

## ARCHITECTURE

## Моделювання процесу розподілу рекреаційних потоків

Г. М. Шульга<sup>1</sup>, М. О. Кузін<sup>2</sup><sup>1</sup>Кафедра містобудування Національного університету «Львівська політехніка» м. Львів, Україна<sup>2</sup>Кафедра рухомий склад і колії Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту м. Львів, Україна

Paper received 09.12.16; Revised 14.12.16; Accepted for publication 20.12.16.

**Анотація:** У статті розглядаються математичні методи визначення оптимальних величин рекреаційного потоку при максимальному збереженні якості природно-рекреаційного потенціалу території та забезпечення комфортних умов відпочинку на рекреаційних об'єктах Українських Карпат.

**Ключові слова:** природно-рекреаційні території Українських Карпат, стійкість природних комплексів, оптимальна величина рекреаційного потоку, методи математичного, графічного та комп'ютерного моделювання, максимальний ефект відпочинку середньостатистичного відпочиваючого.

**Вступ.** Рекреаційна діяльність людини на території природних ландшафтів створює критичні умови для стійкості природних комплексів. Сумарна оцінка навантажень на складові елементи природного комплексу встановлюється окремо для кожного елементу на підставі біологічних критеріїв стійкості (допустимі навантаження) природних комплексів. Проте реальні навантаження на природу залежать від імовірного розподілу відпочиваючих по рекреаційним територіям.

Визначення оптимальних величин при вирішенні проблем розподілу рекреаційного потоку і прогнозування тенденцій формування та розвитку територіально-просторової структури мережі об'єктів відпочинку можливо методами математичного, графічного та комп'ютерного моделювання. Збільшення активності рекреаційної діяльності у районах Українських Карпат вимагає раціонального територіального розподілу потоків відпочиваючих і в часі, і в просторі.

**Мета.** Головна мета – розробити адекватні математичні співвідношення, які дозволяють проводити аналіз розподілу людських, природних, фінансових та інвестиційних можливостей територій освоєння з метою їх оптимального використання як з позицій збереження природних ресурсів, так і задоволення потреб відпочиваючих, які їх відвідують. Провести математичне моделювання територіально-просторового розподілу рекреаційного потоку до об'єктів відпочинку на території Українських Карпат.

**Матеріали та методи. Узагальнена постановка задачі. Формулювання базових математичних співвідношень.** Основною вимогою до математичної моделі, на думку авторів, повинна бути її здатність не тільки до кількісного аналізу експериментальних співвідношень, але й можливість пошуку оптимальних шляхів вирішення проблеми, яку вона описує.

Припустимо, що на території, яка обмежена замкнутим контуром  $D$ , знаходиться  $N$  рекреаційно-туристичних об'єктів ( $T_1, \dots, T_N$ ), кожен з яких характеризується наступною сукупністю параметрів (критеріїв):

$$\{\alpha_1, \dots, \alpha_M\}, \quad (1)$$

для яких характерні певні обмеження:

$$\beta_z^j \leq \alpha_z^j \leq \gamma_z^j, \quad z = 1, \dots, M, \quad (2)$$

де  $\beta_z^j$ ,  $\gamma_z^j$  – допустимі нижня і верхня межа зміни параметрів.

Розміщення відпочиваючих на рекреаційних об'єктах приймаємо згідно аналітичного матеріалу [1, 2] з метою задоволення їх потреб у відпочинку, яке у сукупності всього рекреаційного потоку  $Q$  повинно бути максимальними. В якості числового еквівалента сформульованого вище співвідношення приймаємо коефіцієнт  $k_j$  як максимальний ефект відпочинку середньостатистичного відпочиваючого в межах  $T_j$  рекреаційного об'єкту. Визначення коефіцієнту  $k_j$  представимо у вигляді:

$$k_j = \frac{\omega_j^1}{\omega_j^*}, \quad (3)$$

де  $\omega_j^1$  – кількість позитивних відгуків про об'єкт,  $\omega_j^*$  – загальна кількість відгуків.

У разі наявності «шкали відгуків» за результатами опитувань про рекреаційні об'єкти цей показник  $k_j$  може бути представлений в наступному вигляді:

$$\tilde{k}_j = \frac{\sum_{l=1}^q \tilde{\omega}_j^l \cdot c_j^l}{\sum_{l=1}^q c_j^l \cdot \max(c_j^1, \dots, c_j^q)}, \quad (4)$$

де:  $c_j^l$  – кількість відгуків з «вагою»  $\tilde{\omega}_j^l$  для об'єкта  $T_j$ ,  $\max(\dots)$  – максимальне значення серед безлічі аргументів,  $q$  – величина шкали відгуків,  $l$  – поточний індекс.

