

# 基于灰色关联系数法的铁路建设项目社会经济环境影响评价

冉茂平, 吴小萍

(中南大学土木建筑学院, 长沙 410075)

**摘要:** 对铁路建设项目进行社会经济环境影响评价, 是实现铁路与经济协调发展的重要手段。选用灰色关联系数法, 对铁路建设项目及沿线地区社会经济的影响程度进行分析, 其结果有助于评价铁路建设项目所带来的经济效益。

**关键词:** 铁路建设项目; 社会经济环境影响评价; 灰色关联系数法

**中图分类号:** U 273.13; X 171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)01-0173-03

## Assessment of Social and Economic Environment of Railway Construction Project on Grey Correlation Method

RAN Mao-ping, WU Xiao-ping

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

**Abstract:** Socioeconomic environmental impact assessment of railway construction projects is an important means to realize concordant development between railway and economics. The degree of socioeconomic effects produced on the line district imposed by railway construction projects is analyzed by means of grey correlation method. The result would be useful to evaluate the economic benefits brought by railway construction projects.

**Key words:** railway construction project; socioeconomic environmental impact assessment; grey correlation method

自改革开放以来,我国铁路建设事业迅速发展。在现阶段,铁道部又提出了“建设发达和完善的铁路网,实现铁路跨越式发展”的规划。铁路建设项目具有“投资大、建设期长、回收慢、收益稳定、社会效益显著”等特点,其建设对周围社会经济环境产生的影响相当显著的。将环境影响评价制度引入到铁路建设项目中来,对社会经济环境进行分析评价,是实现铁路建设项目与经济可持续发展的重要手段。本文将运用灰色关联系数法,对铁路建设项目给沿线社会经济环境的影响进行分析评价。

### 1 铁路建设项目对社会经济环境的影响

铁路建设项目会给外部社会经济环境带来一些极为显著的影响,其影响包括有利影响和不利影响。这些影响可能包括人口迁移、改变社会结构、扰乱社区的稳定性,同时也可能增加社区的经济发展潜力,以及提高或降低社区人口的收入水平等。因此,铁路建设项目在促进当地经济发展的同时,也给社会经济环境带来了一定的负面影响,因此,有必要对铁路建设项目进行社会经济环境影响评价。

### 2 灰色关联系数法

灰色系统理论自 1982 年由我国华中理工大学控制论学者邓聚龙教授提出来以后,经过近 20 年的深化与开拓,已构筑了基本框架,形成了以灰色关联分析为基础的分析体系,以灰色模型 GM 为主体的模型体系,以灰过程及其生成空间为基础与内涵的方法体系,以系统分析、建模、决策、控制

评估的技术体系。灰关联分析方法是灰色系统的重要组成部分;它是分析灰色系统中各因素间关联程度的一种量化方法,其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断灰色过程发展态势的关联程度。

#### 2.1 灰色关联系数法的数学模型为

$$R = G \times W \quad (1)$$

式中:  $R = [r_i, i = 1, 2, \dots, m]$  ——  $m$  个线路区段决策的结果矩阵;  $W = [w_j, j = 1, 2, \dots, n]$  ——  $n$  个决策指标的权重分配矩

阵;  $w_j$  —— 第  $j$  个决策指标的权重,  $\sum_{k=1}^n w_k = 1$ 。

#### 2.2 决策矩阵的建立

设以  $y_{ij}$  表示第  $i$  个区段的第  $j$  个指标(属性)的评定值(或分析值),则由  $y_{ij}$  可构成以下矩阵:

$$Y = \begin{matrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

式中:  $\alpha = A, i = 1, 2, \dots, m; A$  —— 整条线路的不同区段集;  $c_j, j = 1, 2, \dots, n; C$  —— 决策指标集。

这个矩阵  $\{Y_{ij}\}_{m \times n}$  称为决策矩阵(或评价矩阵或属性矩阵),它提供了分析决策问题的基本信息,各种分析方法均以决策矩阵作为分析的基础。

显然,由于各属性采用的度量单位不同,数值上也有很大的差别,而且通常  $C$  中有不同类型的指标,为此记  $J^+, J^-$

$C$ , 分别为其中的效益型指标(极大化目标, 指标值越大越好, 如通过能力等)子集和成本型指标(极小化目标, 指标值越小越好, 如工程费与年运营费等)子集。假定  $J^+ \cap J^- = C$ , 且  $J^+ \cap J^- = \emptyset$  指标之间不具有可比性, 亦即矩阵中同行元素不可比。因此, 为了能够使用恰当的多目标决策方法对其进行比较和决策, 必须解决决策矩阵的可比性问题, 此项工作称为矩阵的规范化, 即把矩阵中各属性的值都统一变换到某一个度量范围内, 形成一个规范化的决策矩阵  $E = \{e_{ij}\}$ 。

