УДК 332.3

В.В. Додурич[1], Р.С. Німкович[2], П.Г. Черняга[3]
[1]Подільський державний аграрно-технічний університет, м. Кам’янець-Подільський
[2]Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
[3]Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЗЕМЕЛЬ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Выполнен структурный анализ системы земель историко-культурного назначения, которая состоит из двух множеств, что представлены в виде графа. Установлено, что сложность связей одинакова, как для мер воздействия на систему, так и для субъектов, которые воздействуют на систему.

Performed structural analysis of land of historical and cultural significance, which consists of two sets, which are represented as a graph. Found that the complexity of the relations is the same as for measures to influence the system, and for the subjects that affect the system.

Постановка проблеми. Землі історико-культурного призначення потребують ефективного використання та охорони. Така необхідність пояснюється самоідентифікацією певної нації чи держави в сучасному світі. Для глибшого вивчення та аналізу цього питання необхідно наявні знання подати у вигляді системи інституцій, суб’єктів та заходів на певних рівнях управління.

Формалізувати таку систему можна методами системного аналізу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розв’язання слабоформалізованих задач методами системного аналізу в сфері управління територіями розпочали науковці Національного університету водного господарства та природокористування, зокрема, П.Ф. Кахнич, О.А. Лагоднюк, О.Ю. Мельничук, Р.С. Німкович, П.Г. Черняга та ін. З метою вдосконалення функціонування вищенаведеної системи, нами в останніх публікаціях [1] було застосовано метод аналізу ієрархій (МАІ), на основі якого було запропоновано оптимізовану модель системи використання та охорони земель історико-культурного призначення.

Постановка завдання. Метою роботи є структурний аналіз системи земель історико-культурного призначення та оцінювання складності зв’язків. Для досягнення поставленої мети використаємо метод *q*-аналізу [3].

Виклад основного матеріалу. Для виконання *q*-аналізу необхідно систему подати у вигляді дводольного графу з двома множинами елементів та бінарних зв’язків між ними [2]

$$X = \begin{cases} \{x_1, x_2, ..., x_5\} \\ \{y_1, y_2, ..., y_7\}, \end{cases} \quad (1)$$

де X – множина заходів впливу на систему або відносини між суб’єктами системи:

x_1 – правові;
x_2 – організаційні;
x_3 – фінансові;
x_4 – матеріально-технічні;
x_5 – містобудівні;

x_6 – інформаційні;

x_7 – наукові;

Y – суб’єкти, які впливають на відносини у системі:

y_1 – органи законодавчої, виконавчої влади та місцевого самоврядування;

y_2 – органи з питань земельних ресурсів та державного контролю за використанням і охороною земель, землевпорядні проектні організації та установи;

y_3 – органи у сфері охорони культурної спадщини;

y_4 – власники або користувачі об’єкта історико-культурного призначення;

y_5 – громадяни;

y_6 – науково-методична рада.

Множина суб’єктів Y пов’язана з множиною заходів X через відношення λ

$$\begin{cases} \lambda_{ij} = 1, \ \forall \ (y_j, x_i) \in \lambda \\ \lambda_{ij} = 0, \ \forall \ (y_j, x_i) \notin \lambda. \end{cases} \tag{2}$$

Отже, зв’язки між елементами двох множин можна подати у вигляді матриці інцидентності (табл. 1)

$$\Delta = \lambda_{ij} \tag{3}$$

Таблиця 1

Матриця інцидентності земель історико-культурного призначення

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
y_1	1	1	1	1	1	1	0
y_2	1	0	1	0	1	0	0
y_3	1	1	1	1	1	1	0
y_4	1	1	0	1	0	1	0
y_5	1	0	1	0	0	1	0
y_6	1	0	0	1	1	1	1

Відношення λ являє собою симплексний комплекс земель історико-культурного призначення, який позначається $K_Y(X;\lambda)$. У цьому комплексі рядки (елементи множини Y) представлені як вершини, а стовпці (елементи множини X) – як симплекси. Означення $K_Y(X;\lambda)$ є таким [3,4] :

1. $K_Y(X;\lambda)$ є множиною симплексів $\{\sigma_p;\ p = 0,1,\dots,N\}$;

