

杨俊, 向华丽. 基于 HOP 模型的地质灾害区域脆弱性研究——以湖北省宜昌地区为例[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 131 - 138. [Yang Jun and Xiang Huali. A Discussion about Geo-environment Problem and Improvement of Limestone Mining in Western Hills of Han Cheng City [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(3): 131 - 138.]

基于 HOP 模型的地质灾害区域脆弱性研究

——以湖北省宜昌地区为例*

杨 俊^{1,2}, 向华丽^{3,4}

(1. 中南财经政法大学 信息与安全工程学院, 湖北 武汉 430073; 2. 吕勒奥理工大学 环境地质系, 瑞典 吕勒奥 97187;
3. 中南财经政法大学 公共管理学院, 湖北 武汉 430073; 4. 吕勒奥理工大学 社会科学系, 瑞典 吕勒奥 97187)

摘 要: 在介绍 HOP 模型及其方法的基础上, 以湖北省宜昌地区为案例, 依据该地区地质灾害综合调查资料、统计年鉴数据资料及第六次人口普查数据资料, 以乡镇为基本单元对该地区的人口分布、地质灾害暴露、社会脆弱性及区域综合脆弱性进行分析。研究结果表明: 具有明显点状分布特征的地质灾害不同于呈面域发展的其它类型自然灾害, 灾害暴露水平不完全由地质灾害发育水平所决定, 人口分布特征对灾害暴露有显著影响, 其区域脆弱性的高低主要受灾害暴露水平控制, 同时受到社会脆弱性的影响。地质灾害区域脆弱性的空间分布特征对宜昌地区的防灾减灾具有实际的指导意义, 从技术减灾角度分析, 应综合比较分析工程防治、资产转移与人口迁移这三者的技术可行性与技术经济性; 从政策减灾角度分析, 应更加关注区域脆弱性更高的地区, 防灾减灾的政策制定、资金投向与人力资源配备等需根据区域脆弱性的空间特征做出规划与调整。

关键词: 区域脆弱模型; 地质灾害; 暴露水平; 社会脆弱性; 因子分析; GIS; 湖北宜昌

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 811X(2014)03 - 0131 - 08

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.03.024

自然灾害的社会脆弱性问题自 1970 年代被提出以后, 来自地理学、社会学、灾害学乃至经济学的学者对自然灾害的社会脆弱性问题开展了持续的理论探索与广泛的案例研究, 并建立了一些受到学界较普遍认可的定量研究方法^[1]。从自然灾害社会脆弱性研究的历史来看, 先后出现了四种为自然灾害研究领域广为熟悉的概念模型, 分别是著名地理学家 Gilbert F. White 等^[2]较早提出的“风险 - 灾害”模型(Risk-Hazard Model), Blaikie 和 Wisner 等^[3-4]提出的“压力 - 释放”模型(Pressure and Release Model), Cutter 等^[5-6]提出的“区域脆弱”模型(Hazard-of-Place Model, HOP Model), Turner 等^[7]提出的基于可持续发展理论框架的脆弱模型(Vulnerability/Sustainability Framework)。由于研究对象、研究视角等的差异, 上述四种模型分别是根据各自对脆弱性概念的不同理解而建立的, 因此不同模型在适用的领域、研究的对象、研究的尺度乃至具体的研究方法上都呈现出很大的差异。比较而言, 基于社会地理学视角的 HOP 模型由于更加注重社会脆弱性的地理空间差异与时间演进, 其开发了一套可资操作与横向比较的社会脆弱性分析方法, 加之模型自创建以来, 对其理

论探讨与完善就从来没有停止过^[6,8], 这使得该模型在具体的灾害社会脆弱性研究与实践中获得了较广泛的应用, 并取得了极大的成功。

HOP 模型最大的贡献在于其对社会脆弱性的测量。Cutter 等^[9]依据全美 3 141 个县的社会经济与人口数据, 在对最初选取的 250 多个变量进行多重共线性检验的基础上, 最终提取了 42 个变量反应社会脆弱性, 从而建立了一套较为完善的自然灾害社会脆弱性指标体系, 然后在因子分析的基础上得到了一个反应社会脆弱性的综合指数——社会脆弱性指数 SoVI(Social Vulnerability Index), 并通过敏感性分析(Sensitivity Analysis)证明这一指数不仅适用于国家、省以及市县级等不同尺度的社会脆弱性分析, 而且可以移植到不同的区域应用^[10]。

HOP 模型首先在美国^[11-16]及其它发达国家^[17-18]获得了较广泛的应用, 其后在其它一些自然灾害较多的国家和地区逐步得到推广^[19-22]。研究的尺度包括国家级^[9,22]、县级^[11,23-25], 城市级^[26]等。由于该模型经历了 2004 年美国卡特丽娜飓风(Hurricane Katrina)的检验^[27], 目前美国 California, Colorado 和 South Carolina 三个州已全面采用

* 收稿日期: 2013 - 11 - 05 修回日期: 2014 - 01 - 06

基金项目: 国家社会科学基金“基于地理信息系统的地质灾害多发地区人口分布与迁移及其调控研究”(11CRK001)

作者简介: 杨俊(1976 -), 男, 湖北枝江人, 博士, 副教授, 主要从事环境地质灾害研究。E-mail: jun.yang.2012@hotmail.com

通讯作者: 向华丽(1977 -), 女, 湖北公安人, 博士, 副教授, 主要从事人口地理研究。E-mail: shirlyxiang@hotmail.com

HOP 模型对州属范围的各种自然灾害暴露、社会脆弱性以及区域灾害风险进行评估并制定相应的减灾措施^[28]。

国内自然灾害社会脆弱性问题研究迄今仅 10 多年时间,且多来自地理学、生态学与灾害学等领域^[29-32],国内社会学、公共管理学等领域最近才开始涉足该领域的研究^[33-34]。从研究文献来看,早期多以概念辨析与理论介绍为主,后逐渐涉及一定的理论分析^[35-36]、模型探索^[37]与指标体系的分析^[38]。在具体的案例研究中,国内的社会脆弱性研究采用的主流方法是指标体系评价方法,很多研究直接采用或借鉴了 HOP 模型的思路与社会脆弱性分析方法^[39-41],对具体区域的防灾减灾问题均提供了很好的指导。但是受数据获取等方面的限制,目前的研究中也存在一定的问题,如评价指标较少^[42],人为将与社会脆弱相关的人口、经济、社会等进行分类处理并分别分析^[34],还有部分研究将自然灾害作为社会脆弱性的内生变量统一考虑,明显有违社会脆弱性的内涵^[34,43-44]。

