

刘光旭, 戴尔阜, 傅辉, 等. 西南地区泥石流区易灾人口脆弱性评估[J]. 灾害学, 2015, 30(4): 69–73. [Liu Guangxu, Dai Erfu, Fu Hui, et al. Evaluation on population vulnerability from debris flow disasters in Southwest China[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(4): 69–73.]

## 西南地区泥石流区易灾人口脆弱性评估<sup>\*</sup>

刘光旭<sup>1</sup>, 戴尔阜<sup>2</sup>, 傅辉<sup>3</sup>, 孟丽红<sup>1</sup>, 徐祥明<sup>1</sup>

(1. 赣南师范学院, 江西 赣州 341000; 2. 中科院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

3. 重庆师范大学, 重庆 401331)

**摘要:** 基于西南地区(西藏地区除外)社会经济统计数据、自然环境数据和历年泥石流灾害事件记录, 采用因子分析的方法, 对西南地区泥石流人员脆弱性进行了评价。结果显示, 西南地区易灾人口分布呈现四种类型: 中部和西北部的极高脆弱区, 北部和西南部的高度脆弱区, 片状围绕极高脆弱区分布的中度脆弱区及点状分布的低度脆弱区。其中, 极高脆弱区人员综合易损率达3.89人/万人, 高度脆弱区高于3人/万人, 中度脆弱区和低度脆弱区平均人员易损率分别为2.69人/万人和1.49人/万人。相关检验分析表明, 泥石流区易灾人口脆弱性空间分异规律不仅与历年实际受灾人口相吻合, 而且与区域社会经济发展水平密切相关。因此, 提高社会经济水平、降低易灾人口脆弱性是未来西南地区减灾防灾重要的内容。

**关键词:** 泥石流; 易灾人口脆弱性; 灾害风险; 西南地区

**中图分类号:** X43      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000–811X(2015)04–0069–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2015.04.014

1970年代后期以来, 尤其是1990年代“国际减灾十年”的兴起, 脆弱性研究已逐渐成为自然灾害对自然生态系统和人文可持续性发展影响的研究领域内的一门新兴科学, 人与环境共同作用的脆弱性与日俱增, 并已成为研究区域经济、生态环境发展的一个新方向<sup>[1–2]</sup>。脆弱性概念由Timmerman(1981)首先提出<sup>[3]</sup>, 其后, 在灾害风险评估的基础上, 国内外学者又相继提出多种脆弱性定义与评价方法。总体而言, 这些成果可以归为两类。一类是分析灾害事件前后的状态, 重点关注潜在危险敏感度, 并依此评估处于危险区域人口的比例, 以及特定灾害事件影响下生命财产可能损失的度, 如Kellenberg等<sup>[4]</sup>发现, 人均收入与灾害损失风险呈现出曲线变化的关系: 在人均GDP为\$5 044、\$3 360和\$4 688时, 灾害损失随收入增加而增加, 此后开始下降。一类是特定灾害事件或危险可能引起的潜在损失, 如Rygel在分析风暴潮风险时, 提出了社会脆弱性指数构建方法<sup>[5]</sup>。灾害的致损能力与孕灾环境、致灾因子

及承灾体自身脆弱程度密切相关<sup>[6–7]</sup>。其中, 脆弱性评价是对区域某一自然或人文系统自身结构、功能进行分析, 预测和评价外部胁迫对系统可能造成的影响, 以及评估系统自身对外部胁迫的抵抗能力与从不利因素恢复的能力<sup>[8–9]</sup>, 具有明显的区域性特征。而以往的研究多为案例, 区域研究相对薄弱。随着脆弱性研究的深入, 区域脆弱性分析日渐成为灾害与风险研究相联系起来的重要纽带, 即分析社会、经济与环境系统相互作用及其对灾害的驱动力、抑制机制和应对能力<sup>[10–11]</sup>。因此, 区域承灾体脆弱性研究已成为灾害风险研究的基本组成部分, 是诠释人地相互作用机制的重要科学途径和学科前沿的重大科学问题<sup>[12]</sup>。

西南地区是我国泥石流灾害最为严重的地区, 统计资料显示, 1949–2008年西南地区遭受泥石流伤亡人数达7 462人, 是我国泥石流灾害人员伤亡最严重的地区。陡峭破碎的地貌、季风强弱引起的降水变化、地震灾害引起土石疏松, 以及人类活动导致的植被大面积破坏等是引发西南地区

