

文章编号:1671-8879(2007)04-0037-05

道路环境影响综合评价指标权重确定方法

马士宾^{1,2}, 张绍阳¹, 王选仓¹, 王朝辉¹

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 河北工业大学 土木工程学院, 天津 300132)

摘要:针对道路建设项目环境状况评价中存在主观影响因素过多、权重确定复杂等问题,以属性数学理论为基础,通过单指标属性测度分析、多指标综合属性测度分析、属性识别分析,利用相似原理确定指标权重的方法,建立了以噪音污染指数、水环境平均综合污染指数、大气综合质量指数、土壤侵蚀强度等为指标的道路环境评价模型。最后对实际道路进行了环境评价。评价结果表明,该方法可以客观地确定各评价指标的权重,反映了各指标对总体评价结果的影响,评价结果与道路实际环境状况相吻合。

关键词:道路工程;环境影响;综合评价;权重

中图分类号:U491.1 **文献标志码:**A

Determining method of index weight for synthetic evaluating road environment

MA Shi-bin^{1,2}, ZHANG Shao-yang¹, WANG Xuan-cang¹, WANG Zhao-hui¹

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. School of Civil Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300132, China)

Abstract: For the excess of subjective factors and the difficulty of index weight decision in current evaluation model for the condition of highway environment, a model which includes noise, air condition, water quality and soil erosion indices is built with the hierachy analysis method, and a method named similar number based on attribute math theory is brought out to determine the weights of the indices. This method including four parts which are single index attribute measure analysis, multiple index synthetic attribute measure analysis, attribute recognition analysis and the determining of index weight. An example is shown in the synthetic evaluation. The evaluation results show that this method can determine the index weights objectively, reflect the influences of all the indices. The evaluation results are consistent with the real environment.

3 tabs, 5 figs, 8 refs.

Key words: road engineering; environment impact; synthetic evaluation; weight

0 引言

道路建设项目环境影响评价已成为道路工程项目可

行性研究的重要组成部分。交通部在 1998 年发布了《公路建设项目环境影响评价规范(试行)》(JTJ005-96)和《公路环境保护设计规范》(JTJ/

收稿日期:2006-07-20

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200531881213)

作者简介:马士宾(1974-),男,河北保定人,河北工业大学讲师,长安大学博士研究生,E-mail:marotolo@126.com。

T00698),其主要目的就是结合拟建道路沿线实际情况,对营运期水环境、生态土壤环境、大气环境、噪音等进行综合评价。对于多指标评价系统,各评价指标的相互作用程度表现为指标权重互不相同,不同权重对应不同的评价结果,所以合理地确定环境综合评价的权重十分重要。目前,指标权重的确定方法主要有主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法是由评价人员根据各项指标的重要性(主观重视程度)而赋权的一类方法,常用的有专家调查法、循环打分法、二项系数法和层次分析法,这些方法都具有基于对各项指标重要性的主观认知程度,具有一定的主观随意性^[1-3]。客观赋权法^[4]是利用指标值所反映的客观信息确定权重的一种方法。该方法能够反映指标自身的客观标准,但确定方法较为困难。道路环境评价系统比较复杂,专家难以靠经验衡量各指标的相互重要程度^[5-8]。为此,本文以属性数学理论为基础,利用相似数法研究道路环境影响综合评价中各指标的权重确定方法,使评价结果更加可靠。

1 道路环境影响属性综合评价模型

1.1 道路环境影响综合评价指标

道路是一条带状建筑物,对沿线周围环境的影响复杂,道路环境影响综合评价指标需要从各环境要素中选取。根据道路沿线地区的环境特征划分项目环境的功能区,选取各功能区能反映沿线环境质量的代表性项目指标作为评价参数。道路环境评价可以看成3层构成,分别为目标层、准则层和指标层。图1为本次评价所选用的道路环境影响评价的层次结构。

