



УДК 004.942, 519.876.5

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОКІВ РЕКРЕАНТІВ ЗА  
ДОПОМОГОЮ МОДИФІКОВАНОЇ ГРАВІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ  
НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

**С.О. ЛЯХОВ, Я.І. ВИКЛЮК**

Запропоновано метод розрахунку показників атрактивності території на базі нечіткої логіки. Проведено вдосконалення модифікованої гравітаційної моделі, яке використовується для прогнозування кількості потенційних рекреантів, запропонованим методом. Проведено розрахунки з використанням нової моделі та наведено порівняльний аналіз отриманих результатів.

Розвиток туристичної галузі в Україні має сприяти розвитку міжнародних та ринкових відносин, зменшити кількість безробітних, частково захистити природний та історико-культурний спадок. Розвивати туристичну галузь одночасно в цілому регіоні, недоцільно, оскільки це потребує великих капіталовкладень. У зв'язку з цим, необхідно визначити такі місця відпочинку, які будуть приваблювати найбільшу кількість рекреантів.

Моделям функціонування рекреаційно-туристичних систем притаманна невизначеність, зумовлена, з одного боку відсутністю точного опису процесів функціонування систем, з іншого — неспроможністю оцінити стани систем абсолютно точно, що ускладнює, а часом, й унеможливорює використання точних кількісних методів.

**Мета роботи** — побудова моделі розрахунку кількості потенційних клієнтів у туристично-рекреаційних комплексах за допомогою вдосконалення гравітаційної моделі [1] з використанням нечіткої логіки.

**Актуальність.** Визначення кількості рекреантів — надзвичайно важлива складова інвестиційного аналізу, оскільки, знаючи кількість відвідувачів, можна оптимізувати бізнес-процеси, спрогнозувати прибуток, витрати, рентабельність, спланувати перелік послуг, які можуть надаватись і т.ін.

Прогнозування кількості потенційних відвідувачів туристично-рекреаційних систем (ТРС) можна визначити, застосувавши модифіковану гравітаційну модель, що дозволяє врахувати вплив місцезнаходження населених пунктів від туристично-рекреаційних комплексів (ТРК), цінової політики, сезонності та основні чинники привабливості [1]. За цією моделлю потенційна кількість рекреантів визначається як:

$$K_{ij}^{\text{cat}}(T) = k \times \left( 1 + \frac{\sum_{l=1}^n \text{Att}_l^{\text{TPC}} \text{Att}_l^{\text{cat}}}{n_{\text{Att}}} \right) \times \frac{(D_{\text{cat}i} m_i)^m n_j^n}{r_{ij}^r} \times P_{\text{cat}}(T) P_{\text{TPC}}(T) \times \left( 1 - \frac{\sqrt{|B_{\text{TPC}}^2 - B_{\text{cat}}^2|}}{n_{\text{price}}} \right), \quad (1)$$

де

$K_{ij}^{\text{cat}}$  — кількість рекреантів  $j$ -ї ТРС, які прибули з  $i$ -го пункту попиту;

$m_i^m$  — чисельність населення  $i$ -го пункту попиту;

$n_j^n$  — відстань (максимально можлива місткість)  $j$ -ї ТРС;

$r_{ij}^r$  — відстань між  $j$ -ою ТРС та  $i$ -им пунктом попиту;

$k$  — емпіричний «коефіцієнт тяжіння привабливості» (тотожні);

$m, n, r$  — емпіричні коефіцієнти;

$D_{\text{cat}i}$  — питома вага людей певного сегменту (студенти, середній клас, клас заможних людей, діти) з  $i$ -го пункту попиту;

$P_{\text{cat}}(T)$  — імовірність того, що люди певного сегменту відпочиватимуть в інтервал часу  $T$ ;

$P_{\text{TPC}}(T)$  — імовірність того, що певна ТРС працюватиме в інтервалі часу  $T$ ;

$B_{\text{TPC}}$  — цінова категорія ТРС;

$B_{\text{cat}}$  — бажана категорія ТРС для певної категорії відпочиваючих;

$n_{\text{price}}$  — нормувальний множник, рівний розмірності рейтингової шкали  $B_{\text{TPC}}$  та  $B_{\text{cat}}$ ;

$l$  — «тип привабливості»;

$\text{Att}_l^{\text{TPC}}$  — рейтингова оцінка  $l$ -ї «привабливості» ТРС;

$\text{Att}_l^{\text{cat}}$  — нормована рейтингова оцінка, що визначає важливість  $l$ -ї «привабливості» для рекреанта групи «cat»;

$n_{\text{Att}}$  — максимально допустиме значення  $\text{Att}_l^{\text{TPC}}$ .

Усі коефіцієнти в (1), за винятком  $k, m, n$  та  $r$ , мають статистичний характер і були визначені шляхом експертних оцінок провідних фахівців цієї галузі.

