

文章编号:1006-2106(2011)05-0009-04

# 滑坡整治工程后评价分析<sup>\*</sup>

耿 强<sup>\*\*</sup> 曹集士 巫锡勇

(西南交通大学, 成都 610031)

**摘要:**研究目的:对于滑坡病害整治工程的后评价研究还没有形成一套系统可行的评价方法和体系,本文通过分析影响滑坡整治工程后评价的各个相关因素,进行两两对比综合判断,提出了一套完整可行的评价方法和体系。

**研究结论:**对于滑坡病害整治工程的后期评价,筛选出了 12 项主要影响评价结果的因子,其中包括定性因子和定量因子。在考虑各因子权重与专家权重的基础上建立的滑坡综合后评价模型,可以判断滑坡整治工程的治理效果是否合理得当,能够为以后的滑坡工程的后评价体系提供科学合理的评价依据。

**关键词:**滑坡;后评价;定性分析;定量分析;评价因子

中图分类号:P642.22 文献标识码:A

## Post – evaluation Analysis of Landslide Treatment

Geng Qiang ,Cao Ji – shi ,Wu Xi – yong

( Southwest Jiaotong University ,Chengdu , Sichuan 610031 , China)

**Abstract: Research purposes:** A feasible evaluation method and system for the post – evaluation of Landslide treatment has not formed . This paper analyzes all the relevant factors of the post – evaluation of landslide treatment , comprehensively compares and judges these factors with two by two ,and offers a feasible evaluation method and system.

**Research conclusions:** For the post – evaluation of landslide treatment , the 12 main factors that affect the evaluation results are listed , including the quantitative factors and qualitative factors. On consideration of the factors weights and experts' weights , finally the comprehensive landslide evaluation model is established to determine whether the effect of the Landslide treatment is reasonable and appropriate or not for providing the scientific , rational and theoretical basis to the post – evaluation of the landslide treatment.

**Key words:** landslide; post – evaluation; qualitative analysis; quantitative analysis; evaluation factor

## 1 绪论

众所周知,在我国很多地区都有不同规模的滑坡发生,与此同时,对滑坡的整治也在不断地进行,其中不同的滑坡采取的整治方式也是多种多样的,然而,对于一个已经整治过的滑坡后评价已成为一个新的复杂的问题。如何建立一个模型能够科学合理地评价一个整治工程就成了一个需要解决的问题。对于评价一个

滑坡整治工程的优劣有很多后评价因子,如图 1 所示。

对于一个整治工程的后期评价要考虑到诸多因素,其中有定量的因子,也有定性的因子,因此,综合考虑定量因子与定性因子的影响,通过两者的综合判别建立一种新的评价模型,用来判别评价某一滑坡整治工程,使评价结果客观合理,并且能为以后的滑坡防治工程提供设计依据,也可为以后类似的滑坡后评价提供参考和依据,使其更有利于国家的经济建设。

\* 收稿日期:2011-03-07

\*\* 作者简介:耿强,1986 年出生,男,在读硕士研究生。

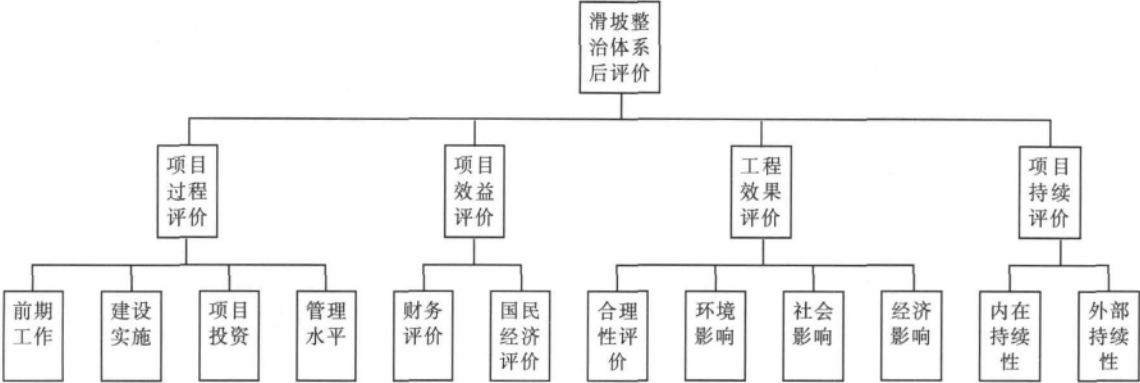


图 1 滑坡整治体系的评价结构图

2 各评价因子权重的确定

由上可知,滑坡整治后评价工程的评价因子的重要性并非相同,所以采取层次分析法和专家咨询的方式来确定各评价因子的权重。对于若干个评价因子,若取两个因子进行比较,则会有三种可能,即:(1)一个评价因子与另一个评价因子的重要程度相当;(2)一个评价因子的重要程度远比另一个评价因子重