### 2.3 决策矩阵规范化

矩阵规范化也称为标准化。它是把各指标的评价值都统一到  $[0, 1]$  范围内, 以消去量纲。规范化方法很多, 常用的如多种不同形式的区间变换, 向量规范化变换等, 其选取取决于所采用的多目标决策方法, 我们这里采用极差规格化法对决策矩阵进行规范化。下面是极差规格化法变换:

(1) 对效益目标, 令

$$e_{ij} = \frac{y_{ij} - y_j^{\min}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}} \quad (3)$$

(2) 对成本目标, 令

$$e_{ij} = \frac{y_j^{\max} - y_{ij}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}} \quad (4)$$

这种变换的好处是基点相同, 变换后将最好值变换为 1, 最差值变换为 0, 且有  $0 \leq e_{ij} \leq 1$ , 但这种变换不是成比例的。

经规范化的决策矩阵为:

$$E = \{e_{ij}\} = \begin{matrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & \dots & \dots & 1 \\ e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ e_{m1} & e_{m2} & \dots & e_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

### 2.4 最优指标集的确定

要对各个线路区段进行综合评价, 首先必须制定评价标准, 制定评价标准时, 既要考虑到标准的先进性, 又要考虑到标准的可行性。最优指标集是进行各线路区段比较的基准, 选择各区段各指标中的最优值作为最优指标集, 就是基于上述考虑的。

按各项指标的最优值, 可列出最优指标集  $(H^*)$ :

$$H^* = [h_j^*, j = 1, 2, \dots, n] \quad (6)$$

其中  $h_j^* (j = 1, 2, \dots, n)$  为第  $j$  个指标在诸区段中的最优值, 于是可构造扩大的决策矩阵  $Y$  为:

$$Y = \{y_{ij}\} = \begin{matrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} h_1^* & h_2^* & \dots & h_n^* \\ y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

式中,  $y_{ij} (i = 1, 2, \dots, m)$  为第  $i$  区段  $(a_i)$  中的第  $j$  个指标的原始数值(定量指标)或评分值(定性指标)。

### 2.5 计算关联系数

灰关联分析方法是灰色系统的重要组成部分; 它是分析灰色系统中各因素间关联程度的一种量化方法, 其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断灰色过程发展态势的关联程度。

将经规范化后的最优指标集  $\{e^*\} = [e_1^*, e_2^*, e_k^*, \dots, e_n^*]$  作为参考数据列, 将经规范化后的各方案的各指标集  $\{e^k\} = [e_1^k, e_2^k, e_k^k, \dots, e_n^k]$  作为被比较数列, 其中  $i = 1, 2, \dots, m; k = 1,$

$2, \dots, n_0$ 。于是, 可按式分别计算第  $i^{\#}$  方案  $(a_i)$  第  $j$  个决策指标与第  $j$  个最优指标的关联系数  $\zeta(j)$ 。

$$\zeta(j) = \frac{\min_i \min_j |e_j^{(*)} - e_j(i)| + \rho \cdot \max_i \min_j |e_j^{(*)} - e_j(i)|}{|e_j^{(*)} - e_j(i)| + \rho \cdot \max_i \min_j |e_j^{(*)} - e_j(i)|} \quad (8)$$

式中:  $\rho \in [0, 1]$ , 一般取  $\rho = 0.5$ 。

### 2.6 综合评价

$$R = G \times W$$

即有关联度

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j \zeta(j) \quad (9)$$

若关联度  $r_i$  最大, 则说明  $\{e_{ij}\}$  与最优指标集最贴近, 即铁路建设项目对第  $i^{\#}$  区段的社会经济环境影响结果优于其他区段也可以说修建此铁路建设项目对第  $i^{\#}$  区段的社会经济的发展最有利, 并可据此排出各区段影响结果的优劣顺序。

## 3 指标权重的计算

在评价过程中, 确定各个要素对系统的权重仅仅依靠单纯的试验分析十分困难, 而主观定权也存在一定的不合理因素。因此, 本文运用 AHP 法对权重进行计算。层次分析法求解多目标决策问题时, 基本思路如下:

(1) 建立递阶层次结构。首先, 把社会经济环境影响因素按属性不同分组, 并用箭头把上下层之间有关的因素连起来, 以形成不同层次。

(2) 构造判断矩阵。在建立递阶层次结构后, 上下层次之间元素的隶属关系就确定了。假定上一层的元素  $C_k$  对应的下一层次元素为  $M_1, M_2, \dots, M_n$ , 我们的目的是按它们相对的重要性赋予  $M_1, M_2, \dots, M_n$  相应的权重, AHP 所用的是两两比较的方法。对于  $n$  个元素来说, 得到比较判断矩阵  $M$ :

$$M = (m_{ij})_{n \times n} = \begin{matrix} \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (10)$$

判断矩阵一般由有关专家或决策者给出, 也可根据数学方法计算, 如 1-9 标度法, 改进的三标度法, 改善的构造判断矩阵法和简化 AHP 标度法等。

用矢量  $W$  右乘  $M$ , 可得:  $MW = nW$

由上式可知,  $n$  是判断矩阵  $M$  的一个特征根, 而  $W$  是  $M$  对应于  $n$  的特征向量。因此, 求各项评价指标权值的问题就转化为求的特征向量的问题。

判断矩阵具有如下性质:

$$(1) m_{ij} > 0; (2) m_{ij} = \frac{1}{m_{ji}}; (3) m_{ii} = 1 \quad (11)$$

(3) 由判断矩阵计算被比较元素相对权重及一致性检验。这一步要解决元素  $C_k$  对应的下一层次元素  $M_1, M_2, \dots, M_n$  的权重问题, 并进行一致性检验。

满足 (11) (12) 的矩阵称为相容的正逆矩阵。在实践中, 决策者给出的判断矩阵往往不满足相容性。这时需进行一致性检验。

$$m_{ij} m_{jk} = m_{ik} \quad (12)$$

当  $M$  矩阵没有达到完全的一致性时, 它的最大特征根  $\lambda_{\max}$ , 一致性检验的标度为  $CI$ , 即

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (13)$$

CI 值越大, 表明判断矩阵偏离完全一致性越远, 反之则说明判断矩阵越接近完全一致性。容许的偏离程度与矩阵的阶数  $n$  有关, 为此引入  $RI$  作为判断矩阵平均随机一致性指标。

当  $CR = CI/RI < 0.1$  时, 认为判断矩阵具有满意的一致性。

(4) 计算各层元素的组合权重及一致性检验。为了得到递阶层次结构中每一层次中所有元素的总权重, 需要把第 3 步的计算结果进行适当的组合, 并进行一致性检验, 这一步骤是由上而下逐层进行的。

假定已经计算出第  $k-1$  层元素的组合排序权重向量  $\alpha^{k-1} = (\alpha_1^{k-1}, \alpha_2^{k-1}, \dots, \alpha_m^{k-1})^T$ , 第  $k$  层在第  $k-1$  层第  $j$  个元素下的排序权重向量为  $b_j^k = (b_{1j}^k, b_{2j}^k, \dots, b_{mj}^k)^T$ , 令  $B^k = (b_1^k, b_2^k, \dots, b_m^k)$ , 则第  $k$  层次元素的组合排序权重向量为  $\alpha^k = B^k \alpha^{k-1}$ 。

对于递阶层次组合判断的一致性检验, 需要类似地逐层计算  $CR$ , 若分别得到第  $k-1$  层次的结果  $CI_{k-1}, RI_{k-1}$  和  $CR_{k-1}$ , 则第  $k$  层的相应指标为

$$CI_k = (CI_k^1, \dots, CI_k^m) \alpha^{k-1} \quad (14)$$

$$RI_k = (RI_k^1, \dots, RI_k^m) \alpha^{k-1} \quad (15)$$

$$CR_k = CR_{k-1} + \frac{CI_k}{RI_k} \quad (16)$$

当  $CR_k < 0.1$ , 认为递阶层次在  $k$  层水平上整个判断具有满意的一致性。

#### 4 实例分析

现以改建铁路宣杭线增建第二线工程为例, 运用灰色关联系数法, 分析建设项目对所经过地区社会经济环境的影响程度。

样本原始矩阵:

|   |        |       |         |      |           |         |         |        |        |        |        |       |
|---|--------|-------|---------|------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|
| + | 345994 | + 154 | + 235.7 | + 25 | - 9322.13 | + 20.44 | + 63.16 | - 33.5 | - 20.2 | + 39   | + 35.8 | + 7.6 |
| + | 276003 | + 205 | 270.8   | + 20 | - 7544.42 | + 23.92 | + 13439 | - 13.7 | - 14.6 | + 56.7 | + 28.9 | + 5.2 |
| + | 325984 | + 375 | + 519.8 | + 15 | - 3647.10 | + 35.55 | + 19961 | - 11.6 | - 8.0  | + 51.5 | + 40.5 | + 8.4 |