Недоліком моделі (1) є визначення загального «показника привабливості»:

$$\text{Atr}(\text{trs}, \text{cat}) = \left( 1 + \frac{\sum_{l=1}^n \text{Att}_l^{\text{TPC}} \text{Att}_l^{\text{cat}}}{n_{\text{Att}}} \right). \quad (2)$$

Щоб розрахувати цей множник запропоновано використати 28 «показників привабливості», які визначено експертними оцінюваннями [1]. Величина більшості «показників привабливості» для різних ТРС майже не відрізняється. Інші показники, які значно відрізняються один від одного і є визначальними для «привабливості» певної ТРС, не можуть суттєво вплинути на зміну показника (2). У такому випадку показники всіх ТРС коливаються біля певного центру, величину нормованого показника схематично зображено на рис. 1. Діапазон значень, в яких коливається цей показник, лежить на відрізку [1; 2], при чому значення 1 та 2 та їхні околиці є «мертвими» точками, а це означає, що якою б привабливою не була ТРС, її «показник привабливості» буде відрізнятися від непривабливої ТРС приблизно на 0,4–0,8 одиниць, що не може суттєво вплинути на остаточні результати. Також важко виконати оцінювання багатьох якісних «показників привабливості» з високою точністю, а це, в свою чергу, не дає можливості використати класичні математичні методи.



Рис. 1. Схематичне зображення розподілу нормованого «показника привабливості»

Для моделювання привабливості регіону або певної ТРС найкраще застосовувати нечіткі моделі. Це дає можливість визначати загальний «показник привабливості» ТРС у ширшому діапазоні, а також краще оцінити інші «показники привабливості». На практиці показано, що в багатьох випадках нечітке моделювання дозволяє більш адекватно описати об'єкти з деякою невизначеністю і дає кращі результати, у порівнянні з детермінованими або ймовірнісно-статистичними моделями [2]. У роботах [2–8] було апробовано та доведено адекватність апарату нечіткої логіки в дослідженнях туристичної галузі. Зокрема, моделюванню та створенню експертної системи вибору готелю присвячена робота [4]. Прогнозам у туристичній галузі на базі нечіткої логіки та нейромережах присвячено роботи [5, 6]. У роботі [2] досліджено конкуренцію економічного зростання між регіонами в Китаї.

Тому ми пропонуємо розрахувати коефіцієнт привабливості за допомогою моделі, що базується на нечіткій логіці, використовуючи замість множника (2) інший —  $Atr(trs, cat)_{fuzzy}$ .

Математична теорія нечітких множин (fuzzy sets) і нечітка логіка (fuzzy logic) є узагальненнями класичної теорії множин і класичної формальної логіки. Такі поняття вперше запропонував американський вчений Лотфі Заді (Lotfi Zadeh) у 1965 році. Основною причиною появи нової теорії стала

наявність нечітких і наближених міркувань під час опису людиною процесів, систем, об'єктів [9].

У загальному випадку механізм логічного виведення містить чотири етапи: введення нечіткості (фазифікація), нечіткий висновок, композицію й приведення до чіткості або дефазифікацію.

Алгоритми нечіткого висновку розрізняються, головним чином, виглядом правил, що використовуються, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації. Найпопулярнішими є моделі нечіткого висновку Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото.

У даній роботі застосовується метод Сугено 0-го порядку, коли логічне виведення є константою:

$$(x_1 = \tilde{a}_{1j} \Theta_j, x_2 = \tilde{a}_{2j} \Theta_j \dots \Theta_j x_n = \tilde{a}_{nj}) \rightarrow y = dj, \quad j = 1, m. \quad (3)$$

Згідно із думкою експертів [1], найвагомішими групами показників привабливості є: екологічний стан, інфраструктура (з підгрупами «готельна інфраструктура» та «громадська інфраструктура»), сервісні фактори, розташування. Для оцінки агрегованих показників експертами було запропоновано наступні вхідні параметри по кожній групі та підгрупі:

- екологічний стан (E): радіація (Ea); повітря (Eb); вода (Ec); озеленення території (Ed);
- готельна інфраструктура (Ia): якісна готельна інфраструктура для різних сегментів споживання (Ia1); розвинена мережа телекомунікацій (Ia2); розвинена інфраструктура спортивних споруд та можливостей занять спортом (Ia3); наявність достатньої інфраструктури розваг на території ТРС (Ia4);
- громадська інфраструктура (Ib): якісна інфраструктура транспортних комунікацій — дороги, аеропорти, залізниця, морські та річкові порти (Ib1); розвинена система громадського харчування (Ib2); розвинена система громадського транспорту (Ib3); наявність достатньої інфраструктури розваг в околицях ТРС (Ib4);
- сервісні фактори (C): вартість (Ca); оригінальна місцева кухня (Cb); розвинена промисловість та виробництво сувенірної продукції (Cc); розвинена мережа торгівлі. Наявність груп товарів, особливо привабливих у категорії ціна-якість (Cd);
- розташування (P): віддаль від сіл (Pa); віддаль від смт. та міст (Pb); забезпечення під'їздами для автотранспорту (Pc); забезпечення під'їздами залізницею (Pd).

