

模糊综合评价高速公路建设工程地质灾害危险性^{*}

袁素凤

(陕西省公路勘察设计院, 陕西 西安 710068)

摘要:高速公路建设工程地质灾害危险性级别的确定是地质灾害评估工作之综合评估的重要组成部分,是相关部门土地审批的重要依据,也是建设部门地质灾害防治措施的依据之一。目前综合评估常用的方法是定性评价,在定性评价的过程中过分关心致灾因素的极限值并突出某一因素的主导作用,往往忽视一次地质灾害事件常常是多种因素综合作用的结果。因此,为了客观、科学反映建设工程地质灾害综合评估结果,以高速公路线型工程为例,用模糊综合评价方法对地质灾害的危险性进行评估,其结果真实、可靠。

关键词:模糊综合评价;高速公路;建设工程;地质灾害;危险性

中图分类号: O159; P642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)02-0057-04

0 前言

国务院394号令《地质灾害防治条例》规定^[1]:编制和实施土地利用总体规划、矿产资源规划以及水利、铁路、交通、能源等重大建设工程项目规划,应当充分考虑地质灾害防治要求,避免和减轻地质灾害造成的损失,同时要求在地质灾害易发区内进行工程建设应当在可行性研究阶段进行地质灾害危险性评估,并将评估结果作为可行性研究报告的组成部分;可行性研究报告未包含地质灾害危险性评估结果的,不得批准其可行性研究报告。因此,做好高速公路建设工程地质灾害危险评估工作事关人民生命财产安全和高速公路运营安全,也是项目审批的重要依据。

地质灾害危险性级别的确定是综合评估的内容之一,也是高速公路建设工程评估工作的重要组成部分。根据国土资源部颁布的《地质灾害危险性评估技术要求(试行)》^[2],综合评估中将建设工程地质灾害危险性划分为三级:即地质灾害危险性大、地质灾害危险性中等、地质灾害危险性小。地质灾害危险性大且防治工程复杂的建设用地适宜性差;地质灾害危险性中等且防治工程简单的建设用地基本适宜;地质灾害危险性小且基本不设计防治工程的建设用地适宜。也就是说综合评估结果与建设用地的适宜性密不可分,如果高速

公路建设用地的适宜性差,必须重新考虑高速公路的走向是否合理的问题。

综合评估中的地质灾害危险性由多因素决定,如地形地貌、地层岩性、地质构造、地表植被、大气降水、地震、地下水、人类工程活动、现状评估和预测评估等。目前综合评估应用较多的是定性评价,也就是将上述各种致灾因素以“取大不取小”的原则形成评估结果,其结果更多考虑的是现状评估和预测评估中地质灾害危险性的大小,因此这种定性评价仅强调了某种因素的极限值和主导作用,而忽视了其它致灾因素在某种程度上对地质灾害危险性的影响。

一个地质灾害事件是各种因素综合作用的产物,各种致灾因素与地质灾害的关系符合模糊数学中模糊评价的理论和方法。为此,作者根据长期的实践经验,将模糊综合评价的理论应用到高速公路建设工程地质灾害危险性评估的综合评估中,评估过程充分考虑了各因素对地质灾害的影响,评估结果经多次专家评审,结果客观、真实、可靠,多份评估报告已作为规划、设计、审批、建设等相关部门的依据。

1 基本原理

将影响高速公路地质灾害危险性的各个致灾因素视为模糊综合评价数学模型^[3-8]中的因素集

* 收稿日期:2008-08-04

基金项目:陕西省交通厅省公路设计院咨询服务合同(200802)

作者简介:袁素凤(1968-),女,黑龙江佳木斯人,高级工程师,主要从事公路工程勘察咨询。E-mail: happy999ysf@163.com

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}。 \quad (1)$$

危险性分级视为评价集 V

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}。 \quad (2)$$

根据各个致灾因素分配的权值, 建立权重集, 即表示为权向量

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n), \quad (3)$$

式中: a_i 为第 i 个致灾因素的加权值, 一般规定 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 。第 i 个致灾因素的单因子模糊评价为 V 上的模糊子集

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}), \quad (4)$$

于是评价矩阵 R 为

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

则高速公路的模糊综合评价 B 是 V 上的模糊子集

$$B = A \cdot R = (a_1, a_2, \dots, a_n) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n)。 \quad (6)$$

b_j 用模型 $M(\cdot, +)^{[3]}$ 来确定, $b_j = \sum_{i=1}^n a_i \cdot r_{ij}$ ($j = 1, 2, \dots, m$)。该模型考虑了所有致灾因素对地质灾害危险性结论的影响, 而且保留了单个致灾因素评价的全部信息, 运算中 a_i 和 r_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$) 无上限限制, 但须对 a_i 和 r_{ij} 归一化处理。

