

灰色关联法在铁路环境影响评价中的应用*

李洪旺, 吴小萍, 苏卿

(中南大学 土木建筑学院, 湖南 长沙 410075)

摘要: 铁路建设项目对环境的影响具有多层次、多目标、复杂性等特征, 因此可以将铁路建设项目对环境的影响分为生态环境、自然环境(环境空气、声环境、水环境)和社会环境。选取铁路沿线地区具有一定代表性的指标作为评价参数, 建立铁路建设项目环境影响指标体系, 并通过层次分析方法对各层指标的权重进行计算, 然后通过灰色系统理论建立了灰色关联分析模型。模型主要是通过选取相对最优方案, 然后利用灰色关联系数计算各个方案与相对最优方案之间的关联程度, 通过灰色关联系数对备选方案进行排序, 以确定最优方案。最后通过案例对模型进行了验证。

关键词: 铁路; 环境影响评价; 层次分析法; 灰色关联法

中图分类号: X322 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)03-091-05

随着环境问题的日益严重, 可持续发展的观念越来越深入人心。现行的铁路建设项目评选主要是从经济和技术两方面考虑, 对环境影响方面考虑不多。环境影响评价的主要目的是通过对铁路建设项目活动可能带来的各种环境影响进行定性定量分析预测并评价其影响程度, 为合理选线提供依据, 进而指导决策者进行工程方案比选。笔者根据铁路 EIA (Environment Influence Assessment) 的多目标、多层次的特点提出一套用于决策的环境影响评价因子和相应的评价指标体系, 建立了有序的梯阶层次结构。

1 评价程序

铁路 EIA 灰色关联法评价的基本程序是: 首先根据铁路建设项目对环境影响的特点, 分析铁路建设对铁路沿线环境的影响因子, 选择出铁路对环境的主要影响因子, 建立层次梯阶层次结构, 然后利用层次分析法确定下一层因子对上一层因子的权重, 通过叠加计算得出指标层对总目标层的综合权重。最后利用灰色系统理论建立灰色关联评价模型, 在方案中利用制高点原理选择出相对最优的方案, 计算各个备选方案与相对最优方案之间的关联系数, 通过关联系数的大小对方案进行排序, 最终确定最优方案。评判程序如图 1 所示。

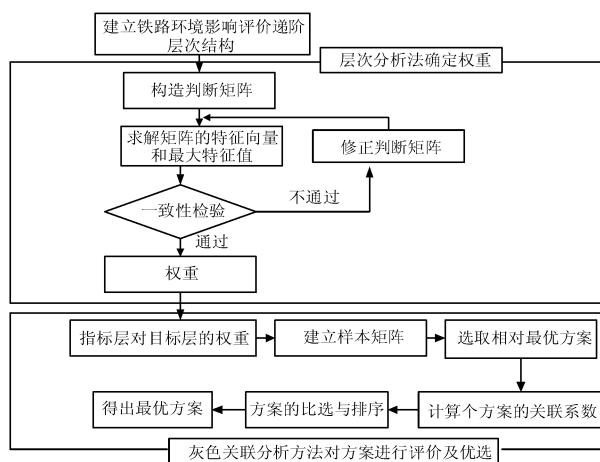


图1 铁路环境影响评价及方案优选模型

2 层次分析法确定权重

2.1 铁路 EIA 指标体系结构

铁路建设项目的环境影响综合评价评价指标体系从各环境影响单要素中选取。根据铁路沿线地区的环境特征, 综合分析铁路沿线主要影响指标, 选取能反映沿线地区环境质量的具有一定代表性的指标作为评价参数。铁路建设项目对环境的影响具有多层次、多目标、复杂性等特征, 因此将铁路建设项目对环境的影响分为生态环境、自然环境(环境空气、声环境、水环境)和社会环境

* 收稿日期: 2007-12-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50578160)

作者简介: 李洪旺(1984-), 男, 山东莘县人, 硕士研究生, 主要从事道路与铁道工程研究. E-mail: lihongwang425@yahoo.com.cn

