

文章编号: 1002-0268 (2008) 08-0042-05

高等级公路沿线设施养护质量评价方法研究

谢君平¹, 陆 键¹, 项乔君¹, 戈权民²

(1. 东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096; 2. 江苏省交通厅 公路局, 江苏 南京 210004)

摘要: 在充分借鉴现有规范的基础上, 重新确立了评价对象的组成, 建立了高等级公路沿线设施养护状况指数 (TCI) 的计算模型结构, 并且利用层次分析法的优化算法计算得到了模型结构中各评价对象的相对权重值。定义了评价对象的缺损, 并且制定了确定沿线设施单处缺损扣分值的工作流程, 给出了各评价对象的单处缺损扣分值。将研究成果应用于江苏省高等级公路沿线设施的养护质量评价中, 结果表明, 利用本评价方法得到沿线设施综合评分值与专家主观评分值线性回归判定系数 R^2 达到 0.95 以上; 与现有规范得分相比, 分值分布较均匀。

关键词: 道路工程; 高等级公路; 层次分析法; 养护质量评价; 设施养护质量指数

中图分类号: U418.7

文献标识码: A

Research on Method of Traffic-facility Maintenance Quality Evaluation for High-Level Roads

XIE Jun-ping¹, LU Jian¹, XIANG Qiao-jun¹, GE Quan-min²

(1. School of Transportation, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China;

2. Jiangsu Provincial Highway Bureau, Nanjing Jiangsu 210004, China)

Abstract: The evaluating objects were re-determined and a modeling structure for calculating Traffic-facility Condition Index (TCI) for high-level roads was constructed based on the existing standards. Furthermore, the weights for each evaluating object in the modeling structure were calculated using one of optimum Analytic Hierarchy Process. The evaluation measures for damaged objects were defined and the process of determining the deduction value for each damage were worked out. Based on the applications in Jiangsu Province, the result shows that (1) the coefficients of linear regression determination (R^2 value) are larger than 0.95, which shows strong correlation between the overall evaluation scores calculated by the models and the subjective evaluation scores from the experts; (2) the evaluation scores distributes more evenly compared with the ones calculated using the existing standard.

Key words: road engineering; high-level road; analytic hierarchy process (AHP); maintenance quality evaluation; traffic-facility condition index (TCI)

0 引言

高等级公路 (高速、1 级、2 级公路) 作为公路网的主要组成部分, 承担着绝大部分的交通负荷。沿线设施作为高等级公路系统的重要组成部分, 能够保障车辆行驶的安全性和便捷性。随着我国交通事业的发展, 公路建设已逐渐由“重建设, 轻养护”转变为

建养并重, 沿线设施养护质量的评价逐步受到了重视。发达国家对公路沿线设施的养护质量评价的研究工作开展得较早, 目前相关政策、标准、手段等已经比较成熟和完善。其中具有代表性的美国早在 20 世纪 60 年代的养护管理系统 (Maintenance Management System, MMS) 中就提出了公路养护质量的概念。随着美国公路发展的重点由基础设施的设计和建设逐步

收稿日期: 2007-04-27

基金项目: 交通部、江苏省交通厅联合攻关项目 (200335332201)

作者简介: 谢君平 (1980-), 男, 江苏镇江人, 博士研究生, 从事交通运输规划研究. (jumpingshe@sina.com)

转入养护管理, 美国各州及相关机构纷纷展开适合本地区应用的公路养护质量评价理论和方法的研究, 并定期举行会议交流各自研究成果及实践经验, 以期达成共识。目前美国各地的公路沿线设施养护质量评价方法还不完全一致, 但评价方法的原理基本相同, 即把沿线设施养护质量评价分为评价对象、评价特征、评价标准和评价指标等 4 层次, 利用人工的方法对各评价对象的评价指标进行考察和统计, 再根据不同地方或机构制定的标准得出评价对象养护质量评价 (分值或等级)^[1~3]。

