

文章编号:1671-8879(2008)04-0032-03

变权靶心贴近度在膨胀土分类中的应用

夏连学¹, 张慧颖²

(1. 河南交通学院 道路桥梁工程系, 河南 郑州 450005; 2. 河南交通学院 基础课部, 河南 郑州 450005)

摘 要:为解决膨胀土胀缩等级分类中存在的指标互不相容问题,提出了一种新的综合评价方法。该方法构造了一种区间关联函数,根据分类特征体现度越大、权重越大的权重计算原理,给出了一种新的变权计算方法,将单指标关联函数的最大值作为评价类的靶心坐标,根据样本与靶心的贴近度,对样本进行分类。结果表明:该方法能较好地解决指标间的互不相容性问题,且便于计算,其结论更合理、更符合实际。

关键词:道路工程;路基;膨胀土;关联函数;靶心;贴近度;变权

中图分类号:U416.167 **文献标志码:**A

Application of target approaching in variable weight to expansive soil classification

XIA Lian-xue¹, ZHANG Hui-ying²

(1. Department of Road and Bridge Engineering, Henan Communications College, Zhengzhou 450005, Henan, China; 2. Department of Basic Courses, Henan Communications College, Zhengzhou 450005, Henan, China)

Abstract: In order to solve the mutually exclusive problem in indices of expansive soil classification, a new comprehensive evaluating method is given. This method constructs a new interval incidence function based on the principle of weight calculation which is that the clearer the symptom of the classified characteristic is, the bigger the weight is. A new computing method of variable weight is given according to the law that the maximum value of incidence function for single index is used to be the target, so the samples can be categorized on the basis of the degree of approaching between samples and targets. An example is presented to verify the method. The results show that this method can solve the mutually exclusive problem efficiently, and it is convenient for calculating, its conclusion is more reasonable and more accurate. 4 tabs, 9 refs.

Key words: road engineering; subgrade; expansive soil; incidence function; target; approaching; variable weight

0 引 言

膨胀土有显著的胀缩性,吸水膨胀,失水收缩,对建筑物会产生严重的破坏作用。在膨胀土地区修建高等级公路常常会出现路面开裂、隆起或沉陷、路

堤滑塌、失稳等病害。为确保膨胀土地区工程建筑物和构筑物的安全,经常需要采取一定的治理措施。但是,安全经济的治理措施是以膨胀土胀缩性强弱的准确判别,即膨胀土的正确分类为前提的。目前,中国对于膨胀土胀缩等级的判别大多采用单个或少

收稿日期:2007-09-01

作者简介:夏连学(1963-),男,河南正阳人,副教授,工学硕士,E-mail:xlxzf@126.com。

数几个判别指标进行判别的传统方法,如风干含水率(含水质量分数)分类法、塑性图分类法等。影响膨胀土胀缩的因素较多,且这些指标在获取时具有一定的随机性和不确定性,因此一些学者提出了BP神经网络评判法、模糊数学判别法、灰色定权聚类法、灰色关联分析法和物元分析法等^[1-5]。根据这些方法的应用效果可知,膨胀土胀缩等级评价是个分类标准不相容问题,其评价需要从多个指标综合考虑,把单项指标评定结果的不相容性转化为相容性;同时在膨胀土胀缩等级评价过程中,合理地确定评价指标的权重是十分重要的^[6-9]。然而,由于对膨胀土评价指标重要性的认识不够,所以专家无法凭经验衡量各评价指标的相互重要程度。因此,应寻求指标本身的客观标准,力求客观地确定权重。为此,本文构造了一种新的关联函数,将单指标关联函数的最大值作为其评价类的靶心坐标,根据样本与靶心的贴近度,给出了一种新的权重确定方法,并对样本进行分类。

1 基于区间关联函数的靶心贴近法

1.1 区间关联函数

设有 n 个评价对象: P_1, P_2, \dots, P_n , m 个评价指标: c_1, c_2, \dots, c_m , 第 i ($i = 1, 2, \dots, n$) 个评价对象(也称样本)在第 j ($j = 1, 2, \dots, m$) 个指标下的属性值为 x_{ij} 。将评价对象分为 p 个评价类。

