

基于改进灰色 - TOPSIS 法的高速公路 沥青路面使用性能评价

张华君¹, 肖利明^{2,3}, 王 静⁴

(1. 甘肃省兰州公路管理局, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国公路工程咨询集团有限公司, 北京 100089;

3. 甘肃陇畅公路养护科技有限公司, 甘肃 兰州 730070;

4. 兰州交通大学 道桥工程灾害防治技术国家地方联合工程实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 为了克服现有沥青路面使用性能综合评价方法主观影响因素过多、权重确定过程复杂的问题, 本文以京藏高速白银段 20km 路面使用性能评价为例, 采用博弈法确定的路面使用性能各分项指标权重为基础, 建立了改进基于灰色 - TOPSIS 法的高速公路沥青路面使用性能评价方法。结果表明: 由博弈法确定的综合权重是对主观权重和客观权重的综合反映, 不仅能充分的考虑专家主观权重, 又能体现综合权重科学合理, 有利于提高灰色 - TOPSIS 法用于路面使用性能综合评价的准确度; 基于灰色 - TOPSIS 法进行路面使用性能综合评价, 评价结果较规范中综合评价结果更为准确, 更加有利于养护决策指导。

关键词: 道路工程; 沥青路面; 路面使用性能; 灰色 - TOPSIS 法; 综合评价

中图分类号: U41

文献标识码: B

高速公路沥青路面使用性能评价是养护决策系统的基础, 对路况准确的评价能使道路养护管理部门充分了解路况现状。我国《公路技术状况评定标准》(JTG H20 - 2007) 确定了路面使用性能评价的五个分项指标和一个综合指标, 即分项指标 PCI(路面破损状况)、RQI(路面行驶质量)、RDI(车辙深度指数)、SRI(抗滑性能指数)、SSI(结构承载力) 和 PQI(综合指标), 但这些评定标准并不完全适用于我国各地区的路况特征。

本文将综合权重、灰色关联度、TOPSIS 法三者相结合, 提出一种改进的灰色 - TOPSIS 法, 并以京藏高速白银段 20km 检测数据为案例, 选取合理的指标, 运用博弈法赋以综合权重, 利用改进的灰色 - TOPSIS 法对高速公路沥青路面使用性能进行评价, 并根据被评价路段与参照路段(选择每个等级的中间值作为参照路段的各指标值) 的相对接近程度, 实现被评价路段路况的排序及其客观评价。

1 博弈论法对灰色 - TOPSIS 法路面性能评价

1.1 路段评价指标

为了提高综合评价的科学性, 本文运用博弈论法将主观赋权法确定的权重和客观赋权法确定的权重相结合确定综合权重。

再使用灰色 - TOPSIS 法对沥青路面使用性能进行综合评价, 根据被评价路段与参照路段(选择每个等级的中间值作为参照路段的各指标值) 的相对接近程度, 实现被评价路段路况的排序及其客观评价。

以京藏高速白银段 20km 检测数据为例, 运用灰色 - TOPSIS 法对所划分的四个路段进行综合评价, 评价指标选择 PCI、RQI、RDI、SRI, 各分项指标数据见表 1。

表 1 II 区京藏高速白银段所划分的四个类别
路段各分项指标结果

编号	PCI	RQI	RDI	SRI
①	88.14	91.45	80.43	94.97
②	89.69	93.91	75.17	95.61
③	80.74	91.45	82.1	95.4
④	86.14	88.87	73.33	95.37

1.2 计算过程

运用灰色 - TOPSIS 法对四个路段进行综合评价计算步骤如下:

(1) 构建指标矩阵

$$R = \begin{bmatrix} 88.14 & 91.45 & 80.43 & 94.96 \\ 89.69 & 93.91 & 75.17 & 95.61 \\ 80.74 & 91.45 & 82.10 & 95.40 \\ 86.14 & 88.87 & 73.33 & 95.37 \end{bmatrix}$$

(2) 矩阵标准化

对指标矩阵 R 进行规范化处理, 得到无量纲化指标矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 。

$$x_{ij} = \begin{bmatrix} 0.5110 & 0.5001 & 0.5166 & 0.4980 \\ 0.5200 & 0.5135 & 0.4828 & 0.5015 \\ 0.4681 & 0.5001 & 0.5274 & 0.5003 \\ 0.4994 & 0.4860 & 0.4710 & 0.5002 \end{bmatrix}$$

(3) 确定综合权重

$V = (0.36 \ 0.30 \ 0.27 \ 0.07)$

(4) 矩阵加权标准化

为了直观的分析路面综合评价结果,将路面各分项指标评定标准作为参照列入分析矩阵,根据甘肃省高速公路沥青路面使用性能评价标准,选择每个等级的中间值作为参照路段的各指标值,四个参照路段各分项指标如表2所示,综合评价矩阵为Z。

