

改进物元可拓评价法在公路景观评价中的应用

崔田田¹, 陈沅江¹, 邓奇春², 刘征¹

1. 中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083
2. 湖南省交通科学研究院, 长沙 410015

摘要 以往的景观评价方法多为定性评价, 主观性太强, 且对景观的评价比较片面, 不能反应公路景观的整体安全水平。本文将改进的物元可拓评价法应用于公路景观评价中, 建立公路景观评价的物元分析模型, 分别从公路景观的敏感性、景观阈值、景观价值及其环境质量 4 个方面, 选用视距、地形、景观色彩、气候、生物多样性等 27 项指标作为物元分析模型的评价因子, 以张花高速公路实测数据为例进行评价, 得出公路景观所属等级。研究结果表明, 改进的物元可拓评价法克服了传统物元可拓评价在实测数据超出节域时无法计算的局限性, 客观性强, 评价精度高, 是公路景观评价的一种有效方法, 在今后的公路景观评价中具有良好的应用前景。

关键词 公路景观; 物元模型; 评价; 改进; 可拓

中图分类号 X951

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)23-0091-04

Application of Improved Matter Element Extension Evaluation Method in Road Landscape Evaluation

CUI Tiantian¹, CHEN Yuanjiang¹, DENG Qichun², LIU Zheng¹

1. School of Resources & Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China
2. Hunan Communications Research Institute, Changsha 410015, China

Abstract Landscape evaluation used to be mostly of qualitative and even subjective nature. An assessment of the landscape can not usually reflect the overall safety level of a highway landscape. An improved matter element extension evaluation method is proposed. Based on the principle of matter element extension evaluation, a matter element analysis model is established, including twenty seven indexes to cover various aspects of the road landscape evaluation. The indexes, such as sight distance, topography, landscape color, climate, diversity of organisms, are selected from four areas: the sensitivity of highway landscape, landscape threshold, landscape value, environmental quality. The grade of the road landscape is determined through evaluating a large set of expansive data from Zhanghua Highway. The results show that the improved matter element extension evaluation method enjoys excellent objectivity and high evaluation accuracy without the limitation that the calculation cannot be proceeded when the measured data go beyond the controlled field, and it is an effective method of the road landscape evaluation with good application prospect.

Keywords road landscape; matter element model; evaluation; improve; extension

0 引言

随着中国公路建设的飞速发展和人民生活水平的不断提高, 人们对公路的要求已不仅仅是最初的解决出行问题,

更需要兼顾安全、舒适、快速等功能。因此, 在公路建设体系中, 景观和环境因素越来越受到重视。

公路景观^[1-2]包括公路本身形成的景观及其沿线景观, 主

收稿日期: 2010-06-25; 修回日期: 2010-11-12

作者简介: 崔田田, 硕士研究生, 研究方向为交通安全, 电子信箱: cuitian1987@163.com; 陈沅江(通信作者), 副教授, 研究方向为职业安全卫生工程及岩土与环境安全工程, 电子信箱: yuanjiang_chen@126.com

要指由道路、附属设施、周边自然环境及人的活动等因素构成的一个总的空间概念。良好的公路景观不仅可为驾驶员提供舒适、优美的驾驶环境,延缓驾驶员的疲劳与紧张,还可帮助驾驶员做出正确决策,减少事故率,促进交通安全^[3-7]。在实际情况下,道路建设一段绿化一段的情况非常普遍,缺乏整体观念,使得高速公路的整体景观效果欠佳。公路景观评价是指运用社会学、美学、心理学等多门学科和观点,以促进交通安全、美化交通环境为目的,对公路沿线的景观环境进行调查与分析,判断路侧景观对交通安全的影响及其严重程度,提出减缓不利影响的对策建议,从而为整个系统指定防范措施和管理决策提供科学依据。

