

自然灾害社会易损性评价指标体系与空间格局分析

□唐玲 刘怡君 [中国科学院科技政策与管理科学研究所 北京 100190]

[摘要] 自然灾害社会易损性研究是自然灾害应急管理研究和探讨的热点问题之一。通过人口、经济、社会结构和灾害易损性四个层面构建自然灾害社会易损性评价指标体系,并应用Arcmap软件和空间自相关分析的方法,对我国31个省市自治区进行了空间综合分析。结果表明,不同层面的社会易损性表现的空间特征不同。从总体空间分布上看,易损性相对较低的区域大部分位于沿海地区,较高的位于西部地区;从空间关联的角度分析来看,我国自然灾害社会易损性存在显著的自相关现象和集聚效应。

[关键词] 自然灾害社会易损性; 评价指标体系; 空间相关性

[中图分类号] F224.0

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-8105(2012)03-0049-05

引言

自然灾害事件属于突发事件的一种,具有很强的随机性和偶然性。自然灾害社会易损性研究是自然灾害应急管理研究和探讨的热点问题之一,也是探索可持续发展的重要切入点。因此,制定科学的自然灾害社会易损性评价体系,合理评价我国省域自然灾害社会易损性的现状,并对其空间格局进行分析,对于当前我国积极应对自然灾害应急管理问题,实现统筹区域协调发展具有重要的现实意义。

对于自然灾害易损性,国内外学者对其展开了大量的定性和定量研究。其中代表性的有:

(一) RH模型 (Risk—hazard Model)

RH模型是以美国学者Burton等人^[1]为代表的主要研究,目的是了解灾害的暴露性和敏感性对灾害的影响。在该模型中,主要强调了暴露性和敏感性的干扰和压力,但是没有考虑到灾害对系统的影响以及系统本身放大或衰减所带来的影响。

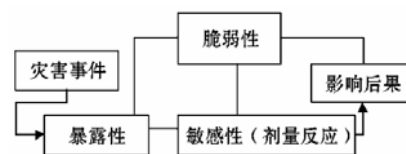


图1 RH模型

(二) PAR模型 (Pressure and Release Model)

AR模型是以美国学者Blakie等人^[2]为代表的易损性研究。PAR模型中自然灾害的发生是一个压力产生、作用的过程该模型可以理解为灾害是社会经济压力和物理暴露性相互作用的结果。易损性不再被视为一种结果而是现存的状态和过程,富于动态性且难以量化,在时间和空间的具体表达形式就是不安全因素,如物理环境、当地的经济或者是当地的社会关系。PAR模型弥补了RH模型的缺点,更加关注的是脆弱性的产生原因和灾害发生之间的相互关系,力图解释经济与政治背景是灾害发生的根本原因。

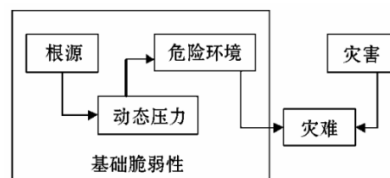


图2 PAR模型

[收稿日期] 2011-06-30

[作者简介] 唐玲(1983-)女,中国科学院科技政策与管理科学研究所博士研究生;刘怡君(1978-)女,博士,中国科学院科技政策与管理科学研究所副研究员。

(三) HOP模型(Hazards of Place Model)

HOP模型由美国学者Cutter^[3]提出,是综合易损性评估的典型代表。与RH和PAR不同,该模型是以区域为单位,从经济、社会和环境等方面综合衡量系统易损性,既考虑系统面对压力的内部敏感性,又考虑系统面对外部压力的暴露性,指出某个区域的综合易损性主要由物理易损性和社会易损性分组成,此模型设计了反馈机制,将物理和社会易损性评价结果再次反馈回原来的模型,并对最初的模型进行调整形成最终的区域易损性评价,是综合系统的易损性模型。

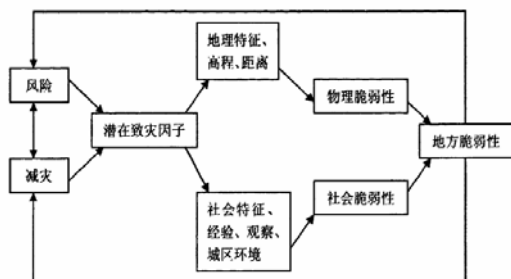


图3 HOP模型

(四) 可持续理论的易损性模型 (Sustainable Development Model)