评价对象集记作 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, 评价指标集记作 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ 。在第 j 个指标的取值区间内插入 $p-1$ 个分点: $a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jp-1}$, 将其分为 p 个子区间: $[a_{j0}, a_{j1}], \dots, [a_{jk-1}, a_{jk}], \dots, [a_{jp-1}, a_{jp}]$ 。

x_{ij} 与区间 $[a_{jk-1}, a_{jk}]$ 的矩为 $\frac{1}{2}(a_{jk} - a_{jk-1}) - |x_{ij} - \frac{1}{2}(a_{jk} + a_{jk-1})|$ 。为了使不同量纲的数据能够放在一起进行比较,则相对矩 μ_{ijk} 可表示为

$$\mu_{ijk} = \frac{(a_{jk} - a_{jk-1})/2 - |x_{ij} - (a_{jk} + a_{jk-1})/2|}{(a_{jk} - a_{jk-1})(a_{jp} - a_{j0})/2} \quad (1)$$

式中: μ_{ijk} 为第 i 个评价对象在第 j 个指标下关于第 k 个评价类的关联函数。关联函数值越大,说明属性值越接近分类区间的中点。

关联函数值为正数,表示属性值在分类区间内;关联函数值为负数,表示属性值在分类区间外;关联函数值为 0,表示属性值为分类区间临界值。

1.2 靶心贴近度

设单指标关联函数的最大值 μ_{ij} 为

$$\mu_{ij} = \max_k (\mu_{ijk}) \quad k = 1, 2, \dots, p; \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

将单指标关联函数的最大值作为其评价类的靶心坐标,则第 i 个评价对象的靶心为

$$(\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{im})$$

设第 i 个评价对象关于第 k 个评价类的靶心贴近度 T_{ik} 为

$$T_{ik} = 1 - \sum_{j=1}^m w_{ij} |\mu_{ijk} - \mu_{ij}| \quad (3)$$

式中: w_{ij} 为第 i 个评价对象关于第 j 个评价指标的权重。

若 $\max_{1 \leq k \leq p} (T_{ik}) = T_{ik^*}$, 则第 i 个评价对象属于第 k^* 个评价类。

1.3 权重的确定

膨胀土的胀缩等级分类常采用常权评判,即无论属性值如何变化,指标的权重是不变的。对于膨胀土的胀缩性,当某个指标的等级特征表现得特别明显时,采用常权评判,有可能被其他指标所中和,从而降低评判的准确性。若评价指标的权重随属性值的变化而变化,就能比较有效地解决分类标准不相容的问题。

区间隶属函数

$$f(x_{ij}) = \frac{2}{a_{ijk} - a_{ijk-1}} \left(\frac{a_{ijk} - a_{ijk-1}}{2} - \left| x_{ij} - \frac{a_{ijk-1} + a_{ijk}}{2} \right| \right)$$

式中: a_{ijk} 为第 i 个评价对象在第 j 个指标下的第 k 个分点。

第 i 个评价对象在第 j 个指标下关于第 k 个评价类取值区间 (a_{jk-1}, a_{jk}) 的隶属度 r_{ijk} 为

$$r_{ijk} = \frac{2}{a_{ijk} - a_{ijk-1}} \left(\frac{a_{ijk} - a_{ijk-1}}{2} - \left| x_{ij} - \frac{a_{ijk-1} + a_{ijk}}{2} \right| \right) \quad (4)$$

称第 i 个评价对象关于第 j 个指标的分类特征体现度 r_{ij} 为

$$r_{ij} = \max_k (r_{ijk}) \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (5)$$

分类特征体现度越大,即属性值越接近分类区间的中点,说明该指标的分类属性(等级特征)体现得越明显,在分类时理应赋予较大的权重。据此原理,将 r_{ij} 作归一化处理,得第 i 个评价对象关于第 j 个指标的权重 w_{ij} 为

$$w_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^m r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

2 应用实例

本文选用文献[5]的数据作为实例(表1),对膨胀土胀缩等级的评判选用液限、胀缩总率、塑性指数、天然含水率(含水质量分数)、自由膨胀率5个评价指标,将膨胀土胀缩等级分为4级:极高、高、中、低。为便于对比,选择的各指标评价标准与文献[4]相同(表2)。将有关数据代入式(1)~式(6),可算得各样本的靶心贴近度(表3)。