2 应用实例

以富县—南雷家角段高速公路地质灾害^①为例。该段全长 76.58 km, 横穿陕西北部地区。区内地势西北高、东南低, 地貌为黄土残塬沟壑区、丘陵沟壑区、土石低中山区和河谷阶地区; 岩土体结构类型复杂, 岩土体工程地质性质较差; 斜坡结构类型以上伏黄土、下覆基岩的土岩结构为主。现状评估有各类地质灾害点^[9]152 处, 其中滑坡 116 处、崩塌 30 处、泥石流 1 处、河流侵蚀塌

岸 5 处; 预测评估工程施工和运行过程中可能遭受、加剧、引发的地质灾害点共 112 处, 其中对建设工程致灾危险性大的 14 处, 危险性中等的 43 处, 危险性小的 55 处。同时沿线建房、修路等破坏地质环境的人类工程活动较强烈, 模糊综合评价具体步骤如下。

(1) 评价单元划分 将评估区全长 77.58 km (线路轴线两侧外延 500 m) 轴线方向每 500 m \times 500 m 一个单元进行剖分 (不足 500 m 的单元按一个单元计算、同一工程按一个单元计算)。

(2) 评价因素集 U 、评价集 V 和 A 权向集的确定 影响地质灾害危险性的致灾因素由地形地貌 (u_1)、岩土体 (u_2)、斜坡结构 (u_3)、降水量 (u_4)、河流 (水库) 冲刷、浸泡坡脚 (u_5)、现状评估 (u_6) 和预测评估 (考虑诱发因素的人类工程活动) (u_7) 7 个因素组成, 即 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7\}$; 地质灾害的危险性分为大、中等和小, 即 $V = \{I, II, III\}$; 根据评价因素集中各因素对地质灾害危险性综合评估的贡献, 确定其在评价集中所占的比重, 即 $A = (0.08, 0.07, 0.09, 0.09, 0.06, 0.12, 0.49)^{\text{②}}$ 。

(3) 单因素模糊子集 R_i 的确定 根据各个单元格内地形地貌的切割深度、岩土体的软硬程度、斜坡体的结构类型、河流的冲刷程度、现状评估地质灾害点的密度、各类工程在预测评估中遭受、引发、加剧地质灾害的危险性级别确定模糊集 R_i (表 1)。降雨量模糊子集根据梯形隶属函数确定^[3], 见式 (7)、(8)、(9)。

$$r_{42} = \begin{cases} 1 & x \leq 450, \\ (500 - x)/50 & 450 < x \leq 500, \\ 0 & x > 500; \end{cases} \quad (7)$$

$$r_{42} = \begin{cases} 0 & x \leq 450, \\ (x - 450)/50 & 450 < x \leq 500, \\ 1 & 500 < x \leq 550, \\ (600 - x)/50 & 550 < x \leq 600, \\ 1 & x > 600; \end{cases} \quad (8)$$

$$r_{43} = \begin{cases} 0 & x \leq 550, \\ (x - 550)/50 & 550 < x \leq 600, \\ 1 & x > 600. \end{cases} \quad (9)$$

(4) 模糊综合评价 B 的确定 以某一路基工程单元格为例

① 陕西省公路勘察设计院. 青岛—兰州国家高速公路陕西境晋陕界经富县至陕甘界公路建设工程地质灾害危险性评估报告 (N3 标富县南—雷家角段), 2008.

② 权重集根据实践经验和专家打分得出.

$$B = A \cdot R = (0.08, 0.07, 0.09, 0.09, 0.06, 0.12, 0.49) \cdot \begin{pmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.5 \\ 0.1 & 0.3 & 0.6 \\ 0.0 & 0.2 & 0.8 \\ 0.0 & 0.8 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.5 \\ 0.1 & 0.2 & 0.7 \\ 0.7 & 0.3 & 0.0 \end{pmatrix} = (0.374, 0.332, 0.286)。$$

根据地质灾害“就高不就低”的原则，即 $B = \max(b_1, b_2, b_3)$ ，确定评价集元素，即评估级别，当数值相同时，按最大级别作为评估级别，故上述单元格 $B = \max(0.374, 0.332, 0.286) = 0.374$ ， B 是 V 上的模糊子集，0.374 对应 V 中的评价级别是 I ，即该单元格的危险性分级为大，也就是地质