从现有研究文献来看,我国目前的社会脆弱性案例研究大多为国家、省市及县区一级,而较少涉及乡镇一级^[44],很明显,对地质灾害这类具有显著地理空间差异的自然灾害,分析的空间尺度越小,越有利于灾害暴露的识别,另外,宜昌地区作为三峡坝址所在地,同时又是全国范围内地质灾害最为严重的区域,对该地区的地质灾害脆弱性进行深入研究具有很强的现实意义。因此,本文在介绍 HOP 模型及其基本方法的基础上,以湖北省宜昌地区为案例,依据该地区地质灾害综合调查数据、统计年鉴数据及第六次人口普查数据,以乡镇为基本单元对该地区的地质灾害暴露、社会脆弱性空间差异及区域综合脆弱性进行分析,为该地区综合防灾减灾提供相应的指导与建议。

1 研究区域、资料获取与研究方法

1.1 研究区概述

宜昌地区位于湖北西南部,处长江上游与中游的结合部,鄂西山区向江汉平原的过渡地带,是三峡大坝坝址所在地。该地区地跨 110°15'~112°04'E、29°56'~31°34'N 之间,东西最大横距 174.08 km,南北最大纵距 180.6 km,辖区总面积 21 226.85 km²。宜昌下辖 13 个县市区,即远安县、兴山县、秭归县、长阳土家族自治县、五峰土家族自治县、宜都市、枝江市、当阳市、夷陵区、西陵区、伍家岗区、点军区 and 猇亭区,共 87 个乡镇和 20 个街道。2010 年辖区户籍总人口 398.55 万人。

该区地质条件复杂、降雨充沛且季节分配不均,造成地质灾害发生种类多、分布广、频率高、灾情重,是全国地质灾害最严重的地区之一。地质灾害种类包括滑坡、山体崩塌、地面塌陷、泥石流、地裂缝、地面沉降等,其中又尤以滑坡和山体崩塌最为发育。目前,宜昌市存在大量的地质灾害隐患,严重威胁人民群众生命财产安全,

预估经济损失达 82.54 亿元,威胁人口 23.6 万余人,地质灾害是制约该区经济社会发展的重要因素。

1.2 数据资料

本文所涉及的资料数据主要包括:2011 年《宜昌统计年鉴》;宜昌市国土资源局提供的行政区划数据与《地质灾害防治规划》(2010-2020)^[45]地质灾害统计数据与规划数据;宜昌市六普快速汇总数据。

各乡镇人口数据依据的是 2011 年《宜昌统计年鉴》提供的户籍人口数,其中西陵区和伍家岗区由于数据不全采用的是第六次全国人口普查的常住人口数据。通过对比六普常住人口和户籍人口我们发现,由于人口流动水平相对较低,二者在绝对值上相差较小。灾害暴露水平数据是根据《地质灾害防治规划》(2010-2020)中的各乡镇地质灾害统计数据归总得到的。社会脆弱性指标数据根据 2011 年《宜昌统计年鉴》全市乡镇(办事处)重要经济指标数据汇总得到。

1.3 研究方法

1.3.1 HOP 模型

HOP 模型的理论根源来自于 Hewitt 和 Burton^[46]对区域生态的研究,他们试图探索一种区域生态在面临社会、政治以及经济等多种因素交互作用下所导致的极端破坏事件时的应对策略,Cutter 等在此基础上提出了区域灾害(Hazard-of-place)的概念,其目的即在于考察脆弱性在区域空间上的差异并试图解释自然灾害与社会脆弱耦合作用下可能导致的区域脆弱性问题,从这一概念出发,她提出了区域脆弱概念模型,该模型可以用图 1 表示^[5]。

该模型的基本思想是:自然灾害风险与人类社会的减灾措施交互作用,其综合作用结果就产生了潜在的致灾因子,潜在的致灾因子对区域社会-环境耦合系统产生影响,当这种潜在的致灾因子作用于地理层面时,就表现为物理脆弱性(模型用灾害暴露水平进行测量),当潜在的致灾因子作用于社会层面时,就表现为社会脆弱性,物理脆弱性与社会脆弱性的交互作用最终表现为区域脆弱性,对区域脆弱性的分析结果可以进行反馈并指导具体的风险管理与减灾政策。

该模型有效地对灾害暴露与社会脆弱进行了区分,既注重自然灾害本身所具有的地理区位特征以及灾害的种类、频率、强度等自然属性特征,同时也强调了不同地理区位的人类社会群体在社会经济特征方面的脆弱性差异,因此对自然灾害的区域脆弱性具有很强的解释力。在灾害暴露方面,主要根据不同灾害类型的自身特点来确定其区位分布特征,在社会脆弱性方面,则通过建立系统的指标体系,采用因子分析方法来测量社会脆弱性,并通过灾害暴露和社会脆弱性在空间上的叠加最终获得区域脆弱性的空间特征,最后运用 GIS 技术将分析结果进行直观的展现。

正如 Cutter 本人所说,该模型的侧重点在于最后三个单元,即物理脆弱性、社会脆弱性与区域

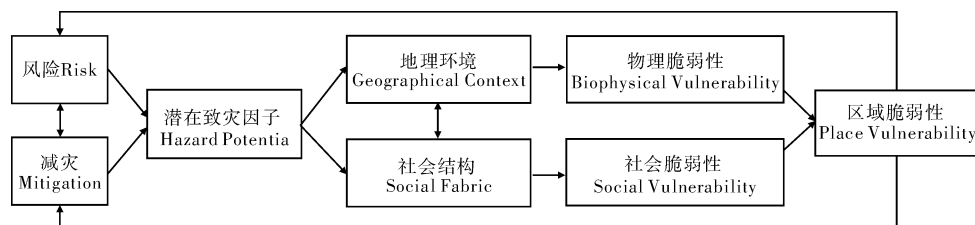


图1 区域脆弱模型

脆弱性,其缺陷在于对具体产生脆弱的根源缺乏足够的理论分析,同时对脆弱可能导致的灾后影响缺乏相应的探讨^[6]。尽管模型本身还不十分完善,但这并没有影响到其对实际应用的指导意义。