等几个方面。

在选取的指标中有定量指标也有定性指标,在确定定性指标大小的时候,我们根据定性指标影响程度的不同划分为三个等级,3、2、1 分别表示,影响较大,影响一般,影响较小。如果铁路项目对沿线某一个指标的影响程度介于任意两个等级之间时,我们采用取中值的方法,相应评分为:1.5,2.5,即如果影响程度介于等级3 和等级2 之间,我们就选取2.5;如果影响程度介于等级1 和等级2 之间,我们就选取1.5。分值越大说明铁路建设对该指标的影响越大。经过查阅文献建立了铁路 EIA 指标的递阶层次结构,如图2 所示。

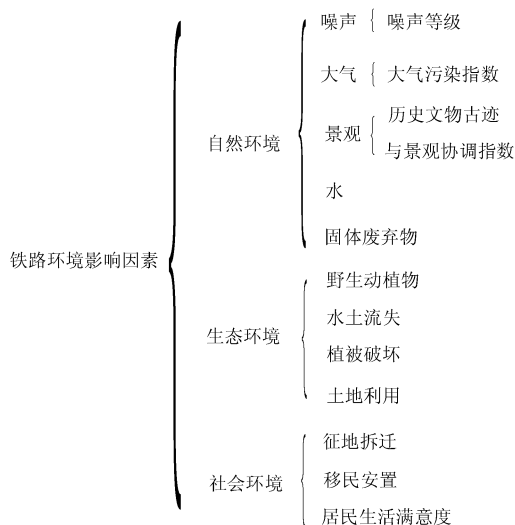


图2 EIA 指标的递阶层次结构

2.2 层次分析法确定权重

2.2.1 建立判断矩阵A

通过指标之间的两两比较建立判断矩阵A:

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

式中: $w_i/w_j = a_{ij}$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$) 代表指标 i 对指标 j 的相对权重。可采用1~9 标度法(表1)。

表1 1~9 标度及其描述

标度	含义
1	表示两个因素相比,它们具有相同重要性
3	表示两个因素相比,前者比后者稍微重要
5	表示两个因素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述两者因素相邻判断的中间值
倒数	若因素 y_i 与因素 y_j 的重要性之比为 a_{ij} , 那么若因素 y_j 与因素 y_i 的重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

2.2.2 计算指标权重 \bar{w}

由判断矩阵计算被比较元素的相对权重

$$\bar{w}_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}}, (j, i = 1, 2, \dots, n)。(1)$$

2.2.3 一致性检验

由最大特征根的近似值 λ_{\max} 计算一致性比例 $C \cdot R$ (表2)。

表2

平均随机一致性标度 $C \cdot R$ 表

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$R \cdot I$	0.37	0.67	0.91	1.07	1.19	1.28	1.32	1.37	1.41	1.43	1.45	1.46

$$C \cdot R = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1) \times R \cdot I}。(2)$$

当 $C \cdot R < 0.1$ 时,认为判断矩阵的一致性可以接受,否则需要进行必要的调整。

3 灰色关联决策模型

3.1 灰色关联分析方法简介

灰色关联分析(GRA)是1984年由邓聚龙原创的^[7]。主要处理那些行为机制信息不完备、行为数据很稀少、问题处置缺乏经验、固有内涵不清楚的对象之间的关系。灰色关联分析方法主要是根据灰色系统对象之间的差异信息进

行分析。灰色关联法通过分析各个备选方案与相对最优方案之间的关联度来确定与最优方案的相似程度,对各个备选方案进行排序,最终确定最优方案。

3.2 评价模型的建立

3.2.1 建立样本矩阵和相似最优方案及其归一化

设有 n 个方案,每个方案有 m 个指标,令 X_{ij} 为第 i 个方案的第 j 个指标,则可以定义 $X = \{X_{ij}\}_{n \times m}$ 是具有 n 个方案的 m 个指标构成的样本矩阵,如式(5)所示。我们根据制高点原理利用式(3)、(4)分别取出各个指标的相对最优值,在取值时要注意区分指标是成本型指标还是效益性指标。

效益型指标 $S_j = \max_i (X_{ij}), (i = 1, 2, \dots,$

$n; j=1, 2, \dots, m)$ 。(3)