表1 膨胀土样本

样本 序号	指标				
	液限/ %	胀缩总率/ %	塑性指数/ %	天然含水率/ %	自由膨胀率/ %
1	60	7.00	36.0	20.0	80.0
2	50	5.00	36.0	27.0	66.0
3	47	4.00	24.0	29.0	70.0
4	57	6.00	25.0	33.0	61.0
5	66	7.00	35.0	14.0	83.0
6	57	5.00	29.0	20.0	74.0
7	44	4.00	23.0	24.0	74.0
9	43	1.40	16.0	44.0	56.0
11	42	3.30	21.0	44.0	53.0
12	47	5.00	27.0	37.0	59.0
13	44	4.50	38.0	14.0	88.0
14	55	6.00	38.0	14.7	88.0
15	63	8.00	42.0	10.0	84.0
16	53	4.20	18.5	40.0	41.5
19	41	0.65	13.0	44.0	51.0

表2 膨胀土胀缩等级评判标准

评价	指标				
	液限/ %	胀缩总率/ %	塑性指数/ %	天然含水率/ %	自由膨胀率/ %
极高	55~100	6~100	35~100	0~15	85~100
高	50~55	4~6	25~35	15~25	70~85
中	45~50	2~4	18~25	25~35	55~70
低	40~45	0~2	0~18	35~100	40~55

根据最大隶属度原则,确定各样本的胀缩等级,评判结果见表3。由表3可以看出,该结论除样本13和样本16外,其余与文献[4]完全相同。通过表4的对比可以看出,本文的结论更加合理可信。

3 结 语

(1)构造了一种值域为[-1,1]新的关联函数,并将单指标关联函数的最大值作为其评价类的靶心坐标,根据样本与靶心的贴近度,对样本进行分类,既较好地解决了指标间的互不相容性问题,又便于计算。

表3 胀缩等级的贴近度

样本 序号	胀缩等级贴近度				胀缩等级	
	极高	高	中	低	本文	文献[4]
1	0.983 8	0.995 6	0.969 4	0.956 8	极高	极高
2	0.976 8	0.993 5	0.989 3	0.968 9	高	高
3	0.979 6	0.978 3	1.000 0	0.983 1	中	中
4	0.949 9	0.972 1	0.996 7	0.976 4	中	中
5	0.997 4	0.955 5	0.924 4	0.898 6	极高	极高
6	0.984 6	0.999 6	0.979 7	0.969 2	高	高
7	0.981 3	0.985 8	0.990 8	0.979 6	中	中
9	0.978 3	0.957 0	0.982 3	0.999 7	低	低
11	0.977 1	0.965 6	0.988 0	0.991 7	低	低
12	0.976 5	0.983 6	0.991 4	0.972 7	中	中
13	0.994 4	0.983 6	0.976 6	0.967 1	极高	高
14	1.000 0	0.988 7	0.956 8	0.935 4	极高	极高
15	0.999 6	0.974 2	0.947 3	0.949 1	极高	极高
16	0.974 2	0.976 0	0.986 5	0.961 0	中	低
19	0.968 9	0.955 4	0.978 2	1.000 0	低	低

表4 评判结果对比

样本 序号	单指标隶属					综合评判结果	
	液限	胀缩总率	塑性指数	天然含水率	自由膨胀率	本文	文献[4]
13	低	高	极高	极高	极高	极高	高
16	高	高	中	低	低	中	低

(2)在膨胀土的胀缩等级分类问题中,确定评价指标的权重宜采用“分类特征体现度越大、权重越大”的变权计算方法。

(3)基于靶心贴近度的变权综合评价方法可以有效地解决膨胀土的胀缩等级分类问题,其结论较模糊数学判别法和物元分析法更合理,更符合实际。

参考文献:

References:

[1] 陈善雄,余 颂,孔令伟,等. 膨胀土判别与分类方法探讨[J]. 岩土力学,2005,26(12):1895-1900.
CHEN Shan-xiong, YU Song, KONG Ling-wei, et al. Study on approach to identification and classification of expansive soils[J]. Rock and Soil Mechanics,2005,26(12):1895-1900.
[2] 吕海波,赵艳林,孔令伟,等. 自适应模糊神经网络在膨胀土胀缩等级分类中的应用[J]. 岩土力学,2006,27(6):908-912.
LU Hai-bo, ZHAO Yan-lin, KONG Ling-wei, et al. Application of adaptive-network-based fuzzy inference systems to classification of swelling-shrinkage grade of expansive soils[J]. Rock and Soil Mechanics, 2006,27(6):908-912.