1.3.2 灾害暴露水平度量

对于灾害暴露, Cutter 指出,由于没有可资利用的人口与资产暴露数据,她在分析灾害暴露(物理脆弱性)时,对于不同的灾害种类,均采用的是灾害发生频率数据^[11]。显然,对于地质灾害暴露,根据地质调查所获取的地质灾害受威胁人口与受威胁财产数据反映灾害暴露水平显然更为准确^[47]。因此,本文在分析灾害暴露时,根据各乡镇地质灾害统计资料,按照 Cutter 处理灾害暴露的方法,综合考虑受威胁人口数量与受威胁资产值以反映区域的地质灾害暴露水平,具体做法如下:①采用0~1标准化方法,将受威胁人口数量最多的乡镇的人口暴露水平赋值为1,其它乡镇受威胁人口与该乡镇受威胁人口的比值为该乡镇人口威胁暴露水平,则人口暴露水平取值在0~1;②各乡镇的资产暴露水平的计算与标准化方法与人口暴露水平的计算方法相同;③各乡镇综合暴露水平采用人口暴露水平与财产暴露水平的平均值进行衡量,并按照①所述的方法进行0~1的标准化处理;④最后按照等间距分段的方法进行综合暴露水平的分类。

1.3.3 社会脆弱性度量

(1) 社会脆弱性指标提取

在衡量社会脆弱性时,指标选取非常重要。根据目前对社会脆弱性的认识,脆弱性指标应包括人口结构特征、社会弱势群体特征、社会经济发展水平、基础公共设施建设水平、公共服务水平等^[9]。本文提取了2010年宜昌市97个乡镇(由于无明显行政界线,其中猇亭区的三个办事处合并为一个单元处理;点军区点军街道办事处与点军区桥边镇合并为一个单元处理;最终分析样本区为94个)有关社会经济数据共24个指标,以上指标虽不完全与 Cutter 所选取的42个指标完全一致,但总体涵盖了 SoVI 所涉及的几个方面。其中,前19个指标的数据来源于2011年统计年鉴数据,后6个指标的数据来源于宜昌市第六次人口普查数据,其他指标数据来源于2011年宜昌市统计年鉴,具体指标均通过转换使得各乡镇具有可比性,如比重,人均,密度等。具体如表1所示。

(2) 社会脆弱性指数计算

在分析方法上,采用因子分析进行降维处理,应用 SPSS17.0 软件进行具体分析。通过 KMO 检验

表1 社会脆弱性指标名称与描述

指标	描述	与社会脆弱性的关系
TV	通有线电视的村/%	-
Water	通自来水的村/%	-
Highway	公路里程/(km/km ²)	-
PopPF	家庭平均人口数/人	+
Migrant	外来人口比重/%	+
Employ	就业人口比重/%	-
SerEmp	第三产业人口比重/%	-
GovEmp	公务员比重/%	-
FinanceInc	人均财政总收入/(元/人)	-
SavPC	人均居民储蓄存款余额/(元/人)	-
IncPC	居民人均纯收入/元	-
Hospital	每10万人拥有医院数/个	-
Medical	每10万人拥有医生数/人	-
Sickbed	每10万人拥有病床数/个	-
Welfare	每10万人拥有敬老院、福利院/个	-
PensionIns	参加农村社会养老保险人口比重/%	-
MinLiving	享受居民最低生活保障人口比重/%	+
PopDen	人口密度/人/km ²	+
Female	女性人口比重/%	+
Child	0~14岁人口比重/%	+
Oldpeople	65岁及以上人口比重/%	+
Illiterate	文盲人口比重/%	+
RuralPop	农村人口比重/%	+
AvrEdu	平均教育年限/年	-

和 Bartlett 球形检验考察原始变量进行因子分析的可行性。其中,提取公因子采取主成分分析法,旋转法采用的是具有 Kaiser 标准化的四次最大正交旋转法。

因子分析除了具有降维的作用外,还具有计算综合得分(SoVI)的功能。综合得分的计算方法为各因子(最后提取的公因子数量为7)得分乘以各自因子方差解释力权重而得,如式(1)所示。

$$S_j = \sum_{i=1}^7 \frac{\text{因子 } i \text{ 方差解释贡献率}}{\text{总方差贡献率}} \times i \text{ 因子得分}, \quad (1)$$

式中: S_j 为第 j 个乡镇社会脆弱性综合得分, j 的取值为1~94。

最后的社会脆弱性指数 SoVI 同样进行0~1标准化处理,方法如下:

$$SoVI_j = \frac{S_j - S_{j\min}}{S_{j\max} - S_{j\min}}. \quad (2)$$

式中:SoVI为社会脆弱性指数; $S_{j\max}$ 为综合得分最大值; $S_{j\min}$ 为综合得分最小值。

(3) 区域综合脆弱性度量

各乡镇区域综合脆弱性(Place Vulnerability)的计算按照 HOP 模型及其推荐方法,直接将灾害暴

露水平与社会脆弱性指数相乘后标准化处理^[11]。HOP 模型这样计算区域综合脆弱性的理由在于:根据目前的研究进展,还没有足够的证据说明在灾害暴露水平与社会脆弱性两者之间,究竟哪个因素对区域脆弱性更重要、更具决定作用。因此,Cutter 认为,将两者直接相乘是最为谨慎的做法。

以上所有分析与计算结果均通过 ArcGIS 制作成图显示。

2 结果与讨论

2.1 人口与地质灾害分布特征

从宜昌地区的人口分布密度图(图2)来看,该区人口分布呈以下态势:人口密度地理分布极不均衡。人口密度小于100的乡镇27个,人口密度在100~200之间的乡镇37个,人口密度在200~500的乡镇24个,大于500的6个,人口密度最低的兴山县榛子乡人口密度仅为32人/km²,而人口密度最高西陵区则高达5 690人/km²,二者相差近200倍;人口分布与自然地理特征相关。宜昌地处云贵高原和渝东大山向江汉平原的过渡地带,地形复杂,高低相差悬殊,海拔从2 427 m至35 m,从西至东地势逐渐降低,呈“七山二丘一平原”的总体地貌,因此人口也集中分布在丘陵与平原地带,特别是枝江市与当阳市东南和宜都、远安沿长江、清江下游两岸一带;人口分布呈现出向各县市政府所在地聚集的态势。除兴山县与五峰县以外,其它各县市人口密度最高的区域均为政府所在地区,而且政府所在地周边的乡镇人口密度也一般较其它偏远乡镇为高,这一态势在东部丘陵平原地带尤为明显。

