

· 水工环地质 ·

# 西南山区城镇地质灾害易损性评价方法

## ——以四川省丹巴县城为例

许 强, 张一凡, 陈 伟

XU Qiang, ZHANG Yi-fan, CHEN Wei

成都理工大学/地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059

State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection/

Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China

**摘要:**以具有典型性和代表性的四川省丹巴县城为重点研究案例,对西南山区城镇地质灾害易损性评价方法进行了较系统的探索。针对西南山区城镇的特点,提出了地质灾害承灾体的调查方法,构建了地质灾害易损性大比例尺评价的指标体系和评价模型,介绍了利用 ILWIS 软件进行地质灾害易损性评价的技术方法。易损性评价结果表明,丹巴县城区地质灾害易损性较高的地区主要为学校、居民小区等人口集中、物质经济价值大的地段。研究区内具有极低易损性(易损性值在 0~0.25 之间)的承灾体面积占整个研究区面积的 96.48%,具有低易损性(易损性值在 0.25~0.50 之间)的承灾体面积占 3.21%,具有中等易损性(易损性值在 0.50~0.75 之间)的承灾体面积占 0.29%,而具有高易损性(易损性值在 0.75~1 之间)的承灾体面积仅占 0.02%。

**关键词:**西南山区城镇;丹巴县城;地质灾害;易损性评价

中图分类号:P694

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2010)05-0729-10

**Xu Q, Zhang Y F, Chen W. Vulnerability assessment of geo-hazards in southwest mountainous area—Danba County, Sichuan, China as an example. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(5):729-738**

**Abstract:** In this paper, we've conducted an in-depth and systematic research on the vulnerability assessment of geo-hazards in southwest mountainous towns with typical and representative selection of Danba County town in Sichuan Province as a key case study. According to characteristics of southwest mountainous towns, this paper put forward the investigation methods of geo-hazards affected objects in southwest mountainous towns, and established index system and model of vulnerability assessment of geo-hazards in large scale, meanwhile, the paper introduced the method of assessing vulnerability based on the ILWIS software. Vulnerability assessment results indicated that the higher vulnerability areas in Danba County town were primary schools, residential quarters and other places in which there was dense population and prosperous material economic value. Area with very low vulnerability (value between 0-0.25) accounts for 96.48% of the total study area. Area with low vulnerability (value between 0.25-0.50) accounts for 3.21% of the total study area. Area with moderate vulnerability (value between 0.50-0.75) accounts for 0.29% of the total study area. Area with high vulnerability (value between 0.75-1) only accounts for 0.02% of the total study area.

**Key words:** southwest mountainous towns; Danba County town; geo-hazards; vulnerability assessment

由于第四纪以来青藏高原持续隆升的影响,中国西南山区山高谷陡、地势险要。受高山峡谷地形条件的限制,西南山区绝大多数城镇都只能依山而建,存在遭受地质灾害的巨大风险。如 2005 年四川省丹

巴县城后山出现严重的变形破坏迹象,大半个丹巴县城处于高度危险之中,后经应急抢险才使坡体逐渐趋于稳定。近年来,德格、得荣、白玉、雅江、九龙等数十个县城先后受到地质灾害的严重威胁。2008 年

收稿日期:2009-09-04;修订日期:2009-11-27

地调项目:中国地质调查局《西南山区城镇建设地质灾害风险管制方法及示范》项目(编号:1212010814015)资助

作者简介:许强(1968-),男,教授,博士生导师,从事地质灾害评价预测与防治处理研究。E-mail:xq@cdut.edu.cn

5.12 汶川地震更使数十个山区城镇遭受重创。因此,山区城镇的地质灾害风险评估与风险控制越来越受到人们的高度重视。在地质灾害风险评价中,一般需通过危险性分析评价致灾体的条件,通过易损性分析评价承灾体的条件<sup>[1]</sup>。地质灾害易损性评价的主要任务是分析承灾区社会经济要素的空间分布状况和承灾能力的水平,它对整个地质灾害评估体系完整性的构建和评价结果的科学性、明确性、统一性的表达起着举足轻重的作用<sup>[2]</sup>。

国内外学者近 30 年的研究表明,每种社会群体都包含了不同种类的易损性,它不仅与人类的行为、决策有关,还与人类所生存的自然、经济、社会、文化、政治背景之间的相互作用有关。易损性不能简单地视为一个相似概括性的术语,每个国家和地区都有其各自的特点。中国西南山区城镇地质灾害分布面积广,危害范围大,成灾复杂,对承灾体所产生的自然、社会和经济影响也是多方面的,调查承灾体的分布和价值估算十分困难且耗资巨大,并且社会承灾能力很难实现定量分析。目前国内外在易损性评价方面所做的研究是有限的,评价方法多属于定性或半定量的,还没有严格的物理和数学方程能够解决这类问题,而且这些评价方法多适用于区域性评价。所以,建立一套适于西南山区城镇地质灾害易损性评价的指标体系与方法有着很重要的现实意义。

本文以具有典型性和代表性的四川省丹巴县城为典型研究案例,对西南山区城镇地质灾害易损性的评价方法进行了较深入的研究,初步建立了一套适合于复杂地质条件下山区城镇地质灾害易损性评价的方法。

