

# 灰色与模糊理论在深基坑支护方案评价中的应用

刘章军, 叶燎原, 潘文

(昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 从灰色系统理论和模糊理论出发, 分别建立了深基坑支护方案评价的决策模型, 并以某大厦深基坑支护拟用的四种方案评价为例, 说明这两种决策模型方法简单、结果可靠。

**关键词:** 灰色系统理论; 模糊理论; 深基坑支护; 方案评价

**中图分类号:** TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)01-0108-04

## Application of Grey System Theory and Fuzzy Theory to Evaluating the Bracing Deep Foundation Pit Program

LIU Zhang-jun, YE Liao-yuan, PAN Wen

(Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

**Abstract:** On the basis of the grey system theory and fuzzy theory, two new models are established to evaluate the bracing deep foundation pit program. The two decision-making models are proved to be easy and reliable by taking 4 kinds of programs which will be used in a certain building as an example.

**Key words:** grey system theory; fuzzy theory; bracing deep foundation pit; program evaluation

### 0 引言

在进行深基坑支护方案的选择过程中, 每一种方案都有各自的特点. 如有的工期短, 有的造价低, 有的安全性好, 有的环境污染小等. 因此, 根据工程的实际情况, 从拟定的几个方案中选出一个相对最优的方案, 是进行投标或施工设计前的一项重要任务.

深基坑支护方案的评价选优是一个多因素的决策问题, 考虑到有限方案多因素决策的灰色性与模糊性, 应用灰色关联度理论及模糊数学方法来提供一种深基坑支护方案的综合评价.

### 1 灰色决策模型的建立

1) 根据实际工程可提供的各择方案及每种方案的影响因素, 若有  $n$  个备择方案, 且每种方案有  $m$  个影响因素, 则建立评价特征矩阵如下:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \cdots & x_1(m) \\ x_2(1) & x_2(2) & \cdots & x_2(m) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n(1) & x_n(2) & \cdots & x_n(m) \end{bmatrix}$$

式中:  $x_i(j)$ ——表示第  $j$  个影响因素对第  $i$  种备择方案的评价特征值,  $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ . 一般情况下, 影响因素分为效益型(越大越优)和经济型(越小越优)两种.

2) 根据各种影响因素建立“虚拟最优评价方案”:

$$x_0 = (x_{i1}(1), x_{i2}(2), \dots, x_{im}(m))$$

式中:  $X_j(j)$ ——表示从第  $j$  种影响因素中选择最优影响因素, 其中对于效益型影响因素取最大者; 对经济型影响因素取最小者,  $j = 1, 2, \dots, m$ .

收稿日期: 2002-04-24.

第一作者简介: 刘章军(1973.1~), 男, 硕士; 主要研究方向: 工程抗震.

### 3) 原始数据处理

由于原始数据中各因素的量纲不同,不可公度.因此需进行无量纲处理,对于效益型的影响因素,用相应  $X_0$  中的影响因素去除此因素中的各项;对于经济型的影响因素,用此因素中的各项去除相应  $X_0$  中的影响因素.从而建立灰关联因子集:

$$\begin{aligned} \hat{X} &= (\hat{x}_0 \ \hat{x}_1 \ \hat{x}_2 \ \cdots \ \hat{x}_n) \\ \hat{x}_0 &= (1 \quad 1 \quad \cdots \quad 1) \\ \hat{x}_i &= (\hat{x}_i(1) \ \hat{x}_i(2) \ \cdots \ \hat{x}_i(m)) \\ i &= 1, 2, \cdots, n. \end{aligned}$$

4) 根据灰关联因子集来计算灰色关联系数,从而建立灰关联度和灰色决策模型.

灰色系统理论所用的分析方法是系统的关联度分析方法,它是根据因素之间发展态势的相似或相异程度,来衡量因素间关联程度的方法.

第  $i$  个备择方案与“虚拟最优评价方案”第  $j$  个影响因素的相似程度用灰色关联系数  $\gamma_{ij}$  为<sup>[1]</sup>:

$$\gamma_{ij} = \gamma(\hat{x}_0(j), \hat{x}_i(j)) = \frac{\min_{i \in N} \min_{j \in M} |\hat{x}_0(j) - \hat{x}_i(j)| + \zeta \max_{i \in N} \max_{j \in M} |\hat{x}_0(j) - \hat{x}_i(j)|}{|\hat{x}_0(j) - \hat{x}_i(j)| + \zeta \max_{i \in N} \max_{j \in M} |\hat{x}_0(j) - \hat{x}_i(j)|}$$

式中:  $N = \{1, 2, \cdots, n\}$ ,  $M = \{1, 2, \cdots, m\}$ ,  $\zeta$ —分辨系数,取值范围为  $0 < \zeta < 1$ .一般取  $\zeta = 0.5$  时,有较高的分辨率<sup>[1]</sup>.

