

В. І. КУВАЄВА, Х. В. ЛІП'ЯНИНА, В. О. БОЛТЪОНКОВ

ОБРОБКА ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ КОЛЕКТИВНОМУ ОЦІНЮВАННІ ТУРИСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Предметом статті є процес обробки експертної інформації при колективному оцінюванні туристичної інфраструктури. Інфраструктура туризму є комплексом взаємопов'язаних видів діяльності та інституційних структур, що забезпечують умови для здійснення туристської діяльності. Експертне оцінювання як методологія вибору варіантів дій досить давно і успішно використовується в технологічній та економічній практиці. Основними вимогами до колективної експертної оцінки є її достовірність, що визначається узгодженістю індивідуальних експертних ранжирувань. **Мета** – формулювання методів, що підвищують узгодженість колективного ранжирування і практичне підтвердження їх коректності при оцінці туристичної інфраструктури регіону. **Задачі**, що вирішуються в статті: аналіз визначення поняття "інфраструктура туризму"; дослідження методів обробки експертної інформації в задачах побудови агрегованих консенсусних ранжирувань, демонстрація ефективності застосування експертних методів при оцінці туристичної інфраструктури регіону. Використовуються **методи**: системний аналіз, ранговий статистичний аналіз, експертне оцінювання. Отримано такі **результати**: Досліджено методи попередньої обробки та агрегування колективних оцінок в рангових шкалах. Запропоновано метод покрової редукації множини експертів з метою підвищення узгодженості індивідуальних експертних ранжирувань. Виклад проілюстровано конкретним прикладом колективної рангової оцінки для оцінки туристичної інфраструктури регіону. **Висновки**: Стан інфраструктури туризму – один з вагомих факторів, що визначають результати роботи галузі та ступінь досягнення стратегічних цілей її розвитку. Запропоновано метод формування колективної експертної оцінки складних об'єктів "випадковими" експертами, зокрема, оцінки туристичної інфраструктури регіону. Розроблений метод дозволяє суттєво підвищити узгодженість колективної оцінки і визначити "слабкі" місця в туристичній інфраструктурі. Правильність запропонованого методу та його ефективність підтверджені на реальній експертизі.

Ключові слова: туристична інфраструктура; експертне оцінювання; консенсусне агрегування; рангові переваги; коефіцієнт конкордації.

Вступ

Україна має значний потенціал природних ресурсів та історико-культурних пам'яток та враховуючи велике значення туристичної галузі, на державному рівні задекларовано її одним з пріоритетних напрямів розвитку національної економіки. Проте, маючи усі передумови для розвитку туризму, не приділяючи належної уваги розвитку цієї сфери господарства. У зв'язку з такою ситуацією проблема підвищення туристичної інфраструктури залишається актуальною. Для її оцінки використаємо метод колективної експертної оцінки.

Задача побудови колективної оцінки або агрегування рангових переваг бере свій початок в теорії соціального вибору, перші формулювання якої відносяться до кінця XVIII століття і пов'язані з іменами Борда і Кондорсе, які запропонували перші теорії голосування [1]. Успішне вирішення задачі агрегування рангів залежить від попередньої обробки сформульованих учасниками колективного оцінювання індивідуальних переваг. Однак в літературі відсутнє систематичне, формалізоване і коректне викладення методів обробки експертної рангової інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблему оцінювання туристичної привабливості території започатковано у працях Г.В. Ковалевського та М.О. Омуша [2]. Науковці Г.В. Бакурова та Д.В. Очеретін пропонують методіку оцінювання рекреаційної привабливості регіону [3]. Методика оцінювання природних чи інших

туристичних ресурсів розробили автори О.О. Бейдик [4], Л.С. Гринів, О.В. Живицький, В.С. Кравців, С.П. Кузик [5] та інші. Оцінювання матеріально-технічної бази туризму розглядається в роботі Л.О. Іванової [6].

Процеси побудови консенсусних агрегованих ранжирувань розглядаються досить давно [7, 8]. В останні роки вони отримали подальший розвиток [1, 10]. Проте питання попередньої обробки рангової експертної інформації розглянуті досить фрагментарно [9], а в роботах [10, 11] викладено методи, що призводять до некоректних результатів.

Мета роботи. Формулювання методів, що підвищують узгодженість колективного ранжирування і практичне підтвердження їх коректності при оцінці туристичної інфраструктури регіону.

Аналіз методів колективного експертного оцінювання. Нехай задано множину альтернатив $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, що підлягають упорядкуванню колективом з K експертів по якомусь критерію (або набором критеріїв). Кожен з експертів k ($k = 1, \dots, K$) впорядковує альтернативи і представляє свою індивідуальну перевагу у вигляді ранжирування

$$P^k = \{A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_n}\}. \quad (1)$$

При цьому утворюється множина з K індивідуальних ранжирувань

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}. \quad (2)$$

Передбачається, що кожен з експертів може встановити в індивідуальній перевазі як строгий порядок на множині альтернатив, так і слабкий порядок, тобто ввести однакові ранги для

"нерозпізнаних" альтернатив. Наприклад, для множини $\mathbf{A} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ може бути введено ранжирування $\langle a_1 \rangle \succ a_2 \succ a_3 \sim a_4 \succ a_5 \succ$, де знак \succ означає "краще, ніж ...", знак \sim - "рівнозначно з ...". Завданням формування агрегованої консенсусної рангової оцінки є побудова колективного ранжирування, найближчого за деякою введеною мірою до всіх індивідуальних ранжирувань, тобто

$$\arg \min_{\mathbf{P}} \sum_{k=1}^K d(\mathbf{P}^k, \mathbf{P}) \rightarrow \hat{\mathbf{P}}. \quad (3)$$

Рішення завдання (3) називається консенсусним ранжируванням і є результатом колективного експертного оцінювання.

Загальна схема обробки інформації при формуванні консенсусного ранжирування представлена на рис. 1.