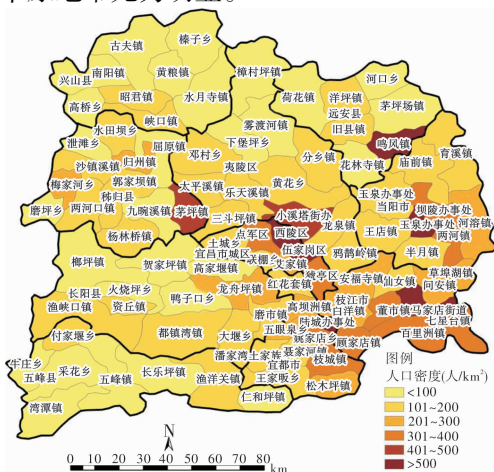


图2 宜昌地区人口密度分布图

而从该区地质灾害易发程度分区图(图3)可以看出,地质灾害的区域分布特征具有如下特点:中、高易发区比重极大,分布范围广。在宜昌全境地质灾害高易发区6个,总面积达8 503.72 km²,中易发区5个,总面积8 001.82 km²,两者累计占全区总面积的78%,多处于山区及中低山区;地质灾害与人类工程活动密切相关。主要地质灾害主要沿三峡库区沿岸及其支流一带、清江沿岸一带、磷矿区、煤矿区等发育,这些地区水

库建设与矿产开采等人类工程活动密集;地质灾害总体分布与人口分布呈相反趋势。在地质灾害较发育的山区与中低山区,人口密度一般较低,地质灾害低发与一般不易发的枝江、当阳等市,人口密度相对较高。

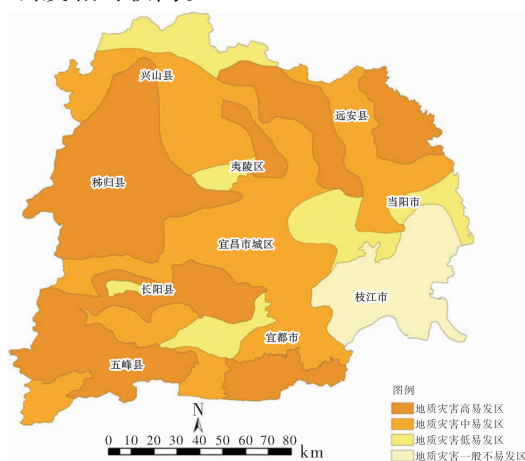


图3 地质灾害易发程度分区图

总体而言,在宜昌范围内,人口分布与自然地理环境、地质灾害分布是协调的,人们一般居住在自然环境相对较好、地质灾害较少的地段,这与台风、海啸等自然灾害与人口分布特征有明显区别,在沿海地区,大多数人口往往分布在这类自然灾害的影响范围内。

2.2 地质灾害暴露水平分析

在人口暴露水平方面,由图4可见,虽然宜昌地区地质灾害众多,但大部分乡镇受地质灾害威胁的人口数量并不是太大,人口暴露水平高的乡镇(约16 000~20 000人)4个,人口暴露中高水平的乡镇3个(约12 000~16 000人),人口暴露中等水平的3个(约8 000~12 000人),中低水平5个(约4 000~8 000人),其它绝大多数乡镇都处于低暴露水平,即在4 000人以下,从统计数据来看,50%的乡镇在1 000人以下。从该图我们还可以看出人口暴露水平具有以下特点:人口暴露水平相对较高的一般处于地质灾害发育区。结合图3可以发现,除枝江市的董市镇、七星台镇和白杨镇以外,其它人口暴露水平相对较高的乡镇集中在该区地质灾害发育水平较高的西北部地区;地质灾害发育程度与人口暴露水平并没有必然的相关性。该点可以从图3和图4的对比中看出来,在该区地质灾害发育水平较高的东北与西南地区,人口暴露水平均处于较低的水平,而在地质灾害发育水平低的东南部平原地区的局部乡镇,人口暴露水平却相当高,这一方面与人口密度的分布有关,而更多的与地质灾害本身发育的地理位置关系更为密切。

在资产暴露水平方面,由图5可见,其与人口暴露水平具有一定的相关性。全区资产受地质灾害威胁最重的乡镇为兴山县古夫镇,达17.77亿元,其它资产暴露水平较高的乡镇,除五峰县湾潭镇外,均分布在地质灾害发育水平较高的西北部地区,受威胁资产均达到5亿元以上,包括兴山

