

黄土边坡稳定性的熵权法综合评价

姚 勇¹ 姚文华² 高加成²

(1. 西安科技大学地质与环境学院,陕西西安 710054; 2. 嘉应学院土木系,广东梅州 514015)

【摘 要】 在边坡的稳定性综合评价中,评价体系的建立和评价因素权重的确定是关键问题。针对这种情况,建立一种新的黄土边坡稳定性综合评价模型。模型中将黄土边坡稳定性分为 5 个级别:稳定;较稳定;欠稳定;不稳定;极不稳定。以坡高、边坡总坡比、天然重度、内摩擦角、粘聚力为评价因子。针对评价因素权重确定中的困难,把熵权法运用到边坡的综合评价中,避免人为确定权重的主观性。通过实例的计算表明,该评价方法是合理、可行的,为边坡稳定的综合评价提供有益参考。

【关键词】 黄土边坡;稳定性;熵权法;综合评价

【中图分类号】 TU 413.6

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2009.03.005

Method Study Based on Entropy Weight Law for Stability of Loess Slope

Yao Yong Yao Wenhua Gao Jiacheng

(1. College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, shannxi;

2. Department of Architecture, Jiaying College, Meizhou 514015, Guangdong, China)

【Abstract】 In the comprehensive assessment, the establishment of assessment system and the determination of weight are both very important and difficult. In view of this situation, a new loess slope stability evaluation model is established. Loess slope stability condition will be divided into state-level 5: stability, more stable, less stability, instability, unstable in this model. The evaluation factors are height of slope, gradient of slope, severe, internal friction angle and cohesion. Aiming at the difficulty of defining weight value, the Entropy Weight Law is used in the comprehensive assessment, which avoids the subjectivity of artificial weight. The engineering example indicates that the new assessment method is reasonable and feasible, and it provides a new idea for slope assessment.

【Key words】 loess slope; stability; entropy weight law; comprehensive assessment

0 引言

随着黄土地区经济快速发展,以及工程建设的日益加快,遇到的黄土边坡问题越来越多,而边坡稳定性分析与评价是边坡工程的重要核心内容之一,它贯穿于边坡工程的始终,边坡稳定性分析与评价结果的正确与否直接关系边坡工程的成败。边坡稳定性既是随时空演化的动态系统,又是一个灰色系统。基于此,研究人员先后提出了灰色聚类评价法^[1]、灰色关联分析^[2]、范例推理^[3]等一系列新的稳定性评价方法。但都未很好解决综合评价中各评价因子的权值问题,各类定权方法都具有很大主观性,基于这种情况,本文建立一种快速、实用的黄土边坡稳定评价模型,模型中采用熵权法来定权,熵权法从

收集到的客观样本来求解各评价因子的权重,避免了主观性。不同地区的黄土边坡其评价因子的权值也是不同的,即样本不同时权重也不同,这符合客观情况,也具有其它定权方法不能具备的优点。

1 模型简介

方法的基本原理是先根据单个评价因子的形状或特征,按照一定的环境标准赋予评分值,再依据因子重要性赋予权值,最后将各评价因子的评分值乘以权值,累计求和,即

$$M = \sum_{i=1}^n P_i a_i \quad (1)$$

式中: M 为评价单元评分值; a_i 为 i 评价因子评分值; P_i 为 i 评价因子权值; n 为评价因子数。

基金项目:教育部科学技术研究重点项目(208145)

作者简介:姚 勇,1984 年生,男,汉,湖南望城县人,在读硕士,主要从事岩土体稳定性评价与地质灾害防治研究。E-mail: yaoyong1302@sina.com

首先,根据大量黄土物理力学特性资料,将黄土边坡稳定性评价分为5个级别:①稳定;②较稳定;③欠稳定;④不稳定;⑤极不稳定(见表1)。

表1 黄土边坡稳定性分级标准

积分值 M	$M \geq 4$	$3.2 < M \leq 4$	$2.6 < M \leq 3.2$	$1.8 < M \leq 2.6$	$M \leq 1.8$
稳定性等级	稳定	较稳定	欠稳定	不稳定	极不稳定

其次,确定评价因子(见表2)。黄土边坡的稳定性受多种因素影响,必须考虑地层岩土工程性质及其构造特征。边坡稳定性影响因素集 $c: \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\}$, 5个影响因素为:坡高、边坡总坡比、天然重度、土的内摩擦角、土的粘聚力。

表2 黄土边坡稳定性评价指标分级标准

指标	评定级别(评分值)				
	稳定(5)	较稳定(4)	欠稳定(3)	不稳定(2)	极不稳定(1)
坡高/m	0~6	6~20	20~30	30~90	90~200
边坡总坡比(高/宽)	0~0.2679	0.2679~0.5774	0.5774~1	1~1.7321	>1.7321
天然重度/($kN \cdot m^{-3}$)	30~18	17~18	16~17	15~16	0~15
内摩擦角/($^\circ$)	45~35	30~35	20~30	15~20	0~15
粘聚力/kPa	100~55	40~55	25~40	20~25	0~20

进而,确定各评价因子权值,权值的确定是该方法中的重点,对于任何多指标的综合评价模型,确定指标权重是模型中重要的一步,有时也是最困难的一步,指标权重不同有可能导致评价结果的不同。在确定权重时往往采用主观确定权重的方法如AHP法^[4]、专家打分法等,这样便可能由于主观因素而形成偏差。而熵权法则避免了主观性,其基本思想是指标的差异程度越大,则对应的权值也越大。当各指标的值完全相同时,熵权为零,这也意味着该指标未提供任何有用的信息,该指标可以考虑被取消。当各指标的值相差较大,熵值较小,熵权较大时,说明该指标包含了较多信息^[5]。其计算步骤如下:

在有 n 个评价指标, m 个评价对象的评估问题中,其非模糊评价矩阵 A' 为

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} & \dots & a'_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ a'_{n1} & \dots & a'_{nm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\text{令 } a_{ij} = \frac{a'_{ij} - \min_j a'_{ij}}{\max_j a'_{ij} - \min_j a'_{ij}} \quad (3)$$

则标准化矩阵后的矩阵 A' 为 $A(a_{ij})_{n \times m}$ (4) 式中: $a_{ij} \in [0, 1]$ 。

由此,在有 n 个评价指标, m 个评价对象定义熵为

$$H_i = -k \sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

式中: $f_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^m a_{ij}}$, $k = \frac{1}{\ln m}$, 为使有意义,一般假定当 $f_{ij} = 0$ 时, $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。定义熵权为

$$\omega_i = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^n H_i} \quad (6)$$

$$W = (\omega_i)_{1 \times n} \quad (7)$$

2 实例分析

本文引用文献[3]中的部分黄土边坡数据来进行评价(见表3),以便验证方法的准确性和适用性。

表3 黄土边坡样本

边坡序号	坡高/m	边坡总坡比(高/宽)	天然重度/($kN \cdot m^{-3}$)	内摩擦角 φ /($^\circ$)	粘聚力 c /kPa
1	56	0.9396	15.1	24.3	38.1
2	4	0.8205	16.5	28.0	30.0
3	108	1.2871	14.2	22.0	31.3
4	25	0.9346	14.3	22.1	30.8

续表

边坡序号	坡高/m	边坡总坡比(高/宽)	天然重度/(kN·m ⁻³)	内摩擦角/(°)	粘聚力/kPa
5	30	0.9677	15.2	23.1	33.4
6	56	0.9032	15.2	24.3	37.2

用熵权法确定权值,利用式(3)构造归一化矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} 0.373 & 0.470 & 1 & 0 & 0.060 & 0.383 \\ 0.255 & 0 & 1 & 0.245 & 0.315 & 0.177 \\ 0.391 & 1 & 0 & 0.043 & 0.435 & 0.435 \\ 0.217 & 1 & 0 & 0.017 & 0.183 & 0.383 \\ 1 & 0 & 0.160 & 0.099 & 0.420 & 0.889 \end{bmatrix}$$

由式(5)得熵 $H_i = (0.809, 0.749, 0.804, 0.697, 0.781)$; 由式(6)和式(7)得熵权 $W_i = (0.165, 0.216, 0.169, 0.261, 0.189)$ 。

下面将求得的熵权用于实例计算,评价边坡,依然采用文献[3]中的样本,并按表2分级标准进行打分(见表4)。

表4 评价边坡基本因素及评分

边坡序号	坡高/m	边坡总坡比	天然重度/(kN·m ⁻³)	内摩擦角/(°)	粘聚力/kPa
9	42(2)	2.1538(1)	17.2(4)	25.2(3)	60.9(5)

由式(1)得该边坡评分 $M = \sum_{j=1}^n P_j a_j = 0.165 \times 2 + 0.216 + 0.169 \times 4 + 0.261 \times 3 + 0.189 \times 5 = 2.95$, 根据表1可知该边坡处在欠稳定状态,文献[3]中序号为9的边坡稳定系数为0.963,与本文的计算结果基本吻合,所以该模型具有较好的精确性,为了进一步验证该模型的正确性,笔者对文献[3]中的其余样本也进行了验证,绝大部分结果是吻合的。

3 结论

1)黄土边坡的稳定性评价是一个灰色系统。本文结合前人研究成果,将黄土边坡稳定性分为5个级别:稳定;较稳定;欠稳定;不稳定;极不稳定。以坡高、边坡总坡比、天然重度、内摩擦角、粘聚力为评价因子,建立一种简捷、实用的黄土路堑边坡稳定性评价模型。

2)实例计算中以6个黄土边坡资料为样本确定了各评价指标的权重,根据客观权重和预测样本的评价因子打分情况,对其进行了稳定性计算,边坡稳定系数为2.95,边坡处在欠稳定状态,与实际情况基本一致。

3)实例表明,该方法简单、结果可靠。该模型克

服了确定权重的主观性,避免了由于主观因素而形成的偏差,具有较强的识别评判能力和简便、定量严密的特点,该方法对其他综合评价工作也有一定的借鉴意义。

参 考 文 献

- [1] 谢全敏,朱瑞庚. 岩体边坡稳定性灰色聚类空间预测方法[J]. 金属矿山,1997(6):1-5.
- [2] 李 梅,夏元友. 基于灰色关联分析和案例推理的边坡稳定性评价方法[J]. 岩土工程技术,2004,18(3):109-112;125.
- [3] 高德彬,郭社锋,倪万魁. 黄土路堑边坡稳定性评价的范例推理方法[J]. 路基工程,2007(6):78-80.
- [4] 耿金花,高齐圣,张嗣瀛. 基于层次分析法和因子分析的社区满意度评价体系[J]. 系统管理学报,2007,16(6):673-676.
- [5] 肖 明,赵宏伟,王晓峰. 用熵确定权重的方法研究[J]. 商场现代化,2007(4):21-22.

收稿日期:2009-04-10