Для розрахунку агрегованого показника привабливості запропонована ієрархічну нечітку систему. По кожній із груп за допомогою алгоритму Сугено знаходяться рекреаційні потенціали. Вони, в свою чергу, слугують вхідними параметрами узагальнювальної нечіткої експертної системи, що визначає «коефіцієнт привабливості» ТРС (рис. 2). Запропонований підхід дозволяє значно зменшити необхідну кількість продукційних правил.

Для розрахунку загального «показника привабливості» ТРС із урахуванням важливості проміжних показників для кожної групи населення (середнього класу, студентів, класу заможних людей та дітей) [1] було застосовано метод лінійної згортки, що представлений у роботах [2, 12].

$$Atr(trs, cat)_{fuzzy} = \sum_i Att(trs)_i \frac{Imp(cat)_i}{\sum_j Imp(cat)_j}, \quad (4)$$

де  $Atr(trs, cat)_{fuzzy}$  — загальний «показник привабливості» ТРС для певної категорії населення;  $Atr(trs)_i$  — проміжний «показник привабливості» ТРС;  $Imp(trs)_i$  — важливість проміжного «показника привабливості» для певної категорії населення.

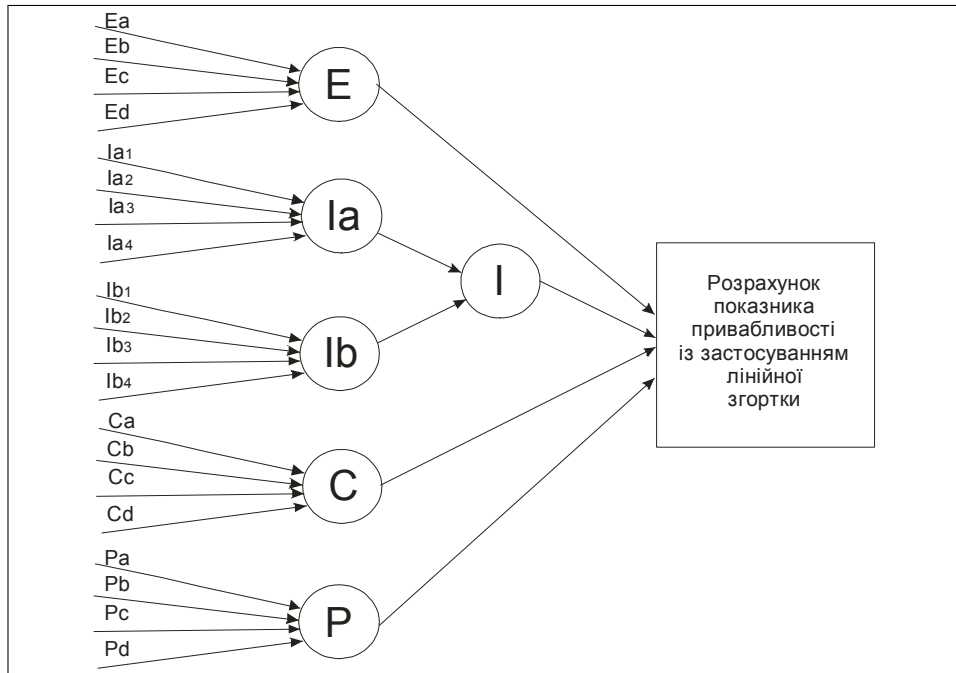


Рис. 2. Схема розрахунку показника привабливості за допомогою нечіткої моделі

### Алгоритм розрахунку

Запропоновано застосовувати такий алгоритм розрахунку загального «показника привабливості» ТРС:

1. Визначення лінгвістичних змінних та їх параметрів.
2. Визначення вигляду та параметрів функцій належності для кожного терму показників привабливості.
3. Визначення продукційних правил.
4. Побудова нечіткої моделі.
5. Розрахунок проміжних «показників привабливості» для кожної ТРС.
6. Розрахунок загального «показника привабливості» ТРС із урахуванням важливості «показників привабливості» для різних груп населення за допомогою лінійної згортки.
7. Розрахунок кількості рекреантів та прибутку за вдосконаленою гравітаційною моделлю.
8. Отримання результатів та їх аналіз.

### **Комп'ютерний експеримент**

Для розробки моделі з нечіткою логікою використовувалося середовище MatLab та toolbox Fuzzy Logic. Нижче наведено терми лінгвістичних змінних.

#### **1. Екологічний стан:**

- (Ea): радіаційне забруднення відсутнє (PB); рівень радіаційного забруднення відповідає нормам, що є допустимими для життя (PM); рівень радіаційного забруднення перевищує доступні радіаційні норми (Z);
- (Eb): екологічно чисте повітря (PB); міське повітря (PM); забруднене повітря (Z);
- (Ec): екологічно чиста вода без фільтрації (PB); вода з громадських очисних споруд (Z);
- (Ed): наявність оздоровчих видів рослин (PB); достатня кількість озеленення без оздоровчих видів рослин (PM); мала кількість рослинності (Z).