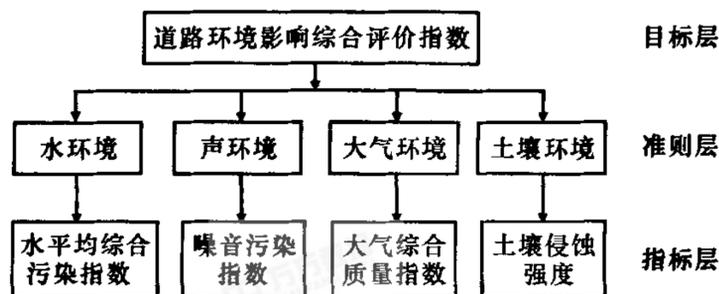


图1 道路环境影响综合评价层次

1.2 道路环境影响属性综合评价模型的建立

1.2.1 道路环境影响单指标属性测度函数的构造

根据图1列出的道路环境影响3层指标体系,令 $I_1 = \{\text{道路声环境}\}$, $I_2 = \{\text{道路水环境}\}$, $I_3 = \{\text{道路大气环境}\}$, $I_4 = \{\text{道路土壤环境}\}$ 。各准则层可以指标层量化,得出具体数值。道路对环境影响程度可划分为 $C_1 = \{\text{很小}\}$, $C_2 = \{\text{较小}\}$, $C_3 = \{\text{中等}\}$, $C_4 = \{\text{严重}\}$, $C_5 = \{\text{很严重}\}$ 。道路环境评价标准如表1所示。

表1 道路环境质量单指标等级划分

指标	类别				
	C_1	C_2	C_3	...	C_K
I_1	$a_{10} \sim a_{11}$	$a_{11} \sim a_{12}$	$a_{12} \sim a_{13}$...	$a_{1K-1} \sim a_{1K}$
I_2	$a_{20} \sim a_{21}$	$a_{21} \sim a_{22}$	$a_{22} \sim a_{23}$...	$a_{2K-1} \sim a_{2K}$
...
I_m	$a_{m0} \sim a_{m1}$	$a_{m1} \sim a_{m2}$	$a_{m2} \sim a_{m3}$...	$a_{mK-1} \sim a_{mK}$

注: a_{ij} 为指标 I_i 的取值($i=1,2,\dots,m; j=0,1,\dots,K$);表中范围为某个分类中取值的上下限。

设某道路 x 环境影响评价的第 j 个指标 t ,具有属性 C_k 的大小用属性测度 μ_{xjk} 表示,则可构造单指标属性测度函数 μ_{xjk} 为

$$\mu_{xj1}(t) = \begin{cases} 1 & t < a_{j1} - d_{j1} \\ \frac{|t - a_{j1} - d_{j1}|}{2d_{j1}} & a_{j1} - d_{j1} \leq t \leq a_{j1} + d_{j1} \\ 0 & a_{j1} + d_{j1} < t \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{xjK}(t) = \begin{cases} 0 & t < a_{jK-1} - d_{jK-1} \\ \frac{|t - a_{jK-1} + d_{jK-1}|}{2d_{jK-1}} & a_{jK-1} - d_{jK-1} \leq t \leq a_{jK-1} + d_{jK-1} \\ 1 & a_{jK-1} + d_{jK-1} < t \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{xjk}(t) = \begin{cases} 0 & t < a_{jk-1} - d_{jk-1} \\ \frac{|t - a_{jk-1} + d_{jk-1}|}{2d_{jk-1}} & a_{jk-1} - d_{jk-1} \leq t \leq a_{jk-1} + d_{jk-1} \\ 1 & a_{jk-1} - d_{jk-1} \leq t \leq a_{jk} + d_{jk} \\ \frac{|t - a_{jk} - d_{jk}|}{2d_{jk-1}} & a_{jk} - d_{jk} \leq t \leq a_{jk} + d_{jk} \\ 0 & a_{jk} + d_{jk} < t \end{cases} \quad (3)$$

$$j = 1, 2, \dots, m; k = 2, 3, \dots, K - 1$$

其中, a_{jk} 满足 $a_{j0} < a_{j1} < \dots < a_{jk}$ 或 $a_{j0} > a_{j1} > \dots > a_{jk}$ 。不妨假定 $a_{j0} < a_{j1} < \dots < a_{jk}$ 。

$$\text{令 } b_{jk} = \frac{a_{jk-1} + a_{jk}}{2}, k = 1, 2, \dots, K, \text{ 有}$$

$$d_{jk} = \min(|b_{jk} - a_{jk}|, |b_{j,k+1} - a_{jk}|)$$

进而计算得出单指标属性测度矩阵为

$$(\mu_{ijk})_{m \times p} = \begin{bmatrix} \mu_{i11} & \dots & \mu_{i1K} \\ \vdots & & \vdots \\ \mu_{im1} & \dots & \mu_{imK} \end{bmatrix} \quad (4)$$