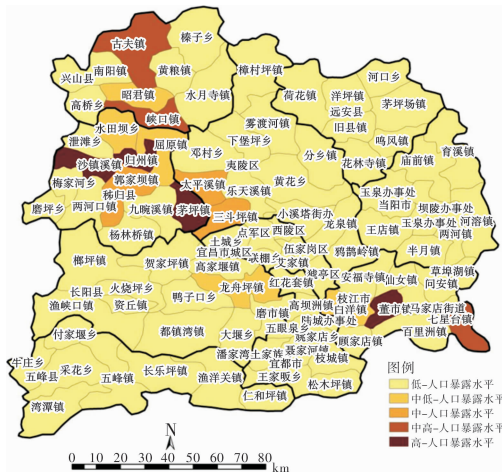


图4 地质灾害人口暴露水平分级图

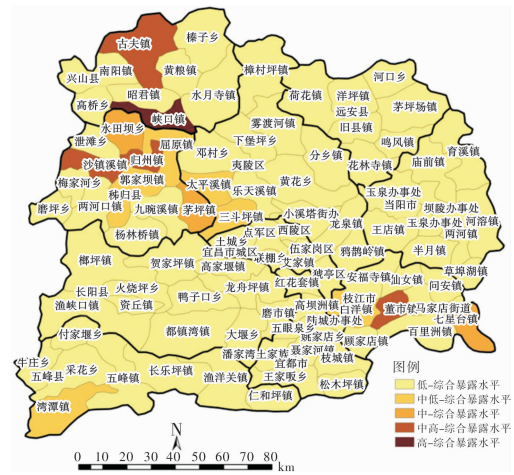


图6 地质灾害综合暴露水平分级图

县峡口镇 11.78 亿元、秭归县归州镇 6.28 亿元、五峰县湾潭镇 6.04 亿元、秭归县沙镇溪镇 5.91 亿元、秭归县茅坪镇 5.77 亿元。其它乡镇资产暴露水平均较低,均在 3 亿元以下。其中,东南部人口暴露水平较高的枝江市董市镇和七星台镇资产暴露水平却并不高,分别为 2.50 亿元和 1.50 亿元左右。

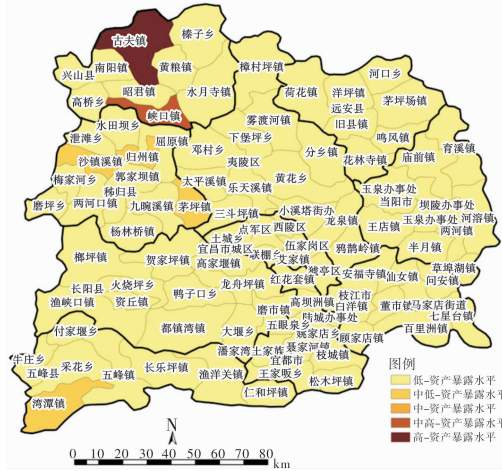


图5 地质灾害资产暴露水平分级图

在地质灾害综合暴露水平上,从图 6 可见,比较全面地反映了人口与资产暴露的总体水平。其中暴露水平最高的是人口与资产暴露水平均较高的兴山县峡口镇,综合暴露处在中高水平的共计 4 个乡镇,分别是兴山县古夫镇、秭归县归州镇和沙镇溪镇和枝江县董市镇。中等水平的 3 个,分别是秭归县水田坝乡、茅坪镇和枝江县七星台镇。中低水平 6 个,分别是秭归县屈原镇和郭家坝镇、夷陵区太平溪镇和三斗坪镇、五峰县湾潭镇和枝江县白杨镇。其它 80 个乡镇的综合暴露水平均较低。

2.3 地质灾害社会脆弱性分析

2.3.1 社会脆弱性指标因子分析

采用因子分析方法,最终提取了 7 个公因子,其累计贡献率旋转前后均为 71.1%。通过 SPSS 的描述统计分析得到综合得分最小值为 -1.64,最大值为 0.67,均值为 0,标准化差为 0.42。从因子分析提取的 7 个公因子来看,可以对宜昌地区的社

会脆弱性从以下几个维度加以描述:

(1)人口特征。包括人口结构特征与地理分布特征。第 1 公因子提取了包括平均教育年限,0 ~ 14 岁人口比重、65 岁及以上人口比重、女性人口比重、农村人口比重、外来人口比重、家庭平均人口数(根据家庭生命周期理论,一个家庭越大,其抚养比越大)等反应人口结构特征的绝大多数指标,同时还包括人口密度这一反映人口地理分布特征的指标,该公因子的方差解释贡献率达到 21.7%。说明人口特征对社会脆弱性影响很大。

(2)经济发展水平与医疗卫生水平。第 3 与第 4 个公因子综合反映了这一情况。由分析结果来看,第三个公因子提取了居民人均纯收入、每 10 万人拥有医生数和每 10 万人拥有病床数这三个指标。第四个公因子提取了人均财政总收入、每 10 万人拥有医院数和每 10 万人拥有敬老院、福利院的数量这三个指标。以上 6 个指标分别反映了区域的经济发展水平和医疗卫生水平。根据对已有文献的综述^[9],经济水平越好,人们应对灾害风险以及从灾害风险中恢复的能力越强,社会脆弱性越低,而医疗卫生水平越高,其社会脆弱性越低。而医疗卫生高的地区其社会脆弱性自然也低。第 3、第 4 公因子的方差解释贡献率分别为 9.9% 和 8.7%,累计达到 18.6%。

(3)就业特征。第 6 个公因子提取了就业比重与公务员人口比重这两个指标,第 7 个公因子提取了第三产业人口比重指标。以上两个公因子的方差解释贡献率分别为 7.6% 和 5.5%,累计达到 13.1%。就业人口比重的大小反映了社会总体抵御自然灾害的能力,而第三产业人口比重和公务员人口比重则分别反映了社会对自然资源的依赖程度与面对自然灾害时总体协调能力的强弱,因此,这三个指标取值越大,社会脆弱性越低。

(4)基础设施建设水平。第 2 公因子提取了通有线电视的村、通自来水的村和公路里程这三个反映基础设施情况的指标。该公因子的方差解释贡献率为 9.9%。经过实地调研,居民(特别是农村居民)主要通过电视了解风险信息以及天气预报,因此通有线电视的比重情况反映了该乡镇对灾害风险信息的感知情况,其值越高,其社会脆

弱性越低;通自来水的比重,反映了该乡镇基本公共基础设施的水平,其值越高,其社会脆弱性越低;公路为灾害发生时的逃生路线,以及政府等相关组织营救能否及时的衡量指标,其值越高,其社会脆弱性越低。

(5)极端弱势群体。第5个公因子提取了文盲人口和享受最低生活保障人口等反映极端弱势群体比重的指标,该公因子的方差解释贡献率为7.8%。文盲人口与最低生活保障人口均是社会中处于最不利地位的群体,“穷人往往更脆弱”^[33]已几乎是所有领域研究社会脆弱性的共识,而文盲人口体现的正是与物质贫穷相对应的精神“贫穷”,因此文盲人口比重及享受最低生活保障人口比重越高,则其社会脆弱性越高。

