



基于集对分析同一度的基坑支护方案综合评价

冯玉国^{1, 2}, 王渭明²

(1. 山东正元建设工程有限责任公司, 山东 济南 250014; 2. 山东科技大学土建学院, 山东 青岛 266510)

摘要: 针对基坑支护方案综合评价中各指标的不相容性, 利用集对分析方法, 将评价基坑支护方案的多个指标合成为一个与最优评价集的相对贴近度, 用来描述基坑支护方案的综合效益。以可供选择的 4 种支护方案为例进行了评价, 得到综合效益最优的方案。

关键词: 集对分析; 基坑支护; 同一度; 贴近度

中图分类号: TU47

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2008)09-1389-04

作者简介: 冯玉国(1960-), 男, 山东泰安人, 副总工程师, 高级工程师, 从事岩土工程设计、施工与监理方面的工作。E-mail: fengyuguo@126.com。

Comprehensive evaluation of supporting schemes for foundation pits based on identical degree of set pair analysis

FENG Yu-guo^{1,2}, WANG Wei-ming²

(1. Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co., Ltd, Jinan 250014, China; 2. College of Civil Engineering and Architecture, Shandong University of Science & Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract: By use of the set pair analysis and considering the incompatibility of indexes for the comprehensive evaluation of supporting schemes of foundation pits, indexes for the evaluation of supporting schemes were combined to be a relative closeness degree of optimal evaluation sets to describe the comprehensive benefit of supporting schemes. Four optional supporting schemes were chosen for the evaluation, and the optimal comprehensive scheme was obtained.

Key words: set pair analysis; supporting of foundation pit; identical degree; closeness degree

0 引言

基坑支护方案的综合评价是一个多目标、多层次的决策问题。由于受地层条件、周边环境条件、市场条件和经济效益等因素的制约, 存在诸多的不确定性。尽管采用模糊综合评判方法具有一定合理性, 但却未反映指标值及权重确定时所具有的不确定性^[1-2]。近年来, 不确定性分析方法在基坑支护方案综合评价中受到关注, 曹文贵等^[3]采用区间数表示评价指标属性值及其权向量, 体现了基坑支护方案决策过程所具有的不确定性。集对分析^[4]作为一种用于统一处理模糊、随机、中介和信息不完全所致的不确定性系统的理论和方法, 已在计算机科学、环境科学、工程科学、社会科学等多目标决策方面得到应用^[5-8]。本文基于集对分析同一度的概念, 通过构造理想方案计算备择方案与理想方案的同一度, 对其中的不确定性作定量描述和分析, 从而为基坑支护方案综合评价提供一种新途径。

1 基于集对分析同一度的方案综合评

价原理

1.1 集对分析的概念及基本思路

集对分析是我国学者赵克勤于1989年所提出的一种关于确定随机系统同异反定量分析的系统的分析方法^[5, 9]。所谓集对, 是指具有一定联系的两个集合所组成的对子。从系统科学的角度看, 系统内任意两个组成部分在一定条件下都可以看成集对。集对分析的基本思路是在一定问题背景下, 对一个集合对子的特性展开分析, 对集对在该特性上的联系进行分类定量刻画, 从而建立起这两个集合在指定问题背景下的同异反联系度表达式, 即

$$\mu = \frac{S}{N} + \frac{F}{N}i + \frac{P}{N}j \quad (1)$$

式中 μ 称为联系度, 它在一般情况下表示等式右边的式子, 特殊情况下才是一个数值, 称为联系数; N 为所论集对所具有的特性总数; S 为集对中两个集合共同具有的特性; P 为集对中两集合相互对立的特征数;

$F=N-S-P$ 为集对中两个集合既不共同具有,又不相互对立的特征数; $\frac{S}{N}$, $\frac{F}{N}$, $\frac{P}{N}$ 分别称为所论两集合

在指定问题背景下的同一度、差异度、对立度; i 为差异度的系数,规定在 $[-1, 1]$ 区间视不同情况取值; j 为对立度系数,规定取值 -1 。

为便于计算,可令 $\frac{S}{N}=a$, $\frac{F}{N}=b$, $\frac{P}{N}=c$,于是式

(1)表示为

$$\mu = a + bi + cj, \quad (2)$$

其中, $a+b+c=1$ 。

推广到系统由 $m>2$ 个集合组成时的情况,在此基础上再深入研究系统的有关问题。如果问题本身不需要对所论的集对作差异性和对立性分析,则只要对所论的集对作同一性分析和同一度计算就可以了。在集对分析中,同一度的概念是指两个集合共同具有的特性个数 S 与这两个集合总特性个数 N 之比值。但如果所论两个集合恰好是两个非负有理数,则它们的同一度就是较小的那个有理数与较大的那个有理数之比值。

