\mu_{\alpha_{ij}}$  для кожної з країн, що наведені в табл. 2. Для поточних значень, що наведені на рис. 2–4, ці значення дорівнюють:  $\mu_{\alpha_{11}}(x_1) = 0$ ,  $\mu_{\alpha_{12}}(x_2) = 0$ ,  $\mu_{\alpha_{13}}(x_3) = 1$ ,

$\mu_{\alpha_{21}}(x_1) = 0,19$ ,  $\mu_{\alpha_{22}}(x_2) = 0,61$ ,  $\mu_{\alpha_{23}}(x_3) = 0$ ,  
 $\mu_{\alpha_{31}}(x_1) = 0$ ,  $\mu_{\alpha_{32}}(x_2) = 0,6$ ,  $\mu_{\alpha_{33}}(x_3) = 0,1$ .

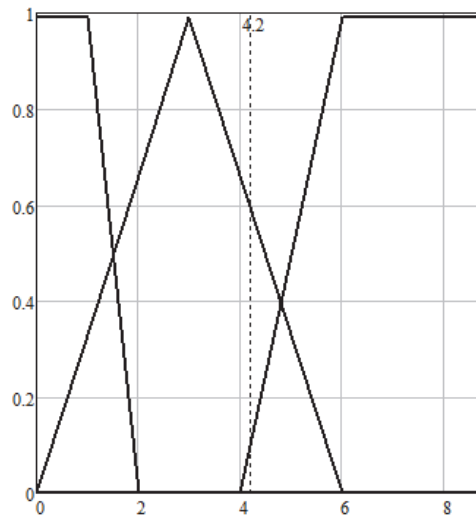


Рис. 4. Функції приналежності для терм оцінок  $\alpha_{31}, \alpha_{32}, \alpha_{33}$  вхідної змінної  $x_3$

При визначенні ступеня істинності (3) умов для кожного складеного правила системи (5), було з'ясовано, що права частина правил  $R_1, R_2, \dots, R_{19}, R_{22}, R_{25}, R_{26}, R_{27}$  дорівнює нулю, тобто  $\lambda_1 = \lambda_1 = \dots = \lambda_{19} = \lambda_{22} = \lambda_{25} = \lambda_{26} = \lambda_{27} = 0$ , а

$$R_{20} : \lambda_{20} = \min \{ \mu_{\alpha_{13}}(x_1); \mu_{\alpha_{21}}(x_2); \mu_{\alpha_{32}}(x_3) \} = \min \{ 1; 0,19; 0,6 \} = 0,19;$$

$$R_{21} : \lambda_{21} = \min \{ \mu_{\alpha_{13}}(x_1); \mu_{\alpha_{21}}(x_2); \mu_{\alpha_{33}}(x_3) \} = \min \{ 1; 0,19; 0,1 \} = 0,1;$$

$$R_{23} : \lambda_{23} = \min \{ \mu_{\alpha_{13}}(x_1); \mu_{\alpha_{22}}(x_2); \mu_{\alpha_{32}}(x_3) \} = \min \{ 1; 0,61; 0,6 \} = 0,6;$$

$$R_{24} : \lambda_{24} = \min \{ \mu_{\alpha_{13}}(x_1); \mu_{\alpha_{22}}(x_2); \mu_{\alpha_{33}}(x_3) \} = \min \{ 1; 0,61; 0,1 \} = 0,1.$$

Використовуючи формулу (4), маємо:

$$y^1 = \frac{\lambda_{20} \cdot \beta_{20} + \lambda_{21} \cdot \beta_{21} + \lambda_{23} \cdot \beta_{23} + \lambda_{24} \cdot \beta_{24}}{\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24}} = \frac{0,19 \cdot 0,17 + 0,1 \cdot 0,4 + 0,6 \cdot 0,87 + 0,1 \cdot 0,9}{0,19 + 0,1 + 0,6 + 0,1} = 0,68.$$

Таким чином, для країни з вхідними параметрами, що дорівнюють  $x'_1 = 84,5$ ,  $x'_2 = 543,7$ ,  $x'_3 = 4,2$  (Франція), отримали значення коефіцієнту впливу в'їзного туризму, що дорівнює 0,68. Відповідно до значень табл. 1 це є ознакою позитивного впливу (ПВ).