要;(3)一个评价因子的重要程度没有另一个评价因子好。对于这三种因子间的重要性差异,结合模糊数学的理论,并通过专家的咨询,针对以上三种情况,分别给出评价因子的重要性分数为0.5,1,0。由此累计得各个评价因子的重要性分数值,再将每个因子的重要性分值进行归一,就得到了各个评价因子的权重,如表1所示。

表 1 滑坡后评价因子权重表

一级因子	项目的过程				项目效益		工程效果				项目持续		得分权重
二级因子	前期工作	建设实施	项目投资	管理水平	财务评价	国民经济评价	合理性评价	环境影响评价	社会影响	经济影响	内部持续性	外部持续性	$W$
前期工作	-	$A_{1,1}$	$A_{1,2}$	*	*	*	*	*	*	*	*	$A_{1,11}$	$W_1'$
建设实施	$A_{2,1}$	-	$A_{2,2}$	*	*	*	*	*	*	*	*	$A_{2,11}$	$W_2'$
项目投资	$A_{3,1}$	$A_{3,2}$	-	*	*	*	*	*	*	*	*	$A_{3,11}$	$W_3'$
管理水平	$A_{4,1}$	$A_{4,2}$	*	-	*	*	*	*	*	*	*	$A_{4,11}$	$W_4'$
财务评价	$A_{5,1}$	$A_{5,2}$	*	*	-	*	*	*	*	*	*	$A_{5,11}$	$W_5'$
国民经济评价	$A_{6,1}$	$A_{6,2}$	*	*	*	-	*	*	*	*	*	$A_{6,11}$	$W_6'$
合理性评价	$A_{7,1}$	$A_{7,2}$	*	*	*	*	-	*	*	*	*	$A_{7,11}$	$W_7'$
环境影响	$A_{8,1}$	$A_{8,2}$	*	*	*	*	*	-	*	*	*	$A_{8,11}$	$W_8'$
社会影响	$A_{9,1}$	$A_{9,2}$	*	*	*	*	*	*	-	*	*	$A_{9,11}$	$W_9'$
经济影响	$A_{10,1}$	$A_{10,2}$	*	*	*	*	*	*	*	-	*	$W_{10,11}$	$W_{10}'$
内部持续性	$A_{11,1}$	$A_{11,2}$	*	*	*	*	*	*	*	*	-	$A_{12,11}$	$W_{11}'$
外部持续性	$A_{12,1}$	$A_{12,2}$	*	*	*	*	*	*	*	*	$A_{12,11}$	-	$W_{12}'$

注:其中表1中 $A_{ij}(i=1\sim12;j=1\sim11)$ 表示一个因子相对于另一个因子的重要程度,且只能取值0,0.5,1。其中相同因子指标之间不作对比。

3 定量指标因子的处理

若滑坡病害整治后评价因子中可以用来量化的指标因子有 $m$ 个,则此 $m$ 个定量指标用向量可表示为:

$$X_0=(x_1\ x_2\ \cdots x_m)$$
 (1)

式中  $m$ ——定量指标的个数。

由于各个定量指标因子的单位并不一定是统一的,因此,必须考虑各定量因子量纲的影响,即应该使

各定量因子具有统一可度量的量纲。

定义 1<sup>[1]</sup>: 设  $f(x)$  是  $R$  上的有界函数,求  $f(x)$  的普通极值问题,是  $x^*$  使  $f(x^*)=\max_{x\in X} f(x)$  满足该式的  $x^*$  为  $f(x)$  在  $X$  的最大值点,设  $f(x)$  一切最大值点的集为称为  $M_f=\{x^*\in X:f(x^*)=\max_{x\in X} f(x)\}$ ,称  $M_f$  为  $f(x)$  的优越集。

定义 2<sup>[1]</sup>: 设  $f$  为  $R$  上的有界函数,定义  $M_f^*=$

$\frac{f(x) - \inf_{x \in X} f(x)}{\sup_{x \in X} f(x) - \inf_{x \in X} f(x)}$  称  $M_f^*$  为  $f(x)$  的无条件模糊优越集。

当  $f(x_1) = \max_{x \in X} f(x)$  时,  $M_f^*(x_1) = 1$ , 且  $f(x)$  越接近  $\max_{x \in X} f(x)$ ,  $M_f^*$  越接近于 1, 所以  $M_f^*$  反映了  $x$  的优越程度。

因此针对定量的评价因子, 定义各个量的模糊化公式:

(1) 对于指标因子越大越优越的量定义为:

$$X_i^* = \frac{X_i - \min X_i}{\max X_i - \min X_i} \tag{2}$$

(2) 对于指标因子越小越优越的量定义为:

$$X_i^* = \frac{\max X_i - X_i}{\max X_i - \min X_i} \tag{3}$$

其中,  $\max X_i, \min X_i$ ——分别表示  $X_i$  在指定区间内度量的最大值和最小值, 且  $X_i^* \in [0, 1]$ , 并未改变原定量指标的数据差异性  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $m$  为指标因子个数。

