

文章编号:1671-8879(2006)04-0083-04

# 模糊综合评判在公路客运 线路规划评价中的应用

任 军<sup>1</sup>, 李 建<sup>2</sup>

(1. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 2. 南京农业大学 工学院, 江苏 南京 210031)

**摘 要:**针对公路客运线路规划方案影响因素多和评价指标难以完全量化的特点,提出运用层次分析和模糊综合评判相结合的方法,对基于不同规划思路提出的公路客运线路规划方案进行评价。建立了相应的评价指标体系,并运用层次分析法确定了各项指标权重,运用模糊综合评判法计算出各规划方案评判值,从而依据分值大小确定规划的推荐方案。最后通过实例验证了该方法的实用可行性和科学有效性。

**关键词:**交通工程; 线路规划; 公路客运; 模糊综合评判; 层次分析法

**中图分类号:**U491.13

**文献标识码:**A

## Application of fuzzy comprehensive evaluation in route planning of highway passenger transportation

REN Jun<sup>1</sup>, LI Jian<sup>2</sup>

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. School of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, Jiangsu, China)

**Abstract:** The influence factors are various for the route planning of highway passenger transportation, and the plan evaluation index is difficult to be valued. A method to evaluate all kinds of the route planning is proposed through the AHP and the fuzzy comprehensive evaluation, and a system of evaluation target is set up. The weighting coefficient of every target is determined by AHP, the values of every planning can be presented by using fuzzy comprehensive evaluation to define recommend's plan in accordance with order of the values. A case analysis result shows that this method is scientific and useful. 1 tab, 1 fig, 7 refs.

**Key words:** traffic engineering; route planning; highway passenger transportation; fuzzy comprehensive evaluation; AHP

## 0 引 言

公路客运线路规划方案的评价是涉及众多因素的复杂问题<sup>[1]</sup>。在这些因素中有些因素是可以量化

的,有些因素则难以量化<sup>[2]</sup>,而且各种影响因素对方案优劣的影响程度是不同的<sup>[3]</sup>。由于这种复杂性,使得在实际工作中人们往往凭经验来判断公路客运线路规划的是否合理,因而缺少科学性,易造成判断

收稿日期:2005-05-31

基金项目:西安市交通科技项目(Z03-02013)

作者简介:任 军(1965-),男,陕西西安人,讲师,硕士研究生。



上的失误。本文提出采用层次分析法和模糊综合评判法对备选规划方案进行评价。首先确定能反映备选规划方案特点的评价指标体系,并分析各指标在评价方案中的权重大小,然后运用模糊综合评判方法,计算出不同规划方案的最终评判值,并根据综合评判值的高低选最优推荐方案。

## 1 评价指标体系

按照系统性、科学性、可比性和实用性的原则<sup>[4]</sup>,本文选择了两个层次的指标(基本指标和评议指标)构成其评价指标体系。基本指标是主要指标,且可以量化;评议指标难以量化,具有辅助作用。由于规划方案的一些特征有时难以量化,用评议指标作辅助评价,能更全面反映方案的优劣<sup>[5-6]</sup>。

### 1.1 基本指标

#### 1.1.1 客运班线与经济发展的适应性

经济的发展程度直接影响到人们的出行次数,由于各区域经济发展程度不同,人们出行频率和出行的行为特征就有所不同,客运班线的数目也存在差异。用式(1)来反映这一指标,即单位产值对应的客运班线条数。

$$D_e = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \frac{N_i}{E_i}} \quad (1)$$

式中: $D_e$ 为客运班线与经济发展的适应度(条/万元); $n$ 为规划区域内经济指标超过某一规定值的节点数; $N_i$ 为第 $i$ 节点规划的班线数; $E_i$ 为第 $i$ 个节点的经济指标。

#### 1.1.2 客运班线与人口分布的适应性

人口的数量与分布也会影响到客运班线布局规划,班线数常与人口数量和人口空间分布的离散度成正比。用客运班线与人口分布的适应性来反映这个特征

$$D_p = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m \frac{K_i}{(PS)_i}} \quad (2)$$

式中: $D_p$ 为客运班线与人口分布的适应性(条/(人·m<sup>2</sup>)); $m$ 为规划区域内人口超过某一规定值的节点数; $K_i$ 为第 $i$ 节点的班线数; $(PS)_i$ 为第 $i$ 个节点的人口数量与面积的乘积。

#### 1.1.3 客运班线的覆盖率

公路客运与其他运输方式相比最大的优势之一就是门到门的直达运输,客运班线覆盖率能反映这一特征。即客运班线的覆盖率越高,客运的通达性就越好,其表达式为

$$F = \frac{M}{Z} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $F$ 为客运班线覆盖率; $M$ 为客运线路覆盖的节点数; $Z$ 为区域内运输网上的节点总数。