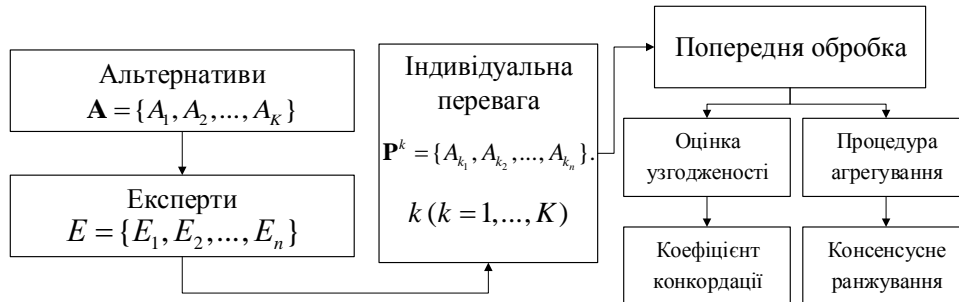


Рис. 1. Схема обробки інформації при формуванні консенсусного ранжирування

Після формування індивідуальних переваг експертів проводиться попередня обробка експертної інформації, що включає в себе стандартизацію рангів і оцінку узгодженості колективної рангової матриці, яка підлягає агрегуванню. Власне, процедура агрегування переваг не є предметом цього дослідження, їй присвячені численні публікації, наприклад [13]. Розглянемо необхідні процедури попередньої обробки, від коректності застосування яких істотно залежить достовірність подальшої агрегованої консенсусної оцінки в цілому.

Стандартизація рангів є обов'язковою процедурою обробки експертної інформації, хоча виконується далеко не завжди, а іноді виконується не зовсім коректно. При ранжируванні експерт має альтернативи в порядку, який представляється йому найбільш раціональним, і приписує кожній з них числа натурального ряду – ранги: 1, 2, 3 і так далі. Рангова шкала по визначенню має задовольняти умові рівності числа рангів числу ранжированих альтернатив [14]. Сума рангів, отримана в результаті ранжирування n альтернатив, має дорівнювати сумі n послідовних чисел натурального ряду (натуральної арифметичної прогресії):

$$\sum_{i=1}^n r_i = \frac{n(n+1)}{2}. \quad (4)$$

Як зазначено вище, якщо експерт не може віддати однозначної переваги одному з ранжированих елементів (оскільки експерт не є "ідеальним вимірювальним інструментом" і має свою індивідуальну "роздільну здатність"), він приписує їм однакові (зв'язані) ранги. Ця ситуація порушує правило (4) – кількість рангів виявляється не рівним числу альтернатив. У змістовному сенсі присвоєння m альтернативам рівних рангів є звуження експертом розмаху рангової шкали від n до m . У разі індивідуальної експертизи така ситуація не змінює кардинально її результат. У разі ж консенсусного

агрегування індивідуальних експертних ранжировань при різній кількості пов'язаних рангів m у різних експертів агрегування підлягають n ранжировань з різним розмахом рангової шкали, що неприпустимо. У таких випадках необхідно провести процедуру стандартизації рангів.

Куком і Сейфордом [7, 16] була запропонована концепція дрібних рангів: в разі коли s альтернатив мають в ранжируванні один і той же ранг p , тобто вони займають в ранжируванні позиції $(p, p+1, \dots, p+s-1)$, тоді їм призначається дробовий ранг, який визначається як середнє арифметичне значення:

$$t = \frac{p+(p+1)+\dots+(p+s-1)}{s} = \frac{2p+(s-1)}{2s} s = p + \frac{s-1}{2}. \quad (5)$$

Отримане за формулою (5) значення має вигляд $v + \frac{1}{2}$ для будь-якого парного s і є цілим числом в іншому випадку (p, s, v – цілі числа). Дробний ранг $v + \frac{1}{2}$ зручний для змістовного трактування: альтернатива з таким рангом займає в ранжируванні позицію між v -й і $(v+1)$ -й.

Процедура стандартизації рангів (іноді звана "розв'язуванням рангів"), заснована на концепції дрібних рангів полягає в тому, що для кожної групи альтернатив, що мають один і той же повторюваний ранг, їм присвоюється ранг, що дорівнює середньому значенню займаних місць. Відзначимо, що після стандартизації рангів умова (4) виконується завжди.

Викладемо один з алгоритмів коректної стандартизації рангів [16]. Алгоритм передбачає здійснення наступних кроків:

1. $M = \emptyset$, де M – множина індексів, для яких вже проведена операція стандартизації. На першому кроці M – порожня множина.

2. Формується множина $L = \{l : r_l = \max_{k \in M} r_k\}$, що складається з максимальних рангів по множині не стандартизованих до даного кроку рангів. Підраховується кількість її елементів $K(L)$.

3. Проводиться стандартизація для всіх рангів з індексами із L .

$$K_l = \Delta_N - \frac{(K(L)-1)}{2}, \text{ де } \Delta N = \begin{cases} \Delta_1 = n, M = 0 \\ \Delta_N = \Delta_{N-1} - K(L). \end{cases}$$

4. Змінюємо множину M , так що $M = M \cup L$; якщо $M = \overline{1, n}$, то робота алгоритму закінчується, в іншому випадку переходимо до кроку 2.

Крім консенсусного ранжирування в результаті агрегування індивідуальних переваг велике значення має достовірність колективної експертної оцінки. Оцінки достовірності колективної експертної оцінки базуються на коефіцієнті конкордації Кендалла, який характеризує несуперечливість рангової матриці \mathbf{R} . Розглянемо цей коефіцієнт більш детально з використанням результатів роботи [17].