目前我国能够适用于高等级公路沿线设施养护质量评价的规范主要有《公路养护质量检查评定标准》(JTJ 075-94, 以下简称规范 1) 与《高速公路养护质量检评方法 (试行)》(以下简称规范 2)^[4,5], 两种规范应用范围的侧重点各有不同。规范 1 是 20 世纪 90 年代中期制定的技术标准, 主要针对的是一般公路和混合交通的汽车专用公路, 由于制定时间较早, 在应用范围上已稍显落后, 对评价对象的划分上也较粗糙; 规范 2 主要针对高速公路, 未涉及 1 级、2 级公路。两种规范所对应的内容在评价体系、得分分值、结果表示等方面都有差别。随着我国公路事业的迅猛发展, 现有规范在不少方面已不能满足要求。国外的评价方法虽然比较成熟, 但由于国情的差异, 不能简单照搬使用。我国现有规范虽有不足, 但由于是全国统一实施执行, 因此有着良好的应用基础。针对这种情况, 本文在我国现有评价方法的基础上进行改进, 确定了高等级公路沿线设施养护质量评价的评价对象, 给出了计算沿线设施养护状况指数 (Traffic-facility Condition Index, TCI) 的模型结构, 并且利用层次分析法 (AHP) 的优化算法标定出了模型结构中各评价对象的相对权重值; 同时还定义了评价对象缺损, 制定了获得评价对象单处缺损扣分值的方法流程, 并且利用这一方法得到了高等级公路沿线设施评价对象单处缺损扣分值。

1 高等级公路沿线设施评价对象的组成

现有的规范 1 将沿线设施划分为标志、标线以及安全设施等 3 类, 分类过粗; 规范 2 把沿线设施分为收费站服务区设施、防撞护栏、隔离栅、紧急电话、标志、标线、绿化等 7 类, 忽视了对高速公路上常见的防眩设施的养护评价。在经过实地调查和专家咨询后, 考虑到实际评价操作的沿袭性和可行性, 本评价方法重新确定了高速、1 级、2 级公路的沿线设施评价对象组成, 见表 1。

表 1 高等级公路沿线设施评价对象组成
Tab 1 Objects of traffic-facility maintenance quality evaluation for high-level roads

对象名称	公路等级			说明
	高速	1 级	2 级	
标线	✓	✓	✓	标划于路面上的线条、箭头、文字、立面标记、突起路标和轮廓标等
标志	✓	✓	✓	各种交通标志, 包括里程牌、百米标等 主要指路侧护栏、中央分隔带护栏, 公路
护栏	✓	✓	✓	桥梁护栏有专门的桥梁评价规范进行评价, 为避免重复不做考虑 主要指防眩板、防眩网、防眩棚等, 植树
防眩设施	✓	✓	✓	防眩是公路绿化评价的重要内容, 在此不予考虑
隔离栅	✓	✓	✓	金属隔离网、刺铁丝等
防护设施	✓	✓	✓	主要指防落网、防撞垫、防撞桶等
紧急电话	✓			仅设置于部分高速公路

2 TCI 计算模型的确定

2.1 建立 TCI 计算模型结构

TCI 实质上就是沿线设施养护质量的综合评分值。在规范 1 中未明确提出这一概念, 并且采用直接扣分法得到综合评价分值 (满分 10 分), 这一方法不利于整个公路养护质量评价方法系统化、结构化的形成; 规范 2 对此做了改进, 其中关于沿线设施评价的方法是在 1 km 的路段上对各评价对象的缺损进行按处扣分 (每项满分均为 100 分), 得到各评价对象分值后采用等权重的计算公式计算得出 TCI。为了保证方法的延续性, 本文提出的评价方法继续沿用规范 2 中的思路, 但对 TCI 计算模型中的各评价对象采用不同的相对权重值。这一做法的优点就在于能将各评价对象对于车辆行使安全和效率的作用大小体现在 TCI 的计算中, 这样得到的计算结果更加科学和符合实际, 不同的相对权重大小还有利于引导公路建设养护部门的工作重点, 把有限的资金用在重要设施建设和养护工作上。评价方法中高等级公路沿线设施 TCI 的计算模型结构如下:

$$TCI = \sum_{i=1}^n W_i S_i, \tag{1}$$

式中, W_i 为沿线设施各评价对象的相对权重值, $\sum_{i=1}^n W_i = 1$; S_i 为沿线设施各评价对象的得分值; n 为路段实际设置评价对象的种类数, 评价路段为高速公路时 $n \leq 7$, 评价路段为 1 级、2 级公路时 $n \leq 6$ 。

