

# 高速公路方案论证阶段综合评价指标体系的确定

孙立山<sup>1</sup>, 任福田<sup>1</sup>, 杨春风<sup>2</sup>

(1. 北京工业大学 交通工程北京市重点实验室, 北京 100022; 2. 河北工业大学 土木工程学院, 天津 300132)

**摘要:** 围绕我国高速公路工程可行性研究中的多方案优选工作, 在分析高速公路建设方案各项影响因素的基础上, 采用目标分解法构建了切实可行的综合评价指标体系模型. 为了避免九标度层次分析法(AHP)矩阵指标权重的模糊性, 引入改进的层次分析法——三标度法来确定综合评价指标的权重, 为高速公路的方案优选提供了科学的依据.

**关键词:** 可行性研究; 层次分析法; 综合评价; 方案优选

**中图分类号:** U 412.36<sup>+</sup>

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0254-0037(2006)07-0596-04

随着我国交通事业的快速发展以及“7918”国家高速公路网规划方案的实施, 高速公路规划设计方案的优选对合理利用高速公路建设投资、促进交通与社会经济的协调具有现实意义. 高速公路的方案评价具有多层次、涉及面广和单一评价指标较多的特点, 通过常规手段和方法很难得到科学的评价结果. 因此, 提出一套系统、客观的高速公路方案综合评价指标体系并科学地确定各项指标的权重十分必要.

## 1 综合评价指标体系的建立

高速公路综合评价指标体系应由不同属性的指标集构成, 是按隶属度关系、层次原则有序地结合. 高速公路建设项目实施的效果和影响可以概括为社会、经济、环境和建设条件 4 个方面, 其中每个方面又分解为一些具体的评价对象<sup>[1]</sup>.

现阶段综合评价指标体系的研究方法可分为调查研究法、目标分解法、多元统计法等. 本文采用目标分解法, 遵循系统性、科学性和实用性相结合的原则, 对高速公路建设项目经济、社会、环境影响和建设条件评价指标逐一进行分析和筛选<sup>[2-4]</sup>, 构建了高速公路方案综合评价指标体系, 如图 1 所示.

经济发展评价包括在增加就业、节约能源、促进旅游业发展、促进对外交流、与重要城镇距离等方面的影响.

国民经济评价包括通过“有无比较法”得到的效益费用比 (BCR)、经济净现值 (ENPV)、经济内部收益率 (EIRR)、投资回收期 (N).

财务评价包括财务净现值 (FNPV)、财务内部收益率 (FIRR)、投资回收期 (N)、投资利润率、投资利税率、资本金利润率;

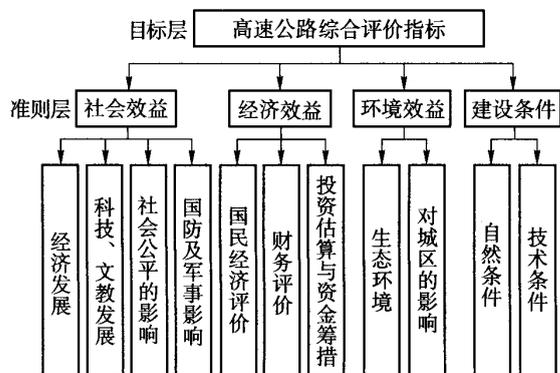


图 1 高速公路工程可行性研究阶段综合评价指标体系

Fig.1 Comprehensive evaluation indicator system of the highway items

收稿日期: 2005-05-09.

作者简介: 孙立山(1980-), 男, 河北唐山人, 博士生.

生态环境评价包括对大气、河流、土地以及生物的影响；

自然条件评价包括地理条件(地形、地貌、地质)、气候、工程用料、运输条件等；

技术条件评价包括远景年的预测交通量、建设规模、拆迁量、沿线村镇、重大建筑物及农林布局对工程的影响程度、与现有旧路的关系、桥梁结构形式、数量及实施难度、项目建成后对路网的影响。

必须指出的是,该综合评价指标体系涵盖了高速公路方案优选中可能的各项比选指标,实际方案论证中应根据项目的具体特点进行指标的筛选。

## 2 三标度层次分析法确定指标权重

传统的层次分析法采用九标度法将人的判断量化,建立判断矩阵,进而求解权重。该方法在很大程度上依赖于人们的经验,主观因素的影响很大,无法排除决策者个人可能存在的片面性,从心理学角度来看,九个标度的分级超越了人们的判断能力,既增加了判断的难度,又容易因此而提供不真实的数据。针对传统层次分析法存在的上述不足,采用三标度层次分析法确定综合评价指标体系中的指标权重<sup>[4-6]</sup>。

