УДК 338.48

О. В. Стець, доц.,
кафедра математичного моделювання економічних систем,
Факультет менеджменту та маркетингу,
Національній технічний університет України «КПІ»
Н. І. Юхименко, студентка групи УК-41,
Факультет менеджменту та маркетингу,
Національній технічний університет України «КПІ»

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

В статті проаналізовано стан туристично-рекреаційних ресурсів України. Визначено, що на даний час туризм в Україні активно розвивається, тому туристичні фірми потребують найточнішого прогнозу потоку туристів до регіону, що дасть їм можливість забезпечити комфортні умови проживання для кожного. Запропоновано новий підхід щодо прогнозування туристичного потоку та проведено перевірку моделі на адекватність. Обґрунтовано переваги методу перед аналогічними, які застосовуються на даний час. На основі розробленої моделі створено програмний продукт, що автоматизує проведення необхідних розрахунків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: курортно-рекреаційний регіон, часовий ряд, аналіз головних компонент, сингулярно-спектральний аналіз, система масового обслуговування, розрахунок Ерланга.

Вступ. Розвиток туристичної галузі сьогодні є надзвичайно актуальним для України, оскільки туризм є одним із важливих чинників виходу економіки України з кризи, стабільного і динамічного збільшення надходжень до бюджету, позитивного впливу на стан справ у багатьох галузях народного господарства, підвищення зайнятості населення, розвитку у ринкових відносинах [1].

Туризм виконує важливу роль у здійсненні широкомасштабних завдань по розбудові української державності, входженню України до світового співтовариства, культурному та духовному відродженню нації. Адже Україна має багаті туристичні можливості, розвинуту мережу авіаційних, залізничних, автомобільних, морських і річкових шляхів сполучення, має вигідне для туризму місце розташування на перехресті шляхів між Заходом та Сходом [4]. Саме тому Україна має всі умови для того, щоб стати туристичною державою світового рівня.

Водночас, подальший розвиток туризму стримується відсутністю належної інфраструктури, відповідних сервісних умов, що в свою чергу позначається на рівні якості обслуговування туристів [3]. У зв'язку з цим туристська індустрія неоптимально використовує вітчизняні природні, історико-культурні та матеріальні ресурси, а стан розвитку даного сектору економіки в цілому не відповідає потенційним можливостям України. На фоні загального обсягу туристичних послуг, в умовах посилення конкуренції на світовому туристичному ринку особливої актуальності і значення набуває реформаторський підхід до розв'язання багатьох проблем управління галуззю, у тому числі і питань визначення якості туристичних послуг.

Постановка задачі. Туризм у нашій країні виділений в окрему галузь народного господарства, яка здатна приносити високий прибуток, активно сприяти економічному розвитку суспільства. Результати діяльності галузі знаходять відображення в кількості туристичних відвідувань і доходах від туризму.

Санаторно-курортні заклади потенційно є одними з найпривабливіших об'єктів як для внутрішніх, так і для іноземних туристів. Проте застаріла матеріальна база та недосконалі методи управління не тільки перешкоджають багатьом санаторіям та пансіонатам України працювати на повну потужність, але й ставлять під сумнів їхнє подальше функціонування рекреаційних закладів [4]. На заваді впровадженню сучасного менеджменту та реформації санаторно-курортної справи з метою надання послуг відповідно до європейських стандартів стоїть непевність щодо окупності затрат потенційних інвесторів та недостатня вивченість питань прогнозування попиту на рекреаційні ресурси в конкретній області рекреації.

Задачею дослідження є вивчення динаміки зміни туристичного потоку на території України та розробка ефективного методу прогнозування потоку туристів до туристичної зони на кілька років уперед з урахуванням сезонності.

Методологія. Проведено дослідження, яке дозволило запропонувати математичні методи аналізу динаміки зміни туристичного потоку в конкретній області рекреації та прогностичної оцінки попиту на туристичні ресурси.

В якості первинних даних було використано часові ряди базового показника економічного розвитку туристично-рекреаційної зони — туристичного потоку.

Для отримання прогнозних значень туристичного потоку авторами використано метод сингулярно-спектрального аналізу «Гусениця» [2].

Тривалий час метод «Гусениця» використовувався, в основному, для виявлення прихованих періодичностей. При цьому реалізувалося природне бажання аналітика виділити з досліджуваного часового ряду інформативну компоненту і відкинути шуми. Наступним кроком у цьому напрямі повинна була стати поява можливості провести екстраполяцію (продовження) інформативної частини ряду, що вивчається. Незвичність і складність цього завдання полягає в тому, що в самому методі «Гусениця» не міститься ряду. Істотне просування тут може бути зроблено при розгляді алгоритму «Гусениця» з погляду регресійного аналізу. Даний метод складається з чотирьох етапів:

1) розгортання одновимірного ряду в двовимірний.