#### 1.1.4 客运班线与其他运输方式衔接的紧密度

为了方便换乘,客运班线与其他运输方式应有换乘的衔接点<sup>[7]</sup>。反映客运班线与各种运输方式衔接的紧密度公式为

$$d = \frac{w}{S} \quad (4)$$

式中: $d$ 为客运班线与各种运输方式衔接的紧密度(个/km<sup>2</sup>); $w$ 为规划区域内客运班线与各种运输方式换乘的站点数; $S$ 为规划区域的面积。

#### 1.1.5 客运线路品质指标

客运线路品质指标是用客运线路中高等级公路的比例来表示,线路中公路等级决定着客运服务水平提高的空间。公路等级越高,将来发展快速客运和更新车辆才有可能。其值是用客运班线中高等级公路总长度与线路总长度之比表示。

$$k = \frac{L_k}{L} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $k$ 为客运线路品质; $L_k$ 为客运班线中高等级公路的长度; $L$ 为客运班线总长度。

### 1.2 评议指标

基本指标反映了规划方案的主要特征,但各规划方案中有些细节或难以量化的特征并没有反映出来,诸如运输车辆在城区进站问题和在城区内线路走向问题以及沿途补客点设置合理性等。本文采用定性分析方法对此作进一步的补充和完善。评议指标及其评分可由资深专家组确定。

(1)客车进站是否合理,即班线方向和车站方位是否一致。

(2)客车进出城区线路规划是否合理,是否有利于缓解城市主干道交通压力,是否方便居民快速出行等。

(3)沿途补客站点设置的合理性,是否有利于运输企业组织客源,方便居民乘车。

(4)规划方案实施操作的方便可行性。

由于评议指标在整个指标体系中所占的比例不大,故可采用分项打分法求其平均值来确定。设 $a_i$

为各项指标的得分,平均值 $s = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 a_i$ 。

## 2 权重的分配

本文采用层次分析法(AHP)确定各指标的权



重。文中基本指标和评议指标的权重之和为 1,其中基本指标占主要比重(如基本指标为 0.8,评议指标 0.2,亦可由专家讨论决定),层次如图 1 所示。

基本指标的两两判断矩阵和单准则排序见表 1。

则层次总排序:由  $W_A = W_B W_C$ ,计算各评价指标的权重向量为

$$A = (W_{C_1}, W_{C_2}, W_{C_3}, W_{C_4}, W_{C_5}) = W_{A-B} W_{B-C} =$$
$$(0.333, 0.667) \begin{bmatrix} 0.648 & 0.230 & 0 & 0 & 0.122 \\ 0 & 0 & 0.332 & 0.528 & 0.140 \end{bmatrix} =$$
$$(0.216 \quad 0.077 \quad 0.221 \quad 0.352 \quad 0.134)$$