#### **2. Готельна інфраструктура:**

- (Ia1): достатня кількість апартаментів для всіх рівнів споживання (PB); достатня кількість апартаментів для деяких рівнів споживання (PM); недостатня кількість апартаментів для будь-якого рівня споживання (Z);
- (Ia2): добре розвинена телекомунікаційна мережа (PB); недостатньо розвинена або нерозвинена зовсім телекомунікаційна мережа (Z);
- (Ia3): добре розвинена інфраструктура спортивних комплексів та можливостей занять спортом (PB); майже відсутня можливість для занять спортом (Z);
- (Ia4) добре розвинена інфраструктура розваг (PB); недостатньо розвинена інфраструктура розваг (Z).

#### **3. Громадська інфраструктура:**

- (Ib1): наявність усіх видів транспортних комунікацій (PB); середньо розвинена транспортна інфраструктура (PM); слабо розвинена транспортна інфраструктура (Z);
- (Ib2): достатньо розвинена система громадського харчування (PB); недостатньо розвинена система громадського харчування (Z);
- (Ib3): достатньо розвинена система громадського транспорту (PB); недостатньо розвинена система громадського транспорту (Z);
- (Ib4): достатньо велика кількість центрів розваг (PB); недостатньо розвинена інфраструктура розваг (Z).

#### **4. Сервісні фактори:**

- (Ca): найкраще співвідношення ціна-якість (PB); ціна є завищеною (PM); надто висока ціна та поганий сервіс (Z);
- (Cb): наявність оригінальної місцевої кухні (PB); відсутність оригінальної місцевої кухні (Z);
- (Cc): розвинено виробництво сувенірної продукції (PB); слабо або недостатньо розвинено виробництво сувенірної продукції (Z);
- (Cd): розвинено мережу торгівлі (PB); недостатньо або зовсім не розвинено мережу торгівлі (Z).

### 5. Розташування:

- (Pa): якісні дороги біля ТРС (PB); дороги знаходяться на деякій відстані від ТРС (PM); дороги неякісні або знаходяться далеко від ТРС (Z);
- (Pb): залізнична станція розташована неподалік від ТРС (PB); залізнична станція розташована далеко від ТРС (Z);
- (Pc): розташована у селі або село розташоване неподалік від ТРС (PB); значна відстань розташування сіл від ТРС (Z);
- (Pd): знаходиться у місті (сmt.) або неподалік від них (PB); значна відстань розташування від міст (сmt.) (Z).

Для побудови нечітких експертних правил продукцій було використано загальноприйняті міжнародні скорочення для параметрів функції ( $Z$  — нуль, близько до нуля; PS — позитивне мале; PM — позитивне середнє; PB — позитивне велике) [13, 14].

Групові показники описуються термами:  $Z$  — низький; PM — середній; PB — високий. Комплексний показник привабливості описується термами:  $Z$  — низький; PS — нижче середнього; PM — вище середнього; PB — високий.

Для розрахунків за допомогою нечіткої моделі було використано трикутні функції належності. Трикутна функція належності визначається трійкою чисел  $(a, b, c)$ , а її значення в точці  $x$  обчислюється відповідно до формули:

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1 - \frac{x-c}{c-b}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases} \quad (5)$$

При  $(b-a) = (c-b)$  маємо випадок симетричної трикутної функції належності, що може бути однозначно задана двома параметрами із трійки  $(a, b, c)$ . Гауссівські функції належності дали менш адекватні результати.

Параметри  $a, b$  та  $c$  можуть розраховуватись двома способами. Перший — це застосування системи навчання на базі нейронних мереж [16], другий — визначення параметрів за допомогою експертів. У даній роботі ми скористались допомогою експертів. Експертні оцінки було надано фахівцями Чернівецької обласної адміністрації у справах спорту і туризму. Параметри та вигляд функцій належності наведено в табл. 1 та на рис. 3.

Базу нечітких продукційних правил для формального відображення емпіричних знань, отримано в результаті експертних оцінок наданих відділом з питань туризму Чернівецької обласної державної адміністрації.

На основі наведених вище нечітких правил продукції та структури було розроблено нечітку модель у системі MatLab, яка дозволяє розрахувати проміжні показники привабливості по кожному ТРК.

**Таблиця 1.** Опис параметрів функцій належності для побудови моделі в системі MatLab

Лінгвістична змінна	Терм	Параметри функцій належності
Еа Еб Ег Іа <sub>1</sub> Іа <sub>3</sub> Іа <sub>4</sub> Іб <sub>2</sub> Са Рв	PВ PM Z	[3 5 7] [0,5 2,5 4,5] [-2 0 2]
Ев Іа <sub>2</sub> Іб <sub>1</sub> Іб <sub>3</sub> Іб <sub>4</sub> Сб Св Сг Ра Рб Рг	PВ Z	[0 5 10] [-5 0 5]
Е, І, С, Р	PВ PM PS Z	5 3,33 1,67 0