表2 甘肃省高速公路沥青路面使用性能评价标准

指标/等级	PCI	RQI	RDI	SRI
优	95	95	95	95
良	85	85	85	85
中	75	75	75	75
差	65	65	65	65

$$Z = \begin{bmatrix} 88.14 & 91.45 & 80.43 & 94.96 \\ 89.69 & 93.91 & 75.17 & 95.61 \\ 80.74 & 91.45 & 82.10 & 95.40 \\ 86.14 & 88.87 & 73.33 & 95.37 \\ 95 & 95 & 95 & 95 \\ 85 & 85 & 85 & 85 \\ 75 & 75 & 75 & 75 \\ 65 & 65 & 65 & 65 \end{bmatrix}$$

求加权标准化矩阵Y为

$$Y = \begin{bmatrix} 0.1343 & 0.1124 & 0.0932 & 0.0266 \\ 0.1366 & 0.1155 & 0.0871 & 0.0268 \\ 0.1230 & 0.1124 & 0.0951 & 0.0267 \\ 0.1312 & 0.1093 & 0.0850 & 0.0267 \\ 0.1447 & 0.1168 & 0.1101 & 0.0266 \\ 0.1295 & 0.1045 & 0.0985 & 0.0238 \\ 0.1142 & 0.0922 & 0.0869 & 0.0210 \\ 0.0990 & 0.0799 & 0.0753 & 0.0182 \end{bmatrix}$$

(5) 计算样本与正负理想样本的欧式距离和灰色关联度。

①确定样本的正负理想解,结果见表3。

表3 正负理想解计算结果

	PCI	RQI	RDI	SRI
正理想解	0.1447	0.1168	0.1101	0.0268
负理想解	0.0990	0.0799	0.0753	0.0182

②计算样本到正负理想解的欧式距离,计算结果见表4。

表4 欧氏距离计算结果

路段	①	②	③	④	优	良	中	差
正理想解欧氏距离	0.0110	0.0129	0.0154	0.0159	0	0.0129	0.0257	0.0386
负理想解欧氏距离	0.0293	0.0305	0.0252	0.0257	0.0386	0.0257	0.0129	0

③计算样本到正负理想解的灰色关联度

以加权标准化矩阵为基础,计算样本与正负理想解的灰色关联度,结果见表5。

表5 灰色关联度计算结果

路段	①	②	③	④	优	良	中	差
正理想解欧氏距离	0.7732	0.7955	0.7385	0.7135	0.9981	0.6996	0.5512	0.4599
负理想解欧氏距离	0.5246	0.5390	0.5412	0.5711	0.4609	0.5524	0.7011	1.0000

(6) 计算相对贴近度,对路段综合评价结果进行排序。

①对所求解的欧氏距离和灰色关联度进行无量纲化处理,无量纲化处理的路段欧式距离和灰色关联度计算结果见表6。

表6 无量纲化处理的路段欧式距离和灰色关联度

路段	正理想解欧氏距离	负理想解欧氏距离	正理想解灰色关联度	负理想解灰色关联度
①	0.2861	0.7575	0.7746	0.5246
②	0.3343	0.7902	0.7970	0.5390
③	0.3978	0.6527	0.7399	0.5412
④	0.4117	0.6663	0.7148	0.5711
优	0.0012	1.0000	1.0000	0.4609
良	0.3334	0.6667	0.7009	0.5524
中	0.6667	0.3333	0.5523	0.7011
差	1.0000	0.0000	0.4608	1.0000

②求路段样本与正理想解和负理想解的接近程度,取 $e_1 = e_2 = 0.5$,计算结果见表7。

表7 路段样本与正、负理想解的接近程度

	①	②	③	④	优	良	中	差
正理想解接近程度	0.7661	0.7936	0.6963	0.6905	1.0000	0.6838	0.4428	0.2304
负理想解接近程度	0.4054	0.4366	0.4695	0.4914	0.2310	0.4429	0.6839	1.0000

③计算相对贴近度,相对贴近度计算结果见表8,并对路段综合评价结果进行排序。

从表8可以看出,4个受评价路段和四个参照路段的相对贴近度从高到底依次是:优>①>②>良>③>④>中>差。

表8 相对贴近度计算结果

	①	②	③	④	优	良	中	差
相对贴近度	0.6540	0.6451	0.5973	0.5842	0.8123	0.6069	0.3930	0.1872

1.3 综合权重分析

各分项指标的权重值计算结果如表9所示,规范中确定的主客观权重侧重PCI和RQI,由熵权法确定所选路段客观权重侧重PCI和RDI,而由博弈法确定的综合权重是对主观权重和客观权重的综合反映,给PCI、RDI、RQI相当的权重,SRI给予0.07的权重。对于高速公路,路面抗滑能力有较高的要求,