1.2 基于集对分析同一度的方案综合评价

集对分析有效地刻画了确定不确定系统的对应统一关系,符合自然辩证法和人类思维方式。在对评价对象进行分析时,既要考虑评价对象各目标之间的相互协调、相互同一的一面,又要考虑各目标之间的相互对立、相互排斥的一面,还要考虑各目标之间的既不相互对立又不相互同一但又相互联系制约的一面,它在传统定性分析的基础上定量地描述评价对象的各目标之间的同异反联系度,并在此基础上研究有关系统的联系、预测、控制、转化问题,用于方案综合评价,可使方案评价工作思路清晰,方法简便,准确度高。

设有 $A_1, A_2, \dots, A_m$ 共 m 个方案组成方案集 $A=\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$,每个方案的指标 $p_1, p_2, \dots, p_n$ 组成指标集 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$,相应的指标均有一非负有理数作为指标值,记为 $f_{ipk}(i=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, n, p$ 表示指标),即 f_{ipk} 表示第 i 个方案中第 k 个指标的指标值,其中某些指标以值大为优,如设备的使用寿命、可靠性等;某些指标则以值小为好,如成本、维修时间等。

方案 $A_k(k=1, 2, \dots, m)$ 关于指标 $p_r(r=1, 2, \dots, n)$ 的指标值 f_{ipk} 构成评价矩阵

$$A=(f_{ipk})_{m \times n} \quad (3)$$

为了提高方案决策的可靠性,取理想方案 A_0 与可行方案 A_i 为一对子,就这一集对作同异反决策分析,找出与理想方案最“贴近”的那个方案,从而给出可

行方案的优劣排序。

基于集对分析的方案综合评价按如下步骤进行。

(1) 确定理想方案 A_0

根据给出的 m 个方案,确定出一个理想方案 A_0 ,此理想方案将作为各方案的比较基准。规定理想方案 A_0 中各目标取值应是各类目标的最优值,即对效益型指标取最大值,对成本型指标取最小值,则有理想方案

$$A_0=\{A_0(1), A_0(2), \dots, A_0(m)\} \quad (4)$$

(2) 计算同一度矩阵 H

计算被评价方案各指标值 f_{ipk} 与理想方案 A_0 中各对应指标值 f_{opk} 的同一度,组成被评价方案指标与理想方案 A_0 各对应指标的同一度矩阵 H ,即

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1n} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m1} & h_{m2} & \cdots & h_{mn} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

矩阵 H 中的元素 $h_{ik}(i=1, 2, \dots, n)$ 称为被评价方案指标值 f_{ipk} 与理想方案 A_0 中各对应指标 f_{opk} 的同一度。根据前面所述关于两个数字同一度的定义,无论理想方案 A_0 中的各个指标值是大于还是小于被评价方案中各对应指标的指标值, h_{ik} 的计算一律是较小的指标值除以较大的指标值,即

$$\text{当 } f_{ipk} < f_{opk} \text{ 时, 有 } h_{ik} = \frac{f_{ipk}}{f_{opk}}, \quad (6)$$

$$\text{当 } f_{ipk} > f_{opk} \text{ 时, 有 } h_{ik} = \frac{f_{opk}}{f_{ipk}} \quad (7)$$

(3) 计算理想方案与实际方案的贴近度

权重系数根据专业知识或由专家打分确定,也可以采用层次分析法确定。设各指标的权重矩阵 $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$,则各被评价方案 A_i 与理想方案 A_0 的贴近度矩阵

$$R = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1n} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m1} & h_{m2} & \cdots & h_{mn} \end{bmatrix} \times W^T = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_m \end{bmatrix}, \quad (8)$$

R 中的元素 $r_i(i=1, 2, \dots, m)$ 就是第 i 个待评价方案与理想方案 A_0 的贴近度,即

$$r_i = \sum_{k=1}^n h_{ik} w_k, \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

(4) 优劣排序

根据 R 中 m 个 r_i 值的大小次序确定出 m 个被评价方案的优劣次序, r_i 值大的方案较 r_i 值小的方案为优。

2 在基坑支护方案综合评价中的应用

某大厦地下室2层,根据地质条件和周边环境条件,拟定了4种支护方案,即Φ1000悬臂钻孔灌注桩、Φ1200人工挖孔灌注桩+旋喷桩、土钉锚喷网和Φ800锚拉钻孔灌注桩。优化支护方案的主要依据是可靠性、造价、施工难度、工期、环境影响以及对其它工序的影响等^[10]。其中造价和工期为定量指标,可按定额或实际要求计算。其余为定性指标,可按其相对重要程度用0~1间的数值进行量化,这种量化需由经验丰富的专家才能确定较精确的数值。