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2015–04–02      修回日期: 2015–06–12

基金项目: 国家自然科学基金(41271124, 41301226); 重庆师范大学博士启动基金(13XLB031); 江西省教育厅科技项目(GJJ14671); 江西省自然基金(20132BAB213020)

作者简介: 刘光旭(1977–), 河南南阳人, 博士, 主要从事资源环境方面研究。E-mail: lg760411@126.com

通信作者: 傅辉(1971–), 河南信阳人, 博士, 主要从事气候变化与人类适应研究。E-mail: fuhui@igsnrr.ac.cn

表 1 西南地区泥石流灾害易灾人口脆弱性影响因素

分类	因子	与易灾人口脆弱性关系分析	数据来源
社会 经济	总人口数 ( $X_1$ ) /万人	是影响人的脆弱性的量的因素。泥石流灾害发生时, 暴露在灾区的人数越多, 人员伤亡的可能性就越大, 故该因子与人的脆弱程度关系密切	地区年鉴 资料
	人口密度 ( $X_2$ ) / (人/ $\text{km}^2$ )	反映人员在灾区的分布状况。泥石流灾害发生在人员密集区造成的损失显然要比稀疏区大。	
	乡村从业人员占总人口比重 ( $X_6$ ) %	是反映农村发展程度的指标。泥石流灾害常常发生在偏远的山区农村, 乡村从业人员比重大, 灾害发生时造成的人员伤亡就可能大。	
	老幼人口比 ( $X_9$ )	是指 1~14 岁的人口数和 60 岁以上的人口数占总人口数的比重。反映社会整体的抚养状况, 该值越高, 灾害发生时, 社会整体的逃生能力就可能越差, 人的脆弱程度就可能越高。	
	人均生产总值 ( $X_5$ ) /元	是反映社会富裕程度的指标。社会越富裕, 就越注意对本身生命的保护, 灾害发生时, 其遭受损失的可能性就越低。	中国县市 社会经济 统计年鉴
	医院、卫生院床位数 ( $X_{11}$ ) /张	是评价单元内所有医院、卫生院能提供的床位总数, 是反映社会救灾能力的指标因子。数值越大, 灾害发生时受到伤害的人们越易于得到救治, 因灾死亡的人数就会降低, 社会整体脆弱程度也会随之降低。	
	人均财政支出 ( $X_3$ ) /元	是抗灾能力指标。人均财政支出大, 政府对公共基础设施的投入多, 灾害发生时, 人的应灾能力可能会更强, 脆弱程度也越低。	
	财政总支出占 GDP 比重 ( $X_4$ ) %	是反映政府对民生投入的指标因子。财政支出占 GDP 总量的比重越大, 政府就可能用更多的钱投入到减灾防灾工程建设中去, 人员的脆弱程度就可能降低。	地区统计 年鉴
	城市化率 ( $X_{10}$ ) %	是指市镇人口占总人口 (包括农业与非农业) 的比率。这里的市镇包括中心城区、县 (市、区) 及建制镇等。该指标能客观反映社会的发展程度, 对易灾人口脆弱程度有或正或负的影响。	全国第五 次人口普 查数据
自然 因素	高中教育普及率 ( $X_8$ ) %	是反映社会受教育状况的指标因子。社会整体受教育水平高, 公众应急救护知识就易于普及, 逃生避险和自救互救技能也能很快提高, 人的脆弱程度就可能降低。	
	泥石流危险性 ( $X_{21}$ )	是根据泥石流沟密度在对评价区域进行危险性区划的基础上, 依据区域泥石流密度高低给出的泥石流危险指数。同等条件下, 危险性得分越高, 人员损失就越严重, 其脆弱程度就越高。	
	年均降水量 ( $X_{15}$ )、月降水变差系数 ( $X_{16}$ )、>25mm 降水日数 ( $X_{17}$ )、25° 以上坡地面积比 ( $X_{18}$ )、沟谷密度 ( $X_{19}$ )、25° 以上坡耕地面积比 ( $X_{20}$ )	决定着区域内易灾人口分布状况, 并影响泥石流灾害发生时的易灾人口避灾能力	DEM 数 据, 气象观 测资料, 土 地利用图

泥石流泛滥的主要原因。所以, 对承灾体 (易灾人口) 进行脆弱性空间分析, 强调多层面、多元化和多学科交叉, 探讨泥石流灾害风险管理模式, 最大限度地降低泥石流灾害对易灾人口的损伤, 即是灾害风险研究的需要, 也是当前西南地区社会经济可持续发展中亟待解决的问题。