2.2 计算评价对象相对权重值

确定相对权重值的方法较多, 但大都需要大量评价数据的积累才能计算得出。在评价方法的研究初

期, 缺少必要的数据积累, 利用层次分析法 (AHP) 将富有养护经验的专家打出的沿线设施各评价对象相互重要程度的主观判断矩阵转换成相对权重值是一种切实可行的方法^[6-7]。目前 AHP 在道路交通研究领域中有不少应用^[8-10], 同时也出现了针对 AHP 的优化算法^[11, 12], 经过优化的算法具有更好的操作性和应用效果。

2004 年 3 月江苏省 5 位在公路养护评价工作方面拥有丰富经验的专家对高速、1 级、2 级公路沿线设施评价对象的重要性进行比较, 得到 15 个判断矩阵。利用文献 [12] 中的算法对其进行计算, 得到了高等级公路 *TCI* 计算模型中各评价对象的权重值, 如表 2 所示。将权重值代入式 (1), 便可得到高等级公路 *TCI* 的计算模型。

表 2 高等级公路 *TCI* 计算模型中各评价对象权重值

Tab 2 Weights of evaluation objects in <i>TCI</i> models for high-level roads							
等级	标线	标志	护栏	防眩设施	隔离栅	防护设施	紧急电话
高速公路	0.24	0.24	0.20	0.13	0.07	0.08	0.04
1 级公路	0.28	0.26	0.18	0.11	0.08	0.09	-
2 级公路	0.31	0.29	0.16	0.07	0.05	0.12	-

2.3 缺项相对权重调整模型的确定

在实际评价工作中, 特别是 1 级、2 级公路, 经常会遇到沿线设施设置不全的现象, 例如, 大量的已建 1 级、2 级公路评价路段上只设置了标线和标志, 其他如护栏等设施并未设置。对于这些情况, 现有评价方法将缺少项目以满分计算处理, 这将会导致最终评分结果偏高。因此, 本文提出动态分配权重的方法, 将所缺少的评价对象的相对权重值按比例分配到其余评价对象上。此方法能比较科学合理地反映出路段沿线设施设置不完全的情况下各评价对象权重的变化。其计算模型见式 (2):

$$W'_i = \frac{W_i}{1 - \sum_j W_j}, \tag{2}$$

式中, W'_i 为调整后第 i 项设施的权重; W_i 为调整前第 i 项设施的权重; $\sum_j W_j$ 为缺项评价对象权重之和。

3 现场评价方法的确定

3.1 评价对象缺损定义

要计算得到沿线设施养护质量的综合评分值 (*TCI*), 还需各评价对象的得分值。本文评价方法沿用规范 2 的做法, 在现场对沿线设施各评价对象的缺损数量进行统计, 再乘以单处缺损扣分值, 即可得到

该评价对象的扣分值, 用满分 100 减去扣分值, 便可得到该评价对象的得分值。经过与江苏省 13 个地市公路养护部门有关人员的探讨, 本文确定了高等级公路沿线设施各评价对象缺损的定义, 如表 3 所示。表 3 中的缺损定义适用于高等级公路中的各级公路。

