

区域自然灾害的社会脆弱性评估

——以河南省为例

刘德林^{1,2}, 梁恒谦^{1,2}

(1. 河南理工大学 安全与应急管理研究中心, 河南 焦作 454000; 2. 河南理工大学 应急管理学院, 河南 焦作 454000)

摘要: 脆弱性研究对区域防灾减灾规划和灾害风险管理具有极其重要的作用。以灾害频发的河南省为研究区,以区内各地市为基本评价单元,运用秩次相关分析和 PCA 法筛选出 11 个相互独立的影响因子,构建了河南省自然灾害社会脆弱性评估模型。利用 AHP 法确定各指标的相对权重,采用综合指数法对各评价单元的社会脆弱性进行了评估,并借助 ArcGIS 软件对评估结果进行了区划制图研究。结果表明:(1) 河南省自然灾害的社会脆弱性呈现出一定的地域分布规律。(2) 周口市、商丘市和驻马店市社会脆弱性等级为Ⅲ,属高脆弱区;郑州市、济源市与三门峡市自然灾害的社会脆弱性等级为Ⅰ,属低脆弱区;其他地市评价等级为Ⅱ,属中等脆弱区。(3) 全省所处高、中和低社会脆弱性的面积比例分别为 22.68%, 65.35%和 11.97%。

关键词: 指标体系; 权重; 脆弱性; 主成分分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0128-07

中图分类号: P954

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.031

Social Vulnerability Assessment for Regional Natural Disasters

—A Case Study of He'nan Province

LIU De-lin^{1,2}, LIANG Heng-qian^{1,2}

(1. *Safety and Emergency Management Research Center, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo He'nan 454000, China*; 2. *Emergency Management School, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China*)

Abstract: The study on vulnerability plays an important role in planning of prevention and mitigation, and risk management of regional disasters. He'nan province, suffered from frequent natural disasters, was taken as the study area, and the prefecture-level cities as basic assessment unit. Eleven independent impact factors were selected using rank correlation analysis and PCA(principal component analysis) method, and the assessment model of social vulnerability was constructed. The relative weights of each index were determined using the AHP(ainalytical hierarchy process) method, and the social vulnerability to natural disasters of each unit was assessed using the comprehensive index method. The assessment results were mapped and studied using ArcGIS software. The results showed that: (1) The social vulnerability to natural disasters presented a certain regional distribution pattern. (2) Zhoukou City, Shangqiu City and Zhumadian City were in higher social vulnerable area, belongs to level III, Zhengzhou City, Jiyuan City and Sanmenxia City were in lower social vulnerable area, the level I, and others were in moderate social vulnerable area, the level II. (3) The area ratio of He'nan Province in higher, moderate and lower social vulnerable area was 22.68%, 65.35% and 11.97%, respectively.

Keywords: index system; weight; vulnerability; principle component analysis

随着人类对自然灾害研究的不断深入和对防灾减灾的重视,脆弱性已成为自然灾害研究的一个重要方向^[1-2]。就区域自然灾害而言,其形成和发展受孕灾环境、致灾因子和承灾体三者的综合作用。其中,

孕灾环境是成灾的背景,致灾因子是成灾的前提,承灾体的脆弱性则是灾害大小的根源^[3]。然而,受技术水平所限,目前人类对自然灾害的孕灾环境和致灾因子只能从其成因或机理方面加以认识 and 了解,而很难

收稿日期:2013-09-07

修回日期:2013-10-07

资助项目:河南省教育厅人文社会科学研究项目“河南省洪灾社会脆弱性评价与应急策略研究”(2014-gh-060);教育部人文社会科学研究规划项目“洪灾的社会脆弱性评估及减灾管理模式研究:以淮河流域为例”(10YJAZH091);河南理工大学博士基金项目“河南省洪水灾害的人口暴露及对策研究”(B2011-033)

作者简介:刘德林(1979—),男(汉族),山东省潍坊市人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事安全与应急管理方面的相关研究和教学工作。E-mail:liudelina@163.com。

控制或改变其发生过程^[4],承灾体则不同,人类可以通过采取一定的措施来改变其本身的特性,以降低其脆弱性。如通过提高建筑标准来增加建筑物的抗灾能力,降低其物理脆弱性;通过相关知识和技能的培训、应急预案的制定与演练等,以提高人类对灾害的防御和应对能力等。因此,承灾体脆弱性研究对区域防灾减灾规划及灾害风险管理等有着极为重要的作用和意义。