Коефіцієнт конкордації Кендалла визначається як відношення дисперсії D , що відбиває реальний розкид між ранжуваннями, до величини D_{\max} , що характеризує максимально можливий розкид між ними:

$$W = D/D_{\max}. \quad (7)$$

Дисперсія розраховується як

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2, \quad (8)$$

$$\text{де } r_i = \sum_{j=1}^K r_{ij}, (i=1, \dots, n), \bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i.$$

Для спрощення обчислень, виразимо середній ранг \bar{r} через кількість оцінюваних альтернатив n і кількість експертів K , які взяли участь в експертизі. Для цього обчислимо суму рангів, які приписуються альтернативам кожним експертом:

$$r_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} = \frac{n(n+1)}{2}, j=1, \dots, K \quad (9)$$

в зв'язку з виконаною раніше стандартизацією рангів. Середній ранг запишемо так:

$$\bar{r} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^K r_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^n r_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^K \frac{n(n+1)}{2} = \frac{(n+1)K}{2} \quad (10)$$

Тепер з використанням очевидної рівності

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^K r_{ij} = n\bar{r} \quad (11)$$

перетворимо вираз (8):

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^K r_{ij} \right)^2 - 2\bar{r} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^K r_{ij} + n\bar{r}^2 \right] = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^K r_{ij} \right)^2 - n\bar{r}^2 \right]. \quad (12)$$

З (12) видно, що максимальне значення дисперсії досягається при найбільшому значенні першого члена в квадратних дужках. У свою чергу, найбільшого значення цей член досягає тоді, коли у всіх експертів оцінки виявилися однаковими, тобто всі індивідуальні ранжирування однакові. У разі однакових ранжирування кожен рядок в матриці буде містити однакові цілі ранги і, отже, величину, що зводиться в квадрат, можна представити у вигляді:

$$\sum_{j=1}^K r_{ij} = iK, \quad (13)$$

де i – величина середнього рангу, в даному випадку – ціле число.

Тепер величина першого члена в квадратних дужках може бути виражена через n і K :

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^K r_{ij} \right)^2 = K^2 \sum_{i=1}^n i^2 = \frac{K^2(n+1)(2n+1)n}{6} \quad (14)$$

Це максимально можливе значення для випадку, коли оцінювалися n альтернатив групою з K експертів і ранжування повністю збіглися. Якщо зміниться хоча б одне з ранжирування, то сума зменшиться. Дійсно, перестановка рангів в одному з ранжирувань призведе до зміни деяких i під знаком підсумовування. Причому, якщо $i_1 < i_2$, то зросте i_1 на величину $(i_1 - i_2)/K$, а i_2 – зменшиться на цю ж величину. Тоді можна оцінити, як зміниться в цілому вся сума в залежності від тих змін, які відбулися з двома складовими:

$$\begin{aligned} & \left(i_1 + \frac{i_2 - i_1}{K} \right)^2 + \left(i_2 - \frac{i_2 - i_1}{K} \right)^2 = \\ & = i_1^2 + i_2^2 + 2 \left(\frac{i_2 - i_1}{K} \right) (-i_2 + i_1) + \frac{i_2 - i_1}{K}. \end{aligned} \quad (15)$$

З виразу (15) випливає, що сума зменшується на величину додаткової складової, яка завжди є негативною. Отже, дисперсія має максимальне значення тільки в разі повного збігу думок експертів. Остаточо, підставляючи (14) в (12) і розписуючи \bar{r} , отримуємо вираз для обчислення значення максимальної дисперсії.

$$D_{\max} = \frac{K^2(n+1)(2n+1)n}{6} - \frac{n(n-1)^2 K^2}{4} = \frac{K^2(n^3 - n)}{12(n-1)}. \quad (16)$$

Коли дисперсія дорівнює нулю, має сенс розглядати випадок $K = n$. Саме в цьому випадку виникає ситуація, коли один і той же об'єкт оцінюється експертами по-різному, тобто всі n ранжирувань різні. А для різних ранжирувань перший член у виразі (12) дорівнює

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^K r_{ij} \right)^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{K(K+1)}{2} \right)^2 = \frac{K^2(K+1)^2 n}{4}. \quad (17)$$

При $K = n$ отриманий вираз повністю збігається з виразом для $n\bar{r}^2$, отже, величина дисперсії в даному випадку дорівнює нулю. Якщо ввести позначення

$$D = \frac{1}{n-1} S, \quad (18)$$

$$\text{де } S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^K r_{ij} - \bar{r} \right)^2,$$

отримаємо остаточний вираз Кендалла для коефіцієнта конкордації

$$W = \frac{12S}{K^2(n^3 - n)}. \quad (19)$$

Коефіцієнт конкордації W дорівнює 1 в тих випадках, коли індивідуальні ранжирування експертів по всіх об'єктах повністю збігаються, і дорівнює 0, коли всі ранжирування різні. В інших випадках його значення задовольняють нерівності $0 < W < 1$, причому чим ближче значення W до 1, тим тісніше зв'язок між ранжирування і надійніше агрегована консенсусна оцінка.

Коефіцієнт конкордації, обчислений за виразом (19), є статистичною точковою оцінкою істинного значення і являє собою випадкову величину. Тому виникає необхідність в перевірці значимості статистичної оцінки. Значимість оцінки коефіцієнта конкордації перевіряється за допомогою критерію χ^2 . Доведено [18], що величина

$$\chi^2 = WK(n-1) \quad (20)$$

має χ^2 – розподіл з $\nu = n-1$ ступенями свободи.

Для перевірки значущості коефіцієнта конкордації обчислюється статистика χ^2 за виразом (20) і порівнюється з табличним значенням $\chi_{табл}^2$ для заданого рівня значущості α для $\nu = n-1$ ступенів свободи. У разі $\chi^2 > \chi_{табл}^2$ гіпотеза про значущість коефіцієнта конкордації приймається.

Колективне експертне оцінювання привабливості факторів туристичної привабливості

Привабливість території для потенційних туристів значною мірою залежить від стану матеріально-технічної бази туристичних підприємств, розгалуженості та різноманітності їх мережі, якості та асортименту послуг, що вони пропонують тощо. Основною складовою матеріально-технічної бази туризму є засоби розміщення туристів, які забезпечують їх тимчасовим житлом і надають побутові та інші послуги під час подорожі. Поряд з основними послугами засоби розміщення туристів можуть надавати такі додаткові послуги: медичні, обслуговування ділових зустрічей, посередницькі, спортивні, банківські тощо.