成本型指标 $S_j = \min_i (X_{ij})$, ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。(4)

利用式(3)、(4)可以构建相似最优方案, 如式(6)。

$$X_{n \times m} = \begin{Bmatrix} \begin{matrix} \text{指标 1} & \text{指标 2} & \cdots & \text{指标 } m \end{matrix} \\ \begin{matrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nm} \end{matrix} \end{Bmatrix} \begin{matrix} \text{方案 1} \\ \text{方案 2} \\ \vdots \\ \text{方案 } n \end{matrix}, \quad (5)$$

$$S = \{S_1 \ S_2 \ \cdots \ S_m\}。 \quad (6)$$

由于各个指标的量纲不同, 存在不可公度性, 因此对样本矩阵和相对最优方案矩阵进行归一化处理, 使得归一化的指标值在 $[0, 1]$ 之间。

效益型指标 $\hat{X}_{ij} = X_{ij}/S_j$, ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。(7)

成本型指标 $\hat{X}_{ij} = S_j/X_{ij}$, ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。(8)

则样本矩阵化为:

$$\hat{X}_{n \times m} = \begin{Bmatrix} \hat{X}_{11} & \hat{X}_{12} & \cdots & \hat{X}_{1m} \\ \hat{X}_{21} & \hat{X}_{22} & \cdots & \hat{X}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hat{X}_{n1} & \hat{X}_{n2} & \cdots & \hat{X}_{nm} \end{Bmatrix} \begin{matrix} \text{方案 1} \\ \text{方案 2} \\ \vdots \\ \text{方案 } n \end{matrix}。 \quad (9)$$

相对最优方案矩阵化为:

$$\hat{S} \{ \hat{X}_1 \ \hat{S}_2 \ \cdots \ \hat{S}_m \} = (1, 1, \dots, 1)。 \quad (10)$$

3.2.2 关联度矩阵的建立

根据模糊数学和灰色关联理论, 第 i 个方案的第 j 个指标与相对最优方案 S 之间的关联度大小由式(7)计算。

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j |(\hat{X}_{ij} - \hat{S}_j)| + \rho \max_i \max_j |(\hat{X}_{ij} - \hat{S}_j)|}{|(\hat{X}_{ij} - \hat{S}_j)| + \rho \max_i \max_j |(\hat{X}_{ij} - \hat{S}_j)|}。 \quad (11)$$

于是便得到每一个方案与相对最优方案的关联度矩阵 $\xi = \{\xi_{ij}\}_{ij}$, 如式(8), ξ_{ij} 表示第 i 个方案的第 j 个指标与相对最优方案之间的关联度。

$$\xi = \begin{Bmatrix} \xi_{11} & \xi_{12} & \cdots & \xi_{1m} \\ \xi_{21} & \xi_{22} & \cdots & \xi_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \xi_{n1} & \xi_{n2} & \cdots & \xi_{nm} \end{Bmatrix}。 \quad (12)$$

3.2.3 综合评价

第 i 个方案与相对最优方案的综合关联度用式(11)表示:

$$\hat{\xi} = \xi \cdot \bar{w} = (\hat{\xi}_1, \hat{\xi}_2, \dots, \hat{\xi}_n)。 \quad (13)$$

$\hat{\xi}_i$ 越大说明第 i 个方案与相对最优方案之间的关联性越大, 第 i 个方案越接近相对最优方案。并可以根据关联度的大小对各个备选方案排序。因此 $\hat{\xi}_i$ 最大的方案是备选方案中的最优方案。

4 实例

采用文献[2]中的数据, 用本文所介绍的方法进行比选。美国加州某一交通建设项目有4个比选方案, 这4个方案都满足了运量及其他方面的要求, 但在环境影响方面却相差较大。各方案环境影响水平表见表3。