运用层次分析法计算各指标对应的权重如下: 0.091, 0.091, 0.008, 0.0037, 0.0041, 0.0037, 0.1638, 0.0182, 0.0681, 0.204, 0.2959 规范化后的矩阵

|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5948 | 0.7500 |
| 0.0000 | 0.2308 | 0.1235 | 0.5000 | 0.3133 | 0.2303 | 0.5220 | 0.9041 | 0.4590 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.7141 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.7062 | 1.0000 | 1.0000 |

关联系数系数矩阵:

|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.0000 | 0.3333 | 0.3333 | 1.0000 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 | 0.5524 | 0.6667 |
| 0.3333 | 0.3939 | 0.3633 | 0.5000 | 0.4213 | 0.3938 | 0.5113 | 0.8391 | 0.4803 | 1.0000 | 0.3333 | 0.3333 |
| 0.6352 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3333 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.6299 | 1.0000 | 1.0000 |

评价结果矩阵即关联度计算:

$$r_{(1)} = 0.5463$$

$$r_{(2)} = 0.4406$$

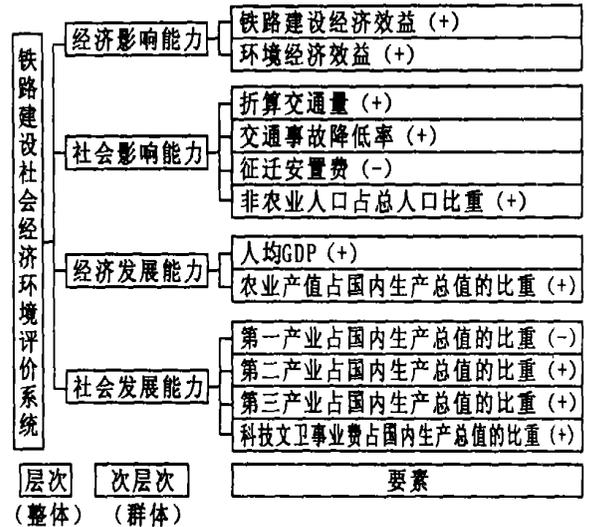
$$r_{(3)} = 0.9588$$

其中  $r_1, r_2, r_3$  分别表示的是宣城地区、湖州地区以及杭州地区的评价指标与最优指标的关联度, 其关系为  $r_1 < r_2 < r_3$ 。根据评价结果可得出结论: 改建铁路宣杭线增建第二线工程的修建将会对杭州地区的社会经济环境产生较大优势

#### 参考文献:

[1] 刘剑峰 公路建设项目社会经济环境影响评价的研究[J]. 重庆交通学报, 2004, 23(2): 85- 89  
 [2] 刘虹, 吴小萍, 高清平 铁路建设项目环境影响的模糊综合评价[J]. 华东交通大学学报, 2003, 20(5): 49- 51  
 [3] 蔡晓蕾 京九铁路对沿线地区社会经济发展影响的综合评价[J]. 交通科技与经济, 2004, (3): 57- 59  
 [4] 邓聚龙 灰色系统社会经济[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985  
 [5] 许树柏 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988

宣杭线位于安徽省南部和浙江省北部, 起于安徽省的宣城市, 途经安徽省的郎溪县、广德县、浙江省的湖州市、德清县至杭州市。为了分析该工程对沿线社会经济的影响程度, 本文选取了宣城地区、湖州地区、杭州地区进行分析研究。在分析各区域相关资料的基础上, 建立了如下所示的评价指标体系:



注: 指标后面的 (+)、(-) 指的是指标的极性。

(+) 表示该指标为效益型指标; (-) 表示该指标为成本型指标。

图 1 铁路建设项目社会经济环境影响评价指标体系

将各指标量化后, 形成如下所示的决策矩阵, 即样本的原始矩阵。

#### 5 结论

铁路建设项目对社会经济环境有着显著影响。本文为铁路建设项目社会经济环境影响评价提供了一种科学合理、简单易行的方法。本文建立的评价模型, 也适用于线路的可行性研究阶段, 并能方案的决策提供信息, 有助于实现铁路与经济的协调可持续发展。