1.2.2 道路环境影响多指标属性测度函数的构造

$$\text{设 } \mu_{ik} = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K \quad (5)$$

其中, w_j 为 I_j 的权重,满足 $0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^m w_j = 1$,

显然 $0 \leq \mu_{ik} \leq 1$, 并且

$$\sum_{k=1}^K \mu_{ik} = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^m w_j \mu_{ijk} = \sum_{j=1}^m \left| \sum_{k=1}^K \mu_{ijk} \right| w_j = \sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (6)$$

定义 μ_{ik} 为属性测度矩阵为

$$(\mu_{ik})_{n \times K} = \begin{bmatrix} \mu_{i11} & \cdots & \mu_{i1K} \\ \vdots & & \vdots \\ \mu_{in1} & \cdots & \mu_{inK} \end{bmatrix} \quad (7)$$

为多指标属性综合测度评价矩阵,称矩阵式(7)的第 i 个行向量 $(\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{iK})$ 为 x_i 的多指标属性综合评价向量。

1.2.3 属性识别准则

置信度准则:设评价集 (C_1, C_2, \dots, C_5) 为有序集, $C_1 > C_2 > \dots > C_5$, λ 为置信度, $0.5 < \lambda \leq 1$ 。若

$$k_0 = \min \left\{ k : \sum_{i=1}^k \mu_x(C_i) \geq \lambda, 1 \leq k \leq K \right\} \quad (8)$$

则认为 x 属于 C_{k_0} 级别或 C_{k_0} 类。

1.2.4 道路环境质量评价指标权重的确定

如果单指标测度评价矩阵式(4)及指标权重 w_j 已知,则可由式(5)求出的属性综合测度评价矩阵作为评价依据。但是目前未见相关文献对道路环境各评价指标权重进行探讨,专家又无法凭经验给出。为寻求确定 w_j 的客观性指标,本文采用相似数的方法进行计算。首先假定各个环境质量指标具有相同

的重要程度,设为平均重要程度,即

$$w_j = \frac{1}{m}, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

在此假定情况下,由式(5)求出综合测度评价矩阵式(7)。矩阵式(7)的第 i 个行向量 $(\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{iK})$ 是第 i 个评价对象 x_i 的综合测度评价向量。 μ_{ik} 是样本 x_i 的 m 个测量值各自所属于 C_k 类的测度平均值,即

$$\mu_{ik} = \frac{1}{m} (\mu_{i1k} + \mu_{i2k} + \dots + \mu_{imk}) \quad (9)$$

综合评价向量式(9)在“平均”意义上反映了 x_i 的总体评价情况。由于单指标属性测度评价向量与综合评价向量的“相近”程度体现了 I_j 反映总体情况的能力,故可采用相似数 r_j 的方法求得权重,计算见式(10)、式(11)。

$$r_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{iK}) (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{iK})^T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \mu_{ijk} \mu_{ik} \quad (10)$$

$$w_j = r_j / \sum_{j=1}^m r_j \quad (11)$$

2 道路环境权重确定方法的应用

2.1 道路环境质量评价标准

世界各国的声环境、水环境、大气环境、土壤环境质量评价标准有所不同。表 2 为中国环境质量评价中常用评价类别,并且各指标都有相应计算方法。

表 2 道路环境评价标准 (仅供参考)

评价指标		评价类别				
指标体系	分类指数	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
I_1 声环境	噪音污染指数 P_N	0.50 ~ 0.60	0.60 ~ 0.67	0.67 ~ 0.75	0.75 ~ 1.00	1.00 ~ 1.50
I_2 水环境	平均综合污染指数 P_W	0.2 ~ 0.4	0.4 ~ 0.7	0.7 ~ 1.0	1.0 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5
I_3 大气环境	大气综合质量指数 P_a	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.8	0.8 ~ 1.0	1.0 ~ 1.2
I_4 土壤环境	土壤侵蚀强度 P_s	0.2 ~ 0.4	0.4 ~ 2.0	2.0 ~ 4.0	4.0 ~ 6.0	6.0 ~ 8.0