Згідно [21] первинна пропозиція включає: природні особливості країни, соціально-культурні фактори і загальну інфраструктуру. Похідна пропозиція складається з туристської інфраструктури (яка поділяється в [21] на інфраструктуру, обумовлену розвитком туризму і власне туристську інфраструктуру) і туристської супраструктури. Інфраструктура, обумовлена розвитком туризму, що має багато спільного із загальною інфраструктурою (первинною пропозицією), включає в себе додаткові системи інфраструктури, які будуються і розширюються для забезпечення життєдіяльності туристів. Найважливішою складовою частиною туристичної інфраструктури є власне туристська інфраструктура, до якої відносяться транспортні засоби, споруди для розміщення туристів, розважальні установи, центри для проведення конгресів і семінарів, споруди для надання посередницьких послуг (служби обслуговування та інформації). Туристська супраструктура (готельні підприємства і підприємства харчування), що аналізується в [21], більшістю дослідників розглядається в складі індустрії туризму і не виділяється в якості окремого незалежного елемента. Для характеристики інвентарних ресурсів важливе значення має структура матеріально-технічної бази туризму або співвідношення окремих її груп. Одна частина інвентарних ресурсів приймає безпосередню участь в обслуговуванні туристів, інша – полегшує або робить можливою туристичну діяльність. Структура матеріально-технічної бази туризму відображає технічну оснащеність праці та ефективність інвестиційної діяльності. Вона залежить від особливості галузі, технології, обсягу виробництва, організації виробництва та місцезнаходження підприємства. Чим більша частка основних фондів у структурі матеріально-технічної бази, тим міцнішою є основа розвитку туризму.

Розглянемо конкретний приклад застосування експертних оцінок інфраструктури регіону. Нами була проаналізована оцінка інфраструктури м. Тернопіль за 2017 рік. Для цього було опитано постійних клієнтів туристичної агенції "Всюди разом" в м. Тернополі. Оскільки прості туристи під час подорожі, не бажають давати відповіді на громіздкі анкети, то нами було поставлено нами лише одне запитання, а саме "Як Ви оцінюєте: природні ресурси (R), культурні ресурси гостинності (P), матеріально-технічна база туризму (M)?".

Результати опитування наведені в табл. 1.

Виконаємо обробку експертної інформації, представленої в табл. 1, для визначення колективної оцінки туристами факторів привабливості об'єктів туризму в м. Тернопіль.

Перейдемо від бальної оцінки альтернатив R , P , M до рангової шкали. Для цього впорядкуємо бальні оцінки в кожному рядку матриці по спадаючій і замінимо кожну оцінку її рангом, тобто номером місця, яке вона займає в упорядкованому ряді в рядку. Результати переходу до рангової шкали представлені в табл. 2.

Таблиця 1. Бальна оцінка привабливості факторів туризму в м. Тернопіль (50 учасників експертного опитування (E1–E50))

| x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M |
|----------|----|----|----|----------|----|----|----|----------|---|----|---|----------|----|---|---|----------|---|---|---|
| E1 | 8 | 6 | 9 | E11 | 8 | 9 | 8 | E21 | 8 | 9 | 7 | E31 | 8 | 5 | 9 | E41 | 8 | 8 | 7 |
| E2 | 9 | 8 | 7 | E12 | 9 | 7 | 10 | E22 | 9 | 7 | 7 | E32 | 10 | 8 | 7 | E42 | 6 | 9 | 9 |
| E3 | 7 | 9 | 9 | E13 | 7 | 8 | 5 | E23 | 7 | 9 | 8 | E33 | 5 | 6 | 7 | E43 | 8 | 7 | 8 |
| E4 | 9 | 7 | 7 | E14 | 9 | 10 | 8 | E24 | 9 | 7 | 9 | E34 | 8 | 8 | 9 | E44 | 9 | 9 | 9 |
| E5 | 7 | 9 | 8 | E15 | 7 | 5 | 9 | E25 | 7 | 7 | 7 | E35 | 6 | 9 | 5 | E45 | 7 | 8 | 9 |
| E6 | 8 | 7 | 10 | E16 | 8 | 8 | 7 | E26 | 8 | 8 | 8 | E36 | 8 | 7 | 8 | E46 | 9 | 9 | 5 |
| E7 | 10 | 10 | 5 | E17 | 10 | 9 | 9 | E27 | 9 | 9 | 9 | E37 | 9 | 9 | 6 | E47 | 8 | 9 | 8 |
| E8 | 5 | 5 | 8 | E18 | 5 | 7 | 9 | E28 | 7 | 7 | 7 | E38 | 7 | 5 | 8 | E48 | 9 | 5 | 9 |
| E9 | 8 | 9 | 6 | E19 | 8 | 9 | 7 | E29 | 9 | 8 | 7 | E39 | 9 | 8 | 9 | E49 | 7 | 8 | 7 |
| E10 | 6 | 7 | 6 | E20 | 6 | 7 | 9 | E30 | 7 | 10 | 8 | E40 | 5 | 6 | 5 | E50 | 9 | 6 | 9 |

Таблиця 2. Рангова оцінка привабливості факторів туризму в м. Тернопіль

| x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M |
|----------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|
| E1 | 2 | 3 | 1 | E11 | 2 | 1 | 2 | E21 | 2 | 1 | 3 | E31 | 2 | 3 | 1 | E41 | 1 | 1 | 2 |
| E2 | 1 | 2 | 3 | E12 | 2 | 3 | 1 | E22 | 1 | 2 | 2 | E32 | 1 | 2 | 3 | E42 | 2 | 1 | 1 |
| E3 | 2 | 1 | 1 | E13 | 2 | 1 | 3 | E23 | 3 | 1 | 2 | E33 | 3 | 2 | 1 | E43 | 1 | 2 | 1 |
| E4 | 1 | 2 | 2 | E14 | 2 | 1 | 3 | E24 | 1 | 2 | 1 | E34 | 2 | 2 | 1 | E44 | 1 | 1 | 1 |
| E5 | 3 | 1 | 2 | E15 | 2 | 3 | 1 | E25 | 1 | 1 | 1 | E35 | 2 | 1 | 3 | E45 | 3 | 2 | 1 |
| E6 | 2 | 3 | 1 | E16 | 1 | 1 | 2 | E26 | 1 | 1 | 1 | E36 | 1 | 2 | 1 | E46 | 1 | 1 | 2 |
| E7 | 1 | 1 | 2 | E17 | 1 | 2 | 2 | E27 | 1 | 1 | 1 | E37 | 1 | 1 | 2 | E47 | 2 | 1 | 2 |
| E8 | 2 | 2 | 1 | E18 | 3 | 2 | 1 | E28 | 1 | 1 | 1 | E38 | 2 | 3 | 1 | E48 | 1 | 2 | 1 |
| E9 | 2 | 3 | 1 | E19 | 2 | 1 | 3 | E29 | 1 | 2 | 3 | E39 | 1 | 2 | 1 | E49 | 2 | 1 | 2 |
| E10 | 2 | 1 | 2 | E20 | 3 | 2 | 1 | E30 | 3 | 1 | 2 | E40 | 2 | 1 | 2 | E50 | 1 | 2 | 1 |