## 1 研究区概况

四川省甘孜藏族自治州丹巴县,地处川西高山峡谷区,境内几乎各大村寨都位于大型古滑坡堆积体上。近年来随着社会经济的大力发展和人类工程活动(市政工程和水利水电、矿产等资源的开发)的日益强烈,巨大的扰动使本来相对较稳定的古滑坡体出现部分甚至整体复活,原本良好的居住环境面临着巨大的风险。据丹巴县民政局的调查资料,1999 年,全县共发生泥石流 58 处,洪灾 26 处,损失粮食 267t,经济损失 64 万元。2000 年 9 月,连续的大雨致使山洪爆发,引发洪水、泥石流、滑坡等自然灾害,全县有 14 个乡 127 个村 2517 户 10834 人不

同程度地受灾,其中重灾 931 户共 4655 人,6 户民房倒塌,14 户民房严重受损,冲走牦牛 59 头,经济损失 1397 万元。另据《丹巴县 2004 年地质灾害防御预案》,2003 年全县发生各类地质灾害 150 余处,经济损失超过 1.4 亿元。更严重的是,丹巴县城本身就坐落在一大型古滑坡堆积体上,由于土地资源紧张,城镇建设不得不向县城背后坡地扩展,建筑开挖切脚使得县城后山 200 多万立方米的山体出现了明显的变形破坏迹象,尤其是到 2005 年初出现了加速变形、整体下滑的迹象,县城内近 5000 人曾被迫撤离,后经四川省人民政府、国土资源部组织专业队伍紧急抢险,才使滑坡体逐渐趋于稳定。因此,选择丹巴县城作为西南山区城镇地质灾害易损性评价的重点研究案例具有典型性和代表性。

## 2 西南山区城镇地质灾害承灾体调查方法

本文中的地质灾害易损性采用联合国 1992 年公布的易损性(Vulnerability)定义:“潜在损害现象可能造成的损失程度”<sup>[3]</sup>,也就是承灾体遭受地质灾害时发生损毁的难易程度。若将其量化,其值应介于 0~1 之间。

由于地质灾害易损性是承灾体对一定社会经济条件的反映,因此不同地区、不同社会群体的易损性不同。进行地质灾害易损性评价的首要任务就是要调查受地质灾害威胁的承灾体条件,包括承灾体的类型、数量、分布情况、具体特征等。现阶段,地质灾害承灾体的调查方法主要有资料收集法、高分辨率遥感分析法、实地调查法等。

资料收集法,是以收集、整理和分析资料为主要手段的承灾体调查方法,主要是指与地质灾害承灾体直接相关的基础资料的收集。大体上讲,承灾体主要包括人和物质两大类,前者的相关资料包括人口数量、年龄结构、受教育程度等;后者的相关资料包括建构筑物、基础设施、土地资源等。由于这些基础资料的特殊性,在收集过程中需依靠当地政府及相关部门的密切配合,资料主要来源于当地的统计年鉴或政府的相关文件等。但由于西南山区城镇的局限性,很多基础资料欠缺,需要通过其他方法获得更完备的承灾体资料。

高分辨率遥感分析法是指将高分辨率遥感影像数据源与 GIS 技术相结合,从而获取地质灾害承灾体的种类、数量、分布情况等资料的一种高效的承灾

体调查方法<sup>[4-12]</sup>。高分辨率遥感影像可以作为地质灾害承灾体类型和数量统计的基本依据。本研究以 2008 年获取的 Quickbird 高分辨率遥感影像为数据源进行丹巴县城土地利用类型解译,该卫星影像全色图像分辨率为 0.61m,多光谱图像分辨率为 2.5m。解译而得的承灾体数据只有土地利用类型,没有诸如楼房层数、人口方面等的相关数据,因此,还需要进行野外的实地调查,对解译所得的承灾体数据进行复核,同时现场补充调查承灾体的其他相关数据。

实地调查法(亦称现场调查法)是指当通过其他途径能够收集到的基础资料有限,不能完全满足易损性研究的需要时,或为了对资料的真实性和有效性进行现场复核和甄别,而采取的一种实地调查方法。实地调查法通常为其他调查方法的有效补充。但在进行大比例尺的地质灾害易损性评价时,应以实地调查法为主,其他 2 种方法作为先导和补充。在对丹巴县城地质灾害承灾体研究的过程中,笔者制定

了以资料收集法为基础,以高分辨率遥感分析法为先导,以实地调查法为主要手段的承灾体调查原则。表 1 为丹巴县城承灾体现场调查表的格式和部分数据。通过实地调查,获得了大量研究所需的承灾体信息,包括人口年龄结构、受教育程度、不同时间段人口、承灾体结构等。图 1 为结合遥感影像和实地调查获得的丹巴县城土地利用分类图(1:5000),这是进行地质灾害易损性评价的基础。