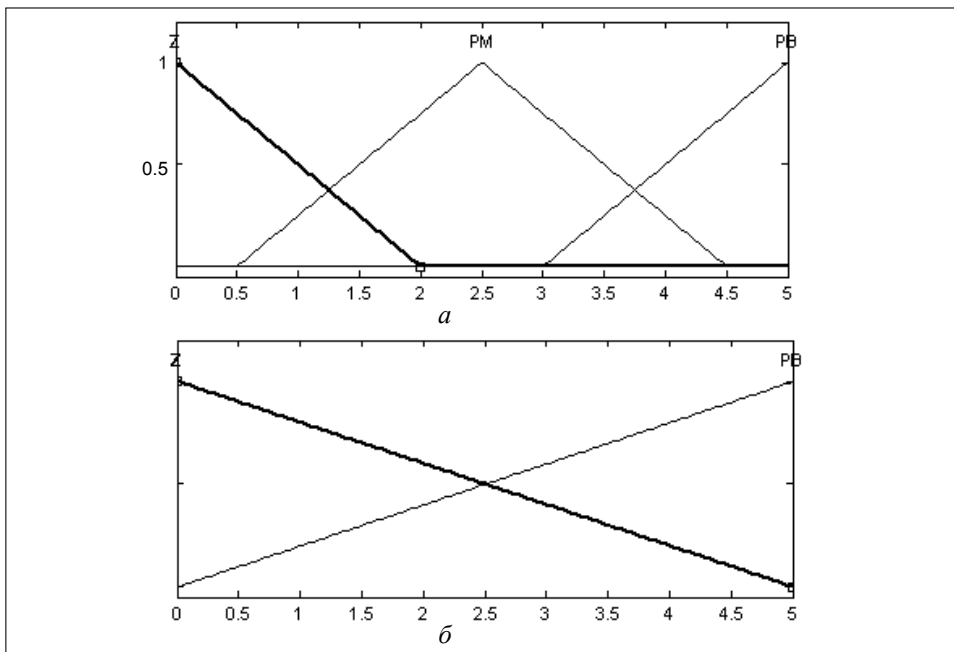


Рис. 3. Трикутні функції належності з 3-ма (а) і 2-ма (б) параметрами

Використовуючи експертні оцінки показників привабливості, було виконано розрахунки проміжних показників привабливості для ТРК «Мигово», «Буковель» та «Німчич».

**Таблиця 2.** Експертні оцінки показників привабливості

Показник привабливості	ТРК «Мигово»	ТРК «Буковель»	ТРК «Німчич»
<b>Екологічний стан</b>			
Радіація	5,00	5,00	5,00
Вода	5,00	5,00	4,20
Повітря	4,60	5,00	5,00
Озеленення території	5,00	5,00	5,00
<b>Інфраструктура</b>			



Продолжение табл. 2

<b>Готельна інфраструктура</b>			
Якісна готельна інфраструктура для різних сегментів споживання	3,60	5,00	2,40
Розвинена мережа телекомунікацій	3,80	4,60	1,80
Розвинена інфраструктура спортивних споруд та можливостей для занять спортом	4,00	5,00	0,60
Наявність достатньо розвинутої інфраструктури розваг на території ТРК	3,80	5,00	1,60
<b>Громадська інфраструктура</b>			
Якісна інфраструктура транспортних комунікацій	3,80	4,20	1,00
Розвинена система громадського харчування	4,60	5,00	1,80
Розвинена система громадського транспорту	3,80	4,20	0,40
Наявність достатньої інфраструктури розваг в околицях ТРС	3,80	5,00	1,60
<b>Сервісні фактори</b>			
Вартість та якість обслуговування	5	4	3
Оригінальна місцева кухня	3,80	4,20	3,60
Розвинена промисловість та виробництво сувенірної продукції	2,80	3,80	2,60
Розвинена мережа торгівлі	3,40	4,00	2,60
<b>Розташування</b>			
Можливість дістатися визначеного місця на авто	4,20	4,80	0,40
Можливість дістатися визначеного місця залізницею	2,20	2,40	0,60
Віддаленість від сіл	3,80	4,60	3,20
Віддаленість від смт. та міст	3,80	4,40	1,60

Важливість привабливості проміжних показників для груп населення визначають за допомогою експертних оцінок за п'ятибальною шкалою (5 — важливо, 0 — неважливо). Використовуючи (3) і показники привабливості, які наведені в табл. 3, було розраховано проміжні показники привабливості для кожного ТРК і категорії населення (табл. 4).

