

УДК 621. 873

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ З ПОДАЛЬШОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ МЕТОДОМ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Кружнова С. Ю., Фурсіна А.Д.

Національний університет «Запорізька політехніка»,
вул. Жуковського, 64, Запоріжжя, 69061

krulana@mail.ru

Запропоновано використання методу аналізу ієрархій (МАІ) для прийняття рішень з подальшої експлуатації вантажопідйомних кранів. Для прикладу рішення розглянуто три мостових крана, потребуючих ремонту. Задача з подальшої експлуатації вирішується методом максимінної зертки з використанням МАІ.

Ключові слова: ієрархія, цільові критерії, попарне порівняння, значимість критеріїв, індекс узгодження.

The use of analytic hierarchy process (AHP) for the decision on the continued operation of hoisting cranes has been proposed. As example three bridge cranes requiring repair were examined. The task of continued operation is solved by the maximin convolution method using AHP.

Keywords: hierarchy, target criteria, pairwise comparison, criteria significance, consistency index.

Предложено использование метода анализа иерархий (МАИ) для принятия решения по дальнейшей эксплуатации грузоподъемных кранов. Для примера решения рассмотрено три мостовых крана, требующих ремонта. Задача по дальнейшей эксплуатации решается методом максиминной зертки с использованием МАИ.

Ключевые слова: иерархия, целевые критерии, попарное сравнение, значимость критериев, индекс согласованности.

Вступ

Забезпечення надійної експлуатації вантажопідйомних кранів з кожним роком стає усе більш актуальним, оскільки їх старіння випереджає темпи технічного переозброєння. У органах Держнаглядохоронпраці України зареєстровані 95 тис. вантажопідйомних кранів, з яких 68 тис. вже виробили нормативний ресурс.

Питання можливості подальшої експлуатації таких кранів вирішується за результатами технічного діагностування, якщо експертиза визнає об'єкт

технічно справним. Термін же подальшої експлуатації визначається на підставі прогнозування залишкового ресурсу. Прогноз ресурсу, обґрунтований тільки на фундаментальних фізичних законах, не можна вважати надійним, оскільки поведінка конструкційних матеріалів недостатньо вивчена. А оцінити тривалість експлуатації такої складної системи як кран, тим більше не представляється можливим за допомогою чітких математичних формул.

Постановка задачі

Нині для розв'язання завдань багатокритерійного вибору, до яких відноситься завдання можливості подальшої експлуатації вантажопідйомних кранів, найчастіше використовується метод аналізу ієрархій (МАІ). Як відомо, МАІ є систематичною процедурою для ієрархічного представлення елементів, що визначають яку-небудь проблему. Суть МАІ полягає у визначенні власного вектору з найбільшим власним значенням на основі попарного порівняння досліджуваних характеристик. Аналіз значень власного вектору матриці, побудованої на основі попарного порівняння параметрів, забезпечує впорядкування пріоритетів оцінюваних характеристик в групі параметрів дослідження [1,2].

Щоб зробити вибір кращих альтернатив з деякого набору, необхідно визначити мету і критерії, за якими оцінюються альтернативи. Для вирішення завдання потрібна також інформація про довкілля, систему переваг, відповідних методах рішень та ін. У більшості випадків завдання ухвалення рішень можна представити у такому вигляді [2]

$$\langle Z, A, C, I, CA, E, R \rangle,$$

де Z – постановка задачі, наприклад, вибір кращої альтернативи;

A – множина допустимих альтернатив;

C – множина критеріїв вибору;

I – методи виміру переваг;

CA – відображення великої кількості A в множину C ;

E – система переваг експерта;

R – правило, відбиваюче E .

Множина критеріїв C може містити один елемент (задачі із скалярним критерієм) або декілька елементів (багатокритерійне ухвалення рішень).

Відображення множини A в множину C (CA) може бути детермінованим, імовірнісним або невизначеним. Отже, завдання ухвалення рішень можна розділити на завдання в умовах визначеності, ризику і невизначеності.

У МАІ використовується шкала 1-9 при порівнянні об'єктів і побудові матриці парних порівнянь (МПП) [1].

Оцінка 1, 3, 5, 7, 9, - величина значущості змінюється від однакової і низької до дуже сильної.

Проміжні значення 8, 6, 4, 2 - використовуються як компромісні. Якщо, порівнюючи об'єкт i з об'єктом j , отримаємо значення $a_{i,j} = 5$, то зворотне порівняння дає $a_{j,i} = 1/5 = 0,2$. У межі шкала має дві оцінки: 1 - об'єкти рівнозначні; 2 - перевага одного об'єкту над іншим.