表3 方案环境影响水平表

属性	各方案估计影响水平				
	1M	1S	1N	2	影响范围
被分割的土地块数	49	49	38	36	20~100
房屋迁移处数	67	60	58	24	4~80
侵占主要农田/hm ²	17.8	17.8	17.8	16.8	100~350
占威廉姆森法规土地/hm ²	5.6	5.6	5.6	8.47	50~250
野生动物栖息地/hm ²	1.07	0.97	0.97	0.89	39 020
橡树被伐数量	23	23	23	15	10~50
接骨木被迁移的数量	5	5	5	0	0~5
历史古迹被损坏的数量	16	16	16	6	0~25
里程百分差	0.11	0.11	0.11	0.6	0~3
噪声	79	79	79	48	20~150

(1) 对每个方案进行分层建立指标体系(图3)及确定权重

准则层对目标层的权重为 $w = (0.669, 0.2674, 0.064)$; 指标层对相应的准则层的权重为 $w_1 = (0.182, 0.364, 0.182, 0.062, 0.111, 0.062, 0.038)$, $w_2 = (0.111, 0.889)$, $w_3 = 1$; 最后指标层对目标层的权重为 $w_4 = (0.122, 0.243, 0.122, 0.042, 0.074, 0.042, 0.025, 0.030, 0.238, 0.064)$ 。

(2) 样本矩阵的建立(表4)

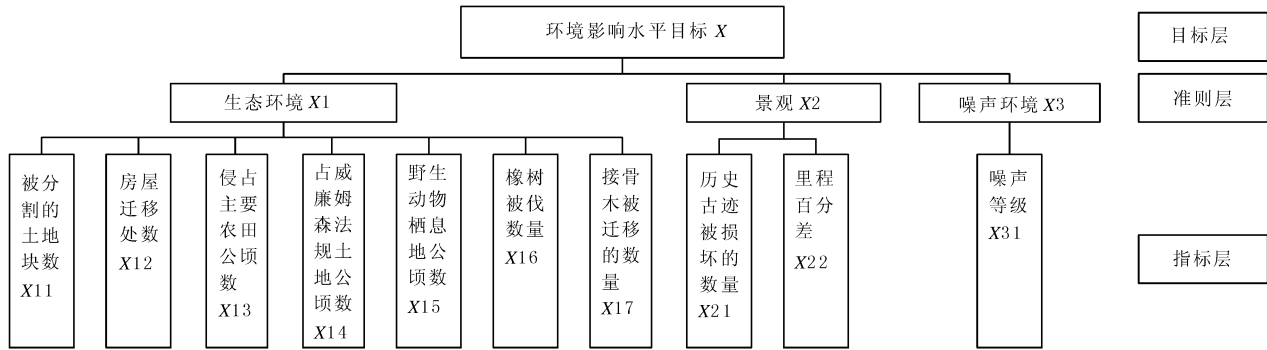


图3 影响评价指标体系的分层建立

表 4

方案样本矩阵表

方案	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X21	X22	X31
1M	49	67	17.8	5.6	1.07	23	5	16	0.11	79
1S	49	60	17.8	5.6	0.97	23	5	16	0.11	79
1N	38	58	17.8	5.6	0.97	23	5	16	0.11	79
2	36	24	16.8	8.47	0.89	15	0	6	0.60	48

(3) 相对最优方案的选取

(4) 归一化处理归一化的样本矩阵为:

$S = (S_1, S_2, \dots, S_{10}) = (36, 24, 16.8, 5.6, 0.89, 15, 0, 6, 0.11, 48)$

$$\hat{X}_{4 \times 10} = \begin{Bmatrix} 0.735 & 0.358 & 0.944 & 1 & 0.826 & 0.652 & 0 & 0.38 & 1 & 0.608 \\ 0.7347 & 0.4 & 0.944 & 1 & 0.917 & 0.652 & 0 & 0.38 & 1 & 0.608 \\ 0.947 & 0.414 & 0.944 & 1 & 0.917 & 0.652 & 0 & 0.38 & 1 & 0.608 \\ 1 & 1 & 1 & 0.6614 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0.183 & 1 \end{Bmatrix}^{\circ}$$