3 西南山区城镇地质灾害易损性评价指标体系

地质灾害承灾体条件包括很多内容,影响易损性的直接要素是:评价区(或灾害影响范围内)承灾体的种类、数量,不同承灾体对不同种类和不同强度地质灾害的承灾能力、可能损毁程度和灾后的可恢复性。因此,如何根据西南山区城镇的实际情况,选择既能代表易损性的主要内容,又能反映研究区特征的评价指标体系,并且使其易于量化<sup>[13]</sup>,就成为

表 1 丹巴县城承灾体现场调查表的格式和部分数据(西河南路一号承灾体)  
Table 1 Field survey data of affected objects in Danba County

承灾体统一编号	XHN1			灾害点编号		BG
	危 害 对 象			危害对象 描述	估算 标准	经济损 失估算
分类	亚类	单位	数量			
一、人 员	1.人数	人	3	白天人数: 1 中午人数: 3 晚上人数: 3		
	2.年龄	岁	0~14:			
			15~65: 3			
			>65:			
	3.受教育程度	人	文盲半文盲: 1			
			小学: 2			
初中及以上:						
二、建(构)筑物	1.建筑结构	层	土:	房屋面积: 75m <sup>2</sup>		
			木:			
			石: 3			
			砖:			
			砼:			
	2.室内财产	元	10000			
三、基础设施工程	1.交通设施					
	2.通讯设施					
	3.供水系统					
	4.供电系统					
四、农业系统	1.土地	亩	6			
	2.农作物					
	3.牲畜	头	猪 3, 牛 2			
五、工矿企业	1.工业生产					
	2.矿产资源					
调查负责人:	填表人:	审核人:	填表日期:	年	月	日
调查单位:						