У МАІ застосовується побудова дерева цільових критеріїв, що містить рівні цілей і самих критеріїв. Оцінки цілей включаються в загальний взаємозв'язок побічно, через попарне порівняння цілей і критеріїв. Усі критерії попарно порівнюються один з іншим на базі заданих відносних переваг і встановленої шкали якісної оцінки [1].

Основна частина

Розглянемо рішення задачі багатокритерійного вибору в умовах невизначеності з використанням МАІ.

Об'єктом дослідження є вантажопідйомні крани, питання про подальшу безпечну експлуатацію яких, є вкрай актуальним.

Вважатимемо, що початкова інформація відбиває з великою достовірністю реальний стан справ. Розглядаються три мостові крани, які необхідно відремонтувати К1, К2, К3, інформація про яких надана в таблиці 1.

Таблиця 1. Критерії по кранах, що розглядаються

№ п/п	Критерії	К1	К2	К3
1	Оцінки можливості подальшої експлуат.	високі	високі	дуже високі
2	Пораження корозією м/к	середня	низька	висока
3	Передбачувані витрати на ремонт, тис. грн.	8,62	18,41	3,84
4	Термін реалізації ремонту, тижнів	2	2-3	2
5	Ризик виробничий	середній	високий	низький
6	Ризик невиконання ремонту в строк, або неякісний ремонт	низький	високий	середній

На основі оцінки альтернатив заданих нечіткою множиною, представляємо нижче МПП для кожного з критеріїв $C_1 - C_6$. З правого боку кожної матриці даються вектори пріоритетів.

Таблиця 2. Матриця парних порівнянь критеріїв C

C_1	K1	K2	K3	\bar{w}_1	C_2	K1	K2	K3	\bar{w}_2	C_3	K1	K2	K3	\bar{w}_3
K1	1	1	1/2	0,25	K1	1	1/2	2	0,297	K1	1	1/2	3	0,320
K2	1	1	1/2	0,25	K2	2	1	3	0,540	K2	2	1	4	0,558
K3	2	2	1	0,50	K3	1/2	1/3	1	0,163	K3	1/3	1/4	1	0,122

C_4	K1	K2	K3	\bar{w}_4	C_5	K1	K2	K3	\bar{w}_5	C_6	K1	K2	K3	\bar{w}_6
K1	1	2	1	0,40	K1	1	4	1/2	0,301	K1	1	4	2	0,571
K2	1/2	1	1/2	0,20	K2	1/4	1	1/9	0,072	K2	1/4	1	1/2	0,143
K3	1	2	1	0,40	K3	2	9	1	0,626	K3	1/2	2	1	0,286

Рішення по МАІ має наступний вигляд

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^{n=6} \alpha_i \bar{w}_i = 0.192 \begin{Bmatrix} 0.250 \\ 0.250 \\ 0.500 \end{Bmatrix} + 0.125 \begin{Bmatrix} 0.297 \\ 0.540 \\ 0.163 \end{Bmatrix} + \dots + 0.255 \begin{Bmatrix} 0.571 \\ 0.143 \\ 0.286 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.3706 \\ 0.3483 \\ 0.2811 \end{Bmatrix}$$

Найбільший пріоритет 0.3706 належить крану K1.

Вирішимо завдання з подальшої експлуатації методом максимінної згортки з використанням МАІ. Представимо оцінки альтернатив за заданими критеріями (див. табл.1) наступною нечіткою множиною.

$\mu_{C_1}(K) = \{ 0.6 / K1; 0.6 / K2; 0.9 / K3 \}$ – подальша експлуатація;

$\mu_{C_2}(K) = \{ 0.3 / K1; 0.7 / K2; 0.2 / K3 \}$ – корозія;

$\mu_{C_3}(K) = \{ 0.6 / K1; 0.9 / K2; 0.2 / K3 \}$ – витрати на ремонт;

$\mu_{C_4}(K) = \{ 0.9 / K1; 0.6 / K2; 0.9 / K3 \}$ – термін ремонту;

$\mu_{C_5}(K) = \{ 0.4 / K1; 0.1 / K2; 0.9 / K3 \}$ – виробничий ризик;

$\mu_{C_6}(K) = \{ 0.9 / K1; 0.2 / K2; 0.4 / K3 \}$ – ризик невиконання ремонту.

Для вирішення завдання необхідно знати вагу самих критеріїв (їх пріоритети, значущість). Попарно порівнюючи критерії між собою, складаємо матрицю парних порівнянь МАІ.