1 评价数据来源

本文所使用的基础数据来源涵盖以下四方面:  
①国民经济和社会发展统计年报中相关经济数据, 分别取自西南地区各省市历年统计年鉴 (2000 - 2008 年) 与全国第五次 (2000 年) 人口普查数据和

《2009 中国县市社会经济统计年鉴》;②孕灾环境资料,由西南地区 90mDEM 数据,国家气象台站 1951—2009 年降水日值数据,1:10 万土地利用图(2000 年)三部分构成,分别来源于来自 SRTM 网站、中国气象科学数据共享数据服务网和中国科学院资源环境科学数据中心;③泥石流灾害事件记录资料,原始数据来源于地球系统科学数据共享网的《全国泥石流灾害事件数据(1949—2008)》,本文根据西南地区四省市 400 多县市的年鉴、地方志资料,对之进行了校对、补充和标准化处理,以控制误差、精准数据;④西南地区行政区划数据,来源于国家基础地理信息中心。

## 2 评价指标的确定与数据处理

泥石流流石流突的发性及区域运载环境要素(降水、地震、崩塌等)产生的连锁反应,是泥石流区人口脆弱性的增加,社会防灾减灾成本上升的重要原因。因此,本文根据联合国国际减灾战略(UN/ISDR)在其出版的《Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives》一书中对脆弱性的定义——脆弱性是“由自然、社会、经济和环境因素决定,反映了社区面临灾害影响的敏感程度”,并借鉴已有的承灾体脆弱性形成机制研究成果<sup>[13-17]</sup>,兼顾数据的获取难易程度,基于敏感度和适应度两个方面的筛选,最终遴选了 17 个自然和社会因子,并在标准化处理基础上,构建西南地区泥石流灾害区易灾人口脆弱性评估指标(表 1)。

## 3 评估方法

县域是国家和区域发展的基本单元,是防灾减灾救灾工作的最终执行者,在脆弱性表征方面具有一定的统一性,故在评价尺度选择上,本文以县域为评价单元。鉴于易灾人口损失状况与评价指标之间复杂性及当前的研究现状,采用因子分析法,研究西南地区泥石流灾害区易灾人口脆弱性分布特征,以保证公共因子间相互独立。

因子分析法是解决错综复杂的多指标研究对象最重用的,也是最重要的分析手段。它除了能够克服原始因子量多、关系复杂的等影响外,也能依据各因子贡献率,将庞杂的综合体解析为少数几个新的相互独立的公共因子。这些公共因子既能提供研究对象总变化的绝大部分信息,揭示研究对象之间的相互关系,如成因上的联系<sup>[20]</sup>,也能确保构造综合评价时所涉及的伴生于数学变

换的权数,具有较强的客观性<sup>[19-20]</sup>,能够较好地揭示研究对象内多因子之间的相互关系。具体分析步骤如下所示。

(1) 以县(市)级行政区为统计单元,采用极值法对数据进行归一化处理,将不同量纲、不同取值范围的所有指标统一到(0,1)之间。

(2) 进行数据检验。对标准化数据检验发现,Bartlett 球形检测值为 5 292.065,概率值  $p = 0.000$ ,拒绝该相关矩阵为单位矩阵犯错的概率为 0,即相关矩阵不是单位矩阵;KMO 检测值为 0.83,大于 KMO 检测值判断标准(0.7)。显然,观测变量非常适合做因子分析。

(3) 用主成分分析法提取公共因子,确定公共因子个数的依据是特征值大于等于 1。

(4) 计算因子载荷矩阵,并对初始因子载荷矩阵进行方差最大正交旋转,以方便于公共因子的命名和解释。根据因子载荷矩阵,采用多对多回归分析,即最小二乘估计出各公共因子得分。

(5) 最后根据特征根的贡献率大小,采用加权平均计算各区综合得分,并据此进行脆弱性分区。综合得分计算公式为:

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m} F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m} F_2 + \dots + \frac{\lambda_m}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m} F_m \quad (1)$$

式中: $\lambda$  为方差贡献率,是各公共因子  $F$  所解释方差占总方差的百分比,是衡量公用因子相对重要性的指标,可由因子载荷计算获得。

此外,利用 spss 软件标准化、检验各因子,并计算各初始因子特征值;对各统计单元的脆弱性因素定量评估,求脆弱度;在 GIS 技术的支持下,进行空间分异表达,反映其潜在的地域分析特征。

