

文章编号:1671-8879(2005)02-0011-05

高等级公路沥青路面性能评价方法

张永清¹, 贾双盈²

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 长安大学 理学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:首先将路面的使用质量评价标准定为优、良、中、次、差 5 个等级;再确定评价指标及评价指标的权重,并将评价指标取值范围划分为 5 个灰数域,对应评价标准 5 个等级,建立灰色评价的指标体系;然后利用三角白化权函数确定评价指标的隶属函数,利用灰聚类的方法评定该沥青路面使用质量的等级;最后制定公路养护计划 and 对策。工程实例表明,高等级公路沥青路面性能在使用过程中分指标的衰减是不均衡的,评价指标越不均衡,使用规范评价方法得出的结果越不可靠;该评价方法能够准确地反映现有路面的客观实际。

关键词:道路工程;沥青路面性能;评价指标;权重;隶属度;评价方法

中图分类号:U416.217

文献标识码:A

Evaluation method for asphalt pavement performance of freeway

ZHANG Yong-qing¹, JIA Shuang-ying²

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. School of Science, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Firstly, classify the evaluation criteria of highway pavement into five classes; secondly, determine the valuation index and weight, and classify evaluation index and value range into five gray number regions corresponding to the above five classes; establish index system of gray evaluation; determine subordinate function of evaluation index by means of triangle whitenization weight function; evaluate the quality class of bituminous pavement through gray cluster; lastly, lay down the highway maintenance plans and solutions. Combined with practical engineerings, the feasibility of this method was studied. The result indicates the declining degree of the indices used in evaluation of high-class highway bituminous pavement is unbalanced. In the evaluation of the performance of high-class highway's bituminous pavement, the more unbalanced the evaluation index is, the more unbelievable the result of the evaluation method will be. The evaluation method can show the performance of the high-class highway's bituminous pavement in a more accurate way.

Key words: road engineering; performance of asphalt pavement; evaluation index; weight average; subordinating degree; evaluation method

0 引言

目前高等级公路养护质量评定中,沥青路面性能评价,仍采用《公路养护技术规范》(JTJ073-96)^[1]中一般公路沥青路面状况的评价方法。该方法是一种确定性的评价方法,其优点是评价模型简单,路面综合评定指标的各分指标清楚、直接,数据易于采集。但此评价模型在结构上存在以下缺陷:①路面综合评定指标以及各分指标评价等级(优、良、中、次、差)和评价标准本身的界限实质上无法确切知道,即等级数值范围的边界具有不确定性,是人为主观的一种分类;②各指标的值域不统一;③在计算路面综合评价指标 V_{PQI} 时,指标权重 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 不是直接修正 4 个指标 V_{PCI} 、 V_{RQI} 、 V_{SSI} 和 V_{SFC} ,而是修正优、良、中、次、差 5 个等级所划分值域的中间值 $V_{PCI'}$ 、 $V_{RQI'}$ 、 $V_{SSI'}$ 和 $V_{SFC'}$;④对高等级公路,用此方法没有体现其功能和特点。

用不确定性(灰色系统理论)的评价方法,可以改进以上缺陷,能更为准确地反映现有路面的客观实际。本文基于三角白化权函数的灰色评估,建立了高等级公路沥青路面性能评价的指标体系和方法。

1 建立评价体系

本文运用三角白化权函数的灰色评估进行沥青路面性能评价,其理论基础见文献[2]。

1.1 确定评价指标

参照公路养护技术规范,将高等级公路沥青路面性能评价指标分为路面破损指标、平整度指标、路面强度指标、路面抗滑指标、车辙指标和交通轴载指标等 6 项。评价标准分为优、良、中、次、差 5 个等级。

路面破损指标用路面状况指数 V_{PCI} 表示,它是表征路面破损程度的定量指标,与路面的破损类型、严重程度及破损密度有关,其取值范围定为 20~100, V_{PCI} 值越大,路面状况越好。