2. Кожен симплекс $\sigma_p \in K$ однозначно задається певною підмножиною з (p+1) різних x_i. Для нього існує принаймні одне $y_j \in Y$, коли $(y_j, x_i) \in \lambda$ для кожного з (p+1) значень i;

3. Симплекс σ_0^i ототожнюється з x_i, де i=1, 2, ..., n (n – кількість елементів множини X);

4. Кожна підмножина симплекса σ_p, що складається з (q+1) вершин (q<p), є q-гранню σ_p і утворює новий симплекс $\sigma_q \in K$ (записується $\sigma_q < \sigma_p$).

Число N є розмірністю комплексу K (позначається $\dim K$) і дорівнює максимальній кількості q-граней.

У нашому випадку комплекс $K_Y(X;\lambda)$ буде таким:

$(y_1);(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \in \sigma_5$

$(y_2);(x_1, x_3, x_5) \in \sigma_2$

$(y_3);(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \in \sigma_5$

$(y_4);(x_1, x_2, x_4, x_6) \in \sigma_3$

$(y_5);(x_1, x_3, x_6) \in \sigma_2$

$(y_6);(x_1, x_4, x_5, x_6) \in \sigma_4$.

Якщо множину X подати як вершини, а Y – як симплекси, то матимемо зв'язаний комплекс $K_X(Y;\lambda^{-1})$ з відношенням λ^{-1}. Для такого комплексу матрицею інцидентності є транспонована матриця Δ^T.

Симплекси комплексу $K_X(Y;\lambda^{-1})$ матимуть такий вигляд:

$(x_1);(y_1,y_2,y_3,y_4,y_5,y_6)\in\sigma_5$
$(x_2);(y_1,y_3,y_4)\in\sigma_2$
$(x_3);(y_1,y_2,y_3,y_5)\in\sigma_3$
$(x_4);(y_1,y_3,y_4,y_6)\in\sigma_3$
$(x_5);(y_1,y_2,y_3,y_6)\in\sigma_4$
$(x_6);(y_6)\in\sigma_0$.

Для вивчення транзитивності зв'язків у комплексі K скористаємось поняттям q-зв'язку, який визначається q-гранню, яка є спільною для двох симплексів.

Пара симплексів $\sigma_p,\sigma_r\in K$ є q-зв'язаною, коли існує скінченна кількість симплексів $\sigma_{a_1},\sigma_{a_2},...,\sigma_{a_k}$, які задовольняють такі умови [3]:

1) σ_{a_1} – грань симплекса σ_p;
2) σ_{a_k} – грань симплекса σ_r;
3) σ_{a_i} та $\sigma_{a_{i+1}}$ – відокремлені спільною гранню σ_β.

Така послідовність буде q-зв'язком лише за умови $\min\{a_1,\beta_1,\beta_2,...,\beta_{h-1},a_h\}$.

Симплекс σ_p є p-зв'язаним сам з собою і не може бути (p+1)-зв'язаним з будь-яким іншим симплексом. Якщо будь-який симплекс є q-зв'язаним, то він є (q-1), … , 1 та 0-зв'язаним у K.

При виконанні q-аналізу необхідно виділити найбільші q-зв'язані частини K від $\dim K$ до 0.

Введемо відношення γ_q. Відношення $(\sigma_p,\sigma_r)\in\gamma_q$ виконується лише тоді, коли симплекс σ_p q-зв'язаний з σ_r. γ_q є рефлексивним, симетричним та транзитивним, тому є відношенням еквівалентності. Елементами фактор-множини $\left(\dfrac{K}{\gamma_q}\right)$ є класи еквівалентності, які визначають розбиття комплексу K. Кількість елементів у $\left(\dfrac{K}{\gamma_q}\right)$ позначимо через Q_q, яке дорівнює кількості різних q-зв'язаних компонент у K.

Вищенаведені дії називаються q-аналізом комплексу K, а вектор $Q=(Q_{\dim K},...,Q_1,Q_0)$ – першим структурним вектором комплексу K.