2.1.1 噪声污染指数

噪声污染指数的定义为

$$P_N = \frac{L_{Aeq}}{L_b} \quad (12)$$

式中: P_N 为噪声污染指数; L_{Aeq} 为环境噪声级(等效 A 声级); L_b 为基准噪声级,可取 75 dB。

2.1.2 水环境平均综合污染指数

$$P_W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{oi}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad (13)$$

式中: P_W 为水环境平均综合污染指数; C_i 为某种污染物的实测浓度值(或预测浓度值, mg/L); C_{oi} 为某种污染物的评价标准值(mg/L); n 为参与评级的因

子数; p_i 为某种污染物的污染分指数。

2.1.3 大气综合质量指数

大气综合质量指数是在单因子质量指数的基础上考虑污染物的权重,其质量指数计算公式为

$$P_a = \sum_{i=1}^n w_i P_{ai} \quad (14)$$

式中: P_a 为大气综合质量指数; P_{ai} 为第 i 种污染物的污染分指数, $P_{ai} = C_i / C_{oi}$; w_i 为第 i 种污染物的权重值; n 为参与评级的因子数。

2.1.4 土壤侵蚀强度

表 2 中评价类别数值为水利部门 1984 年颁发的土壤侵蚀强度分级指标。

对天津市5条道路的道路环境实测数据计算结果如表3所示。

表3 天津市5条道路的道路环境实测数据计算结果

测点	评价指标			
	I_1 声环境 噪声污染指数	I_2 水环境平均 综合污染指数	I_3 大气环境大 气综合质量指数	I_4 土壤环境 土壤侵蚀强度
x_1	0.76	0.45	0.89	4.92
x_2	0.75	0.46	0.92	4.47
x_3	0.66	0.54	0.34	1.42
x_4	0.68	0.95	0.84	4.28
x_5	0.66	0.45	0.97	1.49

注： x_1 为杨村—北辰公路(杨北公路)； x_2 为天津—围场公路(津围公路)； x_3 为天津—汉沽公路(津汉公路)； x_4 为天津—岐口镇公路(津岐公路)； x_5 为天津—塘沽公路(津塘公路)。