Розмірковуючи аналогічно, розрахуємо кількісну оцінку показника впливу в'їзного туризму для всіх країн з табл. 1. Результати розрахунків надані у табл. 3.

$$y^2 = \frac{\lambda_{26} \cdot \beta_{26}}{\lambda_{26}} = \frac{0,73 \cdot 0,94}{0,73} \approx 0,94;$$

$$y^3 = \frac{\lambda_{17} \cdot \beta_{17}}{\lambda_{17}} = \frac{0,97 \cdot 0,75}{0,97} \approx 0,75;$$

$$y^4 = \frac{\lambda_1 \cdot \beta_1 + \lambda_2 \cdot \beta_2 + \lambda_4 \cdot \beta_4 + \lambda_5 \cdot \beta_5}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} =$$

$$= \frac{0,06 \cdot 0,13 + 0,06 \cdot 0,21 + 0,3 \cdot 0,21 + 0,57 \cdot 0,29}{0,06 + 0,06 + 0,3 + 0,57} \approx 0,25;$$

$$y^5 = \frac{\lambda_2 \cdot \beta_2 + \lambda_5 \cdot \beta_5}{\lambda_2 + \lambda_5} = \frac{0,52 \cdot 0,21 + 0,36 \cdot 0,29}{0,52 + 0,36} \approx 0,24;$$

$$y^6 = \frac{\lambda_1 \cdot \beta_1 + \lambda_2 \cdot \beta_2}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{0,8 \cdot 0,13 + 0,4 \cdot 0,21}{0,8 + 0,4} \approx 0,16.$$

Таблиця 3

Результат розрахунку впливу в'їзного туризму на економіку країн

	Франція	США	Китай	Польща	Болгарія	Україна
Познач.	$y^1$	$y^2$	$y^3$	$y^4$	$y^5$	$y^6$
Кількісна оцінка	0,68	0,94	0,75	0,25	0,24	0,16
Вербальна оцінка	ПВ	ВПВ	ПВ	НПВ	НПВ	НВ

## Висновки

В табл. 3 надані результати кількісної оцінки ступеня впливу в'їзного туризму для обраних країн. Із таблиці видно, що такі країни як США, Китай, Франція зазнають позитивний або навіть значний позитивний вплив на економіку, тоді як Польща і Болгарія мають недостатній позитивний рівень впливу, а Україна – значний негативний рівень впливу.

Запропонована методика розрахунку кількісної оцінки в'їзного туризму дозволяє на основі нечіткого логічного виведення отримувати кількісні значення, базуючись на яких можна робити висновки про ступінь позитивного впливу на економіку країни.

Розрахунок запропоновано виконувати за допомогою 3 вхідних лінгвістичних змінних  $x_1$ ,  $x_2$  і  $x_3$ .

За допомогою означеного підходу, використовуючи інші вхідні параметри, можна проводити кількісну оцінку будь яких систем, що мають аналогічну природу, та що можуть біти схематично представлені аналогічно системі на рис. 1.

У подальших дослідженнях планується провести обґрунтування вибору виду функцій приналежності вхідних змінних, використання інших методів агрегування підумов антецедентної частини правил в базі, а також реалізацію інших методів нечіткого логічного виведення.

