

公路建设项目环境影响的多级模糊综合评价

刘 珊,姚 刚,张 雯,孙宏亮

(长安大学 环境科学与工程学院,陕西 西安 710054)

摘 要:为了判断公路建设对区域环境的总体影响,按照客观性、科学性、完整性等原则选取了公路建设项目环境影响评价指标。将公路建设对各环境因子的影响分为负面影响很大、负面影响小、基本无影响、正面影响小、正面影响大 5 种不同的影响程度,引入了改进的层次分析法(IAHP)确定权重,采用模糊数学方法进行综合评价,并以安康—毛坝高速公路为例进行评价分析。结果表明,模糊综合评价是一种科学合理、简单可行的公路建设项目环境影响评价方法。

关键词:交通工程;公路建设;环境影响评价;层次分析法;模糊综合评价

中图分类号:U412.21;X820.3 **文献标志码:**A

Fuzzy comprehensive assessment of highway construction project impacts on environment

LIU Shan, YAO Gang, ZHANG Wen, SUN Hong-liang

(School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: In order to evaluate the overall impacts of highway construction project on the district environment, this paper selects environmental impact assessment indexes from the views of objectivity, science and intergrated principle. Based on the improved AHP method, a fuzzy mathematics method is adopted to evaluate environment impact of highway construction project. As an example, Ankang—Maoba expressway construction project is evaluated. The result shows that fuzzy comprehensive assessment is a scientific, reasonable and simple method for environmental impact assessment of highway construction project. 1 tab, 12 refs.

Key words: traffic engineering; highway construction; environment impact assessment; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive assessment

0 引 言

公路的建设与发展,促进了中国经济的快速发展,但同时也带来了日益严重的环境问题^[1]。目前,公路建设项目环境影响评价基本都采用“以点为主,点段结合”的评价原则和单因子评价法^[2],很难看出公路建设对区域环境的总体影响程度^[3],也不易在

不同方案中间作出比选。本文将层次分析法与模糊综合评判法结合起来,建立了基于 IAHP 法确定权重的公路建设项目环境影响综合评价模型。

1 评价指标体系

公路建设项目环境影响是一个层次复杂、因素众多的多变量系统,其指标体系的选取,不仅要遵循

客观性、科学性、完整性、有效性等普遍原则,还应满足层次性、区域性与可操作性等原则^[4-6]。根据公路建设项目一般特点,共列出 27 个指标,分为定性和定量两类,见表 1。

表 1 公路建设项目环境影响评价指标体系

公路建设项目环境影响评价指标体系 U	二级指标		一级指标		指标属性
	社会环境 u_1	u_{11}	资源开发		定性
		u_{12}	居民生活质量		定性
		u_{13}	就业		定量
		u_{14}	征地		定量
		u_{15}	拆迁		定量
		u_{16}	公用设备损失		定量
		u_{17}	文物古迹		定量
		u_{18}	通行交通安全		定量
	生态环境 u_2	u_{21}	自然景观		定性
		u_{22}	水土流失		定量
		u_{23}	风景名胜		定性
		u_{24}	植被损失		定量
		u_{25}	农作物损失		定量
		u_{26}	野生动物		定性
		u_{27}	自然保护区		定性
	声环境 u_3	u_{31}	交通噪声		定量
	水环境 u_4	u_{41}	pH 值		定量
		u_{42}	COD		定量
		u_{43}	氨氮		定量
		u_{44}	SS		定量
		u_{45}	石油类		定量
		u_{46}	水文		定性
	大气环境 u_5	u_{51}	NO _x		定量
		u_{52}	SO ₂		定量
		u_{53}	CO		定量
		u_{54}	TSP		定量
		u_{55}	总烃		定量

