

两级模糊分级聚类法在斜坡带 稳定性综合评价中的应用

经苏龙 段圣民

(仪征市建筑勘察设计院, 仪征 211400)

【摘要】 针对斜坡稳定性分带界限存在的模糊性,应用模糊数学理论建立多级模糊分级聚类法。介绍了两级模糊分级聚类在斜坡稳定性分带中的计算方法及步骤。通过两级模糊分级聚类法,分选出了与某地区斜坡带相吻合的稳定性类型。并与其它方法计算结果进行对比,说明两级模糊分级聚类法的应用效果较好,是一种简单快速的好方法。

【关键词】 两级模糊分级聚类;斜坡稳定性;分带

【中图分类号】 P642.22

Application of Two-Stage Fuzzy Classification Polymerization Method in Comprehensive Assessment of Stability of Slope District

【Abstract】 Aiming at the fuzziness existing in the zoned limit of slope stability, the multi-stage fuzzy classification polymerization method is established by fuzzy mathematics. The calculating method and procedure of two-stage fuzzy classification polymerization in assessing the slope stability zoning is introduced. By using the two-stage fuzzy classification polymerization, the slope stability type in accordance with the stability of the slope district of an area is selected. The comparison of this method with the calculating result of other assessment methods shows, the application effect of the fuzzy classification polymerization method is better than any others, it is a simple, rapid and good method.

【Key words】 two-stage fuzzy classification polymerization; slope stability; zoning

0 引言

斜坡带的稳定性评价是以区域性环境地质条件为背景。通过对斜坡带上岩土稳定性、地形稳定性、灾害性及人为因素等斜坡环境系统的分析,对斜坡带的稳定程度进行分带。

斜坡稳定性的分类评价是一项十分复杂的系统工程问题。斜坡稳定性条件因素是多项的,而且具有一定的模糊性,故对斜坡带各项控制因素的数据处理和评价,采用模糊数学的方法进行稳定性评价。傅雁鹏提出的模糊聚类法是一种可行的方法^[1]。笔者在该方法基础上提出一种新方法——两级模糊分级聚

类法。可解决大容量控制因子的计算。该方法直接利用斜坡稳定性各评价指标值和标准等级指标值进行相对基本距离计算,对其斜坡稳定性实测控制因子的距离进行标准等级分级聚类,确定斜坡稳定性的方法。

1 两级模糊分级聚类法

1.1 评价模型

根据模糊数学中模糊聚类理论与方法,对斜坡稳定性作出两级模糊分级聚类的基本模型。其中一级评价选取了三类因素单因子指标 11 项,分别对应物质条件类即岩土体稳定性(包括土层在斜坡带上所占比例,岩层在斜

坡带上所占比例,软弱面或软弱层发育程度)、空间条件类即地形地貌稳定性(包括斜坡坡高,斜坡坡角,斜坡带上冲沟发育或切割程度,斜坡带曲率)和动力条件类即其它稳定性(包

括斜坡带内地下水水位,斜坡带上变形破坏程度,斜坡带上人工开挖程度,斜坡带内植被发育程度);二级评价因素 3 项,即物质条件、空间条件和动力条件。见表 1。

表 1 单项控制因子的标准指标表

| 因素类 | 单因素指标 | I | II | III | IV |
|--------|-----------------|---------|------------|-----------|--------|
| 物质条件 A | 土层在斜坡带上所占比例/% | 0~20 | 20~50 | 50~80 | 80~100 |
| | 岩层在斜坡带上所占比例/% | 80~100 | 50~80 | 20~50 | 0~20 |
| | 软弱面或软弱层发育程度/% | 0~10 | 10~20 | 20~40 | 40~100 |
| 空间条件 B | 斜坡坡高/m | 0~50 | 50~100 | 100~200 | >200 |
| | 斜坡坡角/(°) | 0~20 | 20~40 | 40~60 | >60 |
| | 斜坡带上冲沟发育或切割程度/% | 0~15 | 15~30 | 30~60 | 60~100 |
| | 斜坡带曲率, ρ | 0~0.007 | 0.007~0.01 | 0.01~0.02 | >0.02 |
| 动力条件 C | 斜坡带内地下水水位/m | >30 | 10~30 | 5~10 | 0~5 |
| | 斜坡带上变形破坏程度/% | 0~5 | 5~20 | 20~50 | >50 |
| | 斜坡带上人工开挖程度/% | 0~5 | 5~15 | 15~45 | >45 |
| | 斜坡带内植被发育程度/% | >30 | 15~30 | 5~15 | 0~5 |

1.2 数据处理

因各项指标的单位不同,初始值不同,数据对比处理时会影响控制因子评价的效果。故采用量纲为一的、归一化方法进行数据处理。处理后使实测控制因子、标准控制因子的各项评价因子达到同一个数量级别标准。