## Список літератури

1. Lejarraga I. On linkages and leakages: measuring the secondary effects of tourism / I. Lejarraga, P. Walkenhorst // *Applied Economics Letters*. – 2010. – Vol. 17. – № 5. – P. 417-421. <https://doi.org/10.1080/13504850701765127>.
2. Boz M. Leakages and value added in international tourism revenues; tourism satellite account as a measurement method / M. Boz // *International Journal of Business and Social Science*. – 2011. – Vol. 2. – №.24. – P. 198-206.
3. Hojehghan S.B. Digital economy and tourism impacts, influences and challenges / S.B. Hojehghan, A.N. Esfangareh // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2011. – № 19. – P. 308-316. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.136>.
4. Glasson J. Introduction to environmental impact assessment / J. Glasson, R. Therivel. – London: Routledge, 2012. – 416 p. <https://doi.org/10.4324/9781315881218>.
5. Fundingsland Tetlow M. Strategic environmental assessment: the state of the art / M. Fundingsland Tetlow, M. Hanusch // *Impact Assessment and Project Appraisal*. – 2012. – Vol. 30. – № 1. – P. 15-24. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.666400>.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets / L.A. Zadeh // *Information and Control*. – 1965. – Vol. 8. – № 3. – P. 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
7. Zimmermann H.J. Fuzzy set theory / H.J. Zimmermann // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*. – 2010. – Vol. 2. – № 3. – P. 317-332. <https://doi.org/10.1002/wics.82>.
8. Terano T. Applied fuzzy systems / T. Terano, K. Asai, M. Sugeno. – Academic Press, 2014. – 301p.
9. Mendel J.M. Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial / J.M. Mendel // *Proceedings of the IEEE*. – 1995. – Vol. 83. – № 3. – P. 345-377. <https://doi.org/10.1109/5.364485>.
10. Merigó J.M. An overview of fuzzy research with bibliometric indicators / J.M. Merigó, A.M. Gil-Lafuente, R.R. Yager // *Applied Soft Computing*. – 2015. – Vol. 27. – P. 420-433. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.10.035>.
11. Nguyen H.T. Fuzzy systems: modeling and control / H. T. Nguyen, M. Sugeno (ed.). – Springer Science & Business Media, 2012. – Vol. 2. – 517 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5505-6>.
12. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems*. – Morgan Kaufmann, 1993. – P. 387-403. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-1450-4.50045-6>.
13. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant / E.H. Mamdani // *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*. – IET, 1974. – Vol. 121. – № 12. – P. 1585-1588.
14. Cordon O. A historical review of evolutionary learning methods for Mamdani-type fuzzy rule-based systems: Designing interpretable genetic fuzzy systems / O. Cordon // *International Journal of Approximate Reasoning*. – 2011. – Vol. 52. – № 6. – P. 894-913. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2011.03.004>.

15. Раскин Л.Г. Анализ нечетких экспертных систем оценки состояния объектов. Комбинированная экспертная система / Л.Г. Раскин, Т.И. Каткова, В.А. Головки // Системы обработки информации. – 2013. – № 2(109). – С. 77-81.
16. Ротштейн А.П. Адаптивная система диагностики на основе нечетких отношений / А.П. Ротштейн, А.Б. Ракитянская // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 4. – С. 135-150.
17. Saaty T.L. Models, methods, concepts & applications of the Analytic Hierarchy Process / T.L. Saaty, L.G. Vargas. – Springer Science & Business Media, 2012. – 346 p.
18. Олех Т.М. Методы оценки проектов и программ / Т.М. Олех, А.Г. Оборская, Е.В. Колесникова // Праці Одеського політехнічного університету. – 2012. – № 2. – С. 213-217.
19. Garibaldi J.M. Choosing membership functions of linguistic terms / J.M. Garibaldi, R.I. John // The 12th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ'03. – IEEE, 2003. – Vol. 1. – P. 578-583. <https://doi.org/10.1109/FUZZ.2003.1209428>.
20. Bezhentseva T.V. Formation of system of indicators for evaluation of environmental activities / T.V. Bezhentseva, N.N. Aleksandrova, E.G. Matyus // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Vol. 451. – № 1. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012182>.
21. Travel and Tourism Competitiveness Report 2017 from World Economic Forum [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://reports.weforum.org/travel-and-tourism-competitiveness-report-2017>.