2 评价因素及评价集

2.1 评价因素集

模糊综合评判法^[7]把因素论域 U 按各因素的不同属性划分成 m 个互不相交的子集 $U=\{u_1, u_2, \cdots, u_m\}$, 第一层次的因素 $u_i (i=1, 2, \cdots, m)$ 又由第二层次中的 n 个因素决定, 即 $u_i=\{u_{i1}, u_{i2}, \cdots, u_{in}\}$, 由表 1 可知, 公路建设项目环境影响评价因素集为 $U=\{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 分别为社会环境、生态环境、声环境、水环境和大气环境, 即 $u_1=\{u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, u_{16}, u_{17}, u_{18}\}$, $u_2=\{u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}, u_{25}, u_{26}, u_{27}\}$, $u_3=\{u_{31}\}$, $u_4=\{u_{41}, u_{42}, u_{43}, u_{44}, u_{45}, u_{46}\}$, $u_5=\{u_{51}, u_{52}, u_{53}, u_{54}, u_{55}\}$ 。

2.2 建立备择集

备择集一般的可建立为 $V=(v_1, v_2, \cdots, v_k)$, 公路环境影响评价各因子对周围环境影响互不相同, 有正面影响, 也有负面影响; 有的影响大, 有的影响小。故建立备择集 $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$, 其中, v_1 为公路对周围环境有负面影响, 且影响很大; v_2 为公路对周围环境有负面影响, 且影响较小; v_3 为公路对周围环境基本无影响; v_4 为公路对周围环境影响有正面影响, 且影响较小; v_5 为公路对周围环境影响有正面影响, 且影响很大。为了便于评价, 分别对各影响因子赋予分值 $\{100, 80, 60, 40, 20\}$ 。

2.3 指标隶属函数

对定量指标的评分, 先用单因子预测模型计算出单因子评价结果, 然后用德尔非 (Delphi) 法^[8]确定。对定性指标的评分则直接通过德尔非法确定。

指标隶属函数的构造采用降半梯形法, 即设 v_k 和 v_{k+1} 为相邻两级的分级标准, 显然 $v_k > v_{k+1}$, 则因素对 v_k 的隶属函数为

$$r(x)=\begin{cases}0 & X < v_{k+1}, X > v_k \\ \frac{X-v_{k+1}}{v_k-v_{k+1}} & v_{k+1} \leqslant X \leqslant v_k\end{cases} \quad (1)$$

对 v_{k+1} 的隶属函数为

$$r(x)=\begin{cases}\frac{v_k-X}{v_k-v_{k+1}} & v_{k+1} \leqslant X \leqslant v_k \\ 0 & X < v_{k+1}, X > v_k\end{cases} \quad (2)$$

式中: $r(x)$ 为隶属函数; X 为对指标的评分。

3 权重向量的确定

权重向量采用改进的层次分析法 (IAHP)^[9-11], 该法克服了 (1/9, 9) 标度重要度排序过程的不确定性以及权值计算和一致性检验的复杂性, 具有直观、简捷的特点。

3.1 构造判断矩阵

先建立层次模型, 如表 1 所示, 在同一层次对各评价因素进行两两重要性比较, 获得综合比较矩阵, 根据重要程度排序指数构造相应的判断矩阵。各评价因素的重要性评判采用如下简单量值规则

$$k_{ij}=\begin{cases}0 & (\text{因素 } i \text{ 没有因素 } j \text{ 重要}) \\ 1 & (\text{因素 } i \text{ 与因素 } j \text{ 一样重要}) \\ 2 & (\text{因素 } i \text{ 比因素 } j \text{ 重要})\end{cases} \quad (3)$$

其中, k_{ij} 是因素 i 和因素 j 的比较数量化值, 也是比较矩阵中相应元素。判断矩阵的计算公式为

$$a_{ij}=\begin{cases}r_i-r_j & \text{当 } r_i > r_j \\ 1 & \text{当 } r_i=r_j (i, j=1, 2, \cdots, m) \\ (r_j-r_i)^{-1} & \text{当 } r_i < r_j\end{cases} \quad (4)$$

$$r_i = \sum_{l=1}^m k_{il} \tag{5}$$

式中： a_{ij} 为判断矩阵的相应元素； r_i 为重要程度排序指数； m 为矩阵的阶数； k_{il} 为比较矩阵的相应元素。

3.2 计算判断矩阵的优化矩阵

原判断矩阵为： $A = (a_{ij})_{m \times m}$ ，则优化矩阵的相应元素计算公式为

$$b_{ij} = \frac{\sqrt{\prod_{l=1}^m a_{il}}}{\sqrt{\prod_{l=1}^m a_{lj}}} \tag{6}$$