**Таблиця 3.** Важливість показників привабливості для різних категорій населення

Група показників привабливості	Середній клас	Студенти	Клас заможних людей	Діти
Екологічний стан	5	4	5	5
Готельна інфраструктура	3	1	5	2
Громадська інфраструктура	4	3	2	3
Сервісні фактори	2	1	5	1
Розташування	3	3	4	0

**Таблиця 4.** Проміжні показники привабливості по ТРК

Група показників привабливості	ТРК «Мигово»	ТРК «Буковель»	ТРК «Німчич»
Екологічний стан	5	5	4,73
Готельна інфраструктура	3,87	4,87	1,29
Громадська інфраструктура	3,73	4,73	0,67
Сервісні фактори	3,33	4	2,93
Розташування	3,27	3,8	0,7

Пунктами попиту на рекреацію служили всі обласні центри України та населенні пункти, чисельність населення яких перевищує 100 000. У роботі проаналізовано доцільність розташування ТРС у місцях, де вже розташовано ТРС, що функціонують і спеціалізуються на наданні послуг гірськолижного туризму, з метою аналізу потоків відпочиваючих та надання рекомендацій, щодо збільшення кількості рекреантів.

Цінова категорія ТРС оцінювалась за п'ятибальною рейтинговою шкалою [1], де курорту найвищого гатунку класу «Люкс» відповідав бал «1»; курорту середнього класу — «3», курорту найнижчої цінової категорії — «5». Відповідно до експертних оцінок, наданих комітетом у справах сім'ї, молоді та спорту Чернівецької області, заможні громадяни надаватимуть перевагу курортам класу «Люкс», тобто класу «1». Середній клас надаватиме перевагу курортам класу — «3», діти — «4», а студентам будуть до вподоби недорогі ТРС класу «5».

Ймовірність роботи ТРК за кожен місяць, а також помісячна ймовірність відпочинку певної категорії населення наведена в таблицях 5 та 6 [2]:

**Таблиця 5.** Ймовірність роботи ТРК

Місця відпочинку	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТРК «Німчич»	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
ТРК «Буковель»	1	1	0,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,6
ТРК «Мигово»	1	1	0,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,6

**Таблиця 6.** Ймовірність відпочинку рекреантів

Категорії людей	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Студенти	0,8	0,4	0,1	0,1	0,3	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,5
Середній клас	0,9	0,9	0,3	0,3	0,5	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	0,3	0,9
Успішні бізнесмени	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,3	0,9
Діти	0,4	0,1	0,4	0,1	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,4	0,1

Використовуючи дані таблиць 6, 7 та 8, було виконано розрахунки ймовірної кількості відпочивальників та прибутку на ТРК Прикарпаття, які зображено на рис. 4 та рис. 5.

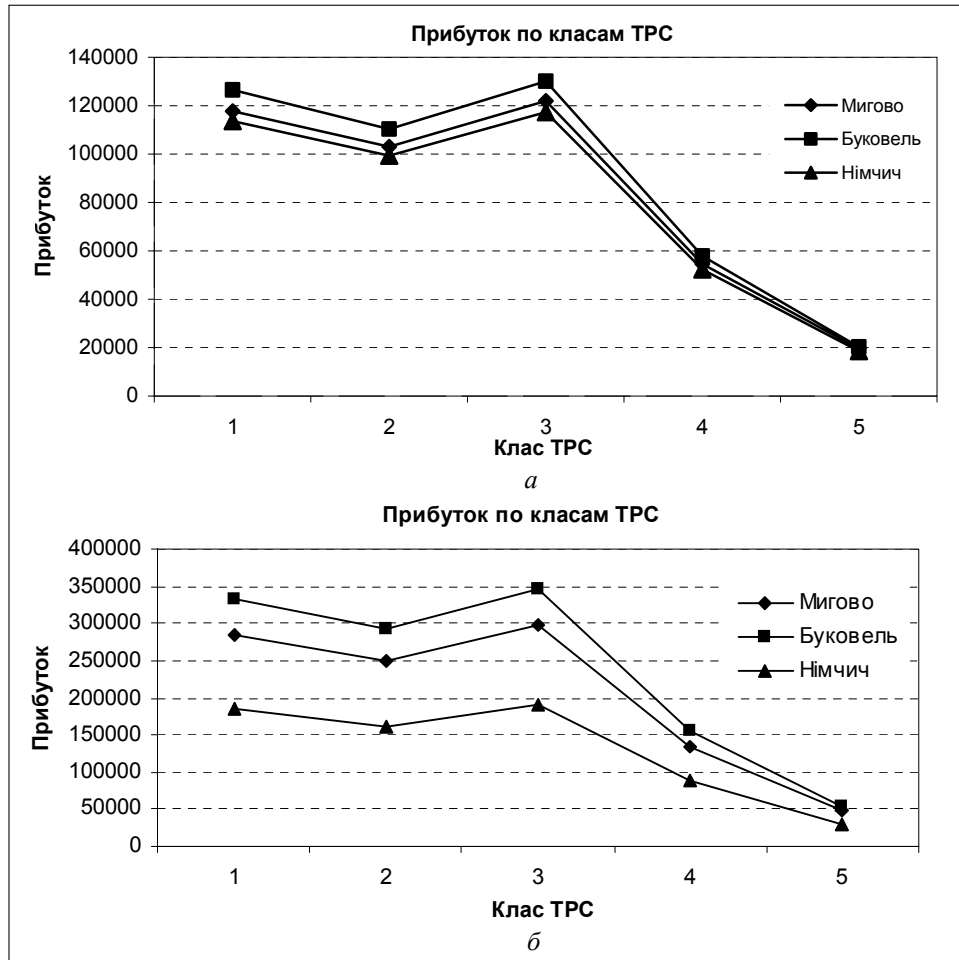


Рис. 4. Прибуток за класами ТРС без використання моделі з нечіткою логікою (а) та з використанням (б)