设评价影响因素的权向量为  $W = (w_1, w_2, \cdots, w_m)$ , 且  $\sum w_i = 1, 0 < w_i < 1, (i = 1, 2, \cdots, m)$ . 则第  $i$  个备择方案与“虚拟最优方案  $X_0$ ”的灰关联度为:

$$\gamma_i = \gamma(\hat{x}_0, \hat{x}_i) = \sum_{j=1}^m W_j \gamma_{ij}$$

式中:  $i = 1, 2, \cdots, n$ .

根据灰关联度接近性公理<sup>[2]</sup>知:  $\gamma_i$  越大,表明第  $i$  种备择方案与“虚拟最优方案  $X_0$ ”最接近,故优选:

$$\gamma_{\max} = \max_{i \in N} \gamma_i$$

其中:  $N = \{1, 2, \cdots, n\}$ .

## 2 模糊综合评判决策模型的建立

### 2.1 模糊综合评判决策的理论<sup>[3]</sup>

模糊综合评判决策是对受多种因素影响的事物作出全面评价的一种十分有效的多因素决策方法.

设  $U = \{x_1, x_2, \cdots, x_m\}$  为  $m$  种影响因素(或指标),  $V = \{v_1, v_2, \cdots, v_n\}$  为  $n$  种备择方案(评判),它们的元素个数和名称均可根据实际问题的需要确定.由于各种因素所取的地位不同,作用也不一样,权重也不同.由于人们对  $n$  种评判并不是绝对地肯定或否定,因此综合评判应该是  $V$  上的一个模糊子集  $B = (b_1, b_2, \cdots, b_n)$ , 其中  $b_j (j = 1, 2, \cdots, n)$  反映了第  $j$  种评判  $v_j$  在综合评判中所占的地位(即  $v_j$  对模糊集  $B$  的隶属度:  $B(v_j) = b_j$ ). 综合评判  $B$  依赖于各个因素的权重,它应该是  $U$  上的模糊子集  $A = (a_1, a_2, \cdots, a_m)$ , 且  $\sum a_i = 1$ , 其中  $a_i$  表示第  $i$  种因素的权重.因此,一旦给定权重  $A$ , 相应地可得到一个综合评判  $B$ .

于是,根据模糊映射与模糊变换理论,需要建立一个从  $U$  到  $V$  的模糊变换  $T$ . 如果对每一个因素  $x_i$  单独作一个评判  $f(x_i)$ , 这可以看作是  $U$  到  $V$  的模糊映射  $f$ , 即

$$\begin{aligned} f: U &\rightarrow F(V) \\ x_i &\mapsto f(x_i) \in F(V) \end{aligned}$$

由  $f$  可诱导出一个  $U$  到  $V$  的模糊线性变换  $T_f$ , 我们就可以把  $T_f$  看作为由权重  $A$  得到的综合评判  $B$  的数学模型.

### 2.2 模糊综合评判

根据模糊理论,模糊综合评判的关键是建立模糊矩阵  $R$  (单因素评判矩阵), 它可由模糊映射  $f$  诱导出的模糊关系确定.从而由  $R$  可诱导出模糊线性变换, 即得到综合评判:

$$B = A \cdot R$$

对于模糊矩阵  $R$ , 我们可以取:

$$R = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_2(1) & \cdots & x_n(1) \\ x_1(2) & x_2(2) & \cdots & x_n(2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1(m) & x_2(m) & \cdots & x_n(m) \end{bmatrix}$$

对于  $A$ , 可取  $A = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ .

对于“ $\cdot$ ”取加权平均模型, 即  $M(\cdot, +)$

$$b_j = \sum_{i=1}^m W_i x_j(i)$$

式中:  $j = 1, 2, \dots, n$ .

最后根据隶属原则: 优选最大  $b_j$ .

表1 4种支护方案的量化指标

方案	可靠性	造价/万元	施工难度	工期/天	环境影响
A	0.8	220	0.7	40	0.8
B	0.9	160	1.0	50	1.0
C	0.8	210	0.8	30	1.0
D	1.0	260	0.8	35	0.9

注: 表中混凝土喷锚网支护的工期不包括开挖时间, 其它工序的影响未作考虑<sup>[5]</sup>

### 3 在深基坑支护方案评价中的应用<sup>[4]</sup>

某高层建筑根据地层条件和周围建筑物情况, 拟定了4种支护方案, 既 A:  $\phi 800$  悬壁钻孔灌注浆 + 混凝土喷面; B:  $\phi 1200$  人工挖孔灌注桩 + 旋喷桩; C: 混凝土锚喷网; D:  $\phi 800$  锚拉钻孔灌注桩 + 混凝土喷面. 4种方案均可采用管井井点降水.

评价支护方案优劣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. 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, 这种量化需有经验的专家才能确定较精确的数值.

按上述方法, 4种支护方案的量化指标见表1<sup>[4]</sup>.