国内外学者在公路景观评价方面做了大量工作,使用比较广泛的定量评价方法有:综合评价法^[8]、模糊评价法^[9]、层次分析法、多层次灰色理论法、三维空间视图评价法^[10]等。虽然目前发展出多种方法,但公路景观评价涉及很多不确定因素和不相容的情况,大多评价方法存在对定性指标的定量转化处理不够理想的问题,部分评价方法主要依靠专家打分,主观性较强,不能客观反映公路景观的安全水平。公路景观作为高等级公路的重要附属设施,其设置的出发点是为公路的使用者提供安全的驾驶环境。目前的公路景观评价都是从美学的角度对公路景观的美景度进行评价,过于追求公路景观的美学效果。本文综合考虑公路景观的敏感性、景观阈值、景观价值及其环境质量,对公路景观的整体水平进行评价。引入改进的物元可拓法,既考虑了公路景观的不确定性和不相容性,又能体现评价指标对两级级别的差异及同一级别内部的不同状态。

1 改进的物元可拓评价法

可拓学^[11-12]是蔡文等创立的新学科,研究事物拓展的可能性和开拓创新的规律与方法,并用以解决矛盾问题。物元可拓法^[11-14]的基本原理是根据物元可拓分析理论,将评价指标体系及其特征值作为物元,通过评价级别和实测数据,得到经典域、节域和关联度,从而建立定量综合评价方法。传统的物元可拓法存在一定的局限性^[14]。当实测数据未超出相关标准(即未超出节域)时,物元可拓法可以得到较好的综合评价结果。但是,只要任一指标(或某些指标)实测值超出节域,其关联度函数就会出现无法计算的情况,此时就不能用物元可拓法进行综合评价。改进的物元可拓法在传统物元可拓法的基础上,对每个经典域的量值和待评物元体的量值进行规格化处理,解决评价指标实测值超出节域的问题,克服传统物元可拓法的局限性。

物元是以事物 N 、特征 C 以及事物关于该特征的量值 V 组成的三元组,记做 $R=(N, C, V)$ 。

1) 确定事物的经典域物元体与节域物元体

假定 N_j 为所划分的 j 个评价类型, C_i 为第 i 个评价指标,则

$$R_0 = \begin{pmatrix} N & N_1 & N_2 & \cdots & N_m \\ C_1 & V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1m} \\ C_2 & V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_n & V_{n1} & V_{n2} & \cdots & V_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中, $V_{ij}=\langle a_{ij}, b_{ij} \rangle$ 为 N_j 关于指标 C_i 所规定的量值范围,即各类别关于对应指标所取的数据范围经典域。

令

$$R_p=(P, C, V_p) = \begin{pmatrix} p & C_1 & V_{1p} \\ C_2 & V_{2p} \\ \vdots & \vdots \\ C_n & V_{np} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p & C_1 & \langle a_{1p}, b_{1p} \rangle \\ C_2 & \langle a_{2p}, b_{2p} \rangle \\ \vdots & \vdots \\ C_n & \langle a_{np}, b_{np} \rangle \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中, p 为类别全体, $V_{ip}=\langle a_{ip}, b_{ip} \rangle$ 为 p 关于 C_i 所取的量值范围,即 P 的节域,且 $V_{ij} \subset V_{ip} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。

2) 经典域规格化

对每个经典域的量值进行规格化处理,即都除以节域 V_p 右端点数值 b_{ip} ,得到新的物元经典域,即

$$R'_0 = \begin{pmatrix} N & N_1 & N_2 & \cdots & N_m \\ C_1 & V'_{11} & V'_{12} & \cdots & V'_{1m} \\ C_2 & V'_{21} & V'_{22} & \cdots & V'_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_n & V'_{n1} & V'_{n2} & \cdots & V'_{nm} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$V'_{ij}=\langle a'_{ij}, b'_{ij} \rangle$, 其中 $a'_{ij}=\frac{a_{ij}}{b_{ip}}, b'_{ij}=\frac{b_{ij}}{b_{ip}}$ 。

3) 确定待评物元

用物元 R_q 表示待评事物 q 的待评物元,即

$$R_q = \begin{pmatrix} q & C_1 & v_1 \\ C_2 & v_2 \\ \vdots & \vdots \\ C_n & v_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