Вибирається деяке число $M < N$, що назвемо довжиною гусениці, і представимо перші M значень послідовності $f(t)$ у якості першого рядка матриці X. Як другий рядок матриці беремо значення послідовності з x_2 по x_{M+1}. Останнім рядком з номером $k = N - M + 1$ будуть останні M елементів $x_k, x_{k+1},..., x_N$ даної послідовності. Дана матриця, елементи якої рівні $x_{ij} = x_{i+j-1}$ можна розглядати як M-мірну вибірку об'єму k або M-мірний часовий ряд, якому відповідає M-мірна траєкторія, ламана в M-мірному просторі з $k - 1$ ланки;

2) аналіз головних компонент (сингулярний розклад вибіркової кореляційної матриці).

Спочатку обчислюються матриця:

$$R = \frac{1}{k} X^* \left(X^*\right)^T . \qquad (1)$$

Не дивлячись на те, що елементи матриці не центровані, будемо називати її кореляційною матрицею.

Наступний крок, як завжди в аналізі головних компонент (АГК), полягає в обчисленні власних чисел і власних векторів матриці R, тобто здійснюємо наступне розкладання її

$$R = P\lambda P^T, \qquad (2)$$

де λ — матриця діагональних власних чисел і P — ортогональна матриця власних векторів матриці R. Матриці λ і P спільно мають безліч інтерпретацій, заснованих на АГК. Зокрема, матрицю P можна розглядати як матрицю переходу до головних компонентів:

$$X^*P = (y_1, y_2, ..., y_M). \qquad (3)$$

Якщо вивчається вибірка з випадкової сукупності, то власні числа матриці R є вибірковими дисперсіями відповідних головних компонент, а квадратне корні з них — вибірковими стандартами. Графічне представлення власних чисел і деяких функцій від них в АГК традиційно використовується для виявлення структури досліджуваної сукупності і відбору і інтерпретації головних компонент. Зазначимо, що при виборі довжини гусениці, рівної $N - M + 1$, власні вектори і головні компоненти часто міняються місцями;

3) відбір головних компонент.

Якщо про нормувати значення головних компонент на вибіркові стандарти (при $\lambda_M \neq 0$)

$$Y^* = Y\lambda^{-0.5} = (y^*_1, y^*_2, \ldots, y^*_M), \tag{4}$$

то легко побачити, що головні компоненти виявляються ортонормовані: $Y^{*T}Y^* = I_M$, тобто виходить розкладання початкового M-мірного процесу на природні ортогональні компоненти. Кожний з векторів y_i у багатьох випадках може бути проінтерпретований так само, як і відповідний власний вектор p_j**.** Річ у тому, що вектор y_i можна розглядати як результат проектування початкової M-мірної нормованої і центрованої сукупності на напрям, визначуваний відповідним власним вектором p_j.

В той же час, перетворення $y_j = X^*p_j$ дуже близько до лінійного перетворення початкового процесу за допомогою дискретного оператора згортки, тобто:

$$y_j[l] = \sum_{q=1}^{M} X^*_{lq}\; p_{lq} = \sum_{q=1}^{M}\left(x_{l+q-1} - \bar{x}_q\right)\frac{p_{jq}}{s_q} = \sum_{q=1}^{M} x_{l+q-1}\frac{p_{jq}}{s_q} - \sum_{q=1}^{M}\bar{x}_q\frac{p_{jq}}{s_q}. \tag{5}$$

Таким чином, процедура «Гусениця» породжує набір лінійних фільтрів, налаштованих на складові початкового процесу. При цьому власні вектори матриці R виступають у ролі перехідних функцій відповідних фільтрів. За відсутності нормування і центрування вони в точності відповідають перехідним функціям лінійних фільтрів;

4) відновлення одновимірного ряду.

Наступним ключовим елементом методу «Гусениця» є процедура відновлення. Ця процедура заснована на наступних достатньо простих співвідношеннях.