Розподіл кількості відпочивальників та прибутку за класами ТРС майже такий самий, як і з використання моделі без застосування нечіткої логіки. Головною відмінністю між розрахунками є чітко виражене відставання ТРК «Німчич» від ТРК «Мигово» та «Буковелю», що є адекватніше відображенням дійсності, оскільки кількість відпочивальників на ТРК Німчич набагато менша, ніж на двох інших комплексах, хоча ТРК «Німчич» на Німчичі функціонував ще за часів Радянського Союзу і є достатньо відомим на Західній Україні.

Перевірка адекватності моделі проводилася для даних однієї з ТРК «Мигово». Адекватність моделі оцінювалась з допомогою середньої квадратичної похибки та коефіцієнта кореляції. Для розрахунків було обрано дані по ТРС 3-го класу за цілий рік і порівняно з результатами розрахованими по моделі (1). Реальні та розраховані дані наведені у табл. 7.

Таблиця 7. Кількість відпочиваючих для ТРК «Мигово»

Місяця відпочинку	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТРК «Мигово» (розрахункові дані)	654	578	200	41	0	0	0	0	0	0	0	351
ТРК «Мигово» (реальні дані)	680	591	168	62	0	0	0	0	0	0	0	326

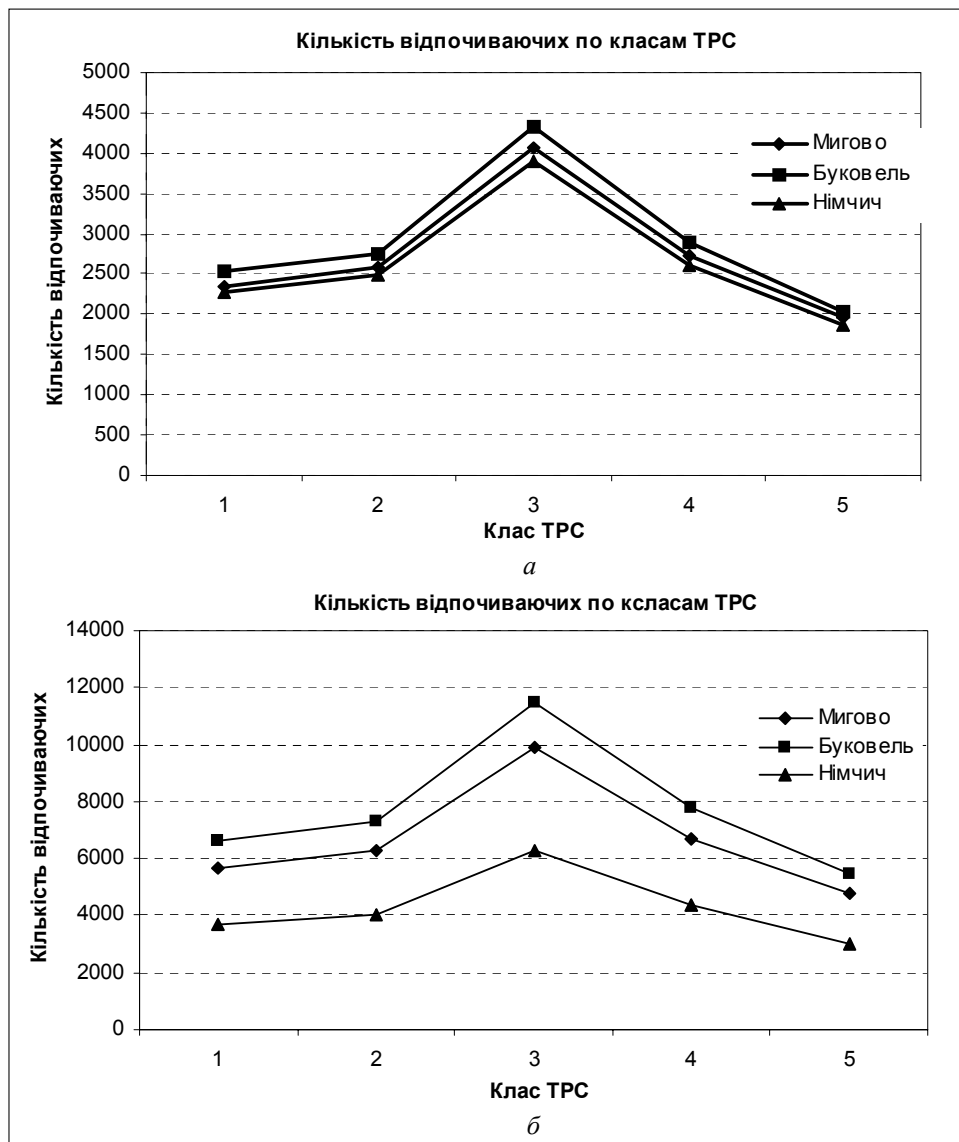


Рис. 5. Прибуток за класами ТРС без використання моделі з нечіткою логікою (а) та з використанням (б)

Середньоквадратична похибка дорівнює 24,4, а коефіцієнт кореляції складає 0,99, що свідчить про високу адекватність запропонованої моделі.