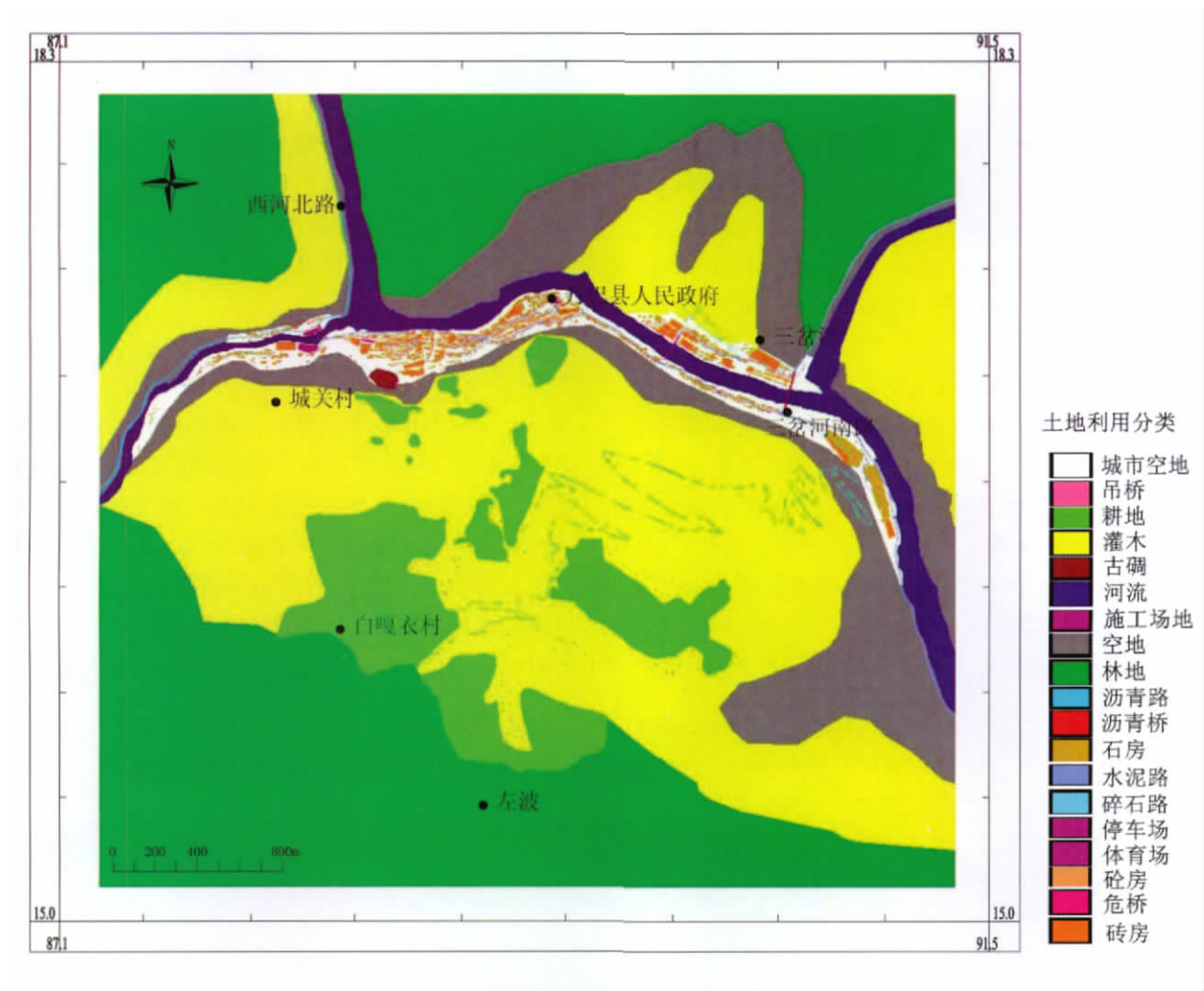


图 1 丹巴县城土地利用分类图(1:5000)  
Fig. 1 Land use classification of Danba County

本研究的重点。

目前，国内外关于地质灾害易损性的研究多数都是小比例尺的区域性研究，且多为定性或半定量研究。由于西南山区城镇的独特性与重要性，本文着重研究大比例尺小范围的地质灾害易损性定量评价方法。下面以丹巴县城为例，介绍地质灾害易损性评价的指标体系。

3.1 研究范围和研究对象

研究范围：本文选取丹巴县城作为地质灾害易损性评价研究实例，比例尺为 1:5000，具体范围为整个丹巴县城区。

研究对象：丹巴县城范围相对较小，承灾体的特征相对易于统计和定量化，因此，本研究以县城内不同土地利用类型且独立的承灾体为研究对象，对研究范围内的每栋建筑物、每条路、每座桥、每片林地……都做了比较细致的现场调查描述和统计分析。

3.2 指标体系

在研究前人成果的基础上<sup>[2,14-26]</sup>，通过对丹巴县城历史地质灾害资料的分析，结合野外调查结果和丹巴县城的实际情况，本文选取的地质灾害易损性评价指标体系包括社会易损性、人口易损性和物质易损性 3 个一级指标，具体如表 2 所示。

3.2.1 社会易损性

包括人口年龄结构、贫困程度和受教育程度 3 项次级指标。

(1)人口年龄结构：指研究区内人口的年龄分布状况。一般老人和儿童对地质灾害的防御能力较弱，



老人和儿童的比例越大,这一地区人口易损性越高。根据《2001 年至 2005 年老龄事业发展纲要》,将青少年的年龄定义为 14 岁以下,老年人的年龄定义为 65 岁以上。因此,分别选取 14 岁以下儿童、65 岁以上老人和 14~65 岁人口所占总人口的比例这 3 个次级指标来表征年龄结构。

(2)社会财产:一般情况下,承灾体的社会财产越高,在地质灾害中的潜在损失就越大,易损性也就越高。

(3)受教育程度:研究区内居民的受教育程度越高,对地质灾害的认识程度就越高,风险防范意识就越强,易损性就越低。因此,分别选取文盲半文盲所占比例、小学文化程度人口所占比例、中学及以上文化程度人口所占比例这 3 个指标来表征居民的受教育程度。

3.2.2 人口易损性

分别选取白天、中午、晚上的人口数 3 项次级指标。灾害的发生时间不同,不同地点的人口易损性差异很大。在西南山区城镇,人们的作息时间与大城市有一定的差异。例如:由于城镇较小,大部分上班族和学生中午都要回家吃饭,甚至午休,很多人会处于屋内,因此对于住宅区而言,中午和晚上的人口易损性就相对较高。而对于办公区,上班时间段的易损性最高。

3.2.3 物质易损性

选取不同土地利用类型承灾体的潜在损失作为次级指标进行评价。根据调查可知,丹巴县城范围内的承灾体除人口之外,按照土地利用类型划分,主要包括建筑物、道路、桥梁、城市空地和灌木林、林地等,因此分别选取几种承灾体的潜在损失(可能发生的损失)来研究物质易损性。

物质易损性均可按照式(1)来计算:

物质易损性=承灾体潜在损失  
=承灾体总价值×受损概率 (1)

具体来讲,房屋的易损性可以按照式(2)至式(5)计算:

房屋易损性=房屋总价值×受损概率 (2)  
房屋总价值=每平米造价×建筑面积+室内财产 (3)  
建筑面积=单层面积×楼层数 (4)  
受损概率=结构受损概率×楼层受损概率 (5)

除此之外,道路、桥梁、林地等承灾体的易损性均可按照式(1)计算,其中:

承灾体总价值=承灾体每平米造价×承灾体面积 (6)  
受损概率=结构受损概率 (7)

表 2 西南山区城镇地质灾害易损性评价指标体系(1:5000)  
Table 2 Index system of geo-hazards vulnerability assessment in southwest mountainous towns

一级指标	二级指标	三级指标
社会易损性	年龄结构	14 岁以下儿童所占比例
		65 岁以上老人所占比例
		14~65 岁人口所占比例
	社会财产	文盲、半文盲人口所占比例
人口易损性	受教育程度	小学文化程度人口所占比例
		中学及以上人口所占比例
物质易损性	不同土地利用类型 承灾体的潜在损失	白天人口数
		中午人口数
		晚上人口数

不同种类、不同面积的承灾体价值不同。本文根据丹巴县建设国土局提供的参考价格,结合当地市场价,确定不同承灾体的单价,如表 3 所示。值得一提的是,丹巴县城素有“千碉之国”的美称,全县各地都有碉楼分布,众多古碉为历史文化遗产,难以估价,为了研究时便于定量,将其单价暂定为 5000 元/m<sup>2</sup>。

