

文章编号: 0451-0712(2006)06-0177-03

中图分类号: U418.2

文献标识码: A

# 高速公路路面养护管理排序的一种方法

喻翔<sup>1</sup>, 毛敏<sup>2</sup>

(1. 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院 成都市 610041; 2. 西南交通大学经济管理学院 成都市 610031)

**摘要:** 提出了高速公路路面养护管理的问题, 在多目标决策问题研究的基础上, 将“加权偏差平方和最小”的群排序方法应用于高速公路路面养护管理的排序问题, 并以四川省高速公路的实例进行了案例分析, 其目标是为高速公路主管部门和养护部门提供科学有效的决策支持。

**关键词:** 高速公路; 路面; 养护管理; 排序

## 1 问题的提出

随着高速公路建设的快速发展, 高速公路的养护管理问题也显得越发重要。其中路面工程是高速公路工程最主要的部分, 其质量直接影响路面使用性能。高速公路路面养护质量指数(EPQI)在高速公路养护质量指数(EMQI)中所占的权重高达 0.65, 同时公路养护资金约 50% 用于路面养护。因此路面养护管理是高速公路养护管理中最重要的一项工作。

按照决策问题的分类标准, 高速公路路面养护管理的决策问题属于多目标决策问题。多目标决策问题是根据多个目标准则来确定决策方案优劣的过程, 往往这些目标之间是不太协调甚至是矛盾的。

具体而言, 我们一方面希望通过各种养护措施使路面使用性能达到最优, 满足道路使用者的要求; 另一方面又希望在保证路面使用性能达到一定要求的条件下, 路面养护费用最小。

因此, 在路面养护管理工作受到资金条件的限制, 不可能满足所有养护需求的情况下, 就需要决策者按照一定标准对各线路的养护迫切性和重要度进行排序。

## 2 多目标决策问题的群排序方法

对于一个多目标决策问题, 有  $s$  个决策者根据某种决策方法进行排序决策, 结果是第  $k$  个决策者  $D_k$  给出了  $m$  个方案的优先顺序集合  $r_k = (r_{k1}, r_{k2}, \dots, r_{km})$ , 其中  $k=1, 2, \dots, s$ , 每个决策者对各种决策

方案的排序结果构成以下矩阵:

$$P = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \cdots & A_m \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_k \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{s1} & r_{s2} & \cdots & r_{sm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

其中:  $A_i$  表示第  $i$  个方案,  $i=1, 2, \dots, m$ ;  $r_{ki}$  ( $k=1, 2, \dots, s$ ;  $i=1, 2, \dots, m$ ) 为群排序中方案  $A_i$  的排序号。

“加权偏差平方和最小方法”的基本思想是: 若  $u_i$  为方案  $A_i$  在群排序中的最优排序值 ( $i=1, 2, \dots, m$ ), 则  $u_i$  与各决策者对  $A_i$  的排序结果的加权偏差总平方和应最小。优化模型及求解过程如下。

对于上述问题建立优化模型:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^s \omega_k (u_i - r_{ki})^2$$

其中:  $\omega_k$  为第  $k$  个决策者的权重;  $u_i$  和  $r_{ki}$  的意义同上。

令:

$$\frac{\partial Z}{\partial u_i} = 2 \sum_{k=1}^s \omega_k (u_i - r_{ki})$$

$$= 2(u_i - \sum_{k=1}^s \omega_k r_{ki}) = 0, \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$\text{则 } Z \text{ 的驻点 } u_i^* = \sum_{k=1}^s \omega_k r_{ki}, \quad i=1, 2, \dots, m$$

同时由于:



$$\frac{\partial^2 Z}{\partial u_i^2} = 2, (i=1, 2, \dots, m)$$

$$\frac{\partial^2 Z}{\partial u_i \partial u_j} = 0, (i, j=1, 2, \dots, m; \text{且 } i \neq j)$$

故  $Z$  在任意一点  $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$  处的 Hesse 矩阵为:

$$H(U) = \begin{bmatrix} 2 & & & 0 \\ & 2 & & \\ & & & 0 \\ 0 & & & 2 \end{bmatrix}_{m \times m} = \text{diag}(2, \dots, 2)$$

可以判断  $H(U)$  为一正定矩阵, 故:

$$U^* = (u_1^*, u_2^*, \dots, u_m^*)^T$$

$$= \left( \sum_{k=1}^s \omega_k r_{k1}, \sum_{k=1}^s \omega_k r_{k2}, \dots, \sum_{k=1}^s \omega_k r_{km} \right)^T$$

为  $Z$  的严格极小点。

通过以上分析计算得到问题优化模型的最优解为:

$$u_i^* = \sum_{k=1}^s \omega_k r_{ki}, \quad i=1, 2, \dots, m$$

求得最优解后, 按照  $u_i (i=1, 2, \dots, m)$  的大小对  $m$  个方案进行排序, 得到优化后的群排序结果  $r_g = (r_{g1}, r_{g2}, \dots, r_{gm})$ ,  $u_i^*$  的计算值越小, 则方案  $A_i$  的排序越靠前。

这种排序方法的实质是先由个体排序结果的加权平均确定群排序指标, 依据加权偏差平方和最小的原则进行排序。

### 3 高速公路路面养护管理排序问题

将上述排序方法应用于高速公路路面养护管理的排序问题, 各个决策方案视为路网中各条线路, 各决策者视为各种影响因素, 各线路以不同影响因素为标准的排序结果是不同的。