2.3.2 社会脆弱性的空间特征

图7反映的是地质灾害社会脆弱性空间特征。由图可见,社会脆弱性程度低的2个,分别是宜昌市城区的西陵区与猇亭区,社会脆弱性中低的乡镇2个,为长阳县龙舟坪镇和宜昌市城区伍家岗区,社会脆弱性中等的乡镇17个,社会脆弱性中高的乡镇38个,社会脆弱性高的乡镇35个。

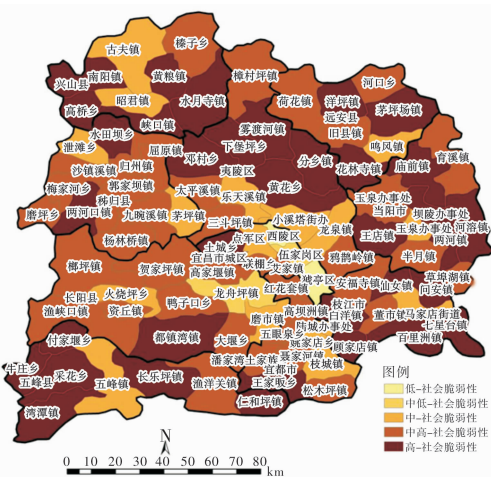


图7 地质灾害社会脆弱性分级图

由图7并结合上文对指标的分解分析,我们可以发现宜昌地区的社会脆弱性具有如下空间特征:社会脆弱性空间差异很大,且存在一定的空间极化现象。与脆弱性最低的宜昌城区的西陵区与猇亭区比较而言,绝大多数乡镇的整体社会发展水平相当滞后,导致比较而言均处于中高与高脆弱性水平;社会脆弱性与经济、社会人口发展整体水平高度相关。从各个县、自治县与区来看,各县区社会脆弱性最低的乡镇都是县政府所在地,如,宜昌城区的西陵区、夷陵区的小溪塔街道办、兴山的古夫镇、秭归县的茅坪镇、长阳的龙舟坪镇、五峰的五峰镇、宜都的陆城街道办、枝江的马家店街道办、当阳的玉阳街道办和远安的鸣凤镇等,无一例外的都是该县、区社会脆弱性最低的乡镇或街道办,而这类乡镇往往是该县经济、社会与人口总体发展水平较高的地区,因此其社会脆弱性更低;社会脆弱性与人口地理分布密度存在一定的联系。从统计数据比较来看,地处

平原的枝江市、当阳市与宜都市的部分地区的经济、社会与人口发展总体水平较其它县市水平较高,但其社会脆弱性却没有明显优于其它发展水平相对滞后的县区,由此说明,人口密度过高或者人口高度集聚会增加社会脆弱性,这一观念也是很多地理学家的共识。

2.4 区域脆弱性分析

图8是区域脆弱性分级图,由图8可见,宜昌地区的区域脆弱性主要受灾害暴露水平控制,同时受到社会脆弱性的影响。

对比图7和图8可以发现,区域脆弱性的空间特征与灾害暴露水平较为一致。所有处于低暴露水平的乡镇其区域脆弱性均处于最低水平,综合暴露水平最高的兴山县峡口镇其区域脆弱性也最高,其它综合暴露处于中间水平的乡镇其区域脆弱性也均处于中间水平。之所以出现这种情况,是由灾害本身的种类所决定的,地质灾害不同于洪水、海啸与干旱等呈面域发展的自然灾害,其在空间上具有点状分布的特点,因此在暴露水平上,各乡镇会出现很大的差异性,加之灾害暴露水平高的地区,其社会脆弱性相互之间差异较小,所以使得区域脆弱性最终由灾害暴露水平所控制。

另一方面,我们也发现,社会脆弱性对最终

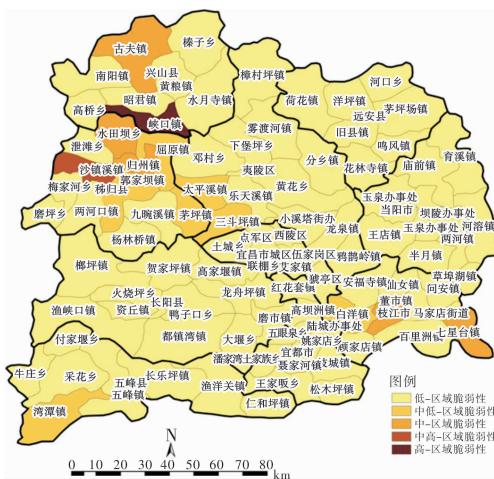


图8 地质灾害区域脆弱性等级图

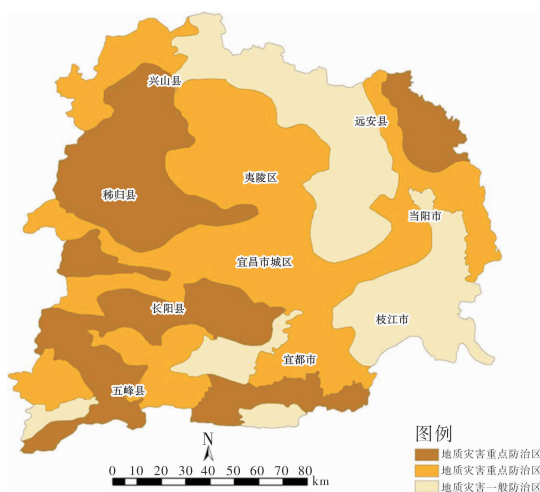


图9 地质灾害防治分区图

的区域脆弱性具有一定的影响。综合暴露水平较高的兴山县古夫镇、秭归县归州镇、茅坪镇和枝江市董市镇,由于其社会脆弱性处于相对较低水平,因此最后的区域脆弱性相比而言减弱。说明社会脆弱性如果较低,会对区域脆弱性产生积极影响。

图 9 是宜昌市国土资源局根据市内地质灾害形成的地质环境条件、易发程度、危害性等原则规划的地质灾害防治分区图。对比图 8 和图 9 我们可以发现,从脆弱性视角出发考虑的地质灾害影响与主要从地质灾害发育角度考虑的地质灾害分区具有很大的差异性。地质灾害防治分区与图 3 所示的地质灾害发育水平更为接近,而区域脆弱性受暴露水平所控制,同时受社会脆弱性的影响。