表 3 沿线设施评价对象缺损定义

Tab 3 Damage definition for evaluation objects

评价对象	缺损定义
标线	标线发生涂层剥落, 严重褪色和被其他附着物覆盖等破坏, 以缺损 10 m 为单位按长度统计, 累计长度不足 10 m 时按 10 m 算。如同一路面的多条平行标线有一条发生缺损即记入缺损长度; 两条以上同时发生缺损时, 重复部分按一条标线记入缺损长度
标志	各种交通标志残缺、位置不当、式样尺寸颜色不规范、不鲜明, 或被树木严重遮盖。按处统计
护栏	轻 防撞护栏发生变形、松脱、倒覆等破坏后未及时得到修复, 长度小于等于 4 m 的为轻度破坏。按处统计
	重 防撞护栏发生变形、松脱、倒覆等破坏后未及时得到修复, 长度大于 4 m 的为重度破坏。按处统计
防眩设施	主要指防眩设施发生断裂、变形等, 不能起到防眩作用。按根或跨统计
隔离栅	隔离栅被破坏未得到及时修复。按跨统计
防护设施	防落网、防撞桶、防撞垫等防护设施发生损坏, 不能起到防护作用。按处统计
紧急电话	紧急电话话筒被盗, 按键失灵等造成无法拨打或拨打不通。按处统计

3.2 评价对象单处缺损扣分值确定

单处缺损扣分值的大小直接影响到沿线设施各评价对象的得分值, 因而制定出科学合理的确定方法至关重要。本文制定的确定评价对象单处缺损扣分值的方法流程见图 1 所示。对于在 1 级、2 级公路沿线设施单处缺损扣分值确定过程中采集样本量过小不能满足图 1 要求的情况, 可参照已确定的高速公路的相应扣分值做适当降低调整来确定。

2004 年 7 月 5 位专家对江苏省内包括高速、1 级、2 级公路在内的 108 条路段 (每段长度取 1 km) 按照图 1 所示的方法对沿线设施的养护质量进行主观综合评分; 同时另外 6 名研究人员对这些路段上的沿线设施缺损和设置数量进行统计。经过计算处理和反复探讨调整, 最终确定了各评价对象单处缺损的扣分值, 见表 4。

4 应用实例

2004 年 8 月和 2006 年 7 月, 15 名由研究人员以及江苏省公路养护管理部门资深技术人员组成的专家团对高等级公路沿线设施的养护质量进行大规模的实

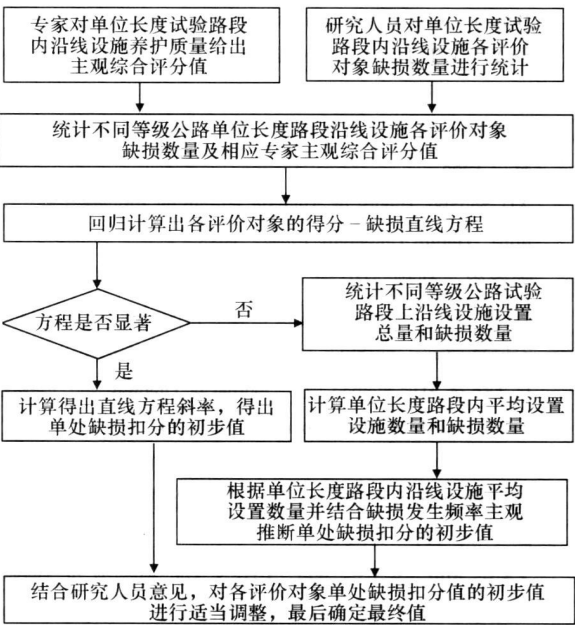


图 1 沿线设施各评价对象单处缺损扣分值确定流程

Fig 1 Process of determining deduction values of each damage for evaluation objects