#### 3.1 用灰色决策理论评价

$$X_0 = (1, 160, 0.7, 30, 0.8)$$

$$x_0 = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1)$$

$$x_1 = (0.8 \ 0.727 \ 1.0 \ 0.75 \ 1.0)$$

$$x_2 = (0.9 \ 1.0 \ 0.7 \ 0.6 \ 0.8)$$

$$x_3 = (0.8 \ 0.762 \ 0.875 \ 1.0 \ 0.8)$$

$$x_4 = (1.0 \ 0.615 \ 0.875 \ 0.857 \ 0.889)$$

通过灰色关联系数公式计算得:

$$\gamma_{11} = 0.5 \quad \gamma_{12} = 0.423 \quad \gamma_{13} = 1.0 \quad \gamma_{14} = 0.444 \quad \gamma_{15} = 1.0$$

$$\gamma_{21} = 0.667 \quad \gamma_{22} = 1.0 \quad \gamma_{23} = 0.4 \quad \gamma_{24} = 0.333 \quad \gamma_{25} = 0.5$$

$$\gamma_{31} = 0.5 \quad \gamma_{32} = 0.457 \quad \gamma_{33} = 0.615 \quad \gamma_{34} = 1.0 \quad \gamma_{35} = 0.5$$

$$\gamma_{41} = 1.0 \quad \gamma_{42} = 0.342 \quad \gamma_{43} = 0.615 \quad \gamma_{44} = 0.583 \quad \gamma_{45} = 0.643$$

根据此工程的影响因素的特点可取权重为:  $W = (0.3, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1)$ , 则灰关联度分别为:

$$\gamma_1 = 0.6234 \quad \gamma_2 = 0.5967 \quad \gamma_3 = 0.6144 \quad \gamma_4 = 0.6723$$

由此可知:  $\gamma_4 > \gamma_1 > \gamma_3 > \gamma_2$ , 故优选 D 方案.

#### 3.2 模糊综合评判决策

模糊矩阵  $R$  为:

$$R = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 0.8 & 1.0 \\ 0.727 & 1.0 & 0.762 & 0.615 \\ 1.0 & 0.7 & 0.875 & 0.875 \\ 0.75 & 0.6 & 1.0 & 0.857 \\ 1.0 & 0.8 & 0.8 & 0.889 \end{bmatrix}$$

取权重向量  $A = (0.3 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.1)$ , 则综合评判  $B$ :

$$B = (0.8354 \quad 0.81 \quad 0.8474 \quad 0.8583)$$

根据最大隶属原则知 4 个支护方案的优劣顺序为:  $D > C > A > B$  故优选 D 方案.

#### 4 结束语

从上面的分析可知:两种决策方法对深基坑支护方案评价,具有方法简单、概念清晰、结果可靠等特点.

#### 参考文献:

- [1] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987.19~30.
- [2] 邓聚龙.灰色控制系统·第二版[M].武汉:华中理工大学出版社,1993.315.
- [3] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用·第二版[M].武汉:华中理工大学出版社,1999.190~199.
- [4] 冯玉国.深基坑支护方案评价灰色优化理论模型与应用[J].岩土工程师,1999,11(1).
- [5] 黄运飞.深基坑工程实用技术[M].兵器工业出版社,1996.

(上接第 104 页)

#### 3 应用实例及解决方法

著名的“死亡之 Ping”攻击是属于拒绝服务攻击的一种.它就是通过向目标端口发送大量的超大尺寸的 ICMP 包来实现的.当目标收到这些 ICMP 碎片包后,会在缓冲区里重新组合它们,由于这些包的尺寸实在太大以致于造成缓冲区溢出,从而导致系统崩溃.解决的方法很简单,Windows 2000 自带一个 ROUTING & REMOTE ACCESS 工具,在这个工具中可以轻易的定义输入输出包过滤器,我们设定输入 ICMP 代码 255 丢弃就表示丢弃所有的外来的 ICMP 包.这样就可以阻止“死亡之 Ping”的攻击.

#### 4 结束语

以上的论述和实例证明,计算机网络有其脆弱的一面,而以上所述只是许多种黑客攻击中的一种.笔者建议:

- (1) 建议慎重选择第三程序.应该尽量选择有信用的大公司的软件,绝对不要选择公布源代码的应用程序,因为这种程序的漏洞很容易被发现;
- (2) 要经常注意国际安全网站公布的漏洞,并根据建议进行修补.这一点对于安全来讲是至关重要的,因为网络上绝大多数的攻击都是利用已知的漏洞进行的;
- (3) 要认识到 CGI 安全问题的至关重要性.只有加强安全意识,通过不断研究网络系统的安全漏洞并弥补它,才能保证网络的安全使用.

#### 参考文献:

- [1] www.rootshell.com[OL].
- [2] www.esecurityonline.com[OL].
- [3] www.starkun.com[OL].
- [4] [美]Robert Cowart Brian Knittel. Windows2000 Professional 中文版使用大全 [M].北京:人民邮电出版社,2001.703~733,1079~1100.
- [5] 赵斌斌.网络安全与黑客工具防范[M].北京:科技出版社,2001.7~13,19~116,241~256.
- [6] 董玉格,等.攻击与防护-网络安全与实用防护技术[M].北京:人民邮电出版社,2002.7~22,79~99,155~182.
- [7] [美]匿名.网络安全技术内幕[M].北京:机械工业出版社,1999.27~39,197~205,345~380.
- [8] 阎雪.黑客就这么几招[M].万方数据电子出版社,2000.19~23,88~127,184~214.