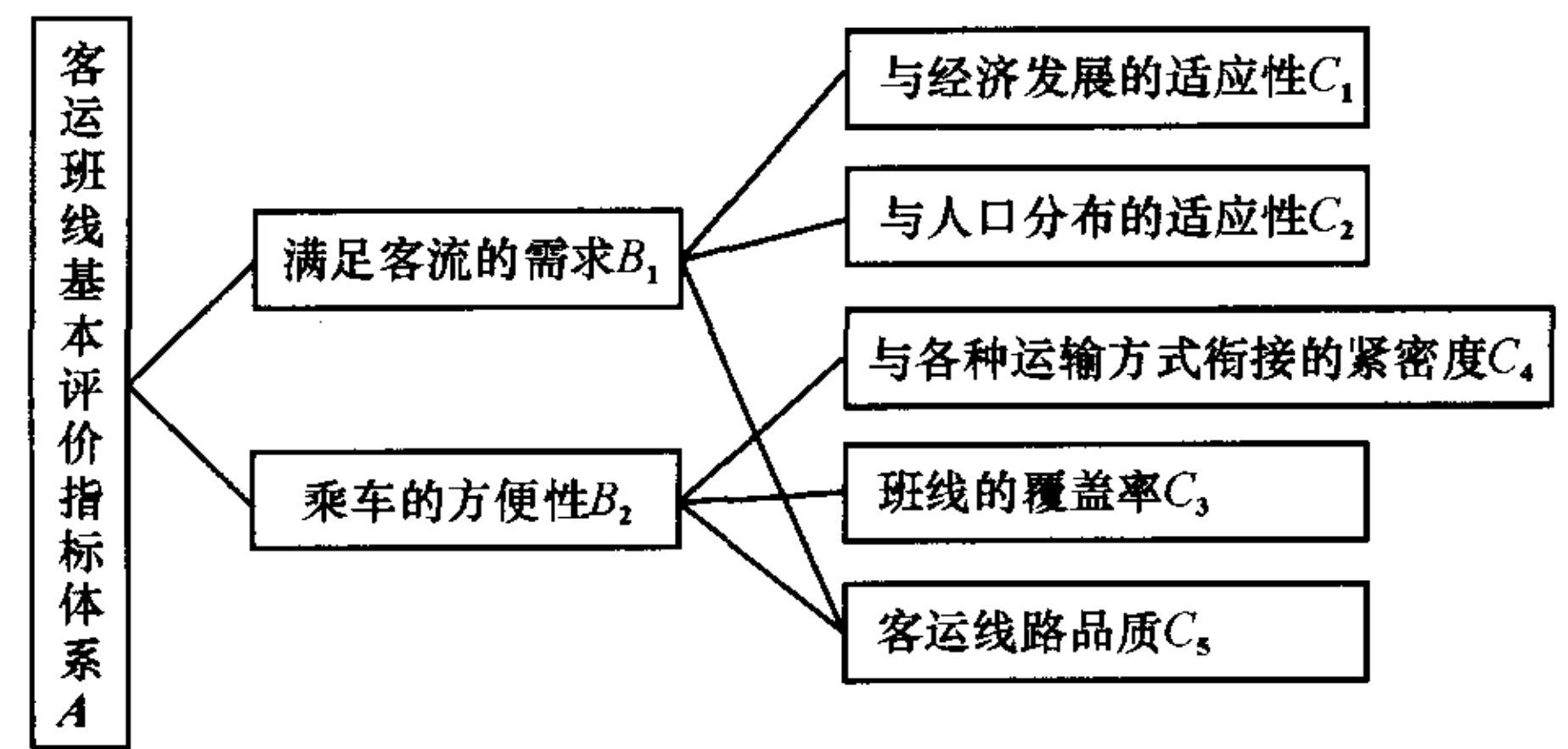


图 1 客运班线方案评价基本评价指标层次图

表 1 基本指标的权重分析

计算内容	$A(B_1, B_2)$	$B_1(C_1, C_2, C_5)$	$B_2(C_3, C_4, C_5)$
判断矩阵 $W = (a_{ij})_{n \times n}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3 \\ 2 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$
$W$ 各行元素的几何平均值 $\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$	$\begin{bmatrix} 0.707 \\ 1.414 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2.466 \\ 0.874 \\ 0.464 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.145 \\ 1.817 \\ 0.481 \end{bmatrix}$
$\bar{w}_i$ 归一化 $\bar{w}_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{w}_j}$	$\begin{bmatrix} 0.333 \\ 0.667 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.648 \\ 0.230 \\ 0.122 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.332 \\ 0.528 \\ 0.140 \end{bmatrix}$
$W$ 的最大特征值 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(W\bar{w})_i}{n\bar{w}_i}$	2.001	3.005	3.054
一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$	0.001	0.002 5	0.027
相对一致性指标	0	$0.043 < 0.1$	$0.047 < 0.1$

3 模糊综合评判

3.1 确定评判因素集

$U = \{u_1, u_2, \cdots, u_i, \cdots, u_n\}$ , 本文  $i = 1 \sim 5$ 。即  $U = \{u_1$ (与经济发展的适应性),  $u_2$ (与人口分布的适应性),  $u_3$ (与各种运输方式衔接的紧密度),  $u_4$ (客

运班线的覆盖率),  $u_5$ (客运线路的品质)  $\}$ , 其中元素  $u_i$  表示对规划方案的评判因素<sup>[4]</sup>。

3.2 确定评判方案集

$V = (v_1, v_2, \cdots, v_j, \cdots, v_m)$ , 元素  $v_j$  表示参选的方案。本文  $j = 1 \sim 3$ 。

3.3 建立多因素评判矩阵

由评判因素与评判方案的对应关系, 建立  $U$  对应  $V$  的模糊映射(函数):  $U \rightarrow F(V)$  即:  $u_i \rightarrow r_{i1}/y_1 + r_{i2}/y_2 + \cdots + r_{ij}/y_j + \cdots r_{im}/y_m$ 。

据此可以确定模糊关系的各因素评判矩阵  $R$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} & \cdots & r_{im} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nj} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_i \\ \vdots \\ u_n \end{matrix} \quad (6)$$
$$v_1 \quad v_2 \quad \cdots \quad v_j \quad \cdots \quad v_m$$

元素  $r_{ij}$  表示评判因素  $u_i$  对规划方案  $v_j$  的隶属度, 其值按模糊数学理论建立的关系式计算, 并满足下列条件

$$0 \leq r_{ij} \leq 1, \quad \sum_{j=1}^m r_{ij} = 1$$
$$i = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, m$$