其中, q 为待评价的事物; v_i 为 q 关于 C_i 的量值,即待评事物检测所得的具体数据。

4) 待评物元量值规格化

对 R_q 中元素进行规格化:

$$R'_q = \begin{pmatrix} q & C_1 & v'_1 \\ C_2 & v'_2 \\ \vdots & \vdots \\ C_n & v'_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中, $v'_i=\frac{v_i}{b_{ip}} (i=1, 2, \dots, n)$ 。

5) 确定待评物元关于规格经典域量值范围的距离 D_{ij}

$$D_{ij} = \left| v'_i - \frac{a'_{ij} + b'_{ij}}{2} \right| - \frac{b'_{ij} - a'_{ij}}{2} \quad (6)$$

6) 确定权系数

对每个评价指标 $C_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的量值 v_i , 令 $d_{\max} =$



$\max\{|v_i - a_p|, |b_p - v_i|\}, d_{\min} = \min\{|v_i - a_p|, |b_p - v_i|\} (i=1, 2, \dots, n)$, 则定义评价指标 C_i 的权重为

$$\alpha_i = \frac{e^{-\mu(d_{\max} - d_{\min})}}{\sum_{i=1}^n e^{-\mu(d_{\max} - d_{\min})}} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

μ 为可调系数, 一般取 $\mu \geq 1$ 。

7) 确定综合关联度 $K_j(q)$

$$K_j(q) = 1 - \sum_{i=1}^n \alpha_i D_{ij} \quad (8)$$

8) 等级评定

若 $K_{j_0}(q) = \max_{j \in \{1, 2, \dots, m\}} K_j(q)$, 则评定事物 q 属于等级 j_0 。

令

$$\bar{K}_j(q) = \frac{K_j(q) - \min K_j(q)}{\max K_j(q) - \min K_j(q)} \quad (9)$$

则

$$j^* = \sum_{j=1}^m j \bar{K}_j(q) / \sum_{j=1}^m \bar{K}_j(q) \quad (10)$$

称 j^* 为 q 的级别变量特征值, 从 j^* 的大小可以判断待评物元偏向相邻等级的程度。

2 实例应用

张花高速公路地处湘西北, 起于张家界, 与常张高速公路相接, 止于湘西自治州的花垣县, 与吉茶高速公路相连, 途经张家界市的永定区、湘西自治州的永顺县、保靖县和花垣县。张花路连通二广高速、杭瑞高速和包茂高速。

以湖南省张花高速公路沿线景观为例, 建立物元模型, 进行综合等级评价。根据文献[15]的张花高速公路景观实测数据, 结合《公路景观评价指标体系(报批稿)》, 分别从景观敏感性、景观阈值、景观价值和环境景观质量 5 方面选用 27 个评价指标, 将公路景观评价指标体系按照公路景观的发展水平分为优、良、中、差 4 个等级, 如表 1 所示。