自然灾害脆弱性的研究始于 20 世纪 80 年代,源于对灾害致灾因子论的反思和批判^[5]。此后,国内外学者对自然灾害的脆弱性进行了大量的研究^[1-6],如今已形成自然、社会和综合脆弱性 3 个主要研究方向^[6]。其中,社会脆弱性研究因其本身固有的抽象性和复杂性而进展缓慢^[7]。就社会脆弱性的概念而言,由于其本身的复杂性和各学者的研究视角不同,学术界对此概念尚未形成统一、明确的界定^[8-10],其量化评估方法仍处于探索阶段^[7,10-11]。目前,社会脆弱性主要有“冲击论”、“风险论”、“社会关系呈现论”和“暴露论”等几种典型定义^[12]。如 Pelling^[13]认为社会脆弱性是灾前既存状态,是从人类社会内部固有特质衍生出来的;Wisner 等^[14]认为社会脆弱性是指个人或组织的特质及其社会地位影响他们预测、应对、抵御自然灾害及从灾害影响中恢复的能力;周利敏^[12]则将社会脆弱性界定为“社会群体、组织或国家暴露在灾害冲击下潜在的受灾因素、受伤程度及应对能力的大小”;Clark 等^[15]认为社会脆弱性指特定的社会群体、组织或国家,当暴露在灾害冲击之下,易于受到伤害或损失程度的大小。基于以上文献分析,本文认为:自然灾害的社会脆弱性是一种与特定地点/区域相联系的灾前既存状态,它受社会特质、灾害调适和应对能力的影响。具体来说,自然灾害的社会脆弱性:(1)是一种灾前既存状态;(2)是某一特定地点/区域的灾害程度,更关注不同地点/区域的脆弱性影响因子及其影响程度;(3)受社会制度、社会资本、文化习俗等社会固有的内部特质和人类对灾害的适应、抵抗与恢复能力等因素的影响。就脆弱性量化评估而言,目前尚未形成统一的评估模式,现有的评估方法主要有基于历史灾情数据的评估、基于指标体系的评估和基于灾害损失曲线的评估 3 种类型,上述评估方法各有优缺点^[16]。其中,指标体系法虽然在模型构建、指标选取和权重确定方面存在一些问题和争议,但在社会脆弱性形成机制没有完全研究清楚之前,该方法是目前应用最广的评估方法^[17]。

基于上述分析,本文拟通过对河南省自然灾害社会脆弱性的研究:(1)试图构建区域尺度下通用的自

然灾害社会脆弱性评价指标体系与方法;(2)识别河南省自然灾害社会脆弱性的空间分布特征。以期为河南省减灾防灾规划和风险管理提供决策依据,同时为区域自然灾害的社会脆弱性评估提供方法借鉴和研究案例。

1 研究区概况

本文选择河南省作为研究区的原因主要有 2 点:(1)河南省是中原经济区的主体,是国家重要的粮食生产基地,战略地位极其重要^[18];(2)河南省是中国 3 大自然灾害高发区(四川、河南、河北)之一,灾种多、频率高、强度大、危害广,具有典型的代表性^[19-20]。

河南省地处中原,地理坐标为东经 110°21′—116°39′,北纬 31°23′—36°22′,总面积为 1.67×10⁵ km²,下设 17 个地级行政单位和 159 个县级行政单位。由于该省大部分地区属华北旱涝灾害区,受不稳定东亚季风环流控制,自然灾害类型多,损失重。2010 年该省人口突破 1 亿,人口密度大(约为 598 人/km²),是全国平均人口密度的 4 倍多。2012 年年末总人口 1.05×10⁸ 人,其中,新增城镇人口 180 万人,城镇化率达到 42.2%。据估计,2015 年该省城镇人口将突破 5 000 万,城镇化率将接近 50%。过多的人口导致了资源的不足和不均,快速的城镇化进程使部分农民向城市集中,加之产业结构不合理,人口老龄化,性别比例失衡,总体人口素质偏低等因素^[21],使该省自然灾害的社会脆弱性大大增加。

2 评价方法与数据

2.1 确定评价单元

以河南省 17 个地级市和 1 个省直辖县为基本评价单元建立数据库,为社会脆弱性评价提供空间基础。本文所用行政区划数据来源于河南省 1:25 万基础地理信息系统。