因各方案对其它工序的影响不大,可不作考虑。按上述方法,4种支护方案的量化指标见表1。

表1 4种支护方案的量化指标

Table 1 Quantitative indexes for 4 kinds of supporting schemes					
方案	可靠性	造价 /万元	施工 难度	工期 /d	环境 影响
Φ1000 悬臂钻孔灌注桩	0.7	210	0.8	45	0.9
Φ1200 人工挖孔灌注桩+旋喷桩	0.9	190	1.0	40	1.0
土钉锚喷网	0.8	170	0.9	35	0.8
Φ800 锚拉钻孔灌注桩	1.0	245	0.9	50	0.8

表中混凝土锚喷网支护的工期不包括开挖时间。

2.1 建立评价矩阵

根据给出的4种方案,建立如下的评价矩阵

$$A = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ \text{I} & 0.7 & 210 & 0.8 & 45 & 0.9 \\ \text{II} & 0.9 & 190 & 1.0 & 40 & 1.0 \\ \text{III} & 0.8 & 170 & 0.9 & 35 & 0.8 \\ \text{IV} & 1.0 & 245 & 0.9 & 50 & 0.8 \end{bmatrix}。$$

2.2 确定“理想方案”

由于可靠性属于效益型(越大越优型)指标,造价、施工难度、工期和环境影响属于成本型(越小越优型)指标,于是由式(4)得理想方案

$$A_0=(1.0, 170, 0.8, 35, 0.8)。$$

2.3 计算同一度矩阵H

4种基坑支护方案的可靠性同一度由式(6)求得,造价、施工难度、工期和环境影响的同一度由式(7)求得,于是得同一度矩阵为

$$H = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ \text{I} & 0.7 & 0.810 & 1 & 0.778 & 0.889 \\ \text{II} & 0.9 & 0.895 & 0.8 & 0.875 & 0.8 \\ \text{III} & 0.8 & 1 & 0.889 & 1 & 1 \\ \text{IV} & 1.0 & 0.694 & 0.889 & 0.7 & 1 \end{bmatrix}。$$

2.4 计算贴近度矩阵

通过专家咨询打分,得各指标的权重向量
 $w=(0.30, 0.20, 0.20, 0.20, 0.10)。$

根据式(8)、(9)和上述各指标权重,计算各被评价方案与理想方案A₀的贴近度r₁=0.817, r₂=0.864, r₃=0.918, r₄=0.857,即贴近度矩阵

$$R=[r_1=0.817, r_2=0.864, r_3=0.918, r_4=0.857]^T。$$

由此可知,4种支护方案的优劣排序为:土钉锚喷网>Φ1200人工挖孔灌注桩+旋喷桩>Φ800锚拉钻孔灌注桩>Φ1000悬臂钻孔灌注桩(>表示优先于),土钉锚喷网支护方案是最优方案。

3 结 论

(1) 基坑支护方案综合评价是一个较为复杂的问题。借助于集对分析的同一度,将多个指标合成为一个与理想方案的相对贴近度,去求其最优方案,数学表达简单、物理意义明确,这既是对集对分析方法应用领域的拓展,也是对方案综合评价新方法的探讨。

(2) 集对分析联系度在集对分析中的地位等同于以统计学为基础的“相关系数”、以灰色原理为基础的“灰关联度”和以模糊原理为基础的“隶属度”。因此,一个方案的综合评价可从不同的角度或由不同的概念得出相同的结果。

参考文献:

[1] 徐杨青. 深基坑工程设计方案优化决策与评价模型研究[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(7): 844 - 848. (XU Yang-qing. Study on the optimum decision-making and evaluation model for the design of deep excavation[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2005, 27(7): 844 - 848. (in Chinese))

[2] 戴佑斌, 张尚根, 周早生, 等. 模糊一致矩阵理论在地铁深基坑支护方案优选中的应用[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(10): 1162 - 1165. (DAI You-bin, ZHANG Shang-gen, ZHOU Zao-sheng, et al. Application of fuzzy consistent matrix theory to optimization of bracing projects for deep foundation pit of metro[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2005, 27(10): 1162 - 1165. (in Chinese))

[3] 曹文贵, 张永杰, 赵明华. 基坑支护方案确定的区间关联模糊优化方法研究[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(1): 66 - 71. (CAO Wen-gui, ZHANG Yong-jie, ZHAO Ming-hua. Study on interval relative fuzzy optimization method to determining support schemes for foundation pits[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2008, 30(1): 66 - 71. (in Chinese))