不同承灾体的受损概率不同。建筑物层数越高,受损概率越小;建筑物结构不同,受损概率也不同。道路、桥梁等其他承灾体也因结构的不同而具有不同的受损概率。本研究通过对国内外和丹巴县城历史地质灾害资料的分析,并结合当地的实际情况,确定了各物质承灾体的受损概率,具体数值见表 3。

特别需要说明的是,地质灾害的易损性评价除了研究受灾体的特征之外,还应研究区内的减灾防灾情况。一般地,经济条件越好、防治工程越多,其防治能力越高、易损性越小。但由于本研究区(丹巴县城)范围较小,且区内整体的减灾防灾工作都做得比较到位,可以说没有太大的差别,因此在本次地质灾害易损性大比例尺评价研究中暂不考虑减灾防灾能力的影响。

4 西南山区城镇地质灾害易损性评价模型及方法

本文研究的西南山区城镇地质灾害易损性评价是基于城镇的承灾体空间分布、数量特征和实际价值而进行的。因此,在对研究区承灾体的类型划分、

表 3  承灾体的单价和受损概率  
Table 3  Unit price and damage probability of affected objects

土地利用类型	二级类型	三级类型	单价 /元·m <sup>-2</sup>	结构受 损概率	楼层受 损概率	总受损 概率
耕地			15.00	0.20	1.00	0.20
林地	有林地		20.00	0.30	1.00	0.30
	灌木林		5.00	0.30	1.00	0.30
城镇用地	居民地	一层石房	500.00	0.82	0.80	0.66
		二层石房	500.00	0.82	0.80	0.66
		三层石房	700.00	0.82	0.80	0.66
		四层石房	700.00	0.82	0.72	0.59
		五层石房	700.00	0.82	0.72	0.59
		六层石房	700.00	0.82	0.72	0.59
		一层砖房	700.00	0.53	0.80	0.42
		二层砖房	700.00	0.53	0.80	0.42
		三层砖房	900.00	0.53	0.80	0.42
		四层砖房	900.00	0.53	0.72	0.38
		五层砖房	900.00	0.53	0.72	0.38
		六层砖房	900.00	0.53	0.72	0.38
		六层以上砖房	1100.00	0.53	0.51	0.27
		一层土房	400.00	0.53	0.80	0.42
		二层土房	400.00	0.53	0.80	0.42
		三层土房	500.00	0.53	0.80	0.42
		四层以上钢筋 混凝土房	1100.00	0.35	0.72	0.25
		二层土房	400.00	0.99	0.80	0.79
	特殊用地	城市空地	150.00	0.10	1.00	0.10
		其他空地 (基岩等)	0.00	0.00	1.00	0.00
		体育场	1500.00	0.50	1.00	0.50
		停车场	1500.00	0.50	1.00	0.50
		施工场地	1000.00	0.50	1.00	0.50
	文化遗产	古碉	5000.00	0.55	1.00	0.55
交通用地	公路	沥青路	800.00	0.35	1.00	0.35
		水泥路	600.00	0.42	1.00	0.42
		碎石路	200.00	0.58	1.00	0.58
	桥梁	吊桥	50.00	0.91	1.00	0.91
		危桥	300.00	0.83	1.00	0.83
		钢筋混凝土桥	2000.00	0.35	1.00	0.35
水域	河水		300.00	0.10	1.00	0.10

数量提取、实地调查和价值统计分析的基础上,采用分类统计方法,利用 ILWIS 软件构建模型对地质灾害易损性进行评价。

ILWIS 是由 ITC(International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation)开发的具有图像处理功能的 GIS 软件。作为遥感和 GIS 软件包,ILWIS 可以较科学高效地输入、管理、分析和显

示地理信息数据。

4.1  评价模型

国内外学者提出了多种地质灾害易损性评价模型,大体说来有:基于历史记录的评价模型、人工神经网络模型、核算承灾体价值模型、物元综合评价模型等。

基于历史记录的评价模型需要以详细的地质灾

害历史记录为基础,统计并分析灾害发生时的特征及后果,从而得到易损性分布规律,确立评价模型。这种评价模型及方法在中国香港地区和国外使用较多,因为这些地方对地质灾害的风险管理做得比较成熟,有非常详细的地质灾害历史记录。中国缺乏详细的历史资料,这种方法不太适用。

人工神经网络模型通过样本区标准样本的学习建立相应的评价(预测)网络,从而推广到研究区进行评价。这种模型对神经网络样本的选择要求非常高,样本的训练数量也很重要。在解决实际问题时,选择一个包容性大又有代表性的典型样本难度较大,实际操作不太强。

核算承灾体价值模型是将承灾体的货币价值作为易损性值进行评价,没有考虑承灾体发生某一级别破坏的概率和承灾体的损失率,也就是认为灾害发生时承灾体完全损毁。这种模型有较大的局限性,和实际情况会有相对较大的出入,因此只适合区域性的易损性评价,简单、直观。