2.2 选取评价指标

影响自然灾害社会脆弱性的因素众多。在专家咨询和查阅文献的基础上,借鉴 Cutter 等^[22]提出的社会脆弱性评估指标体系,结合河南省实际情况和数据的可获得性,构建社会脆弱性评估指标体系。所选指标数据主要来源于 2012 年的《河南统计年鉴》。

2.3 处理指标数据

由于所选各指标的量纲与单位不同,需对各指标进行标准化处理以得到相对统一的量纲;同时各指标对社会脆弱性的贡献有正有负,也需将产生负效应的指标进行相应的转化。为消除上述影响,利用极差标准化方法对各指标进行如下处理。

正向相关指标:

$$x_i' = (x_i - \min x_i) / (\max x_i - \min x_i) \quad (1)$$

负向相关指标:

$$x_i' = (\max x_i - x_i) / (\max x_i - \min x_i) \quad (2)$$

式中: x_i' ——指标 i 的标准值; x_i ——指标 i 的原始值; $\max x_i, \min x_i$ ——指标 i 的最大值和最小值。各指标的数据值范围为 $[0, 1]$ 。

2.4 确定指标权重

权重是指标评价法的关键,其赋值是否合理,直接关系到评估结果的可信度。本文选用定性分析与定量分析相结合的层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)确定各参评指标的相对权重。该方法既避免了主观赋权法(专家打分法、专家排序法等)客观性较差的缺点,又避免了客观赋权法(因子分析法、相关系数法、变异系数法等)计算的指标权重与客观结果有一定差距甚至背离的情况。AHP 法的基本原理、计算步骤和求解方法可参考文献[23]。

2.5 计算相对社会脆弱性

利用标准化的指标数据和确定的指标权重,采用综合指数法计算河南省各评价单元自然灾害的相对社会脆弱性。计算公式如下:

$$SVI = \sum_{i=1}^n x_i \times \omega_i \quad (3)$$

式中: SVI ——社会脆弱性指数; x_i ——某区域第 i 个指标值的标准化数据; ω_i ——第 i 个指标所占的

相对权重。 SVI 的值越大,表示区域自然灾害的社会脆弱性越大。

3 结果与分析

3.1 指标体系的构建

为有效评估河南省自然灾害的社会脆弱性,本文借鉴 Cutter 等[24-25]提出的社会脆弱性评估指标体系,结合河南省实际情况和数据的可获得性,初步选定了 62 个评价指标(表 1)。考虑到部分指标间存在强相关性,我们对各指标进行秩次相关分析,如果两个指标间的相关系数大于 0.8 或小于 -0.8,其中的一个指标会被随机保留。经相关分析后,有 28 个评估指标被保留(表 2)。由于所保留指标太多,为了便于计算和分析,采用主成分分析法(principal component analysis, PCA)进一步缩减指标个数到可控水平,计算结果中累计贡献率 $\geq 80\%$ 且特征值大于 1 的主成分将被保留,各主成分中载荷值最大的指标代表该主成分用于评价结果的计算与分析。经上述步骤,最终选定 11 个相互独立的评估指标(表 2—3)。

由表 2 可知,主成分分量 $PC_i (i=1, 2, \dots, 11)$ 是由 28 个原始变量通过 PCA 分析得到的一组新变量,以 84.5% 的累计贡献率(概率)替代了原变量系统,既能充分地反映原始变量的主要信息,又可极大的缩减了变量的个数。各参评指标及其对自然灾害社会脆弱性的影响如表 3 所示。