由此可见,地质灾害区域脆弱性分析更加注重灾害的社会性。灾害暴露水平(物理脆弱性)反应的是地质灾害可能的社会影响程度,社会脆弱性反映的是人类社会抵御自然灾害的能力,区域脆弱性水平总体反映一个区域自然灾害的社会经济特征。这不仅对于指导实际的技术减灾具有重要意义,特别是从政策减灾的角度来讲意义重大,其有利于政府部门、社会组织从全局上把握一个地区自然灾害的社会经济特征,了解防灾减灾的重点区域,从而在防灾减灾政策制定、资金投向与人力资源配备等方面做出规划或调整,具有很明显的政策含义。

3 结论及建议

通过本文研究,可以得到以下主要结论及相关建议。

(1)地质灾害与洪水、干旱等呈面域发展的自然灾害相比具有显著区别。一方面,灾害暴露水平不完全由地质灾害发育水平所决定,人口分布特征对灾害暴露有显著影响;另一方面,地质灾害的区域脆弱性主要受灾害暴露水平的制约,同时受到社会脆弱性的影响,降低社会脆弱性有助于增强社会抵御地质灾害风险的能力,从而降低区域脆弱性。

(2)从区域脆弱性角度来看,地质灾害防治的重点区域不应该集中在地质灾害发育水平较高的区域,灾害防治重点应该是灾害综合暴露水平相对较高的区域,地质灾害发育水平最低而人口密度较高的枝江市董市镇、七星台镇和白杨镇说明了这一问题。

(3)从技术减灾的角度分析,应综合比较地质灾害工程防治、受威胁资产转移与受威胁人口迁移这三者的技术可行性与技术经济性。

(4)从政策减灾的角度分析,政府与社会组织防灾减灾的重点应在于区域脆弱性更高的地区,并根据人口暴露水平、资产暴露水平与社会脆弱性这三者对区域脆弱性的影响程度大小来制定有导向性、针对性的政策措施;防灾减灾政策制定、资金投向与人力资源配备等方面应根据区域脆弱性的空间特征做出规划或调整。

致谢:本项研究得到了宜昌市国土资源局、宜昌市人口与计划生育委员会、宜昌市统计局等

在数据、资料等方面的帮助与支持,特此表示感谢!感谢杨云彦教授、万军伟教授、Björn Öhlander 教授、Jerry Blomberg 副教授、胡成博士和花卫华博士等对本研究给予的指导和建议。

参考文献:

- [1] Adger W N. Vulnerability [J]. *Global Environmental Change*, 2006, 16 (3): 268 - 281.
- [2] White G F, Haas J E. Assessment of research on natural hazards [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1975.
- [3] Blaikie P, Cannon T, Davis I, et al. At risk; natural hazards, people's vulnerability, and disasters [M]. London: Routledge, 1994.
- [4] Wisner B, Blaikie P, Cannon T, et al. At risk; natural hazards, people's vulnerability, and disasters, second edition [M]. New York: Routledge, 2004.
- [5] Cutter S L. Vulnerability to environmental hazards [J]. *Progress in Human Geography*, 1996, 20: 529 - 539.
- [6] Cutter S L, Barnes L, Berry M, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters [J]. *Global Environmental Change*, 2008, 18: 598 - 606.
- [7] Turner II, Kasperson B L, Roger E, et al. Framework for vulnerability analysis in sustainability science [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074 - 8079.
- [8] Cutter S L. Social science perspectives on hazards and vulnerability science [J]. *Geophysical Hazard*, 2010, 10(1): 17 - 30.
- [9] Cutter S L, Boruff B J, Shirley W L. Social vulnerability to environmental hazards [J]. *Social Science Quarterly*, 2003, 84(1): 242 - 261.
- [10] Schmidtlein M C, Deutsch R C, Piegorsch W W, et al. A sensitivity analysis of the social vulnerability index [J]. *Risk Analysis*, 2008, 28(4): 1099 - 1114.
- [11] Cutter S L, Mitchell J T, Scott M S. Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2000, 90(4): 713 - 737.
- [12] Borden K A, Schmidtlein M C, Emrich C T, et al. Vulnerability of U. S. cities to environmental hazards [J]. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 2007, 4(2): 1 - 21.
- [13] Burton C, Cutter S L. Levee failures and social vulnerability in the Sacramento-San Joaquin Delta area, California [J]. *Natural Hazards Review*, 2008, 9(3): 136 - 149.
- [14] Cutter S L, Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards [J]. *PNAS*, 2008, 105(7): 2301 - 2306.
- [15] Wood N J, Burton C G, Cutter S L. Community variations in social vulnerability to Cascadia-related tsunamis in the U. S. Pacific Northwest [J]. *Natural Hazards*, 2010, 52: 369 - 389.
- [16] Burton C. Social vulnerability and hurricane impact modeling [J]. *Natural Hazards Review*, 2010, 11(2): 58 - 68.
- [17] Boruff B J, Cutter S L. The environmental vulnerability of Caribbean island nations [J]. *Geographical Review*, 2007, 97(1): 932 - 942.
- [18] Mendes J M. Social vulnerability indexes as planning tools: beyond the preparedness paradigm [J]. *Journal of Risk Research*, 2009, 12(1): 43 - 58.
- [19] Montz B E. The hazardousness of place: Risk from multiple natural hazards [J]. *Papers and Proc. of the Applied Geography Conferences*, 2000, 23: 331 - 339.
- [20] O'Brien K, Leichenko R, Kelkar V, et al. Mapping vulnerability to multiple stressors: Climate change and globalization in India [J]. *Global Environmental Change*, 2004, 14(4): 303 - 313.
- [21] Kumpulainen S. Vulnerability concepts in hazard and risk assessment [C]//P Schmidt-Thomé. *Natural and Technological Hazards and Risks Affecting the Spatial Development of European Regions*. Helsinki: Geological Survey of Finland Special Paper, 2006, 42: 65 - 74.
- [22] Zebardast E. Constructing a social vulnerability index to earth-