## 4 评估结果

基于上述各评价指标,计算西南地区 17 个评价指标贡献率,求得的公共因子得分函数系数矩阵中(表 2),公共因子  $F_1$  在高中教育普及率( $X_8$ ),城市化率( $X_{10}$ ),医院、卫生院床位数( $X_{11}$ )和人均生产总值( $X_5$ )4 个指标上的载荷值在 0.8 以上,命名为社会发展水平因子;公共因子  $F_2$  在年均降水量( $X_{15}$ )和  $> 25 \text{ mm}$  降水日数( $X_{17}$ )上的载荷较大,为气象因子;公共因子  $F_3$  在人均财政支出( $X_3$ )上的载荷值较大,为抗灾能力因子;公共因子  $F_4$  在  $25^\circ$  以上坡耕地面积比( $X_{20}$ )和泥石流危险性得分( $X_{21}$ )上的载荷较大,为致灾胁迫因子;公共因子  $F_5$  在沟谷密度( $X_{19}$ )上的载荷较大,为地貌因子。社会发展水平、气象、抗灾能力、致灾胁迫、地貌因子等 5 个因

子累积贡献率达到 74%,特征值均大于 1。显然,西南地区各县(市)人员的脆弱程度主要决定于是社会发展程度、气象、抗灾能力、致灾胁迫、地貌,本文用这 5 个公共因子描述各区县人员的脆弱状况。

表 2 易灾人口脆弱性公共因子得分函数系数矩阵

原始变量	公共因子				
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
$X_1$	0.006	-0.185	-0.549	0.103	-0.104
$X_2$	0.105	-0.005	-0.020	0.018	-0.209
$X_7$	-0.167	-0.041	-0.054	-0.010	0.005
$X_6$	-0.162	0.079	0.110	-0.205	0.068
$X_3$	0.044	-0.057	0.438	-0.048	-0.098
$X_9$	-0.134	0.004	-0.027	0.022	-0.255
$X_8$	0.168	0.032	0.035	0.018	-0.045
$X_{10}$	0.156	0.039	-0.002	-0.009	-0.061
$X_{11}$	0.149	0.005	0.051	0.031	0.086
$X_5$	0.141	0.010	0.011	-0.043	0.034
$X_{15}$	0.020	0.418	0.108	0.036	0.040
$X_{16}$	0.026	-0.268	-0.251	0.179	0.513
$X_{17}$	0.024	0.392	0.007	0.043	0.085
$X_{18}$	0.013	-0.072	0.336	0.260	-0.096
$X_{20}$	0.045	-0.064	-0.087	0.561	-0.144
$X_{19}$	-0.012	0.121	0.096	-0.087	0.600
$X_{21}$	0.053	0.103	0.025	0.468	0.167

由式(1)采用加权综合的方法计算得出各县市区综合的得分。其中各公共因子方差贡献率分别为: $\lambda_1 = 35.229, \lambda_2 = 16.295, \lambda_3 = 9.034, \lambda_4 = 6.954, \lambda_5 = 6.496$ 。根据综合得分,采用层次分析法,划分为四种脆弱性类型(I、II、III、IV),结果导入 arcgis9.3 中得到西南地区泥石流灾害易灾人口脆弱性类型分布图(图 1)。

图 1 显示,西南地区泥石流人员脆弱性大致由四个区构成,即:I 类脆弱区分布,含盖云南南部勐腊、景洪、翠云、江城等、四川盆地中部、江北、乐山、雅安等 40 余个县(市、区);II 类脆弱区,围绕 I 类脆弱区成环形半环形分布,主要包括云南西南部的勐海、孟连、澜沧、普洱等县市区、四川盆地周围边缘县市及贵州省中南部的安顺、普安、兴义等县市;III 类脆弱区,位于在云南中西部、贵州东部、北部、重庆中部及云贵川接壤地带县市连片地带,覆盖近 200 个县市区;IV 类脆弱区,分布于四川省西部、西北部县市和