表 1 自然灾害社会脆弱性评价初选指标集

项目	量化指标
人口	常住人口数、人口出生率、人口自然增长率、城镇化水平、女性人口比例、农村人口比例、0~14 岁人口比重、15~64 岁人口比重、65 岁以上人口比重、人口密度、少年儿童抚养系数、老人抚养系数、总抚养系数、育龄妇女人口比例、家庭户数、集体户数、平均户规模、少数民族人口比例
经济	人均纯收入、地方财政收支比例、人均 GDP、地区总产值、城镇居民人均可支配收入、城镇居民恩格尔系数、农民人均纯收入、农民恩格尔系数、城乡居民人均存款余额
就业	总从业人口数、从业人口比例、农林牧渔从业人口比例、采矿业从业人口比例、服务业从业人口比例、专业技术和管理人员从业人口比例、女性就业人口比例、登记失业率、第三产业占总从业人口比例
教育	15 岁以上文盲比例、高中生比例、大专生比例、本科生比例、研究生比例、人均教师数
住房	房屋平均寿命、人均建筑面积、人均住房面积
交通	等级公路密度、民用汽车拥有量、人均私人车数、人均摩托车数
通讯	人均移动电话数、人均固定电话数、人均公用电话数
医疗卫生	单位面积卫生机构个数、每万人病床数、每万人职业助理医师数、每万人注册护士数
商业工业	单位面积规模以上工业数、规模以上工业增加值、单位面积商场数
社会保障	失业保险人口比例、医疗保险人口比例、每 1 km ² 社区服务设施数

3.2 指标权重的确定

本文采用 AHP 法确定的各指标相对权重见表 3。由表 3 可知,人均纯收入所占权重最大,为 0.13;

人口密度次之,为 0.11;女性人口比例、65 岁以上人口比重和 15 岁以上文盲比例所占权重最小,均为 0.07;其他参评指标居中,权重范围为 $[0.08, 0.10]$ 。

表 2 主成分累计贡献率、特征值和主成分载荷值

主成分	PC ₁	PC ₂	PC ₃	PC ₄	PC ₅	PC ₆	PC ₇	PC ₈	PC ₉	PC ₁₀	PC ₁₁
累计贡献率/%	11.20	20.60	28.50	36.20	43.80	51.40	58.90	66.40	73.00	79.40	84.50
特征值	3.14	2.61	2.24	2.15	2.13	2.12	2.12	2.08	1.86	1.79	1.42
人口密度 ^①	-0.05	-0.19	-0.50 ^②	0.05	0.01	-0.06	0.01	-0.01	0.39	-0.09	0.06
女性人口比例 ^①	-0.03	-0.12	0.11	-0.18	0.26	0.57 ^②	-0.01	-0.02	0.07	0.03	0.08
农村人口比例	-0.02	-0.13	0.21	0.28	0.11	-0.09	0.31	0.45	0.07	0.04	0.07
0~14 人口比重 ^①	0.02	-0.13	0.23	0.33	0.02	-0.06	0.06	-0.52 ^②	0.08	0.03	0.07
65 岁以上人口比重 ^①	0.02	-0.11	0.17	0.09	-0.19	-0.03	-0.58 ^②	0.18	0.08	0.03	0.07
人口自然增长率	0.55	0.10	-0.05	-0.03	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01	-0.01	0.02
少数民族人口比例 ^①	-0.15	0.51 ^②	-0.01	0.03	-0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.25	0.29
平均户规模	-0.02	-0.04	0.10	-0.24	-0.56	0.07	0.24	-0.02	0.09	0.09	0.05
集体户数	-0.05	-0.04	0.15	-0.43	0.26	-0.38	-0.02	-0.06	0.09	0.10	0.09
人均住房面积	-0.10	0.45	-0.03	0.10	0.04	0.05	-0.03	0.00	0.24	0.38	-0.15
15 岁以上文盲比例 ^①	-0.03	-0.02	0.03	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08	-0.22	-0.63 ^②
人均纯收入 ^①	0.56 ^②	0.09	-0.03	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03
等级公路密度	-0.02	-0.03	0.03	-0.05	0.02	-0.04	-0.01	0.00	-0.03	-0.02	-0.09
人均私家车数 ^①	-0.08	0.26	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08	-0.44 ^②	0.25
人均移动电话数	-0.07	-0.09	-0.29	0.06	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.50 ^②	0.29	0.07
人均摩托车数	-0.05	-0.17	-0.46	0.04	0.01	-0.05	0.01	-0.01	0.46	-0.13	0.05
人均公用电话数	-0.03	-0.12	0.10	-0.18	0.26	0.57	-0.01	-0.02	0.08	0.03	0.08
单位面积卫生机构个数	-0.02	-0.12	0.21	0.27	0.11	-0.08	0.31	0.45	0.08	0.04	0.07
每万人病床数 ^①	-0.02	-0.04	0.10	-0.24	-0.56 ^②	0.07	0.24	-0.02	0.08	0.09	0.04
总从业人口数	0.02	-0.11	0.17	0.10	-0.18	-0.03	-0.58	0.17	0.09	0.03	0.07
农林牧渔占总从业人口比例	0.55	0.10	-0.05	-0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02
采矿业占总从业人口比例	-0.06	0.15	-0.01	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.08	-0.20	0.36
服务业占总从业人口比例	0.01	-0.13	0.24	0.35	0.02	-0.07	0.08	-0.50	0.08	0.03	0.08
专业技术和管理人员占总从业人口比例	-0.10	0.45	-0.04	0.11	0.04	0.05	-0.03	0.00	0.20	0.40	-0.15
第三产业占总从业人口比例	-0.05	-0.06	-0.22	0.04	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.38	0.17	0.15
每 1×10 ⁴ km ² 社区服务设施数 ^①	-0.05	-0.04	0.16	-0.44 ^②	0.26	-0.39	-0.02	-0.06	0.10	0.11	0.07
医疗保险人口比例	-0.05	0.08	0.04	-0.02	0.01	-0.02	0.00	0.00	-0.09	-0.37	-0.42
人均 GDP	-0.04	-0.10	-0.22	0.03	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.19	0.13	0.00