物元综合评价模型是在对地质灾害特征元分析的基础上,构建相关的物元模型,计算物元关于各评价等级的关联度,从而判定评价等级。由于该模型最后只能得出评判等级,因此对于灾害易损性的预测评价精度不够,加之其评判等级和范围的确定具有主观性,故其应用有一定的局限性。在实际中,可以和其他模型相结合来进行综合评价。

由上述可见,虽然国内外已有一些地质灾害易损性的评价模型及方法,但由于不同地区的地质条件不同,承灾体所处的自然、社会环境不同,这些方法在西南山区城镇地质灾害易损性评价中的适用性和可操作性较差。

本文选取能将地质灾害易损性评价指标体系中的各级指标有机结合起来的广义目标函数作为评价模型,不仅能全面考虑西南山区城镇地质灾害易损性的影响因素,又能体现各因素的相对重要性。

广义目标函数表述如下:

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{K_i} K_{i00} \cdot K_{ij0} \cdot K_{ijL} \cdot K_{ijLS} \quad (8)$$

式中: $Z_i$ —一级评价指标中第  $i$  因素的总值; $i$ —一级评价指标的个数; $j$ —一级评价指标中第  $i$  因素的二级指标的第  $j$  子因素, $j=0,1,2,\dots,n$ ;  $L$ —二级指标下的三级指标的第  $L$  子因素, $L=0,1,2,\dots,n$ ;  $K_i$ —一级

指标第  $i$  项影响因素的个数, $K_i=0,1,2,\dots,n$ ;  $K_{i00}$ —一级指标第  $i$  子因素权重; $K_{ij0}$ —二级指标第  $j$  子因素权重; $K_{ijL}$ —三级指标第  $L$  子因素权重; $K_{ijLS}$ —三级指标第  $L$  因素实际贡献权值。

简单地理解,上述易损性评价模型就是将各评价指标的值乘以该指标所处评价等级中所占的权重,然后进行求和。

## 4.2 评价方法

确定评价模型后,在 ILWIS 软件中利用空间多重标准评价方法便可进行地质灾害易损性评价。

### 4.2.1 空间多重标准评价方法

空间多重标准评价(SMCE)方法可帮助和引导用户在空间上进行多重标准的评价。输入的数据是某一地区的一系列地图(即所谓的“评价标准”或“影响因素”)和 1 个标准树,其中包含将评价标准进行分组、标准化和加权的方法。通过 SMCE 评价后,输出的结果由 1 个或多个图组成,表明了研究区利用评价标准进行评价后的结果,从而为规划或决策提供依据。

### 4.2.2 标准树的建立

利用空间多重标准评价方法进行地质灾害易损性评价时,首先要建立标准树。

#### (1) 标准树的基本概念

所谓标准树(criteria tree),包含准则的定义,一个复杂的计算中多输入包含数据的图或属性栏(attribute columns),根据用户定义的规则或评价标准,使用空间多重标准评价(SMCE)方法,最终生成栅格地图。根据一个标准树的主目标(main goal),可以添加:

标准(criteria):影响因素或约束条件。

组群(group):如果影响因素或标准很多,可以在标准树的主目标下创建组群,使其保持标准树概述的所有规则。组群定义的是中间或部分目标,在组群下,可以添加 1 个或多个影响因素。

标准树作为一个整体包含了用户界定的所有规则,因此它包含了将所有的输入数据进行标准化、分组或加权的方法,以保证能够计算出最终的输出地图。计算后最终生成的地图将显示一个地区在已确立的主目标下的特性。图 2 为在 ILWIS 软件中建立的地质灾害易损性评价模型标准树。

#### (2) 标准树建立的基本步骤

首先,根据西南山区城镇地质灾害易损性评

价指标体系(1:5000),定义标准树的主目标(main goal)、分目标(sub goal,即组群等)、标准(criteria)或影响因素(factors)。主目标即易损性评价;分目标指相应的大比例尺评价指标体系;标准或影响因素则指评价指标体系中所有的评价指标。

评价指标(即影响因素)中又分为正因素(benefit factors)和负因素(cost factors),详见图2。正因素指与评价结果正相关的影响因素,其值越大,输出的结果就越大。负因素指与评价结果负相关的影响因素,其值越大,输出的结果越小。例如,研究区内文盲、半文盲所占的比例越多,易损性就越高,所以这项指标为正因素。

其次,输入每个标准下需要进行计算的表格或地图,并与相应的评价指标相链接。第一步,将易损体调查所获得的相关资料经过整理,输入到ILWIS软件的数据库中;第二步,把数据库中的数据与经过栅格化处理的相应地图(图1)相链接;第三步,将需要计算的数据与相应的评价指标链接起来。例如,想要计算社会易损性的大小,则必须把每个承灾体的年龄结构、社会财产、受教育程度等基本数据都输入ILWIS软件的表格数据库中,并将这些数据与栅格图中对应的承灾体地址相链接,然后再将需要计算的数据与标准树中的评价指标相链接。

#### 4.2.3 数据的标准化处理

数据的标准化处理是指将需要计算的数值图或属性表格中的值经过处理,使输出值介于0和1之间,以避免各因素因数值差别太大而影响最终的评价结果。数据标准化处理的方法有:最大化法、区间法和目标法。