Для знаходження всіх q-зв'язаних граней всіх пар симплексів у $K_Y(X;\lambda)$ потрібно:

1. Скласти матрицю $\Delta\Delta^T$ розміром ($m\times m$);
2. Оцінити $\Delta\Delta^T-\Omega$, де Ω – матриця ($m\times m$), що складається з одиниць.

Цілі числа на діагоналі є розмірностями симплексів з множини Y, а q-аналіз здійснюється перевіркою інших перетинів стовпчиків та рядків.

Сукупність q-зв'язаних елементів об'єднуються в одну компоненту, а об'єднання завершується тоді, коли на перетині рядка та стовпчика матриці інцидентності неможливо знайти нові елементи для приєднання (табл. 2).

Таблиця 2

q-значення симплексів комплексу $K_Y(X;\lambda)$

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
y_1	5	2	5	3	2	3
y_2	2	2	2	0	1	1
y_3	5	2	5	3	2	3
y_4	3	0	3	3	1	2
y_5	2	1	2	1	2	1
y_6	3	1	3	2	1	4

Отже, $\dim K = 5$, оскільки симплекси y_1, y_3 є 5-зв'язаними.

При q=5, Q_5=1 для $\{y_1, y_3\}$; при q=2, Q_2=1 для $\{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6\}$;

при q=4, Q_4=1 для $\{y_4\}$; при q=1, Q_1=1 для $\{y_2, y_4, y_5, y_6\}$;

при q=3, Q_3=1 для $\{y_1, y_2, y_4, y_6\}$; при q=0, Q_0=1 для $\{y_2, y_4\}$.

Як видно, найбільшу зв'язність демонструють органи влади та самоврядування, а також органи охорони культурної спадщини (q=5). Єдиний суб'єкт, який є 4-зв'язаним – це науково-методична рада.

Для зв'язаного комплексу $K_X(Y;\lambda^{-1})$ аналіз виконаний шляхом оцінювання матриці $\Delta^T\Delta - \Omega'$, де Ω', – матриця (n×n), що складається з одиниць. q-аналіз виконується так само, як і для комплексу $K_Y(X;\lambda)$ (табл. 3).

Таблиця 3

q-значення симплексів комплексу $K_X(Y;\lambda^{-1})$

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
x_1	5	2	3	3	3	4	0
x_2	2	2	1	2	1	2	-1
x_3	3	1	3	1	2	2	-1
x_4	3	2	1	3	2	3	0
x_5	3	1	2	2	3	2	0
x_6	4	2	2	3	2	4	0
x_7	0	-1	-1	0	0	0	0

Розмірність комплексу $K_X(Y;\lambda^{-1})$ становить $\dim K = 5$.

При q=5, Q_5=1 для $\{x_1\}$; при q=2, Q_2=1 для $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$;

при q=4, Q_4=1 для $\{x_1, x_6\}$; при q=1, Q_1=1 для $\{x_2, x_3, x_4, x_5\}$;

при q=3, Q_3=1 для $\{x_1, x_3, x_4, x_5, x_6\}$; при q=0, Q_0=1 для $\{x_1, x_4, x_5, x_6, x_7\}$.

Серед заходів впливу на систему найбільш зв'язаними виявилися правові (q=5).

Висновки. На основі структурного аналізу системи земель історико-культурного призначення визначено міру складності зв'язків між заходами впливу на систему та суб'єктами, від яких залежить її розвиток.

1. Додурич В.В. Модель системи використання та організації охорони земель історико-культурного призначення / В.В. Додурич, П.Г. Черняга, О.Є. Янчук // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2012. – Вип. 46. – С. 175–183. 2. Кахнич П. Структурна система земель приміської зони / П. Кахнич, Р. Німкович, П. Черняга // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2006. – Вип. I(11). – С. 242–247. 3. Качинський А.Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем. – К.: ДП "НВЦ "Євроатлантикінформ", 2006. – 336 с. 4. Эткин Р. Городская структура // Мат. моделирование / Под ред. Дж. Эндрюса. – М.: Мир, 1979. – С. 234–248. 5. Atkin R. Mathematical structure in human affairs. – London: Heinemann Educational Books, 1973. – 142 p.