- quake hazards using a hybrid factor analysis and analytic network process (F' ANP) model [J]. *Natural Hazards*, 2013, 65: 1331–1359.
- [23] Clark G E, Moser S C, Ratick S J, et al. Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms; the case of Revere, MA, USA [J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1998, 3 (1): 59–82.
- [24] Wu S Y, Yarnal B, Fisher A. Vulnerability of coastal communities to sea-level rise; A case study of Cape May County, New Jersey [J]. *Climate Research*, 2002, 22: 255–270.
- [25] Azar D, Rain D. Identifying population vulnerable to hydrological hazards in San Juan, Puerto Rico [J]. *GeoJournal*, 2007, 69 (1/2): 23–43.
- [26] Rashed T, Weeks J, Couclelis H, et al. An integrative GIS and remote sensing model for place-based urban vulnerability analysis. In Mesev V. (Ed.), *Integration of GIS and Remote Sensing* [J]. John Wiley and Sons, Ltd., 2007: 199–224.
- [27] Cutter SL, Emrich C T, Mitchell J T, et al. The Long road home; Race, class and recovery from Hurricane Katrina [J]. *Environment*, 2006, 48 (2): 8–20.
- [28] Cutter S L, Emrich C T, Webb J J, et al. Social vulnerability to climate variability hazards; a review of the literature [R]. Final report to Oxfam America, 2009.
- [29] 姜彤, 许朋柱. 自然灾害研究的新趋势——社会易损性分析[J]. *灾害学*, 1996, 11 (2): 5–9.
- [30] 商彦蕊. 自然灾害综合研究的新进展——脆弱性研究[J]. *地域研究与开发*, 2000, 19 (2): 73–77.
- [31] 郭跃. 灾害易损性研究的回顾与展望[J]. *灾害学*, 2005, 20 (4): 92–96.
- [32] 史培军, 王静爱, 陈婧, 等. 当代地理学之人地相互作用研究的趋向——全球变化人类行为计划 (IHDP) 第六届开放会议透视[J]. *地理学报*, 2006, 61 (2): 115–126.
- [33] 周利敏. 社会脆弱性: 灾害社会学研究的新范式[J]. *南京师大学报: 社会科学版*, 2012 (4): 20–28.
- [34] 唐玲, 刘怡君. 自然灾害社会易损性评价指标体系与空间格局分析[J]. *电子科技大学学报: 社科版*, 2012, 14 (3): 49–53.
- [35] Zhou H J, Wang J A, Wan J H, et al. Resilience to natural hazards; a geographic perspective [J]. *Natural Hazards*, 2010, 53: 21–41.
- [36] 郭跃. 自然灾害的社会易损性及其影响因素研究[J]. *灾害学*, 2010, 25 (1): 84–88.
- [37] 葛怡, 史培军, 刘婧, 等. 中国水灾社会脆弱性评估方法的改进与应用——以长沙地区为例[J]. *自然灾害学报*, 2005, 14 (6): 54–58.
- [38] 郭跃, 朱芳, 赵卫权, 等. 自然灾害社会易损性评价指标体系框架的构建[J]. *灾害学*, 2010, 25 (4): 68–72.
- [39] 赵卫权, 郭跃. 基于主成分分析法和 GIS 技术的重庆市自然灾害社会易损性分析[J]. *水土保持研究*, 2007, 14 (6): 305–308.
- [40] 陈磊, 徐伟, 周忻, 等. 自然灾害社会脆弱性评估研究——以上海市为例[J]. *灾害学*, 2012, 27 (1): 98–100.
- [41] 文彦君. 陕西省自然灾害的社会易损性分析[J]. *灾害学*, 2012, 27 (2): 77–81.
- [42] 马定国, 刘影, 陈洁, 等. 鄱阳湖区洪灾风险与农户脆弱性分析[J]. *地理学报*, 2007, 62 (3): 321–332.
- [43] 胡焕校, 张立明. 三峡库区地质灾害易损性模糊综合评价[J]. *地质灾害与环境保护*, 2008, 19 (2): 57–61.
- [44] Shi Y. Population vulnerability assessment based on scenario simulation of rainstorm-induced waterlogging; a case study of Xuhui District, Shanghai City [J]. *Natural Hazards*, 2013, 66: 1189–1203.
- [45] 宜昌市国土资源局. 地质灾害防治规划 (2010–2020) [R]. 宜昌: 宜昌市国土资源局. 2012.
- [46] Hewitt K, Burton I. The Hazardousness of a place; A regional ecology of damaging events [M]. Toronto: Department of Geography, University of Toronto, 1971.
- [47] Mileti D. Designing Future Disaster: A Assessment and Bolder Course for the Nation [M]. Washington: Joseph Henry Press, 19.

Research on the Regional Vulnerability of Geological Hazards Based on the HOP Model: A Case Study of Yichang City, Hubei Province

Yang Jun^{1, 2} and Xiang Huali^{3, 4}

- (1. School of Information and Safety Engineering, Zhongnan University of Economics & Law, Wuhan 430073, China;
2. Division of Environmental Geology, Luleå University of Technology, Luleå 97187, Sweden;
3. School of Public Administration, Zhongnan University of Economics & Law, Wuhan 430073, China;
4. Division of Social Science, Luleå University of Technology, Luleå 97187, Sweden)

Abstract: Based on the hazards-of-place model, Yichang city of Hubei province as an example, this paper analyzed the population distribution, regional hazards exposure, social vulnerability and regional synthesized vulnerability at town dimensions depending on the data from statistical yearbook, the sixth census and the comprehensive survey of geological hazards in research area. The results showed that the geological hazards with obvious point distribution was apparently different from other types of natural hazards with polygon distribution; the exposure level of geological hazards was not entirely determined by the level of geological hazards development, and obviously affected by population distribution; the regional vulnerability triggered by geological disasters was mainly controlled by the exposure level of geological hazards, and also influenced by social vulnerability. The spatial distribution of regional vulnerability to geological hazards is important for prevention and mitigation of hazards in Yichang city. At the technical level, practical action should be based on the analysis and comparison of the technical and economic feasibility between engineering control, transfer of assets and population migration; at the policy level, the high level of regional vulnerability should be more concerned about, and government administration, such as the policy of prevention and mitigation hazards, emergent capital investment, and the manpower allocation, etc., should be planed and adjusted according to the spatial distribution of regional vulnerability.

Key words: hazard-of-place model; geological hazards; exposure level; social vulnerability; factor analysis; Geographic Information System; Hubei Yichang region