Оскільки в таблиці 2 є пов'язані ранги, процедуру стандартизації рангів. Результати відповідно до викладеного вище алгоритму виконаємо стандартизації рангів наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Бальна оцінка привабливості факторів туризму в м. Тернопіль зі стандартизованими рангами

| x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M | x_{ij} | R | P | M |
|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
| E1 | 2 | 3 | 1 | E11 | 2,5 | 1 | 2,5 | E21 | 2 | 1 | 3 | E31 | 2 | 3 | 1 | E41 | 1,5 | 1,5 | 3 |
| E2 | 1 | 2 | 3 | E12 | 2 | 3 | 1 | E22 | 1 | 2,5 | 2,5 | E32 | 1 | 2 | 3 | E42 | 3 | 1,5 | 1,5 |
| E3 | 3 | 1,5 | 1,5 | E13 | 2 | 1 | 3 | E23 | 3 | 1 | 2 | E33 | 3 | 2 | 1 | E43 | 1,5 | 3 | 1,5 |
| E4 | 1 | 2,5 | 2,5 | E14 | 2 | 1 | 3 | E24 | 1,5 | 3 | 1,5 | E34 | 2,5 | 2,5 | 1 | E44 | 2 | 2 | 2 |
| E5 | 3 | 1 | 2 | E15 | 2 | 3 | 1 | E25 | 2 | 2 | 2 | E35 | 2 | 1 | 3 | E45 | 3 | 2 | 1 |
| E6 | 2 | 3 | 1 | E16 | 1,5 | 1,5 | 3 | E26 | 2 | 2 | 2 | E36 | 1,5 | 3 | 1,5 | E46 | 1,5 | 1,5 | 3 |
| E7 | 1,5 | 1,5 | 3 | E17 | 1 | 2,5 | 2,5 | E27 | 2 | 2 | 2 | E37 | 1,5 | 1,5 | 3 | E47 | 2,5 | 1 | 2,5 |
| E8 | 2,5 | 2,5 | 1 | E18 | 3 | 2 | 1 | E28 | 2 | 2 | 2 | E38 | 2 | 3 | 1 | E48 | 1,5 | 3 | 1,5 |
| E9 | 2 | 3 | 1 | E19 | 2 | 1 | 3 | E29 | 1 | 2 | 3 | E39 | 1,5 | 3 | 1,5 | E49 | 2,5 | 1 | 2,5 |
| E10 | 2,5 | 1 | 2,5 | E20 | 3 | 2 | 1 | E30 | 3 | 1 | 2 | E40 | 2,5 | 1 | 2,5 | E50 | 1,5 | 3 | 1,5 |

Для перевірки можливості отримання колективної експертної оцінки оцінимо для останньої матриці коефіцієнт конкордації за формулою (19). Отримуємо $W = 0.0036$. Близький до нуля коефіцієнт конкордації говорить про те, що матриця рангових експертних оцінок мало відрізняється від випадкової матриці за рахунок низької узгодженості індивідуальних експертних оцінок. Цей факт пояснюється тим, що в якості експертів в даному випадку виступали не професіонали-оцінювачі якості туристичного бізнесу, а туристи, які в своїх оцінках часто керувалися емоційними враженнями. Будемо таку експертизу називати експертизою з "випадковими" експертами. Для відсіву "шумової" інформації, пов'язаної з фактором випадковості, необхідно видалити з матриці оцінки тих експертів, думки яких істотно відрізняються від колективної думки. Для цього застосуємо наступний метод покрокової редукції експертної матриці, заснований на плідних ідеях, сформульованих в роботі [27].

Метод покрокової редукції експертної матриці.

Крок 1. Нехай E матриця експертних оцінок ME_i для повної множини номерів експертів розмірності $K \times n$ (в нашому випадку $K = 50, n = 3$).

Крок 2. Вважаємо змінну-лічильник $i = 1$. Множина експертів, думка яких підлягає видаленню – порожня множина. Розраховується коефіцієнт конкордації $W(ME_i)$ для цієї матриці.

Крок 3. З множини експертів E видаляємо експерта E_i , а з матриці ME_i викреслюємо рядок i . Отримуємо редуцировану матрицю ME_i^{RED} .

Крок 4. Розраховуємо коефіцієнт конкордації для цієї матриці $W(ME_i^{RED})$.

Крок 5. Якщо $W(ME_i^{RED}) < W(ME_i)$, то індивідуальна оцінка експерта i погіршує узгодженість колективної оцінки. В цьому випадку рядок i остаточно видаляється з матриці, а експерт з номером i видаляється з множини експертів. В іншому випадку рядок i повертається в матрицю, а множина номерів експертів залишається незмінним.

Крок 6. Вважаємо $i = i + 1$. Якщо $i > K$, обчислення закінчені. В іншому випадку переходимо до кроку 3.

Після обробки матриці з табл. 3 за вказаним методом після вилучення 19 "малокомпетентних" експертів отримуємо значення коефіцієнта конкордації $W = 0.5463$. Значення $W > 0,5$ відповідає [23] сильній узгодженості. Значення обчисленого $\chi^2 = 45.605974$ при $\chi^2_{табл} = 5,21$ для рівня значущості

$\alpha = 0,99$, тобто $\chi^2 > \chi^2_{табл}$, і гіпотеза про значущість

коефіцієнта конкордації приймається. В результаті застосування методу покрокової редукції експертної матриці її узгодженість вдалося підвищити на два порядки.