根据式(3)、式(5), 将数据规格化。利用公式(6)求出张花高速公路景观中规格化数据关于规格化经典域的距离(点与区间的距离)。

表 1 评价指标和实测数据

Table 1 Evaluation indexes and measured data

序号	评价因子	优	良	中	差	实测值	权系数
C_1	视距	[2.25, 3.00]	[1.50, 2.25]	[0.75, 1.50]	[0, 0.75]	3.00	0.020
C_2	相对坡度	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	3.00	0.046
C_3	特殊性	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	2.00	0.046
C_4	相融性	[1.00, 1.75]	[1.75, 2.50]	[2.50, 3.25]	[3.25, 4.00]	3.50	0.034
C_5	出现概率	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	2.75	0.050
C_6	地形	[2.25, 3.00]	[1.50, 2.25]	[0.75, 1.50]	[0, 0.75]	2.75	0.024
C_7	坡度	[1.50, 2.00]	[1.00, 1.50]	[0.50, 1.00]	[0, 0.50]	0.75	0.043
C_8	土壤侵蚀度	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	4.25	0.028
C_9	植物丰富度	[2.25, 3.00]	[1.50, 2.25]	[0.75, 1.50]	[0, 0.75]	2.25	0.034
C_{10}	动物丰富度	[2.25, 3.00]	[1.50, 2.25]	[0.75, 1.50]	[0, 0.75]	2.50	0.029
C_{11}	水体丰富度	[1.50, 2.00]	[1.00, 1.50]	[0.50, 1.00]	[0, 0.50]	0.75	0.043
C_{12}	气候	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	3.00	0.046
C_{13}	景观色彩	[1.50, 2.00]	[1.00, 1.50]	[0.50, 1.00]	[0, 0.50]	0.25	0.026
C_{14}	生物多样性	[6.00, 8.00]	[4.00, 6.00]	[2.00, 4.00]	[0, 2.00]	5.50	0.038
C_{15}	森林植被自然性	[4.50, 6.00]	[3.00, 4.50]	[1.50, 3.00]	[0, 1.50]	3.50	0.047
C_{16}	植被覆盖率	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	3.50	0.037
C_{17}	植被代表性	[3.00, 4.00]	[2.00, 3.00]	[1.00, 2.00]	[0, 1.00]	3.00	0.037
C_{18}	历史性	[7.50, 10.00]	[5.00, 7.50]	[2.50, 5.00]	[0, 2.50]	0	0.020
C_{19}	实用性	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	4.50	0.025
C_{20}	特殊性	[7.50, 10.00]	[5.00, 7.50]	[2.50, 5.00]	[0, 2.50]	4.50	0.050
C_{21}	地形	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	3.00	0.046
C_{22}	植被	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	3.50	0.037
C_{23}	水体	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	3.50	0.037
C_{24}	色彩	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	4.50	0.025
C_{25}	奇异罕见景观	[3.75, 5.00]	[2.50, 3.75]	[1.25, 2.50]	[0, 1.25]	1.50	0.037
C_{26}	景观价值综合指数	[6.00, 0]	[4.00, 6.00]	[2.00, 4.00]	[0, 2.00]	4.75	0.046
C_{27}	景观质量现状评分	[80.00, 100.00]	[60.00, 79.00]	[30.00, 59.00]	[0, 30.00]	59.40	0.046



	0.000	0.250	0.500	0.750
	0.050	-0.100	0.100	0.350
	0.350	0.100	-0.100	0.150
	0.435	0.245	0.065	-0.065
	0.200	-0.050	0.050	0.300
	-0.083	0.167	0.417	0.667
	0.375	0.125	-0.125	0.125
	-0.100	0.100	0.350	0.600
	0.000	0.000	0.250	0.500
	-0.083	0.083	0.333	0.583
	0.375	0.125	-0.125	0.125
	0.150	-0.100	0.100	0.350
	0.625	0.375	0.125	-0.125
$D=$	0.063	-0.063	0.188	0.438
	0.167	-0.083	0.083	0.333
	0.050	-0.050	0.200	0.450
	0.000	0.000	0.250	0.500
	0.750	0.500	0.250	0.000
	-0.100	0.150	0.400	0.650
	0.300	0.050	-0.050	0.200
	0.150	-0.100	0.100	0.350
	0.050	-0.050	0.200	0.450
	0.050	-0.050	0.200	0.450
	-0.100	0.150	0.400	0.650
	0.450	0.200	-0.050	0.050
	0.156	-0.094	0.094	0.344
	0.206	0.006	0.004	0.294

根据式(7)可得各个评价指标的权系数,见表1($\mu=1$)。按照式(8)~式(10)计算综合关联度及量级特征值为

$$K_j(q)=(0.828, 0.957, 0.878, 0.668)$$

$$\bar{K}_j(q)=(0.554, 1.000, 0.727, 0.000)$$

$$j^*=2.1$$

$K_{j_0}(q)=\max\{0.828, 0.957, 0.878, 0.668\}=K_2(q)$,因此 $j_0=2$ 。说明此高速公路景观属于第2等级“良”,准确地说是2.1级,量级特征值更确切地反映了评价的实际情况。张花高速公路经过天门山等风景名胜,沿途风景秀丽,评价结果与实际相符,说明改进的物元评价法可用于公路景观评价。

3 结论

1) 开展公路景观综合评价是研究公路景观设计是否合理的必要过程。利用改进的物元分析方法,建立公路景观评价多指标参数的等级评定模型,克服了以往公路景观评价方法一般以定性评述为主的弱点。

