

深挖路堑边坡设计方案的灰色优选

16
74-78

唐树名

(交通部重庆公路科学研究所 400067)

邓安福

(重庆建筑大学建筑工程学院 400045)

U 416.140.2
N84

彭金涛 李勇

(交通部重庆公路科学研究所 400067)

摘要 目前,对山区高等级公路深挖路堑边坡设计时,设计方案的比选多用经验或直觉判断的方法,常导致决策或方案的不合理甚至失误而造成重大损失。本文应用灰色理论中灰关联分析法,对设计方案进行优选。这在确定方案、避免或减少设计的失误上有较大的现实意义。

关键词 路堑边坡; 设计方案; 灰色优选; 关联度 公路

中图分类号 TU457

在山区修建高等级公路,不可避免地会遇到深挖路堑边坡。我国现行《路基设计规范 JTJ013-95》中,对深挖路堑边坡设计方法阐述不详,致使设计方案的比选常凭经验而定。近年来,我国山区深挖路堑边坡失稳事故频繁发生,对其进行处治设计时,处治方案的比选也凭经验而定。上述作法难以获得满意的设计方案。

实际上,设计方案的优选要考虑许多因素,如技术、经济、社会效益等,在这些因素中,有不少因素属非量化的数,这就给方案的评价和优选带来很大的困难。本文运用灰色理论中的灰关联分析方法,对设计方案的优选进行探讨,以期达到避免或减少设计失误的目的。

1 灰关联分析法简述

1.1 灰关联分析法含义^[1]

灰关联分析法是指对一个系统发展变化态势的定量描述和比较的方法。

该法的实质是将无限收敛用近似收敛取代,将无限空间的问题用有限数列取代,将连续的概念用离散的数据列取代。

该法的基本思想是通过确定参考数列和若干比较数列的几何形状相似程度来判断其联系是否紧密,它反映了曲线间的关联程度,大者为优。

1.2 灰关联分析法基本原理^[2]

当灰关联因子集中因子满足灰关联四个公理时,依灰关联度求取灰关联序,从而得解。此即为灰关联分析法基本原理。

具体讲,令 X 为序列集,

$$X = \left\{ \begin{array}{l} x_i, i \in N, N = \{1, 2, \dots, m\}, \\ x_i = (x_i(1), \dots, x_i(n)), \\ x_i(k) \in x, k \in K, K = \{1, 2, \dots, n\} \end{array} \right\} \quad (1)$$

如具下列性质:①数值可接近性;②数值可比性;③非负因子性,则称 X 为灰关联因子集,称 X 中序列 $x_i(k)$ 为因子。

收稿日期:1999-03-01

唐树名,男,1970年生,博士生。

若 X 为灰关联因子集, 令 $x_0 \in X$ 为参考列, $x_i \in X$ 为比较列, $x_0(k)$ 与 $x_i(k)$ 分别为 x_0 与 x_i 在第 k 点的数据, 若有非负实数 $\xi_{0i}(k)$ 为 X 上在一定环境下 $x_0(k)$ 与 $x_i(k)$ 的比较测度, 且令 r_{0i} 为 $\xi_{0i}(k)$ 的平均值, 则当满足:

① 规范性

$$0 < r_{0i} \leq 1,$$

$r_{0i} = 1$, 当 $x_0 = x_i$ 时,

$r_{0i} = 0$, 当 $x_0, x_i \in \Phi$ (空集);

② 偶对称性

恒有 $x(x, y) = x(y, x)$;

③ 整体性

往往有 $r_{ij} \neq r_{ji}$;

④ 接近性

$|x_0(k) - x_i(k)|$ 越小, $\xi_{0i}(k)$ 越大时, 称 $\xi_{0i}(k)$ 为 x_i 对 x_0 在 k 点的灰关联系数, r_{0i} 为 x_i 对 x_0 的灰关联度, ① ~ ④ 为灰关联四个公理。

在灰关联空间上, 定义 $\xi_{0i}(k)$ 为:

$$\xi_{0i}(k) = \frac{\min_{i \in N} \min_{k \in K} |x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_{i \in N} \max_{k \in K} |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_{i \in N} \max_{k \in K} |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (2)$$

其中 $\zeta \in [0, 1]$, 则:

$$r_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{0i}(k) \quad (3)$$

若有 $r_{0j} > r_{0i} > \dots > r_{0k}$, $0, i, j, \dots, k \in N; N = \{0, 1, 2, \dots, m\}$

则

① 称对于 x_0 的影响, x_i 强于 x_j , 记为:

$$x_i > x_j;$$

② 称

$$r_{0j} > r_{0i} > \dots > r_{0k},$$

$$x_i > x_j > \dots > x_k$$

为 X 上对于 x_0 的灰关联序(模型), 记为 $\text{ORD}(X, x_0)$ 。

根据灰关联序, 即可定出最优解。

2 深挖路堑边坡灰色优选模型建立

2.1 确定比较数据列

比较数据列即为深挖路堑边坡中关键性的技术经济指标(亦称特征指标)数据列, 如工程造价、边坡稳定可靠率、占地、环境、施工难度、弃方量等, 可表示为:

$$\{x_i(m)\} = \{\text{工程造价 } x_i(1), \text{边坡稳定可靠率 } x_i(2), \text{占地 } x_i(3), \text{环境 } x_i(4), \text{施工难度 } x_i(5), \text{弃方量 } x_i(6) \dots x_i(s)\} (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