1)首先确定斜坡稳定性各控制因素的等级标准指标值(m 个等级指标值, n 项因素),即各序列等级标准因素集

$$V = \{a_{hk} \mid h = \text{I, II, III, } \dots, m; k = 1, 2, 3, \dots, n\}$$

式中: a_{hk} ——第 k 项指标 h 标准值。

2)确定各单因子的实测值(p 个评价地区, n 项因素),即各序列实测因子集

$$U = \{a_{ik} \mid i = 1, 2, 3, \dots, p; k = 1, 2, 3, \dots, n\}$$

式中: a_{ik} ——第 k 项指标 i 实测值。

3)将各控制因子进行量纲变为一、归一化处理。处理得各等级指标值序列

$$X_h = \{X_h(k) \mid h = \text{I, II, III, } \dots, m; k = 1, 2, 3, \dots, n\}$$

各实测序列

$$X_i = \{X_i(k) \mid i = 1, 2, 3, \dots, p; k = 1, 2, 3, \dots, n\}$$

1.3 控制因子的处理

标准指标的取值,根据标准范围值的大小

排序情况,确定采用各级标准的下限值或上限值。采用分级标准第 I 级的取值作为基本样本。基本样本对各分级标准指标、实测指标值进行绝对差值距离处理。分级标准指标的序列采用下式

$$\Delta_{1h}(k) = |X_h(k) - X_I(k)| \quad (1)$$

各实测指标的序列采用下式

$$\Delta_i(k) = |X_i(k) - X_I(k)| \quad (2)$$

($h = \text{I, II, III, } \dots, m, i = 1, 2, 3, \dots, p; k = 1, 2, 3, \dots, n$)

1.4 距离值计算

根据各项指标的绝对差值距离,同时考虑各项指标的权重,权重采用超标加权法和专家经验法综合考虑。采用下式计算一级模糊分级聚类各分级标准样本的基本距离值

$$d_{j1h} = 1/n \sum_{h=1}^n \Delta_{1h}(k) \quad (3)$$

($j = 1, 2, 3, \dots, q_0$)

一级模糊分级聚类控制因子的基本距离值采用下式:

$$d_{j1i} = 1/n \sum_{i=1}^n W_i \Delta_{1i}(k) \quad (4)$$

二级模糊分级聚类各分级标准样本的基

本距离值

$$d_{1h} = 1/q \sum_{j=1}^n d_{j1h} \quad (5)$$

二级模糊分级聚类控制因子的基本距离值采用下式

$$d_{1i} = \sum_{j=1}^n W_j d_{ji} \quad (6)$$

1.5 权值分配

1.5.1 视影响因素权值分配

因各项因素对斜坡稳定性的影响程度不同。所以对权值的分配及确定也应视影响程度的大小而取值。对于起主导作用的影响因素,其权重取值应大些;对于起诱导作用的因素,其取值可略小些。根据斜坡地带的具体情况和实际情况,由专家分析研究的经验给出。具体的权值见表 2。^[2]

表 2 某地区第一单元区段指标及专家权值分配表

| 因素类 | 单因素指标 | 指标值 | 一级权重 | 二级权重 |
|-----|---------------------|-------|------|------|
| A | $a_{11}/\%$ | 74 | 0.33 | 0.4 |
| | $a_{12}/\%$ | 56 | 0.33 | |
| | $a_{13}/\%$ | 34 | 0.34 | |
| B | a_{21}/m | 150 | 0.28 | 0.25 |
| | $a_{22}/(^{\circ})$ | 52 | 0.33 | |
| | $a_{23}/\%$ | 27 | 0.28 | |
| | a_{24}/ρ | 0.009 | 0.11 | |
| C | a_{31}/m | 7.5 | 0.30 | 0.35 |
| | $a_{32}/\%$ | 41 | 0.30 | |
| | $a_{33}/\%$ | 39 | 0.30 | |
| | $a_{34}/\%$ | 24 | 0.10 | |

1.5.2 视控制因子的大小计算权值

根据各控制因子的分类标准和实测控制因子的差异程度对斜坡稳定性的影响一般采用超标加权法计算。一级权重分配采用下式^[3]

$$w_i = a_{ik} / a_{hk} \sum_{i=1}^n (a_{ik} / a_{hk}) \quad (7)$$

二级权重分配采用下式

$$w_j = a_{jik} / a_{jkh} \sum_{j=1}^n (a_{jik} / a_{jkh}) \quad (8)$$

式中: a_{jik} —— 第 j 项因素类的平均值;

a_{jkh} —— 为控制因子分类标准的二次平均值。

1.6 二级模糊分级聚类评价

1.6.1 一级分级聚类

根据式(1)、(2)、(3)或(5)、(4)或(6)计算结果进行分级聚类。采用方法如下:

第一级聚类,首先根据最大分级标准基本距离值进行聚类,即采用 $d_{1i} - d_{1m} > 0$ 时的控制因子为第 m 级标准等级的稳定性聚类结果。

第二级聚类,对剩余控制因子进行第二次分级聚类,即采用 $d_{j1i} - d_{j1(m-1)} > 0$ 时的控制因子为第 $m-1$ 级标准等级的稳定性聚类结果。

.....