**Результати та їх обговорення. Приклад 1.**

Припустимо, що для об'єкту рекреації «Відпочинок в Карпатах» серед відпочиваючих було 10 позитивних відгуків і 5 негативних. Тоді попередній розрахунок згідно співвідношення (3):

$$k_j = \frac{10}{10+5} = \frac{2}{3} \approx 0.67.$$

Для уточнення первинного розрахунку величини рекреаційного потоку можна рекомендувати застосування оціночної п'ятибальної шкали ( $q = 1 \dots 5$ ) відгуків при опитуванні експертів прийнявши показники оцінки від 1 до 3 як негативна оцінка, а 4 – 5 як позитивна, та подати результати опитування у табличній формі,

Величина оцінки $q$	1	2	3	4	5
Кількість відгуків	2	1	2	6	4

то згідно формули (4):

$$\tilde{k}_j = \frac{1 \cdot 2 + 2 \cdot 1 + 3 \cdot 2 + 4 \cdot 6 + 5 \cdot 4}{(2+1+2+6+4) \cdot 5} = 0.72.$$

Чим більше критеріїв послуг сервісної інфраструктури і бальності шкали їх оцінки, тим точніше отримаємо прогноз розподілу рекреаційного потоку по об'єктах відпочинку. Оптимальна величина рекреаційного потоку на об'єкті буде означати максимальний ефект відпочинку та виражатися показником  $k_j$ .

Математичний опис сформульованих вище вимог щодо оптимізації показника максимального ефекту відпочинку  $F$  згідно співвідношення (3) можна представити в наступному вигляді:

$$F = \sum_{j=1}^N k_j \cdot n_j \rightarrow \max, \quad (5)$$

або згідно співвідношення (4) таким чином:

$$\tilde{F} = \sum_{j=1}^N \tilde{k}_j \cdot n_j \rightarrow \max. \quad (6)$$

У результаті узагальнена математична модель оптимізації показника розподілу рекреаційного потоку при системі обмежень (2) матиме вигляд:

$$F \rightarrow \max \quad (\tilde{F} \rightarrow \max). \quad (7)$$

Узагальнена схема рішень моделі буде полягати в знаходженні оптимальної гіперплощини виду (5) або (6) в багатовимірному просторі виду (2).

## Приклад 2. Графічний метод побудови математичної моделі рекреаційних потоків.

Приймаємо, що на території «Б» є два рекреаційні комплекси  $A_1$  і  $A_2$ . Кількість осіб, які максимально можуть приїхати на цю територію з метою відпочинку, дорівнює 1000.

Комплекс  $A_1$  може максимально вмістити без наслідків для рекреаційно-територіального потенціалу 600 осіб, а мінімально (для підтримки його рентабельності) 100 осіб; комплекс  $A_2$  - від 200 до 750 осіб.

При цьому коефіцієнт максимального ефекту відпочинку для комплексу  $A_1$ , визначений за формулами (3), (4) приймемо  $k_1 = 0.8$ , а для комплексу  $A_2$  -  $k_2 = 0.7$ . Необхідно знайти оптимальне значення величини рекреаційного потоку при максимальному наданні послуг відпочиваючих сервісною інфраструктурою.

Математичну постановку даного завдання представимо в наступному вигляді:  $x_1$  - кількість відпочиваю-

чих, що прибули на комплекс  $A_1$ , а  $x_2$  - на комплекс  $A_2$ , тоді має місце наступна система обмежень:

$$\begin{cases} x_1 \geq 100 \\ x_1 \leq 600 \\ x_2 \geq 200 \\ x_2 \leq 750 \\ x_1 + x_2 \leq 1000 \end{cases} \quad (8)$$

Функціональна (цільова) функція  $F$  матиме вигляд:

$$F = k_1 \cdot x_1 + k_2 \cdot x_2 \rightarrow \max. \quad (9)$$

Вирішимо цю задачу 2-ма методами (графічним і за допомогою комп'ютерного моделювання).

## Графічний спосіб.

Зобразимо на малюнку простір в системі обмежень (8) (рис. 1).

Далі знаходимо вектор-градієнт функції  $F$ :  $G = \lambda \cdot \vec{\text{grad}} F = \lambda \cdot (0.8; 0.7)$ , де  $\lambda$  - коефіцієнт масштабу вектора (в даному випадку використовується для поліпшення графічного зображення).

«Пересуваємо» лінію рівня  $\frac{\partial F}{\partial x_1} x_1 + \frac{\partial F}{\partial x_2} x_2 = h$  в на-

прямуку вектора  $\vec{\text{grad}} F$  поки вона не пройде через останню крапку опуклого багатокутника [3].