2) 以往的公路景观评价一般对景观的美学评价、价值评价、阈值评价及质量评价分别进行,无法将各评价结果进行综合,因而无法进行整体等级评判。本文利用物元分析理论,综合考虑多重评价指标,从整体的角度评价公路景观所属等级,从而掌控公路景观的整体水平,为交通安全管理提供科学的参考依据,在公路景观评价中具有良好的应用前景。

3) 物元分析方法采用大量的原始数据,对定性指标和定量指标中质与量的转化处理较好,但待评道路的原始数据是根据国家相关标准进行打分得到,存在一定的主观性,对各个评价指标的客观取值问题还有待深入探讨。

参考文献 (References)

- [1] 何勇,唐铮铮. 道路交通安全技术[M]. 北京:人民交通出版社,2008.
He Yong, Tang Zhengzheng. Road safety technology [M]. Beijing: China Communications Press, 2008.
- [2] 贺志勇,张肖宁,史文中. 景观生态学在公路景观环境评价中的应用[J]. 城市环境与城市生态,2003,16(6):133-135.
He Zhiyong, Zhang Xiaoning, Shi Wenzhong. Urban Environment & Urban Ecology, 2003, 16(6): 133-135.
- [3] Taylor J G, Zube E H, Sell J L. Landscape assessment and perception research methods[J]. Meth Env Behav Res, 1987: 361-393.
- [4] Topp H H. Traffic safety, usability and streetscape effects of new design principles for major urban roads[J]. Transportation, 1990, 16(4): 297-310.
- [5] Bahar G, Naderi J. An integrated approach to environmental impact mitigation and safety management—Case studies in the municipality of metropolitan Toronto[C]. XIIIth World Meeting of the International Road Federation Toronto, Ontario, Canada, 1997.
- [6] Mok J, Landphair H C. Landphair. Parkways and freeways: Safety performance linked to corridor landscape type [C]. Transportation Research Board 82nd Annual Meeting, Houston, USA, May 7, 2008.
- [7] Mok J H, Landphair H C, Naceri J R. Landscape improvement impacts on roadside safety in Texas[J]. Lands Urban Plann, 2006, 78(3): 263-274.
- [8] 李世武,杨志发,王云鹏,等. 高等级公路路侧景观对交通安全影响的综合评价方法[J]. 吉林大学学报:工学版,2007,37(4):777-781.
Li Shiwu, Yang Zhifa, Wang Yunpeng, et al. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2007, 37(4): 777-781.
- [9] 张秀丽,潘凤文,周卫峰,等. 公路景观的模糊协调度评价方法[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2009,28(4):736-741.
Zhang Xiuli, Pan Fengwen, Zhou Weifeng, et al. Journal of Chongqing Jiaotong University: Natural Science, 2009, 28(4): 736-741.
- [10] 叶亚丽. 山区高速公路景观设计与评价[D]. 西安:长安大学,2006.
Ye Yali. Landscape design and evaluation of mountainous freeway[D]. Xi'an: Chang'an University, 2006.
- [11] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1994.
Cai Wen. Matter-element model and its application [M]. Beijing: Technology Literature Publishing House, 1994.
- [12] 蔡文. 可拓工程方法[M]. 北京:科学出版社,1997.
Cai Wen. Extension engineering method[M]. Beijing: Science Press, 1997.
- [13] 胡宝清,张轩,卢兆明. 可拓评价方法的改进及其应用研究[J]. 武汉大学学报:工学版,2003,36(5):79-84.
Hu Baoqing, Zhang Xuan, Lu Zhaoming. Engineering Journal of Wuhan University, 2003, 36(5): 79-84.
- [14] 孙秀玲,褚君达,马惠群,等. 物元可拓评价法的改进及其应用研究[J]. 水文,2007,27(1):4-7.
Sun Xiuling, Chu Junda, Ma Huiqun, et al. Journal of China Hydrology, 2007, 27(1): 4-7.
- [15] 湖南省交通科学研究院. 张花路环境影响评价报告[R]. 长沙:湖南省交通科学研究院,2009.
Hunan Communication Research Institute. Environmental impact assessment report of Zhanghua Road [R]. Changsha: Hunan Communication Research Institute, 2009.

(责任编辑 代丽)