3.4 权重向量

设权重矩阵  $A = (a_1, a_2, \cdots, a_i, \cdots, a_n)$ , 元素  $a_i$  表示评判因素  $u_i$  对参与评判的各规划方案所起的限定程度的权重值, 并要求  $\sum_{j=1}^m a_i = 1$ ; 权重值由前述的层次分析法确定。

3.5 运算规则

根据模糊数学关系方程  $A \circ R = B$ , 可以求得各方案的综合评判矩阵  $B$

$$B = (a_1, a_2, \cdots, a_n) \circ \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \cdots, b_m) \quad (7)$$

3.6 最终方案的确定

选出综合评判值最高的规划方案, 在此方案基础上适当参考其他方案的优势, 形成最终的规划推荐方案。

4 实例分析

采用上述分析方法对某市公路客运线路近期规划的 3 个方案  $v_1, v_2, v_3$  分别进行评价。



#### 4.1 计算基本指标的评判矩阵

确定基本指标中同一评判因素相对 3 个评判方案的指标值,并归一化处理得如下综合评判矩阵

$$R = \begin{bmatrix} 0.320 & 0.360 & 0.320 \\ 0.300 & 0.300 & 0.400 \\ 0.375 & 0.333 & 0.292 \\ 0.370 & 0.330 & 0.300 \\ 0.305 & 0.350 & 0.345 \end{bmatrix} \quad (8)$$

权重矩阵:  $A = (0.216, 0.077, 0.221, 0.352, 0.134)$

计算得:  $B = A \cdot R = (0.346, 0.338, 0.378)$ ;再进行归一化处理得  $(0.326, 0.318, 0.356)$ 。

#### 4.2 计算评议指标得分

通过专家组对 3 个备选方案逐项打分并求平均值  $(8.4, 7.8, 9.0)$ , 归一化处理得  $(0.33, 0.31, 0.36)$ 。

#### 4.3 计算评判值

基本指标和评议指标组成的向量矩阵为  $(0.8, 0.2)$ ;最终评判值为

$$(0.8, 0.2) \begin{bmatrix} 0.326 & 0.318 & 0.356 \\ 0.330 & 0.310 & 0.360 \end{bmatrix} = (0.327, 0.316, 0.357)$$

故  $v_3(0.357)$  方案相对最优,  $v_1$  方案次之。

### 5 结 语

本文采用层次分析法确定公路客运线路规划方案评价指标体系中各指标的权重,运用模糊综合评判法计算各规划方案的综合得分,并依据得分高低选择规划推荐方案,从而最大程度地减少了方案判断的主观臆断性,最终为决策者提供了可靠的评判依据。通过对某城市客运线路规划方案评价的实例验证,表明该方法是一种科学有效的评价方法。

#### 参考文献:

#### References:

[1] 胡大伟,宣登殿.公路快速客运网络系统规划方法[J].

长安大学学报:自然科学版,2004,24(2):83-86.

HU Da-wei, XUAN Deng-dian. Planning method of highway express traveler network system[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(2): 83-86.

[2] 马荣国,刘洪营,梁国华.城市客运交通结构评价指标[J].交通运输工程学报,2004,4(1):87-91.

MA Rong-guo, LIU Hong-ying, LIANG Guo-hua. Evaluation indices on urban passenger transportation structure[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(1): 87-91.

[3] 胡大伟,王金妹.公路运输枢纽站规划方案评价方法[J].长安大学学报:自然科学版,2004,24(5):90-93.

HU Da-wei, WANG Jin-mei. Evaluating method of highway transportation hubs' planning[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(5): 90-93.

[4] 肖盛燮.模糊数学与工程应用[M].成都:成都科技大学出版社,1993.

XIAO Sheng-xie. Fuzzy mathematics and engineering application[M]. Chengdu: Chengdu Science and Technology University Press, 1993.

[5] 李德刚,霍娅敏,罗霞.公路主枢纽总体布局规划后评价研究[J].中国公路学报,2005,18(2):84-89.

LI De-gang, HUO Ya-min, LUO Xia. Research on post-evaluation of highway main hub general planning[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(2): 84-89.

[6] 陆建,王炜.城市道路网规划指标体系[J].交通运输工程学报,2004,4(4):62-67.

LU Jian, WANG Wei. Planning indices system of urban road network[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(4): 62-67.

[7] 陈峻,王炜,黄艳君.城市客运场站交通影响分析及设计[J].中国公路学报,2004,17(2):78-81.

CHEN Jun, WANG Wei, HUANG Yan-jun. Traffic impact analysis and design for urban passenger stations[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(2): 78-81.