[4] 赵克勤. 基于集对分析的方案评价决策矩阵与应用[J]. 系

- 统工程, 1994, 12(4): 67 - 72. (ZHAO Ke-qin. An application of the scheme-appraisal decision matrix based on set pair analysis[J]. Systems Engineering, 1994, 12(4): 67 - 72. (in Chinese))
- [5] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2000: 114 - 190. (ZHAO Ke-qin. Set pair analysis and its preliminary application[M]. Hangzhou: Zhejiang Science & Technology Press, 2000: 114 - 190. (in Chinese))
- [6] 杨习贝, 杨静宇, 吴 陈, 等. 不完备信息系统中的集对分析方法[J]. 计算机科学, 2007, 34(4): 170 - 173. (YANG Xi-bei, YANG Jing-yu, WU Chen, et al. Set pair analysis in incomplete information systems[J]. Computer Sciences, 2007, 34 (4): 170 - 173. (in Chinese))
- [7] 苏美蓉, 杨志峰, 王红瑞, 等. 一种城市生态系统健康评价方法及其应用[J]. 环境科学学报, 2006, 26(12): 2072 - 2079. (SU Mei-rong, YANG Zhi-feng, WANG Hong-rui, et al. A kind of method and its application for urban ecosystem health assessment[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2006, 26(12): 2072 - 2079. (in Chinese))
- [8] 林海斌. 集对分析在科研项目评价中的运用[J]. 科学技术与工程, 2005, 5(19): 1365 - 1368. (LIN Hai-bin. Study on evaluation of scientific and technical projects with set pair analysis research[J]. Science Technology and Engineering, 2005, 5(19): 1365 - 1368. (in Chinese))
- [9] 赵克勤, 王礼品, 楼宛华. 集对分析在设备设计改造方案综合评价中的应用[J]. 有色设备, 1994(3): 2 - 5, 9. (ZHAO Ke-qin, WANG Li-pin, LOU Wan-hua. Application of set pair analysis in comprehensive evaluating of scheme for design and renovation of equipments[J]. Non-ferrous Metallurgical Equipment, 1994(3): 2 - 5, 9. (in Chinese))
- [10] 黄运飞. 深基坑工程实用技术[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1996: 515 - 516. (HUANG Yun-fei. Technique for deep foundation pit engineering[M]. Beijing: Publishing House of Ordnance Industry, 1996: 515 - 516. (in Chinese))

第五届全国建筑振动学术会议今年 10 月 23~25 日将在西安召开

为交流总结近四年来我国在建筑抗震及振动控制、动力机器基础、土动力学等领域取得的最新成果和经验, 进一步推动其工程应用和学科发展, 由中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会主办, 中国振动工程学会土动力学专业委员会、中国振动工程学会结构抗振控制专业委员会、中国建筑学会抗震防灾分会结构减振与控制委员会、上海市力学学会等协办的第五届全国建筑振动学术会议将于 2008 年 10 月 23~25 日在西安市军安王朝大酒店召开。已征集的学术论文由《防灾减灾工程学报》(增刊) 在会前正式出版, 会上还将安排多名国内专家做特邀报告。会议主办、协办各方及会议承办单位(机械工业勘察设计研究院、上海交通大学、中国中元国际工程公司)热忱期望全国相关专家、学者、工程技术和管理人员参加本次学术会议, 并欢迎有关企业在会议期间举办新技术、新产品展览。

本次会议后续会务工作主要由在西安的机械工业勘察设计研究院承办。会议期间统一安排餐住, 费用自理。会场军安王朝大酒店位于西安市莲湖区大庆路 1 号(玉祥门西北角),

住宿费两人标间 350 元/天。会务费 900 元/人(家属、研究生 600 元/人)。2008 年 10 月 22 日全天为会议报到时间(晚上 8:00~10:00 中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会委员会议), 23~24 日学术交流(具体内容安排在报到时发送), 25 日安排重要工程参观。会务组还将协助联系旅行社安排 10 月 26~27 日西安北线二日游(黄帝陵、壶口瀑布、延安等), 与会者自愿自费参加。

为便于会议筹备和预订宾馆住房, 敬请各单位拟参加会议的代表于今年 10 月 10 日前依次将所在单位名称、与会人员姓名、性别、职称(务)、住房和会上学术报告要求、计划何日到达等有关信息告知会务组。

会务组通讯地址: 710043 西安市咸宁中路 51 号机械工业勘察设计研究院; 传真: 029-83231354(传真上请注明收件人); 联系人: 张洁(zhangjie1406@qq.com, 029-83281225, 13571912329), 钱春宇(qian.cy@163.com, 13572016623), 郑建国(zhengjg@jk.com.cn), 陈龙珠(lzchen@sjtu.edu.cn)。

(上海交通大学安全与防灾工程研究所 陈龙珠 供稿)