通过对路况检测数据的分析,发现所有路段路面抗滑性能在养护后会提升到优等水平,经过一年时间的行车荷载作用,路面抗滑性能又降低到较低的水平,因此路面抗滑性能可以认为是确定性的路面性能指标,在每年的养护计划安排时,认为 SRI 等级为差,而在评价路面使用性能时,给予 SRI 最低的权重。

1.4 综合评价结果分析

分别运用规范中综合评价、博弈法综合评价和

表 9 路况指标权重

路况指标	PCI	RQI	RDI	SRI
主观权重	0.35	0.4	0.15	0.1
客观权重	0.38	0.09	0.53	0.002
博弈法确定的综合权重	0.36	0.30	0.27	0.07

表 10 各路段综合评价结果

类别	PCI	RQI	RDI	SRI	规范中综合评价结果	博弈法综合评价结果	灰色-TOPSIS 法综合评价结果
优	95	95	95	95			
类别一	88.14	91.45	80.43	94.97	良	良	良
类别二	89.69	93.91	75.17	95.61	良	良	良
良	85	85	85	85			
类别三	80.74	91.45	82.1	95.4	良	良	中
类别四	86.14	88.87	73.33	95.37	良	良	中
中	75	75	75	75			
差	65	65	65	65			

综上所述,基于灰色-TOPSIS 法进行路面使用性能综合评价能够实现沥青路面使用性能的综合评价,评价结果较规范中综合评价结果和博弈法综合评价结果更为准确,更符合实际路况。虽然类别一、类别二路段综合评价结果相同,但在具体的项目级养护决策时,可以根据养护路段划分结果分析每个路段的病害特征,确定路段的养护措施。

2 结论

(1) 博弈法确定的综合权重是对主观权重和客观权重的综合反映,不仅能充分的考虑专家主观权重,又能充分的体现路段的主导损害类型,给出的综合权重科学合理,有利于提高灰色-TOPSIS 法用于路面使用性能综合评价的准确度。

(2) 基于灰色-TOPSIS 法进行路面使用性能综合评价能够实现沥青路面使用性能的综合评价,评价结果较规范中综合评价结果和博弈法综合评价结果更为准确,更符合实际路况,算术加权综合评价结果对于高速公路沥青路面而言,评价结果偏高,不利于养护决策指导。

灰色-TOPSIS 法对所选路段进行了评价,综合评价结果见表 10,由表 10 可知,类别一、类别二路段两种综合评价方法评价结果相同。规范中类别三、类别四路段评价结果为良,而两个路段灰色-TOPSIS 法评价结果为中,对类别三、类别四路段各分项指标进行分析发现,类别三路段较类别一、类别二路段 PCI 指标偏低,PCI 是路面各种破损的综合反映,一般高速公路 PCI 要求在 90 以上,一些发达地区高速公路沥青路面 PCI 要求必须在 95 以上,而类别三路段 PCI=80.74,已经处于较低的水平,因此类别三路段综合评价结果为中比较合理。类别四路段较类别一、类别二路段 PCI、RDI 均偏低,四个分项指标有两项指标都低于良等水平,因此类别四路段综合评价结果为中比较合理。

(3) 灰色-TOPSIS 法进行路面使用性能评价不仅可以给出所评价路段的使用性能排序,而且便于确定各路段的评价等级,还可以根据评价路段和参照路段的相对贴进度排序结果,分析路段的综合评价结果。该方法可以做到因地制宜,体现出其灵活性和可操作性。

(4) 灰色-TOPSIS 法进行路面使用性能评价时,其评价结果相比算术加权综合评价更为准确,建议后续研究中以灰色-TOPSIS 法进行路面使用性能综合评价结果在作为路段养护决策重要理论依据。

参考文献:

- [1] 赵婷. 高速公路沥青路面使用性能评价及预防性养护决策研究. 长安大学, 2011.
- [2] Ling Cheng, Zhou L, Gu F. The Application of Extension Theory on Pavement Performance Evaluation. Advanced Materials Research, 2010, 168-170: 111-115.
- [3] 李波, 韩森, 徐鸥明, 滕旭秋. 基于主成分分析法的沥青路面使用性能评价. 长安大学学报(自然科学版), 2009, 29(03): 15-18.