根据综合评价指标体系中的递阶层次结构,由每位专家构造两两比较判断矩阵。由此得出的矩阵称为三标度矩阵,它表示了各因素之间相对于上层某一因素的重要性。

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \cdots & C_{nn} \end{bmatrix}$$

其中

$$C_{ij} = \begin{cases} 2 & \text{第 } i \text{ 个元素比第 } j \text{ 个元素重要} \\ 1 & \text{第 } i \text{ 个元素与第 } j \text{ 个元素同等重要} \\ 0 & \text{第 } i \text{ 个元素不如第 } j \text{ 个元素重要} \end{cases}$$

三标度比较矩阵并不能准确地反映各因素在某准则下的相对重要程度,因此,必须将其转换成具有层次分析法特点和性质的判断矩阵,即 AHP 间接判断矩阵。

计算各因素的排序指数

$$r_i = \sum_{j=1}^n C_{ij} \quad i=1,2,\dots,n$$

找出最大排序指数  $r_{\max}$  和最小排序指数  $r_{\min}$

$$r_{\max} = \max_{1 \leq i \leq n} \{r_i\}, \quad r_{\min} = \min_{1 \leq i \leq n} \{r_i\}$$

以  $C_{\max}$ 、 $C_{\min}$  分别表示与  $r_{\max}$ 、 $r_{\min}$  对应的因素,当选取  $C_{\max}$ 、 $C_{\min}$  作为基点比较因素,并按九标度数值给出这个基点的相对重要程度  $D_m$  后,反映各因素间相对重要程度的 AHP 间接判断矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nn} \end{bmatrix}$$

其中

$$d_{ij} = \begin{cases} \frac{r_i - r_j}{r_{\max} - r_{\min}} (d_m - 1) + 1 & r_i - r_j \geq 0 \\ \left( \frac{r_j - r_i}{r_{\max} - r_{\min}} (d_m - 1) + 1 \right)^{-1} & r_i - r_j < 0 \end{cases}$$

由 AHP 原理知,求解出间接判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$  及对应的特征向量  $\omega$ ,将其归一化后即为其层的有关因素相对于上层相关因素的权重值。

此处采用特征根法计算权重,取特征向量

$$\omega_i = \left| \prod_{j=1}^m a_{ij} \right|^{\frac{1}{m}} / \left( \sum_{i=1}^m \left| \prod_{j=1}^m a_{ij} \right|^{\frac{1}{m}} \right)$$

最大特征根

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^m \left[ \left( \sum_{j=1}^m a_{ij} \omega_j \right) / m \omega_i \right]$$

一致性指标,  $C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ , 一致性比例  $C.R. = (C.I.) / (R.I.)$ . 上述排序计算称为层次单排序, 在指标体系具有 2 个以上层次时, 可以考虑采用层次多排序.

在通过一致性指标和一致性比例等指标检验判断矩阵的一致性之后, (当一致性比例  $C.R. < 0.1$  时, 则认为判断矩阵符合一致性要求) 即可得到准则层中各项指标相对目标层的权重.

### 3 应用实例

结合蓟(县)一塘(沽)高速公路工程可行性研究阶段各备选方案的具体情况, 对综合评价指标体系进行有针对性的修正和筛选, 确定了蓟一塘高速公路工程可行性研究阶段方案优选所需的 7 项指标: 社会效益  $G_1$ 、ENPV  $G_2$ 、EIRR  $G_3$ 、FNPV  $G_4$ 、FIRR  $G_5$ 、建设条件  $G_6$ 、环境效益  $G_7$ , 其中  $G_1$ 、 $G_6$ 、 $G_7$  均为定性指标. 针对  $G_1 \sim G_7$  构建的三标度比较矩阵为

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

由该比较矩阵得  $RI_{1-7} = (8, 10, 10, 5, 5, 3, 8)$ , 因此, 相应的基点参数取值为:  $R_{\max} = RI_2 = 10$ ,  $R_{\min} = RI_6 = 3$ ,  $D_m(G_2, G_6) = 5$ . 求出 AHP 间接判断矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 7/15 & 7/15 & 19/7 & 19/7 & 27/7 & 1 \\ 15/7 & 1 & 1 & 27/7 & 27/7 & 5 & 15/7 \\ 15/7 & 1 & 1 & 27/7 & 27/7 & 5 & 15/7 \\ 7/19 & 7/27 & 7/27 & 1 & 1 & 15/7 & 7/19 \\ 7/19 & 7/27 & 7/27 & 1 & 1 & 15/7 & 7/19 \\ 7/27 & 1/5 & 1/5 & 7/15 & 7/15 & 1 & 7/27 \\ 1 & 7/15 & 7/15 & 19/7 & 19/7 & 27/7 & 1 \end{bmatrix}$$

因此, 得到一致性检验的相关参数  $\lambda_{\max} = 7.83$ ,  $C.I. = 7.083$ ,  $R.I. = 0.014$ ,  $C.R. = 1.3495$ ,  $C.R. = 0.0104 < 0.1$ , 认为判断矩阵符合一致性的要求. 蓟一塘高速公路方案优选中 7 项指标合理的权重为:  $G_1 = 0.149$ ,  $G_2 = 0.265$ ,  $G_3 = 0.265$ ,  $G_4 = 0.066$ ,  $G_5 = 0.066$ ,  $G_6 = 0.04$ ,  $G_7 = 0.149$ .