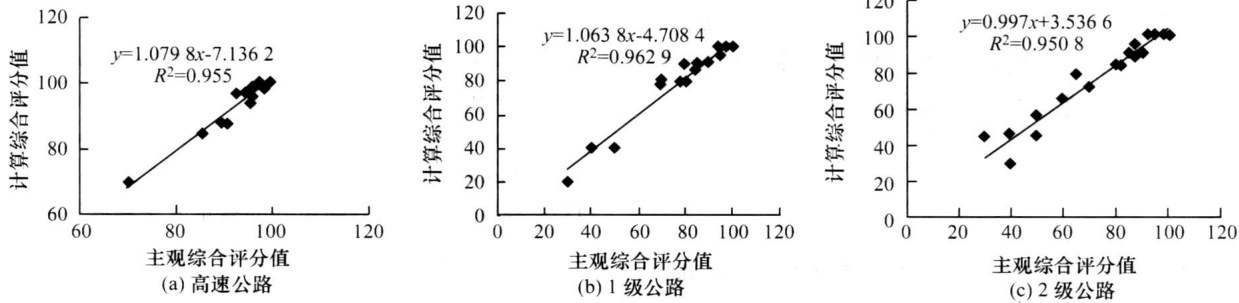


图 2 高等级公路沿线设施养护质量计算综合评分值与主观综合评分值对比

Fig 2 Comparisons between calculating evaluation scores and subjective evaluation scores

观评分值的均值在 3 种等级公路中均表现出良好的线性相关性, 判定系数 R^2 均大于 0.95。3 者回归方程的斜率均在 0.99~ 1.08 之间, 说明利用本文提出的评价方法及模型计算得出的沿线设施养护质量综合评价价值能够反映专家的主观评价判断。

为了进一步验证本文评价方法的使用效果, 本文分析了 89 段公路路段中的 82 段路段当月的养护质量检查记录原始表中的得分 (养护部门依照规范 1 的评价得分)。由于本文提出的沿线设施评价方法与规范 1 中规定的评价方法在评价对象划分、评价对象评价方法、综合评价结果分制 (本文评价方法满分为 100 分, 规范 1 为 10 分) 等几方面存在差异, 单纯比较本文评价方法计算出的 TCI 值与养护记录表中的评价分值的大小无太大意义。因此分别计算两组分值中各分数段所占的比例, 结果如表 5 所示。由对比结果

表 4 高等级公路沿线设施各评价对象单处缺损扣分值

Tab 4 Deduction value of each damage for evaluation objects

评价对象	单位	单处缺损扣分值		
		高速	1 级	2 级
标线	10 m	5	2	1
标志	处	50	40	30
护栏	轻	30	25	20
	重	50	40	30
防眩设施	根/跨	10	5	5
隔离栅	跨	20	15	10
防护设施	处	20	15	10
紧急电话	处	100	-	-

地评价验证。评价每路段 1 km 共 89 段, 其中高速公路 26 段、1 级公路 32 段、2 级公路 31 段。专家团成员在经过培训后先对路段上设置的沿线设施各评价对象的养护质量按照本文方法进行评价, 然后根据对路段沿线设施的总体印象, 给出主观综合评分值。利用本文评价方法计算出的综合评分值与专家主观综合评分均值的分布情况如图 2 所示^[13]。

由图 2 可知, 沿线设施计算综合评分值与专家主

可知, 按照

表 5 计算综合评分值与检查记录表分值
各分数段所占比例对比

Tab 5 Comparison between proportions of score groups of calculating evaluation and subjective evaluation

计算综合评分值			检查记录表分值		
分数段	段数	比例 %	分数段	段数	比例 %
91~ 100	55	67.1	10	60	73.2
81~ 90	10	12.3	9	20	24.4
71~ 80	6	7.3	8	2	2.4
61~ 70	2	2.4	7	0	0.0
51~ 60	2	2.4	6	0	0.0
41~ 50	4	4.9	5	0	0.0
31~ 40	1	1.2	4	0	0.0
21~ 30	0	0	3	0	0.0
11~ 20	0	0	2	0	0.0
0~ 10	2	2.4	1	0	0.0
合计	82	100	合计	82	100

规范1的评价方法得到的评价结果过多集中于高分段,未出现评分值低于8分的情况;按照本文提出的高等级公路TCI计算模型计算得到的沿线设施养护质量综合评分值在高、低分段均有分布,经确认比较符合江苏省高等级公路沿线设施养护的实际情况。