对式(4)中非量化指标(如施工难度、环境等)应按下面方法作白化权函数处理。一般通过建立归一化的白化曲线进行, 即将最高与最低评分的白化值分别取为 0 与 1(或反之)。而最高与最低值, 可用统计数据通过逻辑或试验统计方法求证, 若无资料, 可由专家小组不记名评分结果求取。以施工难度指标求白化值——技措满意度(越难, 技措满意度越小)为例。

设对 n 个设计方案, 有 1 个专家的评分结果如表 1。表中, x_{ij} 表示第 j 个专家对第 i 个设计方案的施工难度指标的评分; \bar{x}_i 为第 i 个设计方案在施工难度指标上由专家小组评分的得分平均值。

表 1 专家不记名评分 x_i

方案	专 家 评 分				$X_i = (\sum x_i) / 4$
	1	2	...	4	
1	X_{11}	X_{12}	...	X_{14}	X_1
2	X_{21}	X_{22}	...	X_{24}	X_2
...
n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{n4}	X_n

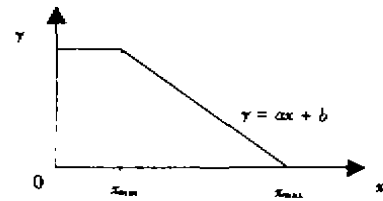


图 1 白化曲线

取当 $x = x_{max}$ 时,白化值 $y = 0$;当 $x = x_{min}$ 时,白化值 $y = 1$,建立白化曲线如图 1 所示。

由函数 $y = ax + b$ (斜直线段),据 x_i ,即可计算相应的白化值 y_i 。

2.2 确定参考数据列

参考数据列即最优数据列,它是从诸方案技术经济指标比较数据列里选出的最佳者(包括非量化指标的相应白化值中最佳者)。可将深挖路堑边坡参考数据列表示为:

$$\{x_0\} = \{\text{造价 } x_0(1), \text{稳定可靠率 } x_0(2), \text{占地 } x_0(3), \text{环境 } x_0(4), \text{施工难易 } x_0(5), \text{弃方 } x_0(6), \dots, x_0(s)\} \quad (5)$$

将式(4)展开,得各方案比较数据列:

$$\begin{aligned} \{x_1\} &= \{x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(s)\} \\ \{x_2\} &= \{x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(s)\} \\ &\dots\dots\dots \\ \{x_n\} &= \{x_n(1), x_n(2), \dots, x_n(s)\} \end{aligned} \quad (6)$$

$\{x_0\}$ 中元素为(6)式中各行元素最佳者,须视具体指标定优劣。如 $x_0(1)$,以越少越好,则:

$$x_0(1) = \min_{m=1 \rightarrow n} \{x_1(1), x_2(1), \dots, x_n(1)\} \quad (7)$$

而 $x_0(2)$,以越大越好,则:

$$x_0(2) = \max_{m=1 \rightarrow n} \{x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(s)\} \quad (8)$$

2.3 求关联系数

关联系数 $\xi_0(m)$ 为比较曲线与参考曲线在第 m 个元素上的相对差值,其公式如式(2)所示。

2.4 求关联度

关联度的表达式如式(3)示。可考虑工程中某指标的重要性,在关联度计算中加入各关联系数权重 w_i ,如式(9)示:

$$r_0 = \frac{1}{s} \sum_{m=1}^s w_i \xi_0(m) \quad (9)$$

据式(9)求出灰关联度后,依灰关联序模型 $ORD(Y, x_0)$ 可得最优方案。

3 实 例

渝黔路某深挖路堑边坡,施工中边坡滑塌,重新处治设计时,设计单位提供了 4 种方案。其相应技术经济指标数值与定性评价如表 2 所列。(其中定性评价数据来源于方案评审时专家意见,表 3 数据亦如此),试作方案优选。

3.1 灰数白化

对表 2 中“环境”和“施工难度”两项灰数指标,通过专家评分,以“环境”为例,列出评分值如表 3。

按 3.1 中白化权函数处理方法,可得如下的两个方程:

$$\begin{cases} 0 = 5a + b \\ 1 = 9a + b \end{cases}$$

表 2 边坡处治方案技术经济指标

特征指标	设计方案			
	I	II	III	IV
1. 工程造价, 百万	640	680	710	630
2. 边坡稳定效果, %	90	85	95	90
3. 占地, 亩	18	34	34	28
4. 环境	很好	较好	差	一般
5. 施工难度	大	小	小	较大
6. 弃方, 万 m ³	2.8	21.5	21.5	15.7