Таблиця 3. Матриця парних порівнянь критеріїв C та векторів

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	$\vec{\alpha}$	$\vec{\alpha}^*$
C_1	1	2	1/2	5	4	1/2	0,192	0,213
C_2	1/2	1	1/2	3	3	1/3	0,125	0,141
C_3	2	2	1	6	5	2	0,328	0,344
C_4	1/5	1/3	1/6	1	1	1/4	0,048	0,053
C_5	1/4	1/3	1/5	1	1	1/4	0,052	0,057
C_6	2	3	1/2	4	4	1	0,255	0,187

У графі вектор $\vec{\alpha}$ представлена значущість критеріїв, отримана як власний вектор матриці A . При цьому, найбільше власне значення $\lambda_{\max} = 6,169$, індекс узгодженості $IU = 0,034$.

Вектор $\vec{\alpha}^*$ отриманий в результаті нормалізації стовпців матриці A , і потім складання елементів рядків і нормалізації отриманих сум.

Таким чином, наближене рішення $\vec{\alpha}^*$ достатньо близьке до точного рішення.

Множина оптимальних альтернатив R з врахуванням пріоритетності критеріїв визначається шляхом пересічення нечіткої множини:

$$R = C_1^{\alpha_1} \cap C_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap C_6^{\alpha_6}.$$

Рішення задачі з використанням максимінної згортки знаходиться таким чином:

$$\mu_R(K') = \max \left\{ \begin{array}{l} \min\{0.6^{0.192}; 0.3^{0.125}; 0.6^{0.328}; 0.9^{0.048}; 0.4^{0.052}; 0.9^{0.255}\} \\ \min\{0.6^{0.192}; 0.7^{0.125}; 0.9^{0.328}; 0.6^{0.048}; 0.1^{0.052}; 0.2^{0.255}\} \\ \min\{0.9^{0.192}; 0.2^{0.125}; 0.2^{0.328}; 0.9^{0.048}; 0.9^{0.052}; 0.4^{0.255}\} \end{array} \right\},$$

або

$$\mu_R(K') = \max \left\{ \begin{array}{l} \min\{0.9066; 0.8603; 0.8457; 0.9950; 0.9535; 0.9735\} \\ \min\{0.9066; 0.9564; 0.9660; 0.9758; 0.8872; 0.6634\} \\ \min\{0.9800; 0.8178; 0.5898; 0.9950; 0.9945; 0.7916\} \end{array} \right\}$$

Множина оптимальних альтернатив має вигляд:

$$\mu_R(K) = \max\{0.8457 / K1; \quad 0.6634 / K2; \quad 0.5898 / K3\}.$$

Максимальне значення 0.8457 належить альтернативі $K1$, яка і буде найкращою.

Те ж саме рішення, але з вектором $\vec{\alpha}^*$, буде таким

$$\mu_R(K) = \max\{0.8365 / K1; \quad 0.7404 / K2; \quad 0.5697 / K3\}.$$

Максимальне значення 0.8365 також належить крану K1.

Висновки

Коли в завданнях присутня неповнота знань про властивості об'єктів, недостатня міра упевненості в правильності експертних оцінок, нечіткість представлення інформації, тобто завдання, в яких потрібно враховувати вплив багатьох якісних і кількісних чинників, виникає необхідність використовувати системний підхід до ухвалення рішень таких завдань.

Побудова ієрархій добре узгоджується з принципами системного підходу до аналізу завдання і може надати істотну допомогу в процесі вибору найбільш оптимального варіанта з тих, що розглядаються. В даному випадку приклад ухвалення рішення про подальшу експлуатацію вантажопідйомних кранів вирішувався методом аналізу ієрархій і методом максимінної згортки з використанням МАІ. На підставі значення компонентів вектора узагальнених пріоритетів, був вибраний варіант, що має максимальну величину, в першому випадку 0,3706, а при максимінній згортці– 0,8365, що і в тому і іншому випадку відповідає альтернативі K1.

Література

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ.-М.: Радио и связь, 1993.-320 с.
2. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике – М.:Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
3. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети/ пер с англ. О.Н. Андрейчиковой; научн. ред. А.В.Андрейчиков и О.Н. Андрейчикова. М.: URSS ЛЕНАНД, 2015.- 375 с.
4. Представление и использование знаний: Пер. с япон. /Под ред. Х.Уэно, М.Исидзука.-М.:Мир,1989.-220 с.
6. Уткин Л.В., Нгуен В.Х. Максимальная стратегия многокритериального группового принятия решений в рамках метода анализа иерархий с использованием теории Демпстера-Шейфера. Труды 12-й Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». – СПб.: Изд-во Политехн.Ун-т, 2008. – с.29-30.
5. Кружнова С.Ю., Фурсина А.Д. Использование экспертных систем при прогнозировании остаточного ресурса мостовых кранов. Збірник наукових праць «Індуктивне моделювання складних систем». Київ. Випуск 10, 2018. С. 57-64.