于是得到优化矩阵

$$B = (b_{ij})_{m \times m} \tag{7}$$

3.3 计算评价指标权重值

计算各评价指标的单一权重值，并对其进行归一化处理，公式为

$$\overline{\omega}_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m b_{ij}} \tag{8}$$

$$\omega_i = \frac{\overline{\omega}_i}{\sum_{i=1}^m \overline{\omega}_i}, (i = 1, 2, \dots, m) \tag{9}$$

式中： ω_i 为其中第 i 个评价因素对应的归一化权重值； m 为同一层次评价指标个数。

4 多级综合评价模型

对备择集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_j\}$ 和 $u = \{u_1, u_2, \dots, u_i\}$ 组成关系矩阵

$$\begin{matrix} & v_1 & v_2 & \cdots & v_j \\ u_1 & p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1j} \\ u_2 & p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_i & p_{i1} & p_{i2} & \cdots & p_{ij} \end{matrix} \tag{10}$$

式中： p_{ij} 为 u_i 对 v_j 的指标性能隶属度。

然后进行合成运算

$$Y = \bigoplus_{i=1}^m \omega_i \otimes p_{ij} \tag{11}$$

式中： Y 为模糊评价结果； ω_i 为指标所占权重； \oplus 、 \otimes 为模糊算子。

4.1 一级指标

如表 1 所示，27 个一级指标分属于社会环境、生态环境、声环境、水环境、大气环境 5 个二级指标。按以上方法，得到权重向量 W 和关系矩阵 P 。

对于社会环境有 $W_1 = (\omega_{11}, \omega_{12}, \dots, \omega_{18})$

$$P_1 = \begin{bmatrix} p_{111} & p_{112} & \cdots & p_{115} \\ p_{121} & p_{122} & \cdots & p_{125} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{181} & p_{182} & \cdots & p_{185} \end{bmatrix}$$

$$\overline{P}_1 = W_1 P_1 = (\omega_{11}, \omega_{12}, \dots, \omega_{18}) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} p_{111} & p_{112} & \cdots & p_{115} \\ p_{121} & p_{122} & \cdots & p_{125} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{181} & p_{182} & \cdots & p_{185} \end{bmatrix} = (P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15}) \tag{12}$$

同样，对生态环境、声环境、水环境、大气环境有

$$\overline{P}_2 = (P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}, P_{25}) = W_2 P_2 \tag{13}$$

$$\overline{P}_3 = (P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{35}) = W_3 P_3 \tag{14}$$

$$\overline{P}_4 = (P_{41}, P_{42}, P_{43}, P_{44}, P_{45}) = W_4 P_4 \tag{15}$$

$$\overline{P}_5 = (P_{51}, P_{52}, P_{53}, P_{54}, P_{55}) = W_5 P_5 \tag{16}$$

式中： $P_i (i=1, 2, \dots, 5)$ 为关系矩阵； $\overline{P}_i (i=1, 2, \dots, 5)$ 为各类评价结果。

4.2 二级指标

二级评价是在一级评价的基础上得出，用本文所述方法得到二级指标的权重向量

$$W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$$

$$P = \begin{bmatrix} \overline{P}_1 \\ \overline{P}_2 \\ \overline{P}_3 \\ \overline{P}_4 \\ \overline{P}_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15} \\ P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}, P_{25} \\ P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{35} \\ P_{41}, P_{42}, P_{43}, P_{44}, P_{45} \\ P_{51}, P_{52}, P_{53}, P_{54}, P_{55} \end{bmatrix} \tag{17}$$

评价结果

$$X = WP = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \tag{18}$$

式中： X 为综合评价结果； $x_i (i=1, 2, \dots, 5)$ 为各项指标结果。

5 评价示例

应用上述方法，以安康—毛坝公路为例进行评价^[12]。安康—毛坝公路是国家规划包头至茂名高速公路的重要路段，全长 86.902 km。该路段地处大巴山区，气候温暖湿润，水量充沛，植被茂盛，因此对公路的选线 and 环境影响评价尤为重要。