路面结构承载能力通常采用无破损实验方法,测定路面的最大弯沉和弯沉盆来确定。路面强度指标用强度系数 V_{SSI} 表示,它是路面允许弯沉值(采用设计弯沉值)与路段代表弯沉值之比,表征路面现有承载能力的指标,其取值域定为 0.4~8.0, V_{SSI} 值越大,路面强度越好。

路面平整度指标用行驶质量指数 V_{RQI} 表示,它是反映路面在车辆行驶质量方面所提供服务能力的主要指标,与国际平整度指数 V_{IRI} 有关,其取值域定

为 2~10, V_{RQI} 值越大,路面平整度越好。

路面抗滑性能直接影响汽车行驶的安全,汽车在高速行驶状态下,路面表层抗滑性能低下会使汽车制动失去控制而发生事故,特别在多雨潮湿地区的高速公路上,交通事故的发生率较高。因此,为保证高等级公路的行车安全和通行能力,沥青面层的表层必须有良好的抗滑能力。路面抗滑指标用横向力系数 V_{SFC} 表示,它是车辆在公路上行驶安全性能评价的重要指标,取值范围定为 0.15~0.55, V_{SFC} 值越大,路面抗滑性能越好。

车辙是高速公路的主要损坏形式,将车辙评价列为影响路面使用性能的主要指标,是很有意义的。车辙指标用辙深度 h_{RD} 的倒数 h_{RRD} 表示,它是表征路面功能性破坏的指标,高速公路车辙允许深度 h_{RD} 取值为 0~50 mm。为了便于评价 h_{RRD} 取车辙深度 h_{RD} 倒数的 10 倍, h_{RRD} 取值域定为 0.2~10, h_{RRD} 值越大,路面出现车辙的现象越轻。

路面产生破坏的直接因素是交通荷载。影响路面性能的因素为:①交通荷载的累积作用,使路面结构强度逐渐下降,产生疲劳破坏;②各种环境因素作用,使路面材料老化,出现破损。其中交通荷载的累积作用是主要的。交通轴载指标用设计年限内 1 个车道上的累计当量轴次 N_e 第 t 年后的剩余百分比 P_{JZZ} 表示,表征路面使用寿命的指标,即 $P_{JZZ} = 100 \times (N_e - N_t) / N_e$, N_t 为第 t 年 1 个车道上的累计当量轴次,由轴载调查确定,其取值域定为 20~100, P_{JZZ} 值越大,路面性能越好。

根据文献[1]、[3],将路面质量评定分项指标评价的等级分为优、良、中、次、差 5 级,将其取值域划分为 5 个区间与之相对应。

1.2 确定分指标的权重

通过专家咨询,采用逐对比较法,将 V_{PCI} 、 V_{SSI} 、 V_{RQI} 、 V_{SFC} 、 h_{RRD} 和 P_{JZZ} 6 个指标两两逐对比较,确定各指标的相对重要性,然后汇总各专家的判断意见,确定各指标相对重要性的顺序,若前 1 个指标比后 1 个重要,则前者得 1 分,后者得 0 分,若二者相当各得 0.5 分,累计各指标的得分,并进行正则化计算,求得各指标权重系数向量 $\eta = \{\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6\} = \{0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1\}$ 。

1.3 建立评价指标体系

将高等级公路沥青路面使用质量分为“优、良、中、次、差”5 个等级,其实质可看做灰色概念,即其等级的划分是灰的,相应分指标等次的划分也是灰的,其取值范围,根据划分的灰类,人为地划分为 5