S D 模型以美国学者Turner等人^[4]为代表,是PAR模型的扩展,重点分析PAR框架中未考虑的因素包括暴露性,敏感性和恢复力,将易损性视为“人类-环境”的复合体。该模型强调人类与环境是相互联系的,并且脆弱性是动态发展的,是随事件、空间不断变化的,并受多种因素所影响。可持续理论易损性模型提出了人类应对自然灾害的策略,从而达到人与自然环境的和谐发展。但该模型只侧重于定性方面的研究,很难进行定量方面的研究。

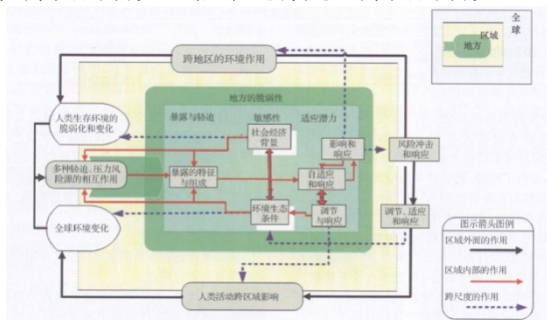


图4 SD模型

如今自然灾害易损性已形成自然易损性、社会易损性和综合易损性三个研究方向。近几年,许多学者对自然和经济易损性作了深入的研究,并对多种自然灾害的易损性建立了分析体系和评价方法或模型,并将它们用于指导高风险地区人们的防灾救灾,但由于社会易损性本身的抽象性和复杂性,社

会易损性评估研究目前仍存在诸多问题,尤其是指标体系构建。

本研究创新点在科学地构建我国自然灾害社会易损性的评价指标基础上,通过投影寻踪主成分分析的评价方法,对我国31个省市自治区的自然灾害社会易损性进行了空间的评价与空间自相关分析,该结果可以为我国现阶段的防灾减灾计划提供科学的依据。

一、我国自然灾害社会易损性评价指标体系

自然灾害社会易损性就是反映人类社会在自然灾害条件下的潜在损失,它涉及到人们的生命财产、健康状况、生存条件以及社会物质财富、社会生产能力、社会结构和秩序、资源和生态环境等方面的损失。这种损失既是社会个体的损失,也是社会整体的损失,它是自然过程和社会过程的相互作用的结果^[5]。

(一) 评价指标体系

社会易损性的问题涉及到人口、经济、社会等多方面的问题,是一个复杂的多种因素相互影响的整体。正确认识与评价自然灾害社会易损性的前提是建立一个客观、可操作、独立及完整的指标体系。在充分认识自然灾害社会易损性的涵义及其基本特征的基础上,参考HOP模型,考虑到数据资料的可得性和权威性,从人口、经济、社会结构、灾害易损性四个层面构建了我国的自然灾害社会易损性评价指标体系^[6],并进行综合评价,基本框架如表1所示。

(二) 评价方法——投影寻踪主成分分析

投影寻踪主成分分析(Projection Pursuit Principal Component Analysis, PPPCA)是利用计算机直接对高维数据进行投影降维处理,将高维问题转化为低维问题,再进行数据客观投影诊断,并自动找出能反映高维空间规律的数据结构,从而实现低维可视空间分析高维数据的目的。

将投影寻踪主成分分析用于自然灾害社会易损性评价中,投影寻踪主成分分析评价结果具有较高分辨率,且较传统的主成分分析过程简单,具有较好的操作性。该评价方法克服了传统评价模型计算方法的不足和评价指标间多重相关性的影响,评价效果较好,适合于自然灾害社会易损性评价,具体计算方法见参考文献[7, 8]。通过综合评价,对于科学认知我国自然灾害社会易损性的特点有着重要的现实意义。