云南省的昭通、贵州省的毕节等地。

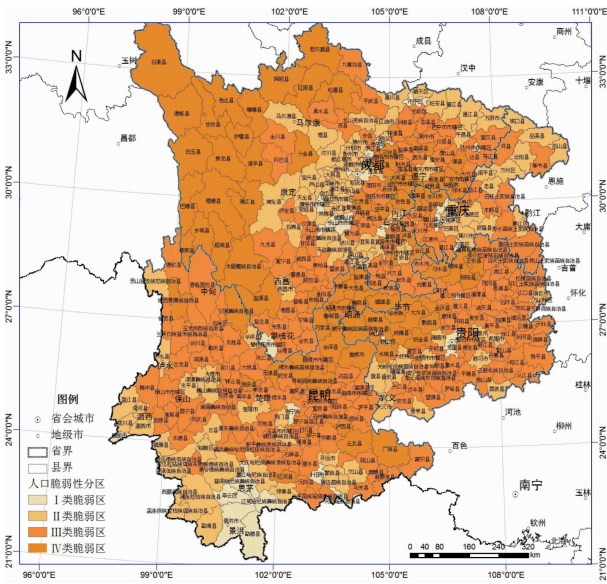


图 1 西南地区泥石流灾害易灾人口脆弱性分区

很多研究直接用因子分析法加权综合后的得分描述评估结果的高低水平<sup>[18-20]</sup>,为了验证并准确表征西南地区泥石流灾害脆弱性状况,本文根据因子分析的结果,依据历年泥石流灾害事件记录数据,计算出来 I ~ IV 类脆弱区遭遇不同规模的泥石流灾害时潜在的人口易损率(表 3)。结果表明,IV 类脆弱区为易灾人口极高脆弱区,分布在西南地区中部和西北部地区,易灾人口综合易损率在 3.89 人/万人,单次泥石流灾害每万人可造成 14 人以上的易灾人口死亡。II 类脆弱区为高度脆弱区,分布在北部的四川盆地及云南西南部地区,易灾人口综合易损率也在 3.77 人/万人,该区虽综合易灾人口易损率稍低于极高脆弱区,但在遭遇特大型泥石流灾害时却能造成较高的易灾人口伤亡,单次特大型灾害易灾人口平均易损率达到 2.69 人/万人,为各类脆弱区最高。片状围绕极高脆弱区分布的 III 类脆弱区和点状散布的 I 类脆弱区分别为中度和低度脆弱区,综合平均易损率分别为 2.69 人/万人和 1.49 人/万人,其中 I 类脆弱区内缺小型泥石流灾害事件记录,故定为 0。

表 3 不同规模泥石流灾害在各类脆弱区可造成的人员易损率

人/万人

因子分析 结果	特大型		大型		中型		小型		平均值 合计	脆弱程度 分区
	最小~最大	平均	最小~最大	平均	最小~最大	平均	最小~最大	平均		
I 类	0.08 ~ 2.70	1.16	0.12 ~ 0.37	0.25	0.08 ~ 0.09	0.09	0	0.00	1.49	低度
II 类	0.03 ~ 13.16	2.69	0.12 ~ 1.48	0.60	0.01 ~ 1.52	0.40	0.03 ~ 0.22	0.07	3.77	高度
III 类	0.03 ~ 8.64	1.80	0.03 ~ 1.77	0.57	0.03 ~ 0.78	0.25	0.01 ~ 0.28	0.08	2.69	中度
IV 类	0.01 ~ 14.67	2.25	0.08 ~ 2.80	1.02	0.02 ~ 1.85	0.38	0.01 ~ 1.03	0.23	3.89	极高

## 5 结论与讨论

承灾体(易灾人口)脆弱性评估是灾害风险研究的重要组成部分。基于县域的西南地区泥石流易灾人口脆弱性评估显示,西南地区泥石流灾害易灾人口脆弱性具有明显的区域性特征。极高脆弱区(Ⅳ类)呈片状分布于西南地区西部和中东部地区,高度脆弱性区(Ⅱ类)呈环状分布于四川盆地周边县市和云南西南部区域,中度和低度脆弱区(Ⅲ类和Ⅰ类)则散布于高度极高脆弱区周围。整个西南地区的人口脆弱性具有从西北部向东部和西南部逐步降低的趋势。在诸多脆弱性影响因素中,社会发展水平因子起主要作用,受其决定的脆弱性得分与灾情具有明显的正相关。因此,在泥石流灾害减灾防灾工作中,协调区域发展,提高社会发展水平是降低承灾体(人口)脆弱性是减少灾害危害主要和有效途径。