Остаточним етапом обробки експертної матриці є агрегування індивідуальних оцінок і побудова консенсусного колективного ранжування факторів-альтернатив. Для процедури агрегування були застосовані медіана Кемені [24] і два методи колективного вибору – голосування по протоколу Борда і голосування по протоколу Коупленда [25]. Деталі зазначених методів агрегування і алгоритми, що застосовуються при їх реалізації, досить детально викладені в [24, 25]. В результаті застосування всіх трьох методів отримано однакоове результуюче колективне ранжування:

$$R > P > M. \quad (21)$$

Отримане колективне ранжування інтерпретується наступним чином. Більшість туристів, які брали участь в експертизі в якості експертів, найбільш задоволені природними ресурсами (R), в меншій мірі їх задовольняють культурні ресурси гостинності (P), і найменш привабливою є матеріально-технічна база туризму (M). Відповідно до результатів експертизи особам і організаціям, зацікавленим у прогресі і розвитку туристичної галузі, слід приділити особливу увагу розвитку чинників, які посіли останні місця в консенсусному ранжуванні – культурних ресурсів і матеріально-технічній базі туризму [26].

Висновки

У сукупності з природними та трудовими ресурсами, інфраструктура туризму визначає туристський потенціал держави і регіону, місткість ринку туристичних послуг, його здатність приймати туристів і надавати послуги, розвивати додаткові види послуг в процесі туристського обслуговування. В значній мірі це залежить від наявності резерву потужностей інфраструктури. У статті досліджено процедури обробки експертної інформації в процесі оцінювання туристичної інфраструктури. Запропоновано метод покрокової редукції експертної матриці для випадку експертизи з "випадковими" експертами. На конкретному прикладі продемонстровано ефективність застосування методів колективної рангової оцінки для виявлення "слабких" місць в туристичній інфраструктурі регіону.

Список літератури

1. Петровский А. Б. Теория принятия решений. М. : Академия, 2009. 400 с.
2. Ковалевский Г. В. Омур М. О. Оценка туристической привлекательности региона (на примере Иордании). *Вестник Харьков. национал. ун-та им. В. Н. Каразина*. 2002. Вып. 564. С.266–269.
3. Бакурова Г. В., Очеретин Д. В. Оцінка рекреаційної привабливості регіону. *Збірник наук. праць*. Вип. 183 в 3-х томах, Т. III. Дніпропетровський ДНУ, 2002. С. 617–622.
4. Бейдик О. О. Рекреаційно-туристичні ресурси України: методологія і методика аналізу, термінологія, районування : монографія. К. : Вид.-поліграф. центр "Київ. університет", 2001. 395 с.

5. Кравців В. С. Науково-методичні засади реформування рекреаційної сфери. Львів: НАН України. ІРД НАН України, 1999. 78 с.
6. Иванова Л. О. Оцінка маркетингових можливостей підприємств готельного господарства в окремих регіонах України. *Соц.- екон. досл. в перехідний період. Щорічн. наук. праць*. Львів : НАН України ІРД, 2003. Вип. XIV. С. 230–242.
7. Cook, W. D., Seiford, L. M. (1978), "Priority ranking and consensus formation", *Management Science*, Vol. 24. No. 16. P. 1721–1732.
8. Cook, W. D., Seiford, L. M. (1997), "A general framework for distance-based consensus in ordinal ranking models", *European Journal of Operational Research*, Vol. 96, No. 2, P. 392–397.
9. Самохвалов Ю. Я., Науменко Е. М. Экспертное оценивание. Методический аспект. Киев: ДУИКТ, 2007. 262 с.
10. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование : в 3 ч. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ч. 2 : Экспертные оценки, 2011. 486 с.
11. Кондратюк І. В., Сдвижкова Е. А. Выбор и обоснование значимых информативных факторов выбросоопасности угля и газа. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2013. № 40. С. 77-84.
12. Хэбе Н. А., Ковшов Е. Е. Модель лицензирования программных решений с открытым кодом. *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6. С. 69.
13. Ronald, D. A., Cook, W. D., Lawrence, M. S. (1982), "Priority Ranking and Consensus Formation: The Case of Ties", *Management Science*, Vol. 28. P. 638–645.
14. Катаев А. В. Актуальные функциональные задачи маркетинговой товарной политики. Харьков : Издательский центр "Диалог", 2016. 124 с.
15. Bury, H., Wagner, D. (2008), "Group Judgement with Ties. Distance-Based Methods", *New Approaches in Automation and Robotics*, Vienna : I-Tech Education and Publishing, P. 153–173.
16. Писарева О. М. Методы социально-экономического прогнозирования. Москва, 2003. 396 с.
17. Давнис В. В., Тинякова В. И. Прогнозные модели экспертных предпочтений. Воронеж : Изд-во Воронеж, гос. ун-та, 2005. 248 с.
18. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
19. Куваева В. И., Позняк А. В., Болтенков В. А. Применение методов экспертного оценивания при построении систем поддержки принятия решений. *Системы та засоби штучного інтелекту* : тези доповідей Міжнародної наукової молодіжної школи. Київ, 2017. С. 104–108.
20. Папирян Г. А. Международные экономические отношения: Экономика туризма. М. : Финансы и статистика, 1999. 208 с.
21. Чудновский А. Д. Менеджмент туризма. М. : Федеральное агентство по туризму, 2014. 576 с.
22. Куваева В. И., Болтенков В. А., Позняк А. В. Предварительная обработка экспертной информации при формировании агрегированной консенсусной ранговой оценки. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського : Серія: технічні науки*. 2018. С. 155–162.
23. Kraska-Miller, M. (2014), *Nonparametric statistics for social and behavioral sciences*, CRC Press Taylor & Francis Group, 231 p.
24. Болтенков В. А., Куваева В. И., Позняк А. В. Анализ медианных методов консенсусного агрегирования ранговых предпочтений. *Інформатика та математичні методи в моделюванні*. Одеса: ОНПУ, 2017. Том 7, № 4. С. 307–317.
25. Болтенков В. А., Куваева В. И., Червоненко П. П. Применение методов социального выбора в задачах агрегирования оценок в ранговых шкалах. *Системные технологии : Региональный межвузовский сборник научных работ*. Вып. 2 (115). Днепро, 2018. С. 93–102.
26. Дурович А. П. Маркетинговые исследования в туризме. СПб. : Питер, 2008. 394 с.
27. Стенин А. А., Губский А. Н., Польшакова О. М. Экспертная оценка деятельности операторов эргатических систем. *Радиоелектроніка, інформатика, управління*. 2013. № 1. С. 141–143.