灾害危险性大区。由于评估区单元格较多，各单元上述综合评价的过程在计算机上实现，限于篇幅，在此不再一一赘述。

(5) 合并同类项 最后将相邻单元格的同类进行合并，形成高速公路建设工程区危险性分区。

表 1

单因素模糊子集表

评价因素(i)	因素类型	模糊子集		
		r_{i1}	r_{i2}	r_{i3}
地形地貌(u_1)	相对高差或沟道切深 < 20 m	0.5	0.5	0.0
	相对高差或沟道切深 20 ~ 60 m	0.3	0.4	0.3
	相对高差或沟道切深 > 60 m	0.1	0.4	0.5
岩土体(u_2)	坚硬 ~ 较坚硬厚层块状碎屑岩类	0.6	0.3	0.1
	软硬相间互层碎屑岩类，软弱层状粘土岩类	0.3	0.4	0.3
	黄土	0.1	0.3	0.6
斜坡结构(u_3)	单层结构，岩土体整体性好，无软弱结构面	0.9	0.1	0.0
	单层或双层结构，岩土体存在一定的节理裂隙	0.5	0.3	0.2
	双层或多层结构，土岩接触，顺向坡	0.0	0.2	0.8
年降水量(mm)(u_4)	≤ 450	按“梯形”隶属函数取值		
	450 ~ 500			
	500 ~ 550			
	550 ~ 600			
	> 600			
河流(水库)冲刷、浸泡坡脚(u_5)	无河流(水库)冲刷、浸泡坡脚	0.8	0.2	0.0
	河流(水库)季节性冲刷、浸泡坡脚	0.1	0.6	0.3
	河流(水库)长期冲刷、浸泡坡脚	0.2	0.3	0.5
现状评估(u_6) 线密度(处/km)	≤ 2.0	0.5	0.3	0.2
	2.0 ~ 5.0	0.3	0.4	0.3
	> 5.0	0.1	0.2	0.7
路基遭受、引发、加剧地质灾害的危险性	危险性大(按单元内危险性最大的计)	0.0	0.1	0.9
	危险性中等(按单元内危险性最大的计)	0.1	0.7	0.2
	危险性小(按单元内危险性最大的计)	0.7	0.3	0.0
预测评估(u_7) 桥梁遭受、引发、加剧地质灾害的危险性	危险性大(按单元内危险性最大的计)	0.0	0.2	0.8
	危险性中等(按单元内危险性最大的计)	0.2	0.6	0.2
	危险性小(按单元内危险性最大的计)	0.7	0.3	0.0
隧道遭受、引发、加剧地质灾害的危险性	危险性大(按单元内危险性最大的计)	0.1	0.3	0.6
	危险性中等(按单元内危险性最大的计)	0.2	0.5	0.3
	危险性小(按单元内危险性最大的计)	0.5	0.3	0.2

3 结束语

目前地质灾害危险性评估中综合评估较多的是单因素定性评价,尤其注重现状评估和预测评估地质灾害危险性大小,也就是过分强调单因素对地质灾害危险性的贡献大小,而忽视了地质灾害是各种因素综合作用的产物。模糊综合评价综合考虑各种致灾因素对地质灾害的影响和各因素对质灾害的隶属度,由于各个致灾因素具有一定的模糊性、不确定性,根据多个因素对其进行综合评价,建立一定模型,更有利于综合评估地质灾害的危险性,其结果科学、准确性。作者在长期高速公路建设工程地质灾害危险性评估的实践经验中,用模糊综合评价方法进行综合评估,得到了专家好评与认可,其方法对线型工程灾害评估有一定的指导意义。该方法适应于地质环境条件复杂、灾害密度大的线型工程地质灾害危险性评估,但权重和模糊子集对整个评估结果的准确性影响较大,因此其值的确定不能程序化、模式

化、标准化,而要因地制宜,必须通过前人的经验、野外调查和搜集资料来实现。

参考文献:

- [1] 国务院第 394 号令. 地质灾害防治条例[Z]. 2003-11-24.
- [2] 国土资源部. 地质灾害危险性评估技术要求(试行)[R]. 2007-10.
- [3] 李士勇. 工程模糊数学及应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [4] 蒋泽军, 王丽芳, 高宏宾. 模糊数学教程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [5] 李鸿吉. 模糊数学基础及实用算法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [6] 刘普寅, 吴孟达. 模糊理论及其应用[M]. 北京: 国防科技大学出版社, 1998.
- [7] 黄民生, 黄呈橙. 洪灾风险评价等级模型探讨[J]. 灾害学, 2007, 22(1): 1-5.
- [8] 邓朝贤, 金菊良, 王宗专, 等. 基于模糊四元联系数的防洪工程体系安全综合评价模型[J]. 灾害学, 2008, 23(3): 41-43.
- [9] 国土资源部. 县市地质灾害调查与区划基本要求实施细则(修订稿)[R]. 国土资源部, 2007-10.

Fuzzy Comprehensive Evaluation of Geologic Hazard of Express Way Construction Engineering

Yuan Sufeng

(Shaanxi Provincial Highway Survey and Design Institute, Xi'an Shaanxi 710068)

Abstract: The determination of geologic hazard level of express way construction engineering is an important part of the comprehensive evaluation of geologic hazard. It is not only a major basis of land use approval for related departments, but also an important basis of geologic hazard prevention for construction department. At present, the common method of comprehensive evaluation is qualitative evaluation. In qualitative evaluation of a disaster, if we concern the limiting value of disaster-causing factors excessively and give prominence to the lead function of one factor, we always ignore that a geologic disaster event is a result jointed affected by many factors. So, in order to reflect the comprehensive evaluation result of geologic hazard of construction engineering objectively and scientifically, taking the linear engineering of express way as example, the hazard of geologic hazard is evaluated with fuzzy comprehensive evaluation method, the result of which is true and reliable.

Key words: fuzzy comprehensive evaluation; express way; construction engineering; geologic hazard; risk