最后一级聚类,因采用第 I 级作为基本样本值, $d_{j1I} = 0$; $d_{j1i} - d_{j1I} > 0$ 最后剩余控制因子为第 I 级的稳定性聚类结果。

1.6.2 二级分级聚类

聚类方法同上。只是分类级别标准改为 $d_{1I}, d_{1II} \dots d_{1(m-1)}, d_{1m}$; 实测距离值为 d_{1i} 。

2 应用实例

2.1 斜坡稳定性评价指标

评价指标的选取和制定,主要是根据历年在该领域研究的基本成果为基础,并广泛吸取有关学者结合实际情况和多年来研究的结果资料。将斜坡稳定程度划分为稳定(I)、基本稳定(II)、次不稳定(III)和不稳定(IV)四个级别。各单项因素的评价指标见表 1^[2]。

2.2 评价实例

以某地区第一单元区段为例进行计算评价,见表 2。

首先将各项控制因子分级标准进行归一化处理。采用式(7)、(8)计算一、二级权重分配值。采用式(1)、(2)、(3)、(4)计算得 $d_{A1I} = 0.726$; $d_{B1I} = 0.676$; $d_{C1I} = 0.674$ 。一级单项聚类结果,物质条件、空间条件和动力条件各因素类均属 III 级。由式(5)得二级控制因子标准指标距离值(分类等级界限值),见表 3。

由式(6)得二级实测控制因子距离值(权

重采用式(8)与专家分配值的平均值参加计算) $d_{I1}=0.693$ 。因 $d_{I1}-d_{I3}>0$;即第一单元斜坡带聚类结果属Ⅲ级。

该地区共划分为13个单元区段,综合评价结果见表3。

表3 某地区两级模糊分级聚类距离值结果表

| 分类等级 | 包含单元区段及距离值 | | | |
|------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| I(0.0) | $d_{I4}=0.26;$ | $d_{I6}=0.12;$ | $d_{I10}=0.28;$ | |
| II(0.310) | $d_{I2}=0.34;$ | $d_{I5}=0.56;$ | $d_{I12}=0.48;$ | |
| III(0.588) | $d_{I1}=0.69;$ | $d_{I3}=0.70;$ | $d_{I11}=0.91;$ | $d_{I13}=0.82;$ |
| IV(1.0) | $d_{I7}=1.10;$ | $d_{I8}=1.06;$ | $d_{I9}=1.20。$ | |

2.3 与其它方法对比

与两级模糊综合评判法、灰色关联分析

法、灰色权距分析法、灰色优化理论模型进行计算对比,结果见表4。

表4 某地区斜坡带稳定性分类结果对比表

| 方法 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 本文方法 | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ | I | Ⅱ | I | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | I | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ |
| 文献[2] | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ | I | Ⅱ | I | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | I | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ |
| 文献[3] | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ | I | Ⅱ | I | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | I | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ |
| 文献[5] | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ | I | Ⅱ | I | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | I | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ |
| 文献[6] | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ | I | Ⅱ | I | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | I | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ |

4 结 语

本文提出的两级模糊分级聚类法评价斜坡稳定性相对比较准确。评价方法较简单,易于掌握。方法是可行的,值得推广应用。

该方法与两级模糊综合评判法对比结论一致。双重权重更进一步提高评价的效果,与灰色权距分析法、灰色关联分析法、灰色优化理论模型评价结论相同。

原始数据的处理方法应当引起重视,它直接影响着斜坡稳定性评价的准确性。

工程勘察,1989(5):27~30

- 张骏,苏生瑞,彭建兵.渭河盆地斜坡带稳定性两级模糊综合评判.勘察科学技术,1998(4):25~30
- 经苏龙.灰色关联分析法及其在膨胀土等级判定中的应用.勘察科学技术,1997(5):19~22
- 经苏龙,段圣民,吴慧萍.水质污染大容量样本的快速模糊分级聚类法.工程勘察,2000(5):45~48
- 经苏龙.灰色权距分析法在地下水环境质量评价中的应用.工程勘察,1999(6):32~34
- 冯玉国.灰色优化理论模型在地下工程围岩稳定性分类中的应用.岩土工程学报,1996,18(3):62~66

参 考 文 献

收稿日期:2001-06-25

1 傅雁鹏.水质污染大容量样本的快速模糊聚类法.