表 3 评分 x_i

方案	专家评分								x_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	
I	9	9	8	8.5	7	8	9	8.5	8.375
II	8	7.5	7	6.5	6.5	6.8	7	7.5	7.0625
III	6	5.5	5.5	5	6	5	6	5	5.5
IV	7	7	5.5	6.5	6.5	6	6	6.5	6.375

解之得:

$$\begin{cases} a = 0.25 \\ b = -1.25 \end{cases}$$

故白化权函数方程为:

$$y = 0.25x - 1.25 \tag{10}$$

将表 3 中各 x_i 值代入方程式 (10), 可得经白化处理的各方案相应白化值, 如表 4。按相同的处理方法, 可得施工难度的技措满意度白化值, 如表 5 示。

表 4 环境满意度白化值

方 案	I	II	III	IV
环境满意度	0.84	0.52	0.13	0.34

表 5 施工技措满意度

方 案	I	II	III	IV
施工技措满意度	0.51	0.86	0.80	0.65

3.2 确定参考数列和比较数列

参考数列可从表 2、表 4 和表 5 取得:

$$\{x_0\} = \{630, 95, 18, 0.84, 0.86, 2.8\} \tag{11}$$

比较数据列为:

$$\left. \begin{aligned} \{x_1\} &= \{640, 90, 18, 0.84, 0.51, 2.8\} \\ \{x_2\} &= \{680, 85, 34, 0.52, 0.86, 21.5\} \\ \{x_3\} &= \{710, 95, 34, 0.13, 0.80, 21.5\} \\ \{x_4\} &= \{630, 90, 26, 0.34, 0.65, 15.7\} \end{aligned} \right\} \tag{12}$$

3.3 权重确定及关联度计算

根据建设方的要求及专家小组的评议, 本段路堑边坡各特征指标的权重为:

$$\{w\} = \{w_1, w_2, \dots, w_6\} = \{0.30, 0.25, 0.15, 0.15, 0.10, 0.05\} \tag{13}$$

由式 (11) 及 (12) 求式 (2) 中的绝对差值 $|x_{0(m)} - x_{i(m)}|$ 得表 6。再按式 (2) 计算比较数据列对最优数据列的各关联系数 $\xi_m(k)$, 得结果如表 7。

由表 7 可知, 灰关联序模型为:

$$Y_{.1} > Y_{.4} > Y_{.3} > Y_{.2}$$

所以, 方案 I 最优, 实际中亦采用的方案 I。

所以,方案 I 最优,实际中亦采用的方案 I。

表 6 $\Delta_{i(m)} = |x_{i(m)} - x_{i(i)}|$

m	1	2	3	4	5	6	min m	min i	min m	max m	max i	max m
$i = 1$	10	5	0	0	0.35	0	0	-	10	-		
$i = 2$	50	10	16	0.32	0	18.7	0	0	50	50		
$i = 3$	80	0	16	0.71	0.06	18.7	0	0	80	80		
$i = 4$	0	5	8	0.50	0.21	12.9	0	0	12.9	-		

表 7 ξ_i 和 γ_i 计算表

m	1	2	3	4	5	6	m_i
m_i	0.30	0.25	0.15	0.15	0.10	0.05	-
$i = 1$	0.80	0.888 89	1.0	1.0	0.991 32	1.0	0.151 89
$i = 2$	0.444 44	0.80	0.714 28	0.992 06	1.0	0.681 43	0.120 56
$i = 3$	0.333 33	1.0	0.714 28	0.982 56	0.998 50	0.681 43	0.123 07
$i = 4$	1.0	0.727 27	0.833 33	0.987 65	0.994 78	0.756 14	0.148 71

4 结 论

由于深挖路堑边坡系统本身具有许多不确定的因素,应用灰色理论中灰关联分析法对其设计方案进行优选,方法简单,切实可行。但应注意系统数据的收集及更新,以保证结果的可靠度。

参 考 文 献

- 1 邓聚龙.灰色预测与决策.武汉:华中理工大学出版社,1988
- 2 邓聚龙.灰色控制系统.武汉:华中理工大学出版社,1993
- 3 侯 昶.土木建筑工程现代技术方法.南京建筑工程学院教材,1993
- 4 罗庆成,徐国新.灰关联分析应用.江苏科学技术出版社,1989

Grey Optimal Options of Design Plans for Deep Cutting Slope

Tang Shuming

(Chongqing Highway Scientific Research Institute of Communication Ministry, 400067)

Deng Anfu

(Faculty of Civil Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045)

Peng Jintao Li Yong

(Chongqing Highway Scientific Research Institute of Communication Ministry, 400067)

Abstract The selection of the design plans for deep cutting slope of high-level highway in mountain area, in general speaking, only depends on the designer's experience and intuitive determination at the present time, which results in unreasonable, even error, decision or plan. It unavoidably causes enormous damage. This paper proposes to adopt correlation degree analysis method of grey system theory for choosing the optimal design plan. It will give a definite and real meaning about choosing design plan and avoiding or reducing errors in design work.

Key Words cutting slope; design plan; grey optimal option; correlation degree