个灰数域与之相对应。据此可得出沥青路面性能的评价指标体系(表 1)^[4~7]。

1.4 确定指标隶属函数

按照表 1 给出的分指标灰类,其三角白化权函数的一般形成如图 1 所示。

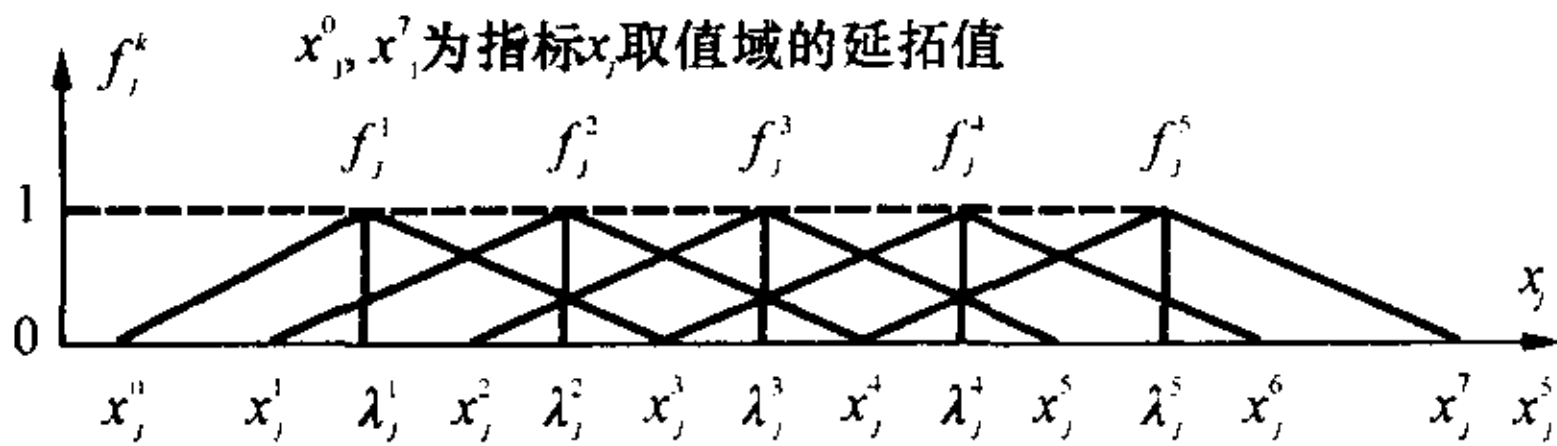


图 1 三角白化权函数图

表 1 高等级公路沥青路面性能评价指标体系

指标	代号	权重	差	次	中	良	优
			1	2	3	4	5
V _{PCI}	x ₁	0.2	20≤x ₁ ¹ <40	40≤x ₁ ² <55	55≤x ₁ ³ <70	70≤x ₁ ⁴ <85	85≤x ₁ ⁵ <100
V _{SSI}	x ₂	0.2	0.4≤x ₂ ¹ <0.6	0.6≤x ₂ ² <0.8	0.8≤x ₂ ³ <1.0	1.0≤x ₂ ⁴ <1.2	1.2≤x ₂ ⁵ <8.0
V _{RQI}	x ₃	0.2	2.0≤x ₃ ¹ <4.0	4.0≤x ₃ ² <5.5	5.5≤x ₃ ³ <7.0	7.0≤x ₃ ⁴ <8.5	8.5≤x ₃ ⁵ <10.0
V _{SFC}	x ₄	0.2	0.15≤x ₄ ¹ <0.20	0.2≤x ₄ ² <0.3	0.3≤x ₄ ³ <0.4	0.4≤x ₄ ⁴ <0.5	0.50≤x ₄ ⁵ <0.55
h _{RRD}	x ₅	0.1	0.2≤x ₅ ¹ <0.3	0.3≤x ₅ ² <0.5	0.5≤x ₅ ³ <1.0	1.0≤x ₅ ³ <2.0	2.0≤x ₅ ⁵ <5.0
P _{JZZ}	x ₆	0.1	20≤x ₆ ¹ <40	40≤x ₆ ² <55	55≤x ₆ ³ <70	70≤x ₆ ⁴ <85	85≤x ₆ ⁵ <100

对指标 $x_j(j = 1, 2, \dots, 6)$ 的任一观测值 x , 由式(1) 可得出其关于灰类 $k(k = 1, 2, \dots, 5)$ 的隶属度函数 $f_j^k(x)$ 表达式。