2.2 建立单指标属性测度函数图

由式(1)~式(3)可得单指标属性测度函数图，见图2~图5。

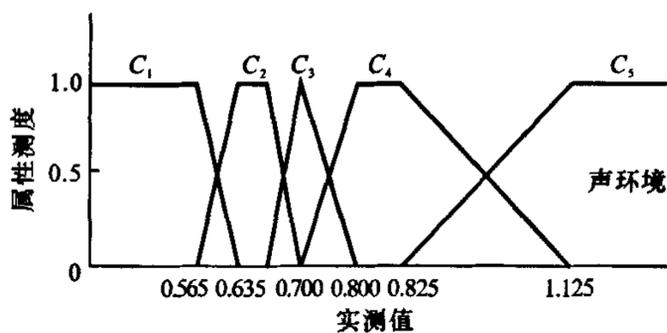


图2 声环境单指标属性测度函数图

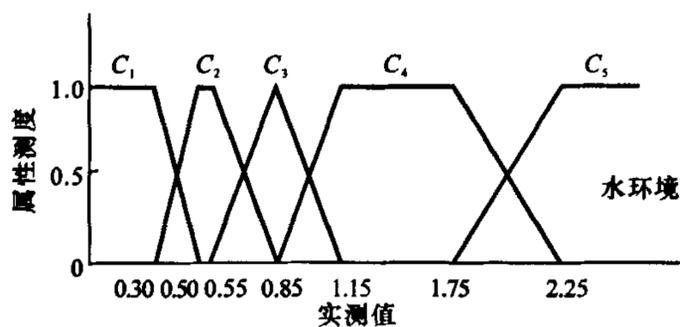


图3 水环境单指标属性测度函数图

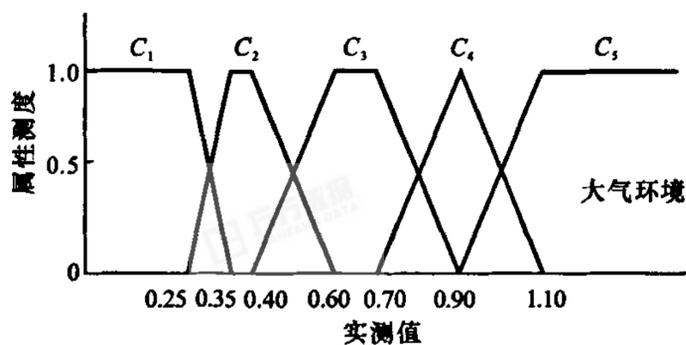


图4 大气环境单指标属性测度函数图

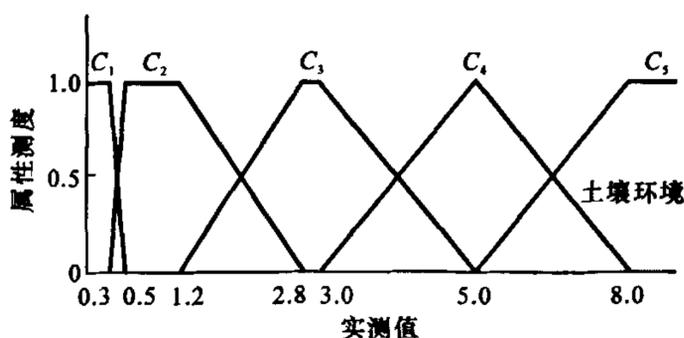


图5 土壤环境单指标属性测度函数图

同理，可求得表3中5个样品的单指标测度评价矩阵。

杨北公路

$$(\mu_{1k})_{4 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.40 & 0.60 & 0 \\ 0.25 & 0.75 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.95 & 0 \\ 0 & 0 & 0.04 & 0.96 & 0 \end{bmatrix}$$

津围公路

$$(\mu_{2k})_{4 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0.20 & 0.80 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.90 & 0.10 & 0 \\ 0 & 0 & 0.27 & 0.73 & 0 \end{bmatrix}$$

津汉公路

$$(\mu_{3k})_{4 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.33 & 0.67 & 0 \\ 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.10 & 0.90 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.86 & 0.14 & 0 \end{bmatrix}$$

津岐公路

$$(\mu_{4k})_{4 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.67 & 0.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0.67 & 0.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0.30 & 0.70 & 0 \\ 0 & 0 & 0.36 & 0.64 & 0 \end{bmatrix}$$

津塘公路

$$(\mu_{5k})_{4 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.33 & 0.67 & 0 \\ 0.25 & 0.75 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.70 & 0 \\ 0.82 & 0.18 & 0.30 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.3 相似数与相似权

假定噪音污染指数、水环境平均综合污染指数、大气综合质量指数、土壤侵蚀强度具有相同的权重，即 $(w_1, w_2, w_3, w_4) = (\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ ，由式(6)知：

$$\mu_{jk} = \frac{1}{4} \sum_i \mu_{ijk}, \quad i = 1, 2, \dots, 5; \quad k = 1, 2, \dots, 5.$$

由此求得属性综合评价矩阵为

$$\mu = (\mu_{jk})_{5 \times 5} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.06 & 0.19 & 0.12 & 0.63 & 0 \\ 0.05 & 0.20 & 0.19 & 0.49 & 0.07 \\ 0.28 & 0.44 & 0.12 & 0.16 & 0 \\ 0 & 0 & 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0.27 & 0.23 & 0.16 & 0.34 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

由式(10)得

$$(r_1, r_2, r_3, r_4) = (0.430, 0.337, 0.510, 0.503)$$

(15)

再由式(11)得

$$(w_1, w_2, w_3, w_4) = (0.24, 0.19, 0.29, 0.28) \quad (16)$$

以式(16)作为指标权重向量,按 $\mu_{ik} = \sum_{j=1}^m w_j \cdot \mu_{ijk}$, $i = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, K$,求得属性综合评价矩阵

$$\mu = (\mu_{ik})_{5 \times 5} = \begin{bmatrix} 0.01 & 0.14 & 0.16 & 0.69 & 0 \\ 0.04 & 0.17 & 0.20 & 0.59 & 0 \\ 0.22 & 0.51 & 0.10 & 0.16 & 0 \\ 0 & 0 & 0.47 & 0.52 & 0 \\ 0.23 & 0.25 & 0.17 & 0.36 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{matrix}$$