References

1. Petrovsky, A. B. (2009), *Theory of decision making [Teoriya pryiniatyia reshenyi]*, Moscow Academy, 400 p.
2. Kovalevsky, G. V., Omush, M. O. (2002), "Evaluation of the tourist attractiveness of the region (on the example of Jordan)" ["Otsenka turystycheskoi pryvlekatelnosti rehyona (na prymere Yordanyy)"], *Bulletin of Kharkov National University of them V.N. Karazin*, Issue 564, P. 266–269.
3. Bakurova, G. V., Ocheretin, D. V. (2002), "Estimation of recreational attractiveness of the region" ["Otsinka rekreatsinyoi zapadblivosti regeonu"], *Zbirnik nauk. prap*, Dnipropetrovsk, Vol. 183 in 3 volumes, Vol. III, P. 617–622.
4. Beidik, O. O. (2001), *Recreational and Tourist Resources of Ukraine: Methodology and Methodology of Analysis, Terminology, District Planning* : Monograph [Rekreatsiino-turystychni resursy Ukrainy: metodolohiia i metodyka analizu, terminolohiia, raionuvannia : monografiya], Species-Poligraf. center "Kiev university", 395 p.
5. Kravtsiv, V. S. (1999), *Science-methodical ambushes reforming the recreational sphere [Naukovo-metodychni zasady reformuvannia rekreatsinyoi sfery]*, NAS of Ukraine. Lviv, 78 p.
6. Ivanova, L. O. (2003), "Estimation of marketing opportunities of hotel industry enterprises in some regions of Ukraine" ["Otsnika marketingvih mozlivosty pidpriemstv gotal state in the regions of Ukraine"], *Socio-economic research in the transition period : Annual scientific papers*, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Issue XIV, P. 230–242.
7. Cook, W. D. (1978), "Priority ranking and consensus formation", *Management Science*, Vol. 24, No. 16, P. 1721–1732.
8. Cook, W. D. (1997), "A general framework for distance-based consensus in ordinal ranking models", *European Journal of Operational Research*, Vol. 96, No. 2, P. 392–397.
9. Samokhvalov, Y. Y. (2007), *Expert evaluation*, Methodological DUICT, Kiev, 262 p.
10. Orlov, A. I. (2011), *Organizational-economic modeling [Orhanyzatsyonno-ekonomycheskoe modelyrovanye]*, Expert assessments, 486 p.
11. Kondratyuk, I. V., Sdvizhkova, E. A. (2013), "Choice and substantiation of significant informative factors of coal and gas outburst hazard" ["Vybor y obosnovanye znachymukh ynformatyvnykh faktorov vubrosoopasnosty uhliya y haza"], *Zbirnik Naukovykh prac Natsionalnogo gornichogo university*, No. 40, P. 77–84.

12. Hebe, N. A., Kovshov, E. E. (2013), "The licensing model for open source software solutions," ["Model lytsenzyrovaniya prohrammnykh resheniy s otkrytym kodom"], *Modern Problems of Science and Education*, No. 6, P. 69.
13. Ronald, D. A., Cook, W. D. (1982), "Priority Ranking and Consensus Formation: The Case of Ties", *Management Science*, Vol. 28. P. 638–645.
14. Kataev, A. V. (2016), *Actual functional tasks of marketing commodity policy*, Dialog Publishing Center, Kharkov, 124 p.
15. Bury, H., Wagner, D. (2008), "Group Judgment with Ties. Distance-Based Methods. New Approaches in Automation and Robotics", *I-Tech Education and Publishing*, Vienna, P. 153–173.
16. Pisareva, O. M. (2003), *Methods of socio-economic forecasting*, 396 p.
17. Davnis, V. V., Tinyakova, V. I. (2005), *Forecast models of expert preferences*, Voronezh. 248 p.
18. Kobzar, A. I. (2006), *Applied Mathematical Statistics. For engineers and scientists [Prykladnaia matematycheskaia statystyka. Dlia ynzhenеров y nauchnykh rabotnykov]*, FIZMATLIT, 816 p.
19. Kuvaieva, V. I., Pozniak, A. V., Boltenkov, V. A. (2017), "Application of expert assessment methods in the construction of decision support systems" ["Prymenenye metodov ekspertnoho otsenyvaniya pry postroyenyy system podderzhky pryniatyia resheniy"], *Sistemi that zakobi piece of telecommunication : tezi dopovidey Mizhnorennoi naukovoii molodizhnoi schools*, Kiev, P. 104–108.
20. Papirian, G. A. (1999), *International Economic Relations: Tourism Economics, Finance and Statistics*, 208 p.
21. Chudnovsky, A. (2014), *Tourism Management*, Federal Agency for Tourism, 576 p.
22. Kuvaieva, V. I. (2018), "Preliminary processing of expert information in the formation of an aggregate consensus rank evaluation" ["Predvartelnaia obrabotka ekspertnoi ynformatsyy pry formirovaniy ahrehyrovannoi konsensusnoi ranhovoii otsenky"], *Vcheny note TNU : Series: technical science*, P. 155–162.
23. Kraska-Miller, M. (2014), *Nonparametric statistics for social and behavioral science*, CRC Press Taylor & Francis Group, 231 p.
24. Boltenkov, V. A., Kuvaieva, V. I., Pozniak, A. V. (2017) "Analysis of Median Methods of Consensus Aggregation of Ranking Preferences" ["Analyz medyannykh metodov konsensusnoho ahrehyrovaniya ranhovykh predpochteniy"], *Informatics and mathematical methods in modeling*, P. 307–317.
25. Boltenkov, V. A., Kuvaieva, V. I., Chervonenko, P. P. (2018), "Application of methods of social choice in tasks of aggregation of ratings in rank scales", *System technologies : Regional inter-university collections of scientific works*, P. 93–102.
26. Durovich, A. P. (2008), *Marketing research in tourism*, SPb., 394 p.
27. Stenin, A. A., Gubsky, A. N., Polshakova, O. M. (2013), "Expert evaluation of the activity of operators of erratic systems" ["Экспертная otsenka deiatelnosti operatorov erhatycheskykh system"], *Radioelektronika, informatics, management*, P. 141–143.