(下转第 38 页)

- 处治研究报告集[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [2] 邢玉东,杨 昊. 锦州至阜新高速公路煤矿采空区处治设计[J]. 东北公路,2001,24(4):11-13.
XING Yu-dong, YANG Hao. The design to dispose empty coal mine area in the expressway from Jinzhou to Fuxin[J]. Northeastern Highway,2001,24(4):11-13.
- [3] 王茂文. 京珠高速公路未宜段下伏采空区的处理[J]. 中南公路工程,2001,26(2):16-18.
WANG Mao-wen. Gob disposal under Jingzhu expressway in Lei-yi [J]. Central South Highway Engineering,2001,26(2):16-18.
- [4] 余学义,赵兵朝,党天虎,等. 滑坡区下煤层控制开采与综合治理[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(1):67-70.
YU Xue-yi, ZHAO Bing-chao, DANG Tian-hu, et al. Control mining and synthesis management under landslide area [J]. Journal of Chang'an University; Natural Science Edition,2006,26(1):67-70.
- [5] Yu X Y, Zhao B C. The control of mining damage in China[J]. International Mining Forum, 2004 (1): 235-240.
- [6] 李白英. 开采损害与环境保护[M]. 北京:煤炭工业出版社,2004.
- [7] 徐乃忠,孟庆坤. 地表沉陷控制新途径[J]. 煤矿开采,2004,9(1):10-11.
XU Nai-zhong, MENG Qing-kun. New way to control surface subsidence [J]. Coal Mining Technology,2004,9(1):10-11.
- [8] 郭文兵,邓喀中,邹友峰. 岩层与地表移动控制技术的研究现状及展望[J]. 中国安全科学学报,2005,15(1):6-10.
GUO Wen-bing, DENG Ka-zhong, ZOU You-feng. Research progress and prospect of the control technology for surface and overlying strata subsidence [J]. China Safety Science Journal,2005,15(1):6-10.

(上接第 34 页)

- [3] 王广月,马华月,刘 健. 路基膨胀土胀缩等级的物元可拓识别模型[J]. 公路交通科技,2005,22(11):30-33.
WANG Guang-yue, MA Hua-yue, LIU Jian. Matter element extension model of expansive soils' expansive scale in embankments[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 (11):30-33.
- [4] 汪明武,金菊良,李 丽. 可拓学在膨胀土胀缩等级评判中的应用[J]. 岩土工程学报,2003,25(6):754-757.
WANG Ming-wu, JIN Ju-liang, LI Li. Application of extension method to the evaluation of the grade of shrinkage and expansion for the expansive soil [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering,2003,25 (6):754-757.
- [5] 蔡 奕,王宝军,施 斌,等. GIS 环境下膨胀土胀缩等级的模糊数学评判[J]. 工程勘察,2002(2):1-4.
CAI Yi, WANG Bao-jun, SHI Bin, et al. To judge the swell and shrink grades of expansive soil under GIS environment by fuzzy mathematics [J]. Geotechnical Investigation & Surveying,2002(2):1-4.
- [6] 陈宇亮,赵胜伟,李雪莲. 基于 MATLAB 的膨胀土胀缩等级评定模糊决策系统[J]. 中南公路工程,2006,31(3):140-142.
CHEN Yu-liang, ZHAO Sheng-wei, LI Xue-lian. A fuzzy decision system for assessing the swell and shrink grades of expansive soil based on a MATLAB-FIS toolbox[J]. Central South Highway Engineering, 2006,31(3):140-142.
- [7] 杨果林,丁加明. 膨胀土路基的胀缩变形模型试验[J]. 中国公路学报,2006,19(4):23-29.
YANG Guo-lin, DING Jia-ming. Model test on expansion and shrinkage deformation in expansive soil roadbed [J]. China Journal of Highway and Transport,2006,19(4):23-29.
- [8] 刘 悦,黄强兵,胡长顺. 基于模糊信息优化处理法的膨胀土分类[J]. 长安大学学报:自然科学版,2005,25(1):15-19.
LIU Yue, HUANG Qiang-bing, HU Chang-shun. Classification of expansive soil based on fuzzy information optimization disposal [J]. Journal of Chang'an University; Natural Science Edition,2005,25 (1):15-19.
- [9] Miller C J, Yesiller N, Yaldo K. Impact of soil type and compaction conditions on soil water characteristic [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering,2002, 128(9):733-742.