З наведених вище розрахунків можемо зробити висновки, що використання моделі з нечіткою логікою дало можливість наблизити отримані дані до реальних показників, незважаючи навіть на те, що тільки один показник із модифікованої гравітаційної моделі (1) був змодельований за допомогою моделі що базується на нечіткій логіці. Це дає можливість реальніше оцінити всі наявні види туристичної діяльності та розробити реалістичну програму для формування та розвитку туристичної інфраструктури як у регіоні, так і для всієї країни загалом.

Наступними кроками у розрахунках буде використання нечіткого моделювання для всіх множників гравітаційної моделі.

## ВИСНОВКИ

У роботі наведено недоліки модифікованої гравітаційної моделі та запропоновано механізм їх усунення.

Доведено адекватність використання моделі з нечіткою логікою (Fuzzy Logic) для визначення загального показника привабливості ТРС на широкому діапазоні, а також реальної оцінки всіх інших показники привабливості.

Розроблено алгоритм, який по кроках описує здійснення розрахунків.

Виконано експеримент, який показав адекватність застосування нечіткої логіки для здійснення розрахунку кількості рекреантів. Отримані результати адекватніше відображають основні економіко-статистичні характеристики ТРС, ніж розрахунки за класичною гравітаційної моделлю (1).

У подальшому розроблений метод дозволить спрогнозувати кількість рекреантів, які захочуть відвідати туристичний комплекс, та прибуток, а це, в свою чергу, дозволить оптимізувати комплекс послуг та надасть інвесторам можливість ефективніше обирати територію для розміщення готелів або оптимально вибрати об'єкт інвестування.

Для подальших розрахунків пропонується всі показники із (1) обчислювати за допомогою моделей із нечіткою логікою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Розвиток туристичного бізнесу регіону: Монографія.* — Чернівці: Книги—XXI, 2007. — 292 с.
2. *Shengquan Ma, Jing Feng, Huhua Cao.* Fuzzy model of regional economic competitiveness in GIS spatial analysis: Case study of Gansu, Western China // *Fuzzy Optim Decis Making.* — 2006. — № 5. — P. 99–111.
3. *Cathy H.C. Hsu, Kara Wolfe, Soo K. Kang.* Image assessment for a destination with limited comparative advantages // *Tourism Management.* — 2004. — № 25. — P. 121–126.
4. *Ngai E.W.T., Wat F.K.T.* Design and development of a fuzzy expert system for hotel selection // *Omega.* — 2003. — № 31. — P. 275–286.
5. *Chao-Hung Wang, Li-Chang Hsu.* Constructing and applying an improved fuzzy time series model: Taking the tourism industry for example // *Expert Systems with Applications.* — 2008. — № 38. — С. 2732–2738.

6. *Chao-Hung Wang*. Predicting tourism demand using fuzzy time series and hybrid grey theory // *Tourism Management*. — 2004. — № 25. — P. 367–374.
7. *Tsung-Yu Chou, Mei-Chyi Chen, Chia-Lun Hsu*. A fuzzy multi-criteria decision model for international tourist hotels location selection // *International Journal of Hospitality Management*. — 2008. — 27, № 2. — С. 293–301.
8. *Wen-Bao Lin*. An empirical of service quality model from the viewpoint of management // *Expert Systems with Applications*, 2007. — № 32. — P. 364–375.
9. *Lotfi A. Zadeh*. Fuzzy Sets // *Information and Control*. — 1965. — № 8. — С. 235–241.
10. *Виклюк Я.І.* Побудова fuzzy-моделі для визначення рекреаційного потенціалу євро регіону «верхній прут» // *Вестн. НТУ «ХПІ»*. Сб. научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии». — 2007. — № 41. — С. 191–203.
11. *Виклюк Я.І.* Використання нечіткої логіки для визначення рекреаційного потенціалу території // *Вісн. Національного ун-ту «Львівська політехніки» «Інформаційні системи та мережі»*. — 2008. — № 631. — С. 45–54.
12. *Сидоренко А.Н.* Логико-лингвистический метод расчета ставки дисконтирования для принятия решений по управлению портфелем ценных бумаг // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. — 2006. — № 6. — С. 15–20.
13. *Дьяконов В.П., Круглов В.П.* MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики // Серия «Библиотека профессионала». — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. — 456 с.
14. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH // СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.
15. *Боголюбов В.С., Орловская В.П.* Экономика туризма. — М.: Академия, 2005. — 192 с.
16. *Барский А.Б.* Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. — М: Финансы и статистика, 2004. — 176 с.

*Надійшла 01.04.2008*