## References

1. Lejarraga, I. and Walkenhorst, P. (2010), On linkages and leakages: measuring the secondary effects of tourism, *Applied Economics Letters*, No. 17(5), pp. 417-421. <https://doi.org/10.1080/13504850701765127>.
2. Boz, A.M. (2011), Leakages and value added in international tourism revenues; tourism satellite account as a measurement method, *International Journal of Business and Social Science*, No. 2(24), pp. 198-206.
3. Hojehghan, S.B. and Esfangareh, A.N. (2011), Digital economy and tourism impacts, influences and challenges, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, No. 19, pp. 308-316. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.136>.
4. Glasson, J. and Therivel, R. (2013), *Introduction to environmental impact assessment*, Routledge, 416 p. <https://doi.org/10.4324/9781315881218>.
5. Fundingsland Tetlow, M. and Hanusch, M. (2012), Strategic environmental assessment: the state of the art, *Impact Assessment and Project Appraisal*, No. 30(1), pp. 15-24. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.666400>.
6. Zadeh, L.A. (1965), Fuzzy sets, *Information and control*, No. 8(3), pp. 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
7. Zimmermann, H.J. (2010), Fuzzy set theory, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, No. 2(3), pp. 317-332. <https://doi.org/10.1002/wics.82>.
8. Terano, T., Asai, K. and Sugeno, M. (2014), *Applied fuzzy systems*, Academic Press, 301 p.
9. Mendel, J.M. (1995), Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial, *Proceedings of the IEEE*, No. 83(3), pp. 345-377. <https://doi.org/10.1109/5.364485>.
10. Merigó, J.M., Gil-Lafuente, A.M. and Yager, R.R. (2015), An overview of fuzzy research with bibliometric indicators, *Applied Soft Computing*, No. 27, pp. 420-433. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.10.035>.
11. Nguyen, H.T. and Sugeno, M. (2012), *Fuzzy systems: modeling and control*, Springer Science & Business Media, Vol. 2, 517 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5505-6>.
12. Takagi, T. and Sugeno, M. (1993), Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control, *Readings in fuzzy sets for intelligent systems*, Morgan Kaufmann, pp. 387-403. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-1450-4.50045-6>.
13. Mamdani, E.H. (1974), Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant, *Proceedings of the institution of electrical engineers*, Vol. 121, No. 12, pp. 1585-1588.
14. Cordon, O. (2011), A historical review of evolutionary learning methods for Mamdani-type fuzzy rule-based systems: Designing interpretable genetic fuzzy systems, *International Journal of Approximate Reasoning*, No. 52(6), pp. 894-913. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2011.03.004>.
15. Raskin, L.G., Katkova, T.I. and Golovko, V.A. (2013), “Analiz nechetkih ekspertnyih sistem otsenki sostoyaniya obyektov. Kombinirovannaya ekspertnaya sistema” [Analysis of fuzzy expert systems for assessing the state of objects. Combined Expert System], *Information Processing Systems*, No. 2(109), pp. 77-81.
16. Rotshteyn, A.P. and Rakityanskaya, A.B. (2009), “Adaptivnaya sistema diagnostiki na osnove nechetkikh otnosheniy” [Adaptive diagnostic system based on fuzzy relations], *Cybernetics and Systems Analysis*, No. 4, pp. 135-150.
17. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (2012), *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*, Springer Science & Business Media, 346 p.
18. Olexh, T.M., Oborskaya, A.G. and Kolesnikova, E.V. (2012), “Metody otsenki proyektov i programm” [Methods of assessment projects and programs], *Proceedings of the Odessa Polytechnic University*, No. (2), pp. 213-217.
19. Garibaldi, J.M. and John, R.I. (2003), Choosing membership functions of linguistic terms, *The 12th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ'03*, Vol. 1, pp. 578-583. <https://doi.org/10.1109/FUZZ.2003.1209428>.
20. Bezhentseva, T.V., Aleksandrova, N.N. and Matyus, E.G. (2018), Formation of system of indicators for evaluation of environmental activities, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 451, No. 1, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012182>.
21. World Economic Forum (2017), *Travel and Tourism Competitiveness Report 2017*, available at: [www.reports.weforum.org/travel-and-tourism-competitiveness-report-2017](http://reports.weforum.org/travel-and-tourism-competitiveness-report-2017).