З ортогональності матриці P витікає, що при множенні матриці головних компонент Y на P^T відновлюється матриця X^*, при цьому виходить розкладання

$$X^* = YP^* = (y_1, y_2, \ldots, y_M)\begin{pmatrix} p_1^T \\ p_2^T \\ \ldots \\ \ldots \\ p_M^T \end{pmatrix} = \sum_{l=1}^{M} y_l p_l^T = \sum_{l=1}^{M} X_l^*, \tag{6}$$

нормованої і центрованої матриці X^* в суму матриць X^*_l, кожна з яких породжена одним власним вектором матриці R. Далі проводиться денормування X^* за допомогою множення цієї матриці на діагональну матрицю S, що складається з вибіркових стандартів, і децентрування шляхом додавання до елементів кожного стовпця відповідних вибіркових середніх:

$$X = \bar{x}l_k^T + X^*S = X_0^* + \sum_{l=1}^{M} X_l^* S = \sum_{l=1}^{M} X_l^* S. \tag{7}$$

У результаті виходить початкова матриця діагональної структури у вигляді суми $(M + 1)$ матриць. Перехід до початкового ряду формально може бути здійснений усереднюванням по побічний діагоналям. Позначимо через A цей оператор усереднювання:

$$x = A(X) = \sum_{l=0}^{M} A\left(X_l^0 S\right). \tag{8}$$

Таким чином отримаємо розкладання початкового часового ряду на суму $(M + 1)$ рядів. При цьому різні доданки або групи доданків часто можуть бути проінтерпретовані.

Другим етапом нашої роботу було розподіл туристів по місцям відпочинку. Для цього було використано систему масового обслуговування (СМО) з очікуваннями.

Для визначення необхідної кількості людей, що приймають заявки від туристів на поселення, використовуємо розрахунок Ерланга.

Розглянемо приклад для визначення абсолютної і відносної пропускної здатності СМО [5].

Дано: у системі є *n* каналів, на які поступає потік заявок з інтенсивністю λ. Потік обслуговувань має інтенсивність μ. Заявка, що застала систему зайнятою, відразу ж покидає її.

Знайти: абсолютну і відносну пропускну спроможність СМО; вірогідність того, що заявка, що прийшла у момент часу *t*, дістане відмову; середнє число заявок, що обслуговуються одночасно (або, іншими словами, середнє число зайнятих каналів).

Рішення. Стан системи *S* (СМО) нумерується по максимальному числу заявок, що знаходяться в системі (воно співпадає з числом зайнятих каналів):

*S*0 — в СМО немає жодної заявки;

*S*1 — в СМО знаходиться одна заявка (один канал зайнятий, решта вільні);

*S*2 — в СМО знаходиться дві заявки (два канали зайнято, решта вільні);

Sn — в СМО знаходиться *n* — заявок (всі *n* — каналів зайняті).

Граф станів СМО представлено на рис. 1.

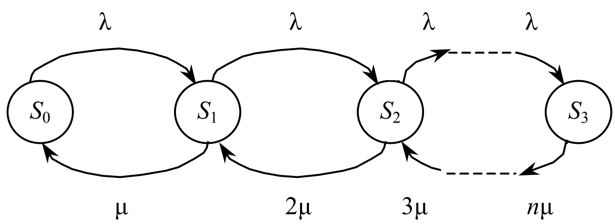

Рис. 1. Граф станів для *n*-канальної СМО з відмовами

Із стану S_0 у стан S_1 систему переводить потік заявок з інтенсивністю (як тільки приходить заявка, система переходить з S_0 у S_1). Якщо система знаходилася в стані S_1 і прийшла ще одна заявка, то вона переходить у стан S_2.

Вихідні характеристики (характеристики ефективності) даної СМО визначаються таким чином [6].

Абсолютна пропускна спроможність, де *n* — кількість каналів СМО — вірогідність знаходження СМО в початковому стані, коли всі канали вільні (фінальна вірогідність знаходження СМО в стані S_0);

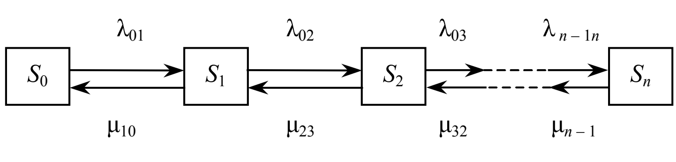

Рис. 2. Граф станів для схеми «загибелі та розмноження»

Граф, представлений на цьому малюнку, називають ще графом станів для схеми «загибелі і розмноження». Напишемо загальну формулу:

$$p_0 = \left(1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{32}\mu_{21}\mu_{10}} + \ldots + \frac{\lambda_{n-1n}x\ldots x\lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{n,n-1}x\ldots x\mu_{32}\mu_{21}\mu_{10}}\right)^{-1}. \quad (9)$$

До речі, решта фінальної вірогідності станів СМО запишеться таким чином.