## 参考文献:

- [1] 石勇, 许世远, 石纯, 等. 自然灾害脆弱性研究进展[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(2): 131-137.
- [2] 王瑞燕, 赵庚星, 于振文, 等. 利用生态位适宜度模型评价土地利用环境脆弱性效应[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 218-224.
- [3] Timmerman P. Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society: A review of models and possible climatic applications[M]. Toronto: Institute for Environmental Studies, University of Toronto; 1981.
- [4] Kellenberg DK, Mobarak AM. Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters? [J]. Journal of Urban Economics, 2008, 63(3): 788-802.
- [5] Rygel L, O'sullivan D, Yarnal B. A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surges in a developed country[J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006, 11(3): 741-764.
- [6] 葛全胜, 邹铭, 郑景云. 中国自然灾害风险综合评估初步研究[M]: 北京: 科学出版社, 2008.
- [7] Dilley M, Chen RS, Deichmann U. Natural disaster hotspots: a global risk analysis[M]. Washington D C: Hazard Management Unit, World Bank; 2005.
- [8] 李鹤, 张平宇, 程叶青. 脆弱性的概念及其评价方法[J]. 地理科学进展, 2008, 27(2): 18-25.
- [9] 刘毅, 黄建毅, 马丽. 基于 DEA 模型的我国自然灾害区域脆弱性评价[J]. 地理研究, 2010, 29(7): 1153-1162.
- [10] UN/ISDR. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives[M]. Geneva: United Nation Publications; 2004.
- [11] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6-17.
- [12] 李鹤, 张平宇. 全球变化背景下脆弱性研究进展与应用展望[J]. 地理科学进展, 2011, 30(7): 920-929.
- [13] Leone F, Asté JP, Leroi E. Vulnerability assessment of elements exposed to mass-movement: Working toward a better risk perception[M]. Trondheim; 1996.
- [14] Rautela P, Lakhera RC. Landslide risk analysis between Giri and Tons rivers in Himachal Himalaya (India)[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2000, 2(3/4): 153-160.
- [15] Liu X, Lei J. A method for assessing regional debris flow risk: an application in Zhaotong of Yunnan province (SW China)[J]. Geomorphology, 2003, 52(3/4): 181-191.
- [16] 魏建波, 赵文吉, 关鸿亮, 等. 基于 GIS 的区域干旱灾害风险区划研究——以武陵山片区为例[J]. 灾害学, 2015, 30(1): 198-204.
- [17] 刘彦花, 叶国华. 基于粗糙集与 GIS 的滑坡地质灾害风险评估——以广西梧州为例[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 108-114.
- [18] 杨威, 卢文喜, 李平, 等. 因子分析法在伊通河水质评价中的应用[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 113-114.
- [19] 傅贵, 王祥尧, 吉洪文, 等. 基于结构方程模型的安全文化影响因子分析[J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(2): 9-15.
- [20] 何有世, 徐文芹. 因子分析法在工业企业经济效益综合评价中的应用[J]. 数理统计与管理, 2003, 22(1): 19-22.

## Evaluation on Population Vulnerability from Debris Flow Disasters in Southwest China

Liu Guangxu<sup>1</sup>, Dai Erfu<sup>2</sup>, Fu Hui<sup>3</sup>, Meng Lihong<sup>1</sup> and Xu Xiangming<sup>1</sup>

(1. Gannan Normal University, Ganzhou 341000, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

3. College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** Vulnerability is an important component in disaster risk investigation. We precede a vulnerability evaluation on population in Southwest China from debris-flow disasters by Factor Analysis. The data are from socioeconomic statistics, measures on natural environment as well as disaster records on debris flows. The result shows that there are four types of population vulnerability zones in Southwest China, the extremely-high zones in the central and northwestern part, the high zones in the northern and southwestern part, the moderate zones surrounding the extremely high, and the scattering low zones. The average fragile rate in the extremely-high vulnerability zones reaches 3.89 persons per  $10^4$ , that in the high zones is over 3 persons per  $10^4$ . The fragile rates in the moderate and low are 2.69 and 1.49 persons per  $10^4$  respectively. The results were examined and analyzed, which shows the spatial differentiation of population vulnerability from debris flows have a close relation not only with the disaster-affected populations, but also with the regional socioeconomic development levels. Hence it is a key measure for disaster prevention and mitigation to reduce the vulnerable populations and raise the socioeconomic level in this area.

**Key words:** debris flow; population vulnerability; disaster risk; the southwest region