将各个定量指标处理后的数值进行标准化:

$$X_i = \frac{X_i^*}{\sum_{i=1}^m X_i^*} \tag{4}$$

由各个定量评价指标因子所构成的向量为:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_m) \tag{5}$$

由表 1 知, 各对应定量因子权重对应的向量为:

$$W' = (w_1', w_2', \dots, w_m') \tag{6}$$

因此对各定量因子权重通过公式  $w_i = \frac{w_i'}{\sum_{i=1}^m w_i'}$  标准化, 得  $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$

综上所述: 由各定量因子所得出的评价效果为  $G_1 = XW^T$ 。

由于定量指标因子能够比较准确地确定其指标因子的数量值大小, 因此, 可以较容易地按以上方法计算出某一滑坡后评价项目  $G_1$  的大小。通过对若干个整治工程后评价的定量因子的计算, 可以将  $G_1$  值的大小从小到大分为几个区段, 且为  $[0, 1]$  区间上的一个数, 通常  $G_1$  的值越大, 则治理工程越好, 即工程项目越优越, 因此, 通过一定的实践经验设  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  为该区间上的三个不同的值, 且  $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ 。通过划定将定量因子所得的评价效果定义为优、良、中、差四个等级, 如表 2 所示。

表 2 定量因子评定效果表

$G_1$ 的数值	$G_1 \geq \lambda_3$	$\lambda_3 > G_1 \geq \lambda_2$	$\lambda_2 > G_1 \geq \lambda_1$	$G_1 < \lambda_1$
评定等级	优秀	良好	中等	差或不合格

4 定性指标因子的处理

对于滑坡病害工程后评价的定性指标, 很难通过具体的数值确定评价, 鉴于此, 采取专家评分的方式进行评价。根据  $t$  位专家对  $n$  项定性指标的评定分数进行判断。每位专家可以根据工程实际情况和自己的专业经验, 给每个定性指标  $Y_i (i = 1, 2, \dots, n)$  打分, 分数区间在  $[0, 100]$ , 然后考虑到专家的权重与各定性指标权重来综合评定其治理效果。

令  $Y_{ij}$  表示第  $i$  位专家对第  $j$  项定性指标所给出的分数(其中  $i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, n$ )。

由各个专家的评价分数所得到的分数矩阵为:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{21} & \cdots \\ Y_{12} & Y_{22} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{1n} & Y_{2n} & \cdots \end{bmatrix} \tag{7}$$

由于评定专家也有差异性, 所以根据各自评定结果, 应给出各自的权重。

定义 1<sup>[2]</sup>: 设两个三角模糊向量  $A^m = (A_1^m, A_2^m, \dots, A_n^m)$ ,  $A^n = (A_1^n, A_2^n, \dots, A_n^n)$

则两模糊向量的模糊距离定义为  $D(A^m, A^n) = \sum_{i=1}^n (A_i^m - A_i^n)^2$

定义 2<sup>[2]</sup>: 设  $A^m, A^n$  为两三角模糊向量, 则向量的一致性函数  $S(A^m, A^n) = 1 - D(A^m, A^n)$ , 即  $A^m, A^n$  越相近, 一致性越强。

定义个体强一致性指标为:

$$M_i = \sum_{d=1}^t S(A^i, A^d) / t \tag{8}$$

式中  $t$ ——专家数;

$A^i$ ——第  $i$  位专家评分的模糊向量;

$A^d$ ——第  $d$  位专家评分的模糊向量。

标准化, 得每个专家的强一致性指标, 即为专家权重

$$M_i^* = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^t M_i}$$

由专家权重组成的向量  $M = (M_1^*, M_2^*, \dots, M_t^*)$

由各定性指标组成的权重向量为  $w' = (w_{m+1}', w_{m+2}', \dots, w_{m+n}')$

对各定量因子权重通过公式  $w_i = \frac{w_i'}{\sum_{i=m+1}^{m+n} w_i'}$  标准化

得  $w = (w_{m+1}, w_{m+2}, \dots, w_{m+n})$

综上所述, 由定性指标所得到的评价结果为  $G_2 = wYM^T$ 。根据指标的结果, 给出评价标准如表 3 所示。

表 3 定性因子评定效果表

$G_2$ 的数值	$G_2 \geq 80$	$80 > G_2 \geq 60$	$60 > G_2 \geq 40$	$G_2 < 40$
评价等级	优秀	良好	中等	差或不合格