(5) 计算关联度矩阵

$$\xi = \begin{Bmatrix} 0.653 & 0.438 & 0.899 & 1 & 0.742 & 0.590 & 0.333 & 0.444 & 1 & 0.560 \\ 0.653 & 0.455 & 0.899 & 1 & 0.858 & 0.590 & 0.333 & 0.444 & 1 & 0.560 \\ 0.905 & 0.460 & 0.899 & 1 & 0.858 & 0.590 & 0.333 & 0.444 & 1 & 0.560 \\ 1 & 1 & 1 & 0.596 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0.380 & 1 \end{Bmatrix}^{\circ}$$

(6) 方案综合关联度

$$\hat{\xi} = \xi \cdot \bar{w} = (0.713, 0.726, 0.758, 0.837)。$$

故方案排序为: 2, 1N, 1S, 1M。最佳方案为方案2。结果与文献[4]计算的排序结果相同。

5 结语

针对铁路环境影响评价这个多目标决策问题, 本文采用 AHP 和灰色关联分析法对铁路进行环境影响评价以及最终铁路方案的比选和排序得出最佳的方案。通过建立灰色关联分析模型, 可应用于铁路建设环境影响评价以及基于此的铁路建设项目的优选。本文通过将灰色关联分析模型应用于铁路环境影响评价, 为分析铁路方案优选中环境问题提供了一种定量评价分析方法, 改变了过去铁路建设项目可行性研究中纯定性的分析方法。

为铁路项目决策提供有力的工具。

参考文献:

- [1] 吴小萍. 铁路选线中环境影响综合评价研究报告[R]. 长沙: 中南大学土木建筑学院, 2003: 11-18.
- [2] 周华国. 基于环境影响的交通建设项目方案优选[J]. 中国公路学报, 1999, 12(3): 95-99.
- [3] 詹振炎. 铁路选线设计的现代理论和方法[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.
- [4] 刘铮, 吴小萍, 杨立国. 层次分析法及消去与选择转换法在铁路环境影响评价中的应用[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2007, 28(3): 56-60.
- [5] 张玉珍, 王方华. 石油石化企业上游并购多目标灰色关联度决策模型及应用[J]. 山东社会科学, 2005, (1): 65-68.
- [6] 陈斌, 魏庆曜. 基于多级关联灰度模型的公路建设社会经济环境影响评价[J]. 中国公路学报, 2003, 16(1): 77-81.
- [7] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.

Application of GRA to Railway Environment Influence Assessment

Li Hongwang, Wu Xiaoping and Su Qing

(School of Civil and Architectural Engineering, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: The environmental impact on railway construction is characterized by multiple layer, multiple target and complexity, which is classified as ecological environment, natural environment (ambient air, acoustical environment, water environmental) and social environment. In the paper, typical indices are selected as assessment parameter to set up environmental influential indices system of railway construction project. Through calculating the weighing of each index by AHP (Analytic Hierarchy Process), the grey correlation analysis model is set up depending on grey system theory. By selecting relative optimal program, then using grey correlation coefficient to calculate the degree of relationship between every program and relative optimal program, sorting alternative programs according to grey correlation coefficient, the optimal program is finally determined in the model. In the paper a case was used to test and verify the model.

Key words: Environment Influence Assessment (EIA); AHP; GRA

(上接第 75 页)

Impact of Petroleum Exploitation on Water Environment in the Upper Reaches of North Luohe River in Northern Shaanxi

Kang Yuan, Yue Leping, Xu Yong and Sun Bo

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: With the development of petroleum resource exploitation, the regional environmental condition of Northern Shaanxi, which is the main energy base of China, is affected seriously. Especially in the northern Luohe valley, the most important area of exploration and development, the problem of water quality deterioration and water function decrease has been emerged. By sampling and testing surface water from the upper reaches of North Luohe River, we use the single-factor pollution index to analyze the current water quality. The result shows that Cr^{6+} , sulfate, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, volatile phenol, petroleum hydrocarbon are seriously over standards. Besides the geologic background, discharge of reservoir water probably causes the large magnitude of chloride in some areas. The pollution becomes worse in dry season due to the reduced water discharge and decreased self-purification capacity.

Key words: petroleum exploitation; impact on environment; water pollution; upper reaches of north Luohe River; northern Shaanxi