В результаті отримуємо точку з координатами  $x_1 = 600$ ,  $x_2 = 400$ . При цьому максимальне значення функції  $F$  дорівнює:

$$F_{\max} = 0.8 \cdot 600 + 0.7 \cdot 400 = 760. \quad (10)$$

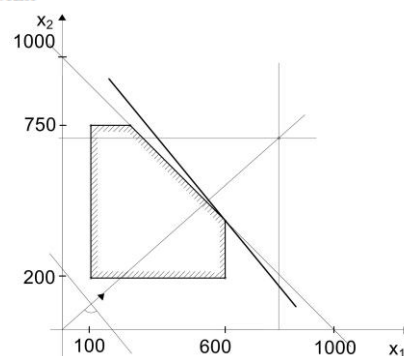


Рис. 1. Графічний метод розв'язання задачі.

У даному випадку в якості гіперплощини (5) виступає пряма (9), а двовірний простір показаний на рис. 1.

## Рішення зазначеної задачі методом комп'ютерного моделювання.

Для вирішення поставленого завдання використовуємо систему Maple [4]. Скористаємося пакетом simplex, а текст програми представимо такою послідовністю команд:

```
> restart;
> with(simplex);
> f := (0.8*x1 + 0.7*x2) / 1;
>
s := {x1 >= 100, x1 <= 600, x2 >= 200, x2 <= 750, x1 + x2 = 1000};
> maximize(f, s);
> subs(%, f);
```

В результаті отримаємо такі рішення задачі (рис. 2).

```

> restart;
> with(simplex);
[basis, convexhull, cterm, define_zero, display, dual, feasible, maximize, minimize, pivot,
  pivoteqn, pivotvar, ratio, setup, standardize]
> f := (0.8*x1 + 0.7*x2) / 1;
f := 0.8 x1 + 0.7 x2
> s := {x1 ≥ 100, x1 ≤ 600, x2 ≥ 200, x2 ≤ 750, x1 + x2 = 1000};
s := {x1 + x2 = 1000, 100 ≤ x1, 200 ≤ x2, x1 ≤ 600, x2 ≤ 750}
> maximize(f, s);
{x1 = 600, x2 = 400}
> subs(%, f);
760.0

```

Рис. 2. Лістинг програми в системі Maple [4] з результатами.

Як видно, результати, отримані графічним методом і методом комп'ютерного моделювання, збігаються.

### Висновки

1. Розроблено математичну модель визначення оптимального значення величини рекреаційного потоку при максимальному ефекті відпочинку середньо-

статистичного відпочиваючого зі збереженням природно-рекреаційного потенціалу території.

2. Запропонована методика моделювання рекреаційного потоку апробована в реальному проектуванні та проілюстрована прикладами даної статті.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Шульга Г.М. Методика моделювання планувальної організації територіальних систем рекреації в Українських Карпатах / Г.М. Шульга // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, III (5), Issue: 41, 2015. – С. 87-90.
2. Менеджмент туристичної індустрії. Навчальний посібник / За ред. проф. І.М. Школи. – Чернівці: ЧТЕІ КНТЕУ, 2003. – 662 с.
3. Акулич І.Л. Математическое программирование в примерах и задачах/ И.Л. Акулич. – СПб.: Издательство «Лань», 2011.-352 с..
4. Аладьев В.З. Основы программирования в Maple / В.З. Аладьев. – Таллин: Ноосфера, 2006. – 301 с.

### REFERENCES

1. Shul'ga G.M. Metodika modelirovaniya planirovochnoy organizatsii territorial'nykh sistem rekreatsii v Ukrainskikh Karpatakh / G.M. Shul'ga // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, III (5), Issue: 41, 2015. – S. 87-90.
2. Menedzhment turistichnoï indusriï. Navchal'niy posibnik / Za red. prof. Í.M. Shkoli. – Chernívtsi: CHTEÍ KNTEU, 2003. – 662 s.
3. Akulich I.L. Matematicheskoye programmirovaniye v primerakh i zadachakh/ I.L. Akulich. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2011.-352 s..
4. Alad'yev V.Z. Osnovy programmirovaniya v Maple / V.Z. Alad'yev. – Tallin: Noosfera, 2006. – 301 s.

### Simulation of distribution recreational flows

G. M. Shulga, M. O. Kuzin

**Abstract:** The authors developed mathematical methods to determine the optimal flow recreational values at maximum quality preservation of natural and recreational potential of the territory and provide favorable conditions for leisure recreational facilities in Ukrainian Carpathians.

**Key words:** natural and recreational area of Ukrainian Carpathians, the stability of natural systems, optimal recreational value stream, mathematical methods, and computer graphics modeling, the average maximum effect of rest.

Г. М. Шульга, Н. О. Кузин

### Моделирование процесса распределения рекреационных потоков

**Аннотация:** В статье рассматриваются математические методы определения оптимальных величин рекреационного потока при максимальном сохранении качества природно-рекреационного потенциала территории и обеспечения комфортных условий отдыха на рекреационных объектах Украинских Карпат.

**Ключевые слова:** природно-рекреационные территории Украинских Карпат, стойкость природных комплексов, оптимальная величина рекреационного потока, методы математического, графического и компьютерного моделирования, максимальный эффект отдыха среднестатистического отдыхающего.