表1 自然灾害社会易损性评价指标体系

目标层	子目标层	类别层	指标层
自然灾害社会易损	人口	弱势群体	城镇居民最低生活保障人数比例、女性比例、65岁以上人口比例、14岁以下儿童比例、流动人口比例、残疾人口比例、少数民族人口比例
		人口压力	人口自然增长、人口密度
		易受伤害职业	采矿业人数比例、交通运输业人数比例、建筑业从业人员比例、单位专业技术人员比例
	经济	经济发展	人均GDP、建城区面积比例、第三产业生产总值比例、地方财政收入、人均城乡居民储蓄余额、基础设施、生命线工程投资比例
		生活质量	农村居民人均生活消费支出、农村人均收入、城镇居民人均收入
	社会	社会保障	社会福利收养单位、城镇社区服务设施数量、医疗卫生机构数、每万人的卫生技术人员、社会保障补助支出比例、社会教育卫生支出比例、区内路网密度
		社会安全	离婚率、城乡收入水平差异、失业人口、公共管理和社会组织人员
		社会文明程度	万人大学学历人数、万人教师数、万人在校学生人数、文盲比例、广播覆盖率、电视覆盖率、城镇化率
	灾害	灾害危险	地震、洪涝、旱灾、山体滑坡、台风、风雹、雪灾和冻害
		地表保护	森林覆盖指数

二、我国自然灾害社会易损性空间格局分析

本文将人口易损性、经济易损性、社会结构易损性和灾害易损性数值采用等距离分配数值法，共划分为五个层级，分别为低度易损性、较低易损性、中度易损性、较高易损性和高度易损性。然后利用Arcmap 软件分别绘制了相关易损性的空间分布图。

（一）空间结构分析

1. 人口易损性评价

天津的易损性最小，其次为海南、广东。将人口易损性等级分为了5个等级，可以看出我国人口易损性空间格局存在着一定的区域差异。人口易损

性等级最高的部分主要集中分布于中西部地区和中东部地区。这种布局表明易损群体和社会经济的发展并不完全一致。导致这种格局的原因主要有：人口密度高，河南和四川是我国人口密度最大的两个省，此外农业人口、流动人口比例也很高，这几个指标很高是导致人口易损性高的主要原因；此外山西等中东部地区人口易损性也相对较高，可能是从事易受伤害职业的人数比例较高，导致整体人口易损性偏高。

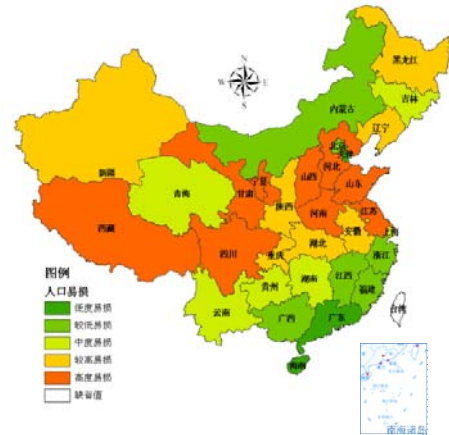


图5 人口易损性空间分布图

2. 经济易损性评价

广东的易损性最小，其次为浙江、北京。经济易损性最严重的地区主要集中分布于西部偏远地区。处于较低等级的经济易损性的主要出现在沿海地区。沿海地区的经济发展水平要远远高于其他区域，是经济易损性最低的主要原因。经济易损性分布格局呈现出明显梯度化的特征，呈现由西向东的高、中、低易损性的特征。其中最显著的就是东西经济易损性水平的差异十分明显，此外空间上还呈现高度易损区成片发育的特征。经济发展易损指数基本和我国经济社会发展的总体布局一致，即由西向东发展越来越好，且东部西部经济的易损性差距较大，需要注意差距过大所引起的一系列问题。