最大化法(maximum):将输入值除以图内所有值中的最大值。

区间法(interval):以输入的数值图或属性表格中的最大值和最小值为基准,利用线性函数将输入值标准化。

目标法(goal):以指定的最大值和最小值为基准,利用线性函数将输入值标准化。

值得注意的是,正因素与负因素的计算恰好相反。正因素的值越大,输出的结果就越大;负因素的值越大,输出的结果越小。

#### 4.2.4 评价指标权重的确定

主目标下各组群或影响因子的权重显示了各评价指标的相对重要性。确定权重的方法主要有直接

法、层次分析法和等级法。

直接法:由用户本人根据经验或利用专家评分的结果,直接指定各评价指标的权重。

层次分析法:用户将所有的评价指标进行两两比较,系统按照运筹学的方法分配各指标的权重。

等级法:用户指定各评价指标的等级顺序,系统按照指定的等级计算各评价指标的权重。

本文利用ILWIS软件进行地质灾害易损性评价时,各评价指标权重的确定主要使用了前2种方法,详见图2。

#### 4.2.5 易损性结果的计算

确定了评价模型,建立完标准树,将输入数据进行标准化处理并确定各评价指标的权重之后,便可利用ILWIS软件中的空间多重标准评价方法进行易损性计算。

### 5 研究区地质灾害易损性评价结果

根据上述易损性评价指标体系、模型和方法,应用ILWIS软件对丹巴县城区进行地质灾害易损性评价,评价结果见图3。

由地质灾害易损性结果可知,丹巴县城区内人口集中、物质经济价值大的地段易损性较高。学校、居民小区、城市街道等城镇用地的易损性大,灌木、林地等其他用地的易损性相对较小。在研究区内,易损性值最低的地段为0,易损性值最高的地段为0.8。具有极低易损性(易损性值在0~0.25之间)的承灾体面积占整个研究区面积的96.48%;具有低易损性(易损性值在0.25~0.50之间)的承灾体面积占整个研究区面积的3.21%;具有中等易损性(易损性值在0.50~0.75之间)的承灾体面积占整个研究区面积的0.29%;而具有高易损性(易损性值在0.75~1之间)的承灾体面积仅占整个研究区面积的0.02%。可见,丹巴县城内地质灾害易损性值的差异较大,具有低易损性值的承灾体占多数。学校、居民区等是西南山区城镇地质灾害损失的主要对象,也是今后城镇规划和地质灾害减灾防灾部署工作的重中之重。

### 6 结 论

(1)目前国内外虽然已有一些地质灾害易损性的评价方法,但由于不同地区的地质条件不同,承灾体所处的自然、社会环境不同,这些方法在中国西南山区城镇地质灾害易损性评价中的适用性和可操作



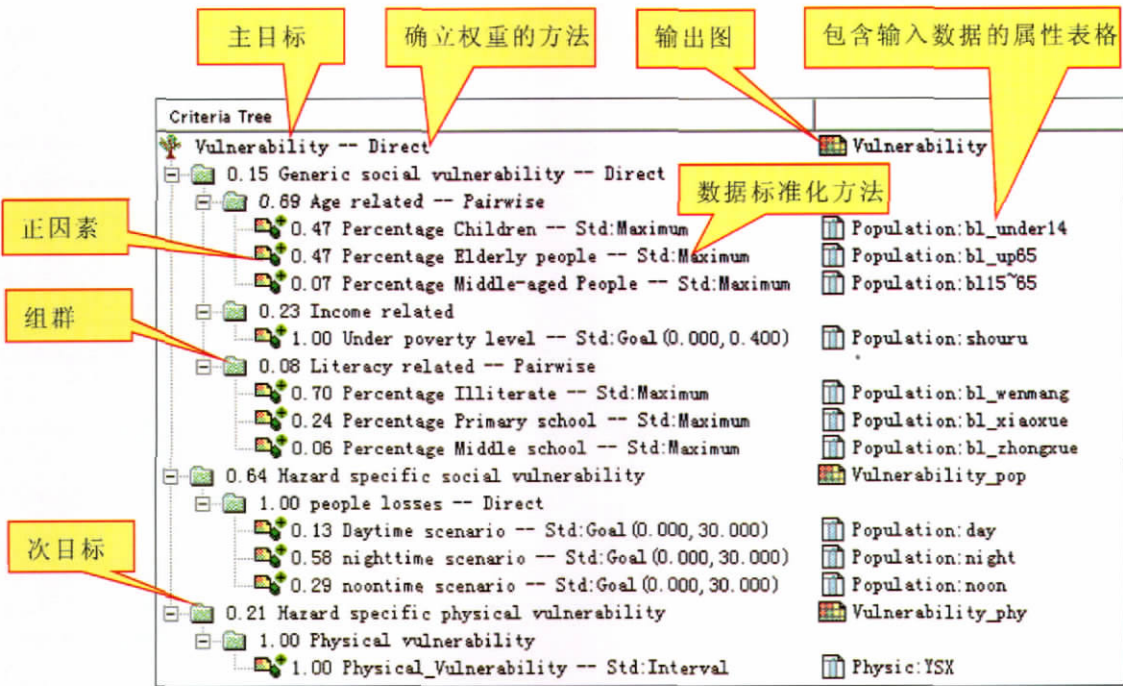


图 2 地质灾害易损性评价模型标准树

Fig. 2 Criteria tree of vulnerability assessment model of geo-hazards



图 3 地质灾害易损性评价结果图(1:5000)