对分指标定性分析,表 2 给出了各指标取数域的延拓值 x_j^0, x_j^7 和 k 灰类的临界值 λ_j^k 。

表 2 分指标取数域延拓值及 k 灰类临界值 λ_j^k

代号	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
x _j ⁰	0.0	0.2	0.50	0.100	0.10	0.0
x _j ⁷	120.0	10.0	11.50	0.600	10.00	115.0
λ _j ¹	30.0	0.5	3.00	0.175	0.25	30.0
λ _j ²	47.5	0.7	4.75	0.250	0.40	47.5
λ _j ³	62.5	0.9	6.25	0.350	0.75	62.5
λ _j ⁴	77.5	1.1	7.75	0.450	1.50	77.5
λ _j ⁵	92.5	4.6	9.25	0.525	3.50	92.5

将表 2 的具体数值代入式(1),可计算出分指标 x_j 的 1 个检测值 x 对于“优、良、中、次、差”5 个评价等级的白化隶属函数值。

1.5 评定等级确定

对于分指标 x_j 检测值 x ,关于 5 个评价等级 k 的分类系数为

σ_j^k = 10 f_j^k(x) (2)

三角白化权函数的表达式为

f_j^k(x) = { 0 x ∉ [x_j^{k-1}, x_j^{k+2}] (x - x_j^{k-1}) / (λ_j^k - x_j^{k-1}) x ∈ [x_j^{k-1}, λ_j^k] (x_j^{k+2} - x) / (x_j^{k+2} - λ_j^k) x ∈ [λ_j^k, x_j^{k+2}] (1)

式中: λ_j^k = (x_j^k + x_j^{k+1})/2, 为指标 $x_j(j = 1, 2, \dots, 6)$ 分别代表 x_1, x_2, \dots, x_6 6 个分指标)关于 k 灰类的临界值 ($k = 1, 2, \dots, 5$ 分别代表差、次、中、良、优)5 个灰类。 $x_j^1, x_j^2, x_j^3, x_j^4, x_j^5, x_j^6$ 为指标 x_j 关于 k 灰类的阈值。

由 max_{1≤k≤5} {σ_j^k} = σ_j^{k*}, 判断分指标 x_j 属于等级 k^* 。 对于沥青路面使用质量,关于 5 个评价等级 k 的综合分类系数为 σ_{HN}^k

σ_{HN}^k = ∑_{j=1}^6 f_j^k(x) η_j (3)

由 max_{1≤k≤5} {σ_{HN}^k} = σ_{HN}^{k*}, 判断其质量属于等级 k^* 。 对于分指标 x_j ,检测值 x 分类系数向量 σ_j

σ_j = {σ_j^1, σ_j^2, ..., σ_j^5}

系数向量 σ_j 的熵为

I(σ) = - ∑_{k=1}^5 σ_j^k ln σ_j^k (4)

由式(4)还可对检测结果作进一步分析与评价。 上述评价方法也可用于其他沥青路面性能评定,评价指标取前 4 项(与养护规范一致),指标权重用规范建议值,分项指标、路面综合评定同上。