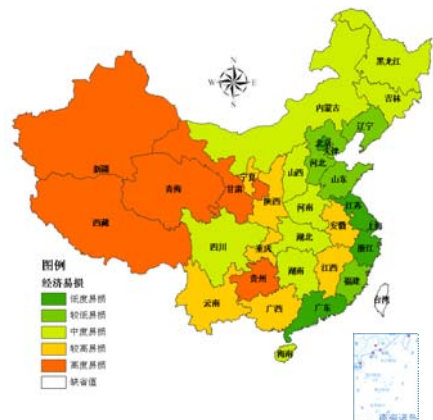


图6 经济易损性空间分布图

3. 社会结构易损性评价

广东的易损性最小,其次为上海、北京。我国社会结构易损性的分布主要呈现出“中间低,两边高”的“夹心”格局。其中易损性最低的地区,主要是由于经济发达,社会资本雄厚,社会保障系统也比较完善。社会易损性最高的分布在经济欠发达的新疆、西藏、云南等地区,此外还分布在一些经济较好的地区,这是由于一些“城市病”问题,如失业人口、离婚率、城乡收入水平差异等。越是“城市病”严重的地方,灾害潜在的损坏程度就越严重。这表明经济发达是社会保障高的必要非充分条件,其经济发达不一定社会保障也高。同时也揭示了我国在社会结构易损性方面也存在着明显的区域差异,这些差异的存在,对我国实现全面协调可持续发展带来了一定的影响。

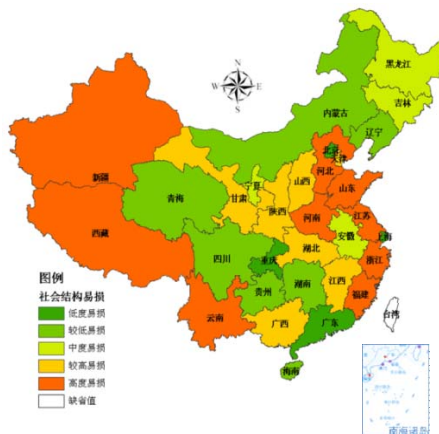


图7 社会结构易损性空间分布图

4. 灾害易损性

天津的易损性最小,其次为北京、海南。灾害易损性空间格局与其他易损性格局特点表现出了明显的差异。造成灾害易损性较大的原因主要是由于地理位置的原因,所在地区自然条件容易发生干旱、洪涝及地震等灾害;第二个主要原因是人为因素,偏远地区人民获取知识途径较少,对自然认识不够,盲目改造自然,或者为了经济利益大肆毁林种田,导致植被遭到严重破坏、土地沙漠化、水土流失等等,使生态环境遭到破坏。

5. 社会易损性综合空间分布图

本研究从人口、经济、社会结构易和灾害易损性进行了分项评价,在分项评价的基础上进行综合易损性评价。综合计算结果,划分为五个等级,等级越高,易损性越严重。对社会易损性分布状况进行空间制图。从总体空间分布上看,易损性相对较低的大部分位于沿海地区,这与当地的经济发展的空间分布基本一致。

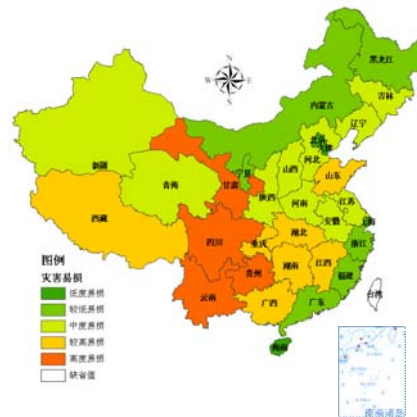


图8 灾害易损性空间分布图

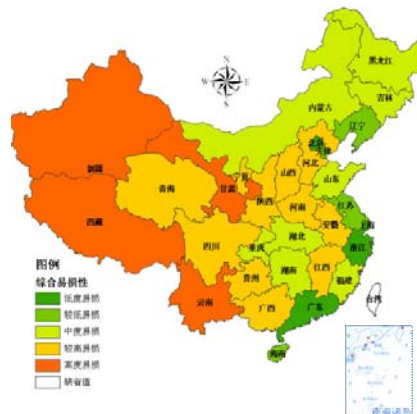


图9 综合易损性空间分布图

(二) 空间自相关分析

1. 全局空间自相关

Moran 指数反映空间邻接或空间邻近区或空间邻近区域单元属性值的相似程度^[9,10]。取值一般在 $[-1, 1]$ 之间, $I < 0$, 为负相关; $I = 0$, 不相关; $I > 0$, 为正相关。