Fig. 3 Assessment results of vulnerability assessment of geo-hazards

性较差。

(2)本文针对西南山区城镇的特点,以四川省丹巴县城为例,系统地研究了大比例尺地质灾害承灾体的调查方法、评价指标体系、评价模型和评价方法,初步建立起一套实用的地质灾害易损性评价方法体系,可为西南山区城镇建设规划、地质灾害防治和风险管制提供科学的决策依据。

(3)地质灾害承灾体的种类多、数量大,本文提出的3种调查方法对西南山区城镇尤为适用,大大提高了调查的效率。

(4)对易损性评价指标体系的建立,在今后的研究中,可以考虑不同地质灾害种类的影响,将地质灾害的自然属性考虑进来,会更具有科学性和实用性。另外,如何选择更切合西南山区城镇实际的易损性影响因子也是一个值得进一步探讨的问题。

致谢:项目组成员汤明高、张帅、陈成名、周建伟等参与了野外调查和室内数据整理、分析工作,在此深表感谢。

## 参考文献

- [1]汪敏,刘东燕.滑坡灾害风险分析中的易损性及破坏损失评价研究[J].工程勘察,2001,3:7-12.
- [2]唐川,张军.城市泥石流易损性评价[J].灾害学,2005,20(2):11-17.
- [3]United Nations, Department of Humanitarian Affairs. Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management [M]. DNA/93/36, Geneva, 1992.
- [4]汪洋,郭跃,赵纯勇,等.基于3S技术的地质灾害易损性面评价研究[J].灾害学,2003,18(4):17-23.
- [5]Uitto J I. The geography of disaster vulnerability in megacities [J]. Applied Geograpy, 1998, 18(1): 7-16.
- [6]Raes M E, Foouda Y, Nasr S. GIS assessment of the vulnerability of the Rosetta area, Egypt to impacts of sea rise[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1997, 47(1): 59-77.
- [7]Mollerhaug S. Useful vulnerability assessment Information Security Technical Report [R]. 2003, 8(4): 78-84.
- [8]黄铁青,张琦娟.自然灾害遥感监测与评估的研究与应用[J].遥感技术与应用,1998,13(3):66-71.
- [9]李胜阳,赵阳,张芳.黄河流域区域洪涝灾害卫星遥感监测与评估系统[J].人民黄河,2000,22(4):12-14.
- [10]宁宝坤,曲国胜,张宁. IKONOS 卫星影像在城市防震减灾及震害评价中的应用研究[J].地震地质,2004,26(1):161-169.
- [11]Vander Sande C J, de Jong S M, de Roo A P J. A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2003, 4: 217-229.
- [12]Anderson J R, Hardy E E, Roach J T. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological survey professional paper 964[R]. U S Government Printing Office, Washington, DC, 1976.
- [13]Longhurst R. The assessment of community in hazard prone area[J]. Disaster, 1995, 19(3): 269-270.
- [14]刘希林,莫多闻.泥石流易损度评价[J].地理研究,2002,21(5):569-577.
- [15]张桂荣,殷坤龙.浙江省永嘉县区域滑坡灾害人口易损性评价和伤亡风险预测[J].地质科技情报,2007,26(4):70-75.
- [16]唐川,朱静.城市泥石流风险评价探讨[J].水科学进展,2006,17(3):383-388.
- [17]唐川.滑坡风险图编制探讨[J].自然灾害学报,2004,13(3):8-12.
- [18]吴益平,唐辉明.基于GIS的巴东新城滑坡灾害风险系统[J].水文地质工程地质,2004,(增刊):117-121.
- [19]唐川,朱大奎.基于GIS技术的泥石流风险评价研究[J].地理科学,2002,22(3):300-304.
- [20]张虹,赵纯勇.基于组件的滑坡点易损性评价地理信息系统[J].中国地质灾害与防治学报,2005,16(2):121-124.
- [21]蒋永军,况明生.区域易损性分析、评估及易损度区划[J].灾害学,2001,16(3):59-64.
- [22]王薇,徐志胜.小城镇灾害易损性分析与评估[J].中国安全科学学报,2004,14(7):3-5.
- [23]吴益平,唐辉明. BP 模型在区域滑坡灾害风险预测中的应用[J].岩土力学,2005,26(9):1409-1413.
- [24]赵源,刘希林.人工神经网络在泥石流风险评价中的应用[J].地质灾害与环境保护,2005,16(2):135-138.
- [25]曾群华,赵纯勇.物元理论在危岩滑坡灾害社会经济易损性评价中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(3):111-148.
- [26]吴益平,殷坤龙.物元模型在滑坡灾害风险预测中的应用[J].地质科技情报,2003,22(4):96-100.