Надійшла (Received) 27.08.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Куваєва Варвара Ігорівна – Одеський національний політехнічний університет, аспірант кафедри інформаційних систем, м. Одеса, Україна; e-mail: vkuvayeva@onu.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9350-1108>.

Куваєва Варвара Ігорівна – Одеський національний політехнічний університет, аспірант кафедри інформаційних систем, г. Одесса, Україна.

Kuvaieva Varvara – Odessa National Polytechnic University, Post-Graduate Student at the Department of Information Systems, Odessa, Ukraine.

Ліп'яніна Христина Володимирівна – Тернопільський національний економічний університет, викладач кафедри економічної кібернетики та інформатики, м. Тернопіль, Україна; e-mail: [xrustya.com@gmail.com](mailto:hrustya.com@gmail.com); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2441-6292>.

Липьянина Кристина Владимировна – Тернопольский национальный экономический университет, преподаватель кафедры экономической кибернетики и информатики, г. Тернополь, Украина.

Lipyaniina Kristina – Ternopil National Economic University, Lecturer at the Department of Economic Cybernetics and Informatics, Ternopil, Ukraine.

Болтенков Віктор Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних систем, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна; e-mail: vaboltenkov@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3366-974X>.

Болтенков Виктор Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем, Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина.

Boltenkov Viktor – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor at the Department of Information Systems, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ КОЛЛЕКТИВНОМ ОЦЕНИВАНИИ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Предметом статьи является процесс обработки экспертной информации при коллективной оценке туристической инфраструктуры. Инфраструктура туризма представляет собой комплекс взаимосвязанных видов деятельности и институциональных структур, обеспечивающих условия для осуществления туристской деятельности. Экспертная оценка как методология выбора вариантов действий достаточно давно и успешно используется в технологической и экономической практике. Основными требованиями к коллективной экспертной оценке является ее достоверность, что определяется согласованностью индивидуальных экспертных ранжирований. **Цель** – формулировка методов, повышающих согласованность коллективного ранжирования и практическое подтверждение их корректности при оценке туристической

инфраструктуры региона. **Задачи**, решаемые в статье: анализ определения понятия "инфраструктура туризма"; исследования методов обработки экспертной информации в задачах построения агрегированных консенсусных ранжирований, демонстрация эффективности применения экспертных методов при оценке туристической инфраструктуры региона. Используются **методы**: системный анализ, ранговый статистический анализ, экспертное оценивание. Получены следующие **результаты**: Исследованы методы предварительной обработки и агрегирования коллективных оценок в ранговых шкалах. Предложен метод пошаговой редукции множества экспертов с целью повышения согласованности индивидуальных экспертных ранжирований. Изложение проиллюстрировано конкретным примером коллективной ранговой оценки для оценки туристической инфраструктуры региона. **Выводы**: Состояние инфраструктуры туризма – один из весомых факторов, определяющих результаты работы отрасли и степень достижения стратегических целей ее развития. Предложен метод формирования коллективной экспертной оценки сложных объектов "случайными" экспертами, в частности, оценки туристической инфраструктуры региона. Разработанный метод позволяет существенно повысить согласованность коллективной оценки и определить "слабые" места в туристической инфраструктуре. Правильность предложенного метода и его эффективность подтверждены на реальной экспертизе.

Ключевые слова: туристическая инфраструктура; экспертная оценка; консенсусное агрегирование; ранговые преимущества; коэффициент конкордации.

PROCESSING EXPERT INFORMATION IN THE CONTEXT OF COLLECTIVE ASSESSMENT OF A TOURIST INFRASTRUCTURE

The **subject** matter of the article is the process of processing expert information in the context of the collective assessment of a tourism infrastructure. The tourism infrastructure is a complex of interconnected actions and institutional structures that provide conditions for tourist activities. The expert assessment as a methodology for selecting the types of action has long been used successfully in technological and economic practice. The main requirement for the collective expert assessment is its reliability, which is determined by the consistency of individual expert ratings. The **goal** of the article is to suggest methods that increase the consistency of collective rankings and to prove practically their accuracy while assessing the tourist infrastructure of a region. The **objectives** of the article are to analyze the concept of "a tourism infrastructure"; to study the methods of processing expert information in the tasks of constructing aggregated consensus rankings, to demonstrate the effectiveness of expert methods in assessing the tourist infrastructure of a region. The following **methods** were used in the study – system analysis, rank data analysis, expert assessment. The following **results** were obtained: the methods of preliminary processing and aggregating collective assessments in rank scales were studied; the method of step-by-step reduction of a number of experts was suggested in order to increase the consistency of individual expert rankings. Specific examples of collective rankings for assessing the tourism infrastructure of a region were presented to illustrate the obtained results. **Conclusions**. The state of the tourism infrastructure is one of the important factors that determine the results of the industry and the degree of the achievement of the strategic goals of its development. The method of creating a collective expert assessment of complex objects by "random" experts, in particular, assessment of the tourist infrastructure of a region, is proposed. The developed method can significantly improve the consistency of a collective assessment and identify "weak" places in the tourism infrastructure. The accuracy of the proposed method and its effectiveness are proved by a real expert assessment.

Keywords: tourist infrastructure; expert assessment; consensus aggregation; rank privileges; concordance coefficient.