考虑的排序影响因素包括路面使用性能指标、交通量、路龄和道路在路网中的地位作用等 4 个方面, 其中路面使用性能指标又有 RQI、PSSI、PCI、SRI 等 4 项指标, 各项影响因素的排序规则如表 1。

各项影响因素权重集  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)$  的确定, 可以针对不同路网的具体特点, 采用工程经验结合专家调查法确定, 一般认为路面使用性能是养护排序中最主要的考虑因素, 所占的权重比例一般不小于 60%。

在实际应用中, 设  $s$  条高速公路在  $m$  项影响因

表 1 高速公路路面养护管理的排序规则

影响因素	排序权重	排序规则
路面使用性能	RQI $\omega_{11}$	按线路各路段路况均值排序, 值小者排序靠前
	PSSI $\omega_{12}$	
	PCI $\omega_{13}$	
	SRI $\omega_{14}$	
交通量/AADT	$\omega_2$	按交通量大小排序, 值大者排序靠前
路龄/年	$\omega_3$	按通车时间长短排序, 值大者排序靠前
路网中地位作用	$\omega_4$	综合考虑各种相关因素后排序

素的作用下的排序结果构成如下矩阵:

$$P = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_m \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_k \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{s1} & r_{s2} & \dots & r_{sm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

其中:  $D_k$  表示第  $k$  条线路 ( $k=1, 2, \dots, s$ );  $A_i$  表示第  $i$  项影响因素 ( $i=1, 2, \dots, m$ );  $r_{ki}$  表示按第  $i$  项因素为标准进行排序的排序号。

### 4 案例分析

选择了四川省 9 条主要高速公路进行路面养护管理工作排序的案例分析, 总计长度 1 176 km, 约占全省高速公路总里程的 70%, 如表 2 所示。

表 2 案例分析涉及的高速公路

编号	名称	里程 km	交通量 AADT	路龄 年	功能定位
1	成渝	227	18 000	9	国道主干线
2	成绵	92	16 000	6	国道主干线
3	绵广	180	5 000	2	国道主干线
4	成南	215	4 500	2	国道主干线
5	成雅	145	11 000	4	西部大通道
6	成乐	86	14 500	5	区域经济干线
7	成灌	40	14 000	4	西部大通道
8	内宜	107	6 000	5	国道主干线
9	隆纳	84	2 000	4	西部大通道

按照“加权偏差平方和最小方法”进行路面养护管理排序, 各项影响因素的权重取值采用  $\omega = (0.60, 0.15, 0.15, 0.10)$ , 路面使用性能中 RQI、PSSI、PCI、SRI 等 4 项指标的权重分别取为 0.35, 0.25, 0.35 和 0.10, 计算得到的各项影响因素及综



合排序结果如表 3 所示,表中数据表示按照某种排序规则得到的排序顺序。

表 3 各高速公路路面养护管理工作排序结果

编号		1	2	3	4	5	6	7	8	9
线路名称		成渝	成绵	绵广	成南	成雅	成乐	成灌	内宜	隆纳
路面使用性能	RQI	7	1	8	9	4	3	5	2	6
	PSSI	7	1	9	8	5	3	6	2	4
	PCI	6	1	8	9	5	3	7	2	4
	SRI	4	1	8	9	4	2	7	3	4
交通量		1	2	7	8	5	3	4	6	9
路龄		1	2	8	8	7	3	5	3	6
路网中地位		1	1	1	1	5	5	9	5	8
$u_i$		4.21	1.30	7.27	7.78	5.03	3.14	5.91	3.11	5.87
排序结果		4	1	8	9	5	3	7	2	6

5 结语

加权偏差平方和最小方法以客观定量计算为基础,可以在很大程度上避免决策的主观性,同时对每种决策影响因素赋予不同的权重,得到的是考虑了各决策因素的综合排序结果。排序结果可以较为全

面综合地反映路面养护的迫切性和重要程度,能够为各级高速公路主管部门和养护部门提供有效的决策支持。

参考文献:

[1] 喻翔. 高速公路路面养护管理系统决策优化的研究[D]. 西南交通大学博士学位论文,2005,5.

[2] 潘玉利. 路面管理系统原理[M]. 北京:人民交通出版社,1998.

[3] Cook W D, Lytton R L. Recent Developments and Potential Future Direction in Ranking and Optimization for Pavement Management [A]. Proc. 2nd North American Conference on Managing Pavements [C], Toronto, Ontario, Canada, Nov. 2 1987.

[4] 陈华友. 多目标决策问题的广义折衷解研究[J]. 运筹与管理,2002,11(6).

[5] 宋光兴,邹平. 多属性决策的群排序方法研究[J]. 运筹与管理,2002,11(3).

[6] 四川省交通厅,2020 年四川省高速公路网布局及建设规划[R]. 2003.

A Method of Ranking of Pavement Maintenance Management for Expressway

YU Xiang<sup>1</sup>, MAO Min<sup>2</sup>

(1. Highway Planning, Survey, Design And Research Institute, Department of Communications of Sichuan Province, Chengdu 610041, China;  
2. Economics & Management College, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** In this paper, the problems of pavement maintenance management for expressway are put forward. On the basis of the research on multi-object decision-making problems, the method of minimizing the weighted sum of deviation square that is a kind of group ranking method is applied in the ranking of pavement maintenance management for expressway. And the present situation of pavement maintenance management in Sichuan Province is studied as a case in order to support expressway management and maintenance department to make scientific and effective decision.

**Key words:** expressway; pavement; maintenance management; ranking