5 结论

高等级公路沿线设施养护质量评价是整个公路养护质量评价的重要组成部分。针对目前公路沿线设施评价方法存在的一些问题,本文提出了一套高等级公路沿线设施养护质量评价方法,其中包括评价对象的组成;高等级公路沿线设施养护状况指数的计算模型结构。利用AHP的优化算法,计算得到模型结构中各评价对象相对权重值。给出了沿线设施缺损定义,制定了获得沿线设施单处缺损扣分值的工作流程,并且利用线性回归及主观调整的方法确定了评价对象的单处缺损扣分值。通过大量的上路评价实践及计算分析表明,利用本文评价方法计算得出的沿线设施养护质量综合评分值与专家主观评价具有良好的线性相关性,判定系数 R^2 均大于0.95。利用本文评价方法计算得出的综合评分值与规范相比,改进了原有评分值过多分布于高分区域的不足,区分度较好。

参考文献:

References:

- [1] STIVERS M L, SMITH K L, HOERNER T E, *et al.* Maintenance QA Program Implementation Manual [R]. NCHRP Report 422 Washington D C: Transportation Research Board and National Research Council, 1999.
- [2] Transportation Equity Act for the 21st Century (TEA-21) [Z]. Washington D C: United States Department of Transportation, 1998.
- [3] SMITH K L, STIVERS M L, HOERNER T E, *et al.* Highway Maintenance Quality Assurance: Final Report [R]. NCHRP Web Document 8 Washington D C: National Academy of Sciences, 1997.
- [4] JTJ 075-94, 公路养护质量检查评定标准 [S]. JTJ 075-94, Quality Inspection and Evaluation Standards for Highway Maintenance [S].
- [5] 中华人民共和国交通部. 高速公路养护质量检评方法(试行) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
Ministry of Communications of PRC. Expressway Maintenance Quality Evaluation Standards (for Trial Implementation) [S].

Beijing: China Communications Press, 2002.

- [6] SAATY L T. The Analytic Hierarchy Process [M]. New York: Mc Graw-Hill, Inc., 1980.
- [7] 许树柏. 层次分析法原理 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
XU Shu-bo Theory of Analytic Hierarchy Process [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1988.
- [8] 张盈盈. 利用AHP引入服务水平的综合交通阻抗函数模型 [J]. 公路交通科技, 2007, 24(3): 115-117.
ZHANG Ying-ying Study on Integrated Traffic Impedance Function by Use of AHP Method [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(3): 115-117.
- [9] 杨敏, 王伟, 陈学武, 等. 基于DEA/AHP方法的大运量快速交通方式选择决策 [J]. 公路交通科技, 2006, 23(7): 111-115.
YANG Min, WANG Wei, CHEN Xue-wu, *et al.* Decision-making Method for Mass Rapid Transit Mode Selection Based on DEA / AHP [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23(7): 111-115.
- [10] 莫海熙, 郜振华, 陈森发. 基于AHP和目标规划的物流配送中心选址模型 [J]. 公路交通科技, 2007, 24(5): 150-153.
MO Hai-xi, GAO Zhen-hua, CHEN Sen-fa Location Model of Distribution Center Based on Analytic Hierarchy Process and Goal Programming [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(5): 150-153.
- [11] 马维野. 一种判断矩阵的修正方法和修正效果的两个判据 [J]. 系统工程理论与实践, 1994, 14(12): 51-55.
MA Wei-ye An Approach to Modifying Pairwise Comparison Matrices and Two Criteria of Modificatory Effectiveness [J]. Systems Engineering Theory & Practice, 1994, 14(12): 51-55.
- [12] 梁梁, 王建平. 专家判断矩阵的一致性调整 [J]. 微电子学与计算机, 1994, 11(2): 40-43.
LIANG Liang, WANG Jian-ping Calculating Creditability of Experts Judgement [J]. Microelectronics & Computer, 1994, 11(2): 40-43.
- [13] 陆键, 项乔君, 谢君平, 等. 江苏省高等级公路养护评价预测模型研究 [R]. 南京: 东南大学, 2006.
LU Jian, XIANG Qiao-jun, XIE Jun-ping, *et al.* Researches on Models of Maintenance Quality Evaluation and Prediction for Jiangsu High-level Roads [R]. Nanjing: Southeast University, 2006.