5.1 评价指标权重的确定

采用文中所述方法得出

$$W_1 = (0.19, 0.17, 0.14, 0.18, 0.12, 0.06, 0.10, 0.04)$$

$$W_2 = (0.12, 0.21, 0.15, 0.12, 0.10, 0.12, 0.17)$$

$$W_3 = (1.0)$$

$W_4=(0.17,0.18,0.16,0.17,0.18,0.13)$
 $W_5=(0.20,0.18,0.23,0.29,0.10)$
 $W=(0.216,0.244,0.224,0.172,0.143)$

5.2 一级评价

对社会环境进行评价

$$P_1=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.9 & 0.1 \\ 0.75 & 0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.55 & 0.45 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

社会环境影响评价结果

$\bar{P}_1=W_1P_1=(0.135,0.145,0.271,0.359,0.090)$

生态环境影响评价结果

$\bar{P}_2=(0.024,0.486,0.306,0,0)$

声环境影响评价结果

$\bar{P}_3=(0,0.70,0.30,0,0)$

水环境影响评价结果

$\bar{P}_4=(0.009,0.707,0.276,0,0)$

大气环境影响评价结果

$\bar{P}_5=(0.05,0.55,0.40,0,0)$

5.3 二级评价

由式(18)得二级模糊综合评价结果为

$X=WP=(0.037,0.495,0.407,0.078,0.020)$

6 结 语

(1)根据公路建设项目环境影响特点,将评价指标分为定性指标和定量指标两类,建立了环境影响评价指标体系。

(2)引入 IAHP 确定权重,采用模糊综合评判理论,将定性与定量分析结合起来,建立了公路建设项目环境影响模糊综合评价模型。在路线设计方案中存在多个主要的影响因素,并且这些主要因素在不同的方案中又各有优劣,当仅凭经验难以取舍时,运用该模型可对设计方案进行辅助评价。

(3)给出了二级评价模型,在实际使用时还可根据需要进行三级或更多级评价。本文共选择了 27 个一级指标,对于具体项目可适当增减。

参考文献:

References:

[1] 陈 红,魏风虎.公路生态系统评价指标体系构建方

法研究[J].中国公路学报,2004,17(4):89-92.

CHEN Hong,WEI Feng-hu. Study of the way on indicator set of ecological assessment of highway [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17 (4):89-92.

[2] JTG B03-2006,公路建设项目环境影响评价规范[S].

[3] 袁卫宁,任 征.高等级公路环境影响综合评价[J].西安公路交通大学学报,1999,19(增刊):22-25.
YUAN Wei-ning , REN Zheng. Integrated assessment of highway environmental impact [J]. Journal of Xi'an Highway University, 1999,19(S0):22-25.

[4] Avineri E, Prashker J, Ceder A. Transportation projects selection process using fuzzy sets theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000,116(1):35-47.

[5] 黄淑琴.公路路线方案的多级综合模糊评价[J].中国公路学报,1997,10(3):37-44.

HUANG Shu-qin. Fuzzy model for transport project appraisal[J]. China Journal of Highway and Transport, 1997,10(3):37-44.

[6] 余 劲,张 伟.航道网规则多级模糊评价[J].交通运输工程学报,2005,5(4):28-30.

YU Jin, ZHANG Wei. Multilevel-fuzziness-comprehensiveness evaluation model of waterway net planning[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005,5(4):28-30.

[7] 曹炳元.应用模糊数学与系统[M].北京:科学出版社,2005.

[8] 徐玖平,胡知能,王 绶.运筹学[M].北京:科学出版社,2004.

[9] 陈沅江,护毅夫. IAHP 法在公路施工环境综合评价中的应用研究[J].工业安全与环保,2005,31(11):28-30.

CHEN Yuan-jiang, HU Yi-fu. Study on the application of the IAHP method in environmental influence comprehensive evaluation in highway construction[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2005, 31(11):28-30.

[10] Ertugrul K E, Sebnem A S. Fuzzy multi-criteria decision making approach for transport projects evaluation in Istanbul [C]// International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2005). Singapore: Springer, 2005, 301-311.

[11] Jha M K. Feasibility of computer visualization in highway development: a fuzzy logic-based approach[J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2006,21(2):136-147.

[12] 刘 珊.安康至毛坝公路环境影响报告书[R].西安:长安大学,2006.