Вірогідність того, що СМО знаходиться в стані S_1, коли один канал зайнятий:

$$p_1 = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} p_0 . \quad (10)$$

Вірогідність того, що СМО знаходиться в стані S_2, тобто коли два канали зайнято:

$$p_2 = \frac{\lambda_{12}}{\mu_{21}} p_1 = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} p_0. \tag{11}$$

Вірогідність того, що СМО знаходиться в стані Sn, тобто коли всі канали зайняті:

$$p_n - \frac{\lambda_{n-1,n} x \ldots x \lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{n,n-1} x \ldots x \mu_{32}\mu_{23}\mu_{10}} p_0. \tag{12}$$

Тепер для n-канальної СМО з відмовами

$$p_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{1x2\mu^3} + \frac{\lambda^3}{1x2x3\mu^3} + \ldots + \frac{\lambda^x}{n!\mu^x}\right)^{-1}. \tag{13}$$

При цьому

$$p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0; \tag{14}$$

$$p_2 = \frac{\lambda^2}{2\mu^2} p_0; \tag{15}$$

$$p_n = \frac{\lambda^n}{n!\mu^n} p_0. \tag{16}$$

Відносна пропускна здатність:

$$Q = 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{p_0}{n!}. \tag{17}$$

Нагадаємо, що це середня частка заявок, що обслуговуються системою. При цьому

$$A = \lambda Q, \tag{18}$$

$$Q = 1 - P_{OTK}. \tag{19}$$

Ймовірність відмови:

$$P_{OTK} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{p_0}{n!}. \tag{20}$$

Нагадаємо, що це ймовірність того, що заявка покине СМО не будучи обслуженою. Очевидно, що

$$P_{OTK} = 1 - Q. \tag{21}$$

Середнє число зайнятих каналів (середнє число заявок, що обслуговуються одночасно):

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu}\left[1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{p_0}{n}\right]. \tag{22}$$

При цьому

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} Q. \qquad (23)$$

Підставивши данні і прийнявши, що на ресепшені працює троє людей (при цьому $\bar{t}_з = 0{,}5$, а $\bar{t}_p = 0{,}7$), отримали наступні результати:

В середньому в мотелі обслуговується 1,76 клієнта за годину (приблизно 88 % прибувших), при цьому 12 % клієнтів ставляться в чергу. Одночасно, в середньому, працює один реєструючий (Kser = 1,233).

Але із-за випадкових характеристик потоку клієнтів іноді працюють одночасно всі троє реєструючи (p3 = 0,1), звідси 12 % відмов.

Висновок. В статті проаналізовано стан туристичного бізнесу України та визначені основні методи, для дослідження даної сфери. Розглянуто метод сингулярно-спектрального аналізу «Гусениця» для прогнозування потоку туристів до рекреаційних зон. Приведений у роботі спосіб моделювання туристичного потоку є найбільш результативним. Довгостроковий прогноз, при коливаннях потоку туристів, надає туристичним фірмам можливість зосередити увагу на тих питаннях, які слід вирішувати зараз, для задоволення потреб туристів та розширення бізнесу у майбутньому. Після аналізу загальної ситуації в туристично-рекреаційній сфері України, можна зробити висновок, що керівним органам держави потрібно виділяти кошти з бюджету на будівництво нових баз відпочинку, пансіонатів тощо, які будуть відповідати світовим стандартам. Це, в свою чергу, буде сприяти розвитку туристичної галуззі, і Україна зможе зайняти достойне місце на світовому ринку туристичних послуг. У статті також розглянуто можливі шляхи та методи для вдосконалення роботи туристичних комплексів. Зокрема, це проілюстровано на прикладі аналізу СМО з очікуваннями. В моделі за допомогою розрахунку Ерланга, після прогнозування туристопотоку, визначено оптимальну кількість операційних місць, які необхідні для обслуговування туристів. Результати роботи можуть бути використані як на рівні окремих туристичних комплексів, так і на рівні державної політики щодо рекреаційних ресурсів країни в цілому.

Література

1. *Кравців В. С., Євдокименко В. К., Габрель М. М.* Рекреаційна політика Карпатського регіону. — Чернівці: Прут, 1995. — 68 с. (Українська бібліографія. Нова серія. Ч. 24).
2. *Бачурин А. В.* Эконометрические методы в системе управления[Текст] — М.: Мысль, 1993.
3. *Лемешев М. Я., Щербина О. А.* Оптимізація рекреаційної діяльності[Текст] — К.: Наук. думка, 1995. — 160 с.
4. *Мироненко Н. С., Бочварова М. К.* Рекреаційні системи — 2-е изд. — М. : Эконом-матлит : Лаб. базовых знаний ; СПб. : Нев. диалект, 2002. — 630 с.: ил. ; 25 см. — (Технический университет. Экономика).
5. *Борисов К. И.* Теория массового обслуживания. — М.: Наука, 2001.
6. *Анисимов В. В., Закусило О. К., Донченко В. С.* Элементы теории массового обслуживания и асимптотического анализа систем. — К.: Вища школа, 1987.

Стаття надійшла до редакції 28.09.2009 р.