1.6 养护计划 and 对策

依据《公路养护技术规范》,参照公路重要性、交通量、分项路况评价结果,制定相应的养护计划和养护对策。

2 应用示例

表 3 为某一地区甲、乙、丙 3 条高速公路运营第 3 年路面检测获得的分指标现实值,按前述方法对其

表 6 丙公路路面性能评定表

指标		权重	隶属函数值					分指标分类系数 σ_j^k					$\max_{1 \leq k \leq 5} \{\sigma_j^k\} = \sigma^{k*}$		分指评定
现实值			$f_j^1(x)$	$f_j^2(x)$	$f_j^3(x)$	$f_j^4(x)$	$f_j^5(x)$	σ_j^1	σ_j^2	σ_j^3	σ_j^4	σ_j^5	σ^{k*}	k^*	等级
x_1	83.40	0.2	0.000	0.000	0.071	0.738	0.596	0.00	0.00	0.71	7.38	5.96	7.38	4	良
x_2	1.30	0.2	0.000	0.000	0.000	0.971	0.083	0.00	0.00	0.00	9.71	0.83	9.71	4	良
x_3	8.40	0.2	0.000	0.000	0.044	0.711	0.622	0.00	0.00	0.44	7.11	6.22	7.11	4	良
x_4	0.23	0.2	0.560	0.800	0.200	0.000	0.000	5.60	8.00	2.00	0.00	0.00	8.00	2	次
x_5	0.40	0.1	0.400	1.000	0.222	0.000	0.000	4.00	10.00	2.22	0.00	0.00	10.00	2	次
x_6	75.70	0.1	0.000	0.000	0.413	0.920	0.253	0.00	0.00	4.13	9.20	2.53	9.20	4	良
σ_{HN}^k 综合分类系数			0.152	0.260	0.127	0.576	0.286	综合分类系数向量: $\sigma_{HN}^k=(0.152,0.260,0.127,0.576,0.286)$							
$\max_{1 \leq k \leq 5} \{\sigma_{HN}^k\} = \sigma_{HN}^{k*}$			0.576					综合分类系数单位化: $\sigma_{HN}^k=(0.108,0.186,0.091,0.411,0.204)$							
k^* /等级			4/良					系数向量的熵: $I(\sigma)=-\sum_{k=1}^5 \sigma_{HN}^k \ln \sigma_{HN}^k=1.461 \quad I(\sigma) \rightarrow \ln 5=1.609$							

表 7 路面性能评定对比表

指 标		V _{PCI}	V _{SSI}	V _{RQI}	V _{SFC}	h _{RRD}	P _{JZZ}	
权重		本文	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
		规范	0.3	0.3	0.3	0.1	/	/
甲	现实值		93.6	4.2	9.6	0.43	2.5	82.6
	分指标 评定结果	本文	优	优	优	良	优	良
		规范	优	优	优	良	/	/
	综合 评定结果	本文	5/优					
		规范	90.8/优					
乙	现实值		90.10	2.60	8.70	0.28	0.75	78.40
	分指标 评定结果	本文	优	良	优	次	中	良
		规范	优	优	优	次	/	/
	综合 评定结果	本文	4/良					
		规范	87.2/优					
丙	现实值		83.40	1.30	8.40	0.23	0.40	75.70
	分指标 评定结果	本文	良	良	良	次	次	良
		规范	良	优	良	次	/	/
	综合 评定结果	本文	4/良					
		规范	80.6/良					

(3)用本文介绍的评价方法,可以改进原有评定方法的不足,能够准确地反映现有路面的客观实际。

参考文献:

References:

[1] JTJ073-96.公路养护技术规范[S].1996.
JTJ073-96. Technique regulations of Highway Maintenance Management[S]. 1996.

[2] 刘思峰,郭天榜.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1999.
LIU Si-feng, GUO Tian-bang. Grey system theory and its application[M]. Beijing: Science Press, 1999.

[3] 高速公路养护管理委员会.高速公路养护管理[M].北京:人民交通出版社,2001.
Committee of Highway Maintenance Management. Highway maintenance management [M]. Beijing: People's Communication Press, 2001.

[4] 王新明,王秉纲.高速公路路面功率谱[J].交通运输工程学报,2003,3(2):53-56.
WANG Xin-ming, WANG Bing-gang. Expressway pavement power spectral density[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003,3(2):53-56.

[5] 赵可,卢永贵,魏如喜.SMA高温稳定性研究[J].中国公路学报,2004,17(2):11-17.
ZHAO Ke, LU Yong-gui, WEI Ru-xi. Research on high temperature properties of SMA[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004,17(2):11-17.

[6] 武建明,伍石生.沥青路面长期使用性能指标[J].长安大学学报(自然科学版),2004,24(3):17-20.
WU Jian-ming, WU Shi-sheng. Criteria of long term performance of asphalt pavement [J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2004, 24(3):17-20.

[7] 许永明.公路养护与管理[M].北京:人民交通出版社,1998.
XU Yong-ming. Highway maintenance and management[M]. Beijing: People's Communication Press, 1998.