Надійшла до редколегії 02.07.2019

Схвалена до друку 10.09.2019

**Відомості про авторів:****Мегель Юрій Євгенович**

доктор технічних наук професор  
завідувач кафедри Харківського національного технічного  
університету сільського господарства ім. П. Василенка,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-0072-0756>

**Коваленко Світлана Миколаївна**

кандидат технічних наук доцент  
доцент кафедри Харківського національного технічного  
університету сільського господарства ім. П. Василенка,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-6770-6778>

**Коваленко Сергій Володимирович**

кандидат технічних наук доцент  
доцент кафедри Національного технічного університету  
“Харківський політехнічний інститут”  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-8763-0862>

**Міхнова Олена Дмитрівна**

кандидат технічних наук  
асистент кафедри Харківського національного технічного  
університету сільського господарства ім. П. Василенка,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-6558-8509>

**Information about the authors:****Yuriy Megel**

Doctor of Technical Sciences Professor  
Head of the Department of Kharkiv Petro Vasylenko  
National Technical University of Agriculture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-0072-0756>

**Svitlana Kovalenko**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Senior Lecturer of Kharkiv Petro Vasylenko  
National Technical University of Agriculture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-6770-6778>

**Sergey Kovalenko**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Senior Lecturer of National Technical University  
“Kharkiv Polytechnic Institute”,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-8763-0862>

**Olena Mikhnova**

Candidate of Technical Sciences  
Assistant Lecturer of Kharkiv Petro Vasylenko  
National Technical University of Agriculture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6558-8509>

**ПОДХОД К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ВЪЕЗДНОГО ТУРИЗМА НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ**

Ю.Е. Мегель, С.Н. Коваленко, С.В. Коваленко, О.Д. Михнова

*В статье предложен подход к количественной оценке влияния въездного туризма на экономику страны, основанный на применении теории нечеткой логики и системы нечеткого логического вывода. В качестве факторов, на основе которых делается вывод, были выбраны количество иностранных туристов, прибывающих в страну, среднее количество денежных поступлений, получаемых от одного прибывшего туриста, и процент населения страны, занятого в индустрии путешествий и туризма. Для получения результата были определены необходимые лингвистические термы для оценки входных переменных, построены функции принадлежности для всех лингвистических термов; создана база правил с использованием метода парных сравнений; вычислена степень истинности каждого правила и проведена дефазификация по методу центра тяжести. Предложенный метод позволяет получить количественную оценку влияния въездного туризма и ее качественный эквивалент. Используя данный подход с другими входными параметрами можно проводить количественную оценку любой системы, имеющей аналогичную природу.*

**Ключевые слова:** нечеткая логика, лингвистическая переменная, количественное оценивание, въездной туризм.

**AN APPROACH TO QUANTITATIVE ASSESSMENT OF INBOUND TOURISM IMPACT ON THE COUNTRY'S ECONOMY**

Y. Megel, S. Kovalenko, S. Kovalenko, O. Mikhnova

*Today tourism is one of the leading sectors of the global and the regional economy. But along with the positive impact of tourism on the country's economy, there are certain factors which are negative. The purpose of this article is to formulate and justify an approach to the calculation of quantitative assessment of the inbound tourism impact on the country's economy and its qualitative equivalent. To reach this goal, the application of the theory of fuzzy logic and fuzzy inference system was used. Fuzzy inference includes all the main components of the theory of fuzzy logic, such as linguistic variables, membership functions, methods of fuzzy implication. As a method for the implementation of fuzzy inference the simplified fuzzy inference algorithm was chosen. As input parameters to carry out the calculation of the impact on the country's economy the number of international tourist arrivals to the country, the average receipts per arrival and the percentage of employment in the travel and tourism industry were chosen. To obtain the result, the necessary linguistic terms to estimate the input variables were determined; membership functions were constructed for all linguistic terms; a rule base (the set of if-then rules that define the relationships between the input and output of the system) was built; a firing strength of each rule on the base was obtained and the result was obtained by the centre of gravity method. Using this approach, a numerical experiment was carried out to quantitatively determine the inbound tourism impact assessment on the economies of 6 countries as well as the qualitative equivalent of this assessment in accordance with the verbal-numerical Harrington scale. This numerical experiment shows, that countries such as the USA, China and France have positive or even high positive impact on their economies, Poland and Bulgaria have low positive impact and Ukraine has negative inbound tourist impact on the country's economy. Using this approach with other input parameters, it is possible to perform an assessment (quantitative and qualitative) of any systems of a similar nature.*

**Keywords:** fuzzy logic, linguistic variable, fuzzy inference system, inbound tourism, impact.