2.4 属性识别

取置信度 $\lambda = 0.6$ 或 0.7 ,由属性综合测度矩阵及置信度识别准则,可得杨北公路、津围公路、津岐公路对环境的影响属于“严重”,津汉公路的影响“较小”,津塘公路属于“中等”。

因评价集 (C_1, C_2, \dots, C_5) 为有序集,即 $C_1 > C_2 > \dots > C_5$,可令 C_k 的得分为 $5 - k$,定义质量分级 $q_{x_i} = \sum_{k=1}^5 (5 - k) \mu_{ik}$,得 $q_{x_1} = 2.47, q_{x_2} = 2.66, q_{x_3} = 3.76, q_{x_4} = 2.45, q_{x_5} = 3.38$ 。由 $q_{x_3} > q_{x_5} > q_{x_2} > q_{x_4} > q_{x_1}$ 可知,5条公路环境的排序为:津汉公路、津塘公路、津围公路、津岐公路、杨北公路。其中杨北公路、津围公路、津岐公路属于同一类,其环境质量有待于整治。

3 结 语

(1) 给出的以属性数学理论的指标权重的确定方法是一种基于客观信息赋权的方法,在很大程度上避免了权重确定过程中有效信息的遗失,为道路环境影响评价中各指标权重的确定开辟了一条新途径。

(2) 重点讨论了权重确定方法,道路环境影响评价指标体系只选取了噪音污染指数、水环境平均综合污染指数、大气综合质量指数、土壤侵蚀强度4个指标。在实际应用中,可以增加评价指标,该方法仍然可用。

(3) 在扩展研究中,对本文提出的方法如利用计算机编程来实现,将使用更为简便。

参考文献:

References:

[1] 陈红,魏风虎.公路生态系统评价指标体系构建方法研究[J].中国公路学报,2004,17(4):89-92.
CHEN Hong, WEI Feng-hu. Study of the way on

indicator set of ecological assessment of highway[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(4):89-92.

- [2] 汪益敏,王秉纲.公路土质路基边坡坡面冲刷稳定性的模糊综合评价[J].中国公路学报,2005,18(1):24-29.
WANG Yi-min, WANG Bing-gang. Fuzzy evaluation method of scouring stability on soil subgrade slope [J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(1): 24-29.
- [3] Jha M K. Feasibility of computer visualization in highway development: a fuzzy logic based approach [J]. Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2006, 21(2):136-147.
- [4] 石勇民,张正明,肖亮.公路项目投资风险变权模糊综合评价[J].长安大学学报:社会科学版,2006,8(2):1-5.
SHI Yong-min, ZHANG Zheng-ming, XIAO Liang. Fuzzy synthetic evaluation on variable weight of investment risk in road project [J]. Journal of Chang'an University: Society Science Edition, 2006, 8(2):1-5.
- [5] 谭旭,陈英武,高妍方.一种新的基于组合赋权的区间型多属性决策方法[J].系统工程,2006,24(4):111-114.
TAN Xu, CHEN Ying-wu, GAO Yan-fang. Multi-attribute decision-making interval combination determining weights method [J]. Systems Engineering, 2006, 24(4):111-114.
- [6] 马荣国,刘艳妮.公路建设项目综合评价权重确定方法[J].交通运输工程学报,2005,5(2):110-112.
MA Rong-guo, LIU Yan-ni. Weight value determination method of highway construction comprehensive evaluation [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(2):110-112.
- [7] 袁黎,陆键,项乔君,等.高速公路绿化评价指标体系的研究[J].交通运输系统工程与信息,2006,6(3):93-96.
YUAN Li, LU Jian, XIANG Qiao-jun, et al. Evaluation index approaches of freeway green landscape [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2006, 6(3): 93-96.
- [8] 杨云峰,赵剑强.公路建设项目水环境风险评价方法[J].长安大学学报:自然科学版,2006,26(3):84-86.
YANG Yun-feng, ZHAO Jian-qiang. Method of water environmental risk assessment on highway construction project [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(3):84-86.