## 5 结果分析

通过对定性指标和定量指标的模型建立和分析,可以初步评价某滑坡的治理效果,所以将两个指标进行综合分析可以较准确地得出评价结论。由于  $G_1 \in (0, 1)$ , 所以  $100G_1 \in (0, 100)$ , 且通过设定的值可以评判定量指标的效果, 而定性指标  $G_2 \in (0, 100)$ , 通过专家设立的标准可以进行评判。因此, 将  $100G_1\beta_1 + G_2\beta_2$  (其中  $\beta_1$  表示定量指标在总指标中所占比重,  $\beta_2$  表示定性指标在总指标中所占比重) 作为最终评定某一滑坡的治理效果和该滑坡评价判别标准, 令  $\alpha_1 = 40 + 100\lambda_1$ ,  $\alpha_2 = 60 + 100\lambda_2$ ,  $\alpha_3 = 40 + 100\lambda_3$ 。得出综合评价效果如表 4 所示。

表 4 结果综合评定表

定性与定量综合值 $T$	$T \geq \alpha_3$	$\alpha_3 > T \geq \alpha_2$	$\alpha_2 > T \geq \alpha_1$	$T < \alpha_1$
评价等级	优秀	良好	中等	差或不合格

## 6 结论

(1) 通过滑坡病害整治工程评价标准提出了 12 项评价因子, 分为定量评价因子和定性评价因子两类, 使得评价体系更加科学和严密。通过以上的定量因子评价模型和定性因子分析模型可以确定出该评价的两种效果, 然后综合考虑定性和定量的评价结果, 科学合理地判断该滑坡整治工程的最终评价结果。

(2) 本文为滑坡病害整治工程后评价提供了一个新的计算参考模型, 从引入模糊数学理论入手, 建立定量指标的分析模型, 根据实践与专家经验确定各指标的权重, 以及各评价专家的权重, 从而建立了定性因子分析模型, 利用两种模型的评价结果来客观地反映滑坡治理工程的效果。

(3) 滑坡病害治理后评价是一个复杂多变的研究内容, 由于工程性的复杂多变, 没有一套成熟的评价体系, 本文旨在提出一种可供实际操作的评价模型用于对比分析、粗略性的评价, 从而为滑坡治理工程后评价提供科学、客观、真实的评价内容。这能够为以后的滑坡治理工程后评价开辟新的思路。

## 参考文献:

- [1] 马容国, 杨立波. 一种基于模糊理论的 AHP 改进算法[J]. 长安大学学报, 2002(2): 157-164.

Ma Rongguo, Yang Libo. The AHP Based on Fuzzy Theory Algorithm [J]. Journal of Changan university, 2002(2): 157-164.

- [2] 徐峻岭, 马惠民, 郑静, 等. 滑坡的规律研究与防治[J]. 铁道工程学报, 2005(12): 333-339.  
Xu Junling, Ma Huimin, Zheng Jing, etc. Research on the Rules and Controlling of Landslide [J]. Journal of Railway Engineering, 2005(12): 333-339.
- [3] 李德敏, 周杰, 张友良. Fuzzy 决策中群体意见一致性指标与一致性判别方法[J]. 系统工程理论与实践, 1998(11): 92-95.  
Li Demin, Zhou Jie, Zhang Youliang. Fuzzy Decision-making Views of the Group of Consistency Index and Consistency of Identification Methods [J]. Systems Engineering - Theory and Practice, 1998(11): 92-95.
- [4] 何如海, 叶依广. 基于模糊理论的城市交通生态环境综合评价模型研究[J]. 安徽农业大学学报, 2006(3): 419-422.  
He Ruhai, Yi Yiguang. Urban Traffic Comprehensive Evaluation Model of the Ecological Environment Based on Fuzzy [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2006(3): 419-422.
- [5] 彭本红, 孙绍荣, 胡若. 基于熵和双基点方法的广义价值工程评价模型[J]. 价值工程, 2004(2): 54-57.  
Peng Benhong, Hong Shaorong, Hu Ruo. The Evaluation Model of Extended Value Engineering Based on the Method of Entropy and Double Base Points [J]. Value Engineering, 2004(2): 54-57.
- [6] 陈守煜, 李庆国. 多指标半结构性模糊评价法在水利工程后评价中的应用[J]. 水利学报, 2004(4): 27-32.  
Chen Shouyu, Li Qingguo. Multi-objective Semi-structural Evaluation Method and Its Application to Post Evaluation of Water Projects [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(4): 27-32.
- [7] 郑明新, 殷宗泽, 吴继敏, 等. 滑坡防治工程效果的模糊综合评价研究[J]. 岩土工程学报, 2006(10): 1224-1229.  
Zheng Mingxin, Yin Zongze, Wu Jumin, etc. Post-fuzzy Comprehensive Evaluation of Effectiveness of Landslide Control [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2006(10): 1224-1229.
- [8] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.  
Chen Shouyu. Engineering Fuzzy Set Theory and Applications [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1998.