判断一个区域是否存在空间聚集。尤其是估计聚集区域位于区域的边缘时,采用 **Moran** 指数统计结果较为可靠。结果分为四个象限,分别识别一个地区及其邻近地区的关系。落在一、三象限的值表示正的空间自相关关系;落在二、四象限的值表示负的空间自相关关系;如果数值均匀地分布在四个象限,则表示不存在空间自相关性^[11,12]。本文的空间自相关分析在 **Geoda095 i** 中进行。

2. 检验结果

我国大部分地区的点分布在高-高象限,即第一象限,说明这些地区为高社会易损区被高社会易损区包围;其次是低-低(第三)象限,这些地区为低社会易损区被低社会易损区包围。第一象限和第三象限都代表正相关,由此也可说明本区社会易损性呈现高的正相关。少部分点位于低-高(第二)象限和高-低(第四)象限,分别表示低社会易损区

被高社会易损区包围和高社会易损区被低社会易损区包围。第二象限和第四象限表示负相关,表明我国不同地区社会易损性负相关的地区较少。

由图 10 可知高值被高值包围地区主要分布在青海地区;高值被低值包围的有广西;低值被低值包围的没有;低值被高值包围的有西藏、内蒙古等 14 个省市自治区。因此,可以看出我国大部分地区都是低易损性被高易损性包围着,这种格局对灾后救援不是很有利,应该改变这种格局,实现高值被低值包围的情况。



图10 相关性分布

三、结论

1. 从总体空间分布上看,易损性相对较低的大部分位于沿海地区,这与当地的经济发展的空间分布基本一致,经济易损性占主导地位。

2. 人口易损性与人口密度紧密相关。中部易损性高,东北部易损性较低,南部易损性越低,尤以东南最为突出的特点。

3. 经济易损性分布格局呈现出明显梯度化的特征,呈现由西向东的高、中、低易损性的特征。此外空间上还呈现高度易损区成片发育的特征。经济发展易损指数基本和我国经济社会发展的总体布局一致,即由西向东发展越来越好。

4. 社会结构易损性的空间格局表现出的两边高中间低的结构,这表明经济发达地区社会保障并没有完全匹配,经济发达是社会保障高的必要非充分条件,其经济发达不一定社会保障也高。

5. 造成灾害危险性易损性较大的原因主要是由于自然条件的原因,第二个主要原因是人为因素,偏远地区人民获取知识途径较少,对自然认识不够,盲目改造自然,或者为了经济利益,使生态环境遭到破坏。

6. 利用 Moran 指数进行空间自相关性分析,显示了明显的空间自相关性。现阶段,统筹我国自然灾害社会易损性工作的进程中,应针对不同的地区建立相应的反馈机制,可以将有限的人力、物力以及财力等资源进行科学的管理与调配。我国大部分地区都是低-高空间自相关关系集群地区,这种格局对灾后救援不是很有利,应该改变这种格局,实现高值被低值包围的情况。

参考文献

- [1] BURTON I, KATES R W, WHITE G F. The environment as hazard[M]. Oxford: Oxford Univ. Press, 1978.
- [2] BLAIEKIE P, CANNON T, WISNER B. At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters [M]. London: Routledge, 1994.
- [3] CUTTER S L. The vulnerability of science and the science of vulnerability [J]. Annals of the Association of American Geographers, 2003, 93(1): 1-12.
- [4] TURNER B L, KASPERSON R E, MATSON P A. A 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.
- [5] 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.
- [6] TANG Ling, LIU Yijun. Analysis of social vulnerability to natural disasters in china[C]//2011 IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences ICEMMS. Beijing, 2011: 163-166.
- [7] KRUSCAL J B. Toward the linear transformation which optimizes a new index of condensation [M]. New York: In Statistical Computer Academic, 1969.
- [8] 付强, 赵小勇. 投影寻踪模型原理及其应用[M]. 北京:科学出版社, 2006: 120-124.
- [9] CLIFF A, ORD J. Spatial processes, models and applications[M]. London: Pion, 1981.
- [10] 谢花林. 基于景观结构和空间统计学的区域生态风险分析[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 5020-5026.
- [11] GETIS A, ORD J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics [J]. Geographical Analysis, 1992, 24(3): 189-206.
- [12] ANSELIN L. Local indicators of spatial association-lisa[J]. Geographical Analysis, 1995, 27: 93-115.

(下转第59页)