### 4 结束语

结合高速公路工程项目的特点, 建立了高速公路建设方案的综合评价指标体系, 对高速公路方案优选工作具有指导意义. 应用三标度层次分析法进行指标权重的确定, 简化矩阵的给出和求解过程, 避免了采用九标度 AHP 法矩阵指标权重的模糊性. 最后通过实例计算验证了评价体系的有效性和适用性.

#### 参考文献:

- [1] 陈述云, 张崇甫. 多指标综合评价方法及其优化选择方法[J]. 数理统计与管理, 1994, (3): 19-20.

- CHEN Shu-yun, ZHANG Chong-pu. On methodology of multi-indicator composite evaluation[J]. Application of Statistics and Management, 1994, (3): 19-20. (in Chinese)
- [2] 奚宽武, 陈尚和, 覃增雄, 等. 京沪高速公路沧州段对沿线区域社会经济影响[J]. 北京工业大学学报, 2004, 30(1): 93-96.
- XI Kuan-wu, CHEN Shang-he, QIN Zeng-xiong, et al. Impacts of beijing-shanghai expressway on the social and economic development of the areas along cangzhou section[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2004, 30(1): 93-96. (in Chinese)
- [3] 要瑞璞, 沈惠璋, 刘铎. 多层次系统的综合评价方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(4): 656-658.
- YAO Rui-pu, SHEN Hui-zhang, LIU Duo. Study on the synthetic evaluation method for the multilevel system[J]. Systems Engineering and Electronics, 2005, 27(4): 656-658. (in Chinese)
- [4] 张生瑞, 周伟. 高速公路建设项目的神经网络综合评价方法研究[J]. 中国公路学报, 2001, 14(4): 91-95.
- ZHANG Sheng-ru, ZHOU Wei. Research on the comprehensive evaluation method of highway construction by neural network[J]. China Journal of Highway and Transport, 2001, 14(4): 91-95. (in Chinese)
- [5] 杨日辉, 王首绪. 基于新 AHP 法的公路路网后评价中环境影响的模糊综合评价[J]. 重庆交通学院学报, 2006, 25(2): 93-95.
- YANG Ri-hui, WANG Shou-xu. A new AHP method for environmental influence's fuzzy comprehensive evaluation of post evaluation of highway net[J]. Journal of ChongQing Jiaotong University, 2006, 25(2): 93-95. (in Chinese)
- [6] 张灵莹. 定性指标评价的定量化研究[J]. 系统工程理论与实践, 1998, (7): 98-101.
- ZHANG Ling-ying. A fuzzy evaluation method for subjective index appraisal[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 1998, (7): 98-101. (in Chinese)
- [7] 刘英平, 高新陵, 沈祖诒. 基于改进层次分析法的绿色产品评价方法研究[J]. 机械设计与研究, 2005, 21(4): 9-12.
- LIU Ying-ping, GAO Xin-ling, SHEN Zu-yi. Study on evaluation method of green product based on modified analytic hierarchy process[J]. Machine Design and Research, 2005, 21(4): 9-12. (in Chinese)

## Study on the Indicator Weight and System on Feasibility of Expressway Construction Item

SUN Li-shan<sup>1</sup>, REN Fu-tian<sup>1</sup>, YANG Chun-feng<sup>2</sup>

(1. Beijing University of Technology Key Laboratory of Traffic Engineering, Beijing 100022, China;

2. Department of Civil Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300132, China)

**Abstract:** Centering on the best choice among various solutions to the feasibility study of freeway projects in China, this paper, on the basis of analysing the effects of the construction solutions of freeways, has established a practical model of comprehensive evaluating system by adopting the method of goal decomposition. In order to avoid fuzziness of indication weight of construction matrix by adopting the method of AHP, an improved method of three-mark AHP is introduced in this paper. The widely used arithmetic introduced will surely make the decision-making in the feasibility study of the freeway more criteria and more scientific. The widely used arithmetic introduced will surely make the decision-making in the feasibility study of the freeway more criteria and more scientific.

**Key words:** feasible study; analytic hierarchy process; comprehensive evaluation; program optimization