注:① 选定的评估指标; ② 为各主成分中的最大载荷值; ③ PC_i 为第 i 个主成分(i=1,2, …,11)。

3.3 社会脆弱性评估

将各指标数据的标准化值带入公式(3),可获得各基本评价单元的自然灾害社会脆弱性指数,在考虑均值(0.58)、标准差(0.15)和极差(0.55)的基础上,将各评价单元的自然灾害社会脆弱性划分为低、中、高 3 个等级,其取值范围分别为(0.27,0.44),[0.44,0.73)和[0.73,0.84),分别用 I, II, III 表示(表 4)。

由表 4 可知,周口市、商丘市和驻马店市社会脆弱性等级为 III,属高脆弱区。其中,周口市自然灾害的社会脆弱性最高,脆弱性指数值为 0.832;郑州市、济源市与三门峡市自然灾害的社会脆弱性等级为 I,属低脆弱区。其中,郑州市自然灾害的社会脆弱性最低,脆弱性指数值为 0.279;其他地市评价等级为 II,

属中等脆弱区。进一步分析表 4 中各指标的得分情况,可清楚的知道是哪些因素影响本区域自然灾害的社会脆弱性,从而为区域减灾防灾规划和风险管理提供决策依据。例如,对脆弱性最高的周口市而言,人均纯收入(x_1)、基础服务设施(x_4, x_5)、14 岁以下人口(x_8)和人均移动电话数(x_9)是影响自然灾害社会脆弱性的主要原因(上述指标在各评价单元中得分均为最高)。此外,除女性比例对社会脆弱性的贡献较小外,其他指标的贡献也偏大。因此,降低该区社会脆弱性的有效途径是控制人口出生率、加大基础服务设施建设和提高民众收入。同理,据此评价结果可对其他地市自然灾害社会脆弱性的主要影响因素进行逐一分析,并提出可行的应对策略。

表 3 参评指标及其对灾害社会脆弱性的影响

参评指标	所代表主成分的贡献率/%	相对权重	社会脆弱性影响描述
人均纯收入	11.23	0.13	人均纯收入越高,个人或家庭财富积累越多,获取社会资源的能力也就越强。因此,对灾害中损失的可接受程度和灾害抵抗能力越强,更容易进行灾害恢复,社会脆弱性也就越低
少数民族人口比例	9.33	0.10	文化不同和语言障碍是少数民族人口影响区域社会脆弱性的主要原因。此外,社会经济和政治边缘化在一定程度上影响了他们获取社会资源的能力。区域少数民族人口比例越大,社会脆弱性越高
人口密度	7.99	0.11	区域人口密度越大,自然灾害暴露人口越多,造成的人员伤亡和损失就会越大,社会脆弱性越高
每 1 km ² 社区服务设施数	7.67	0.09	服务设施和病床属于基础公共设施,是一个区域经济发展的体现,每 1 km ² 社区服务设施数和万人病床数越多,表明区域经济发展越好,灾时应对和灾后恢复能力越强。区域基础服务设施越好,社会脆弱性越低
每万人病床数	7.59	0.09	
女性人口比例	7.57	0.07	女性由于就业率与工资相对男人较低,加之较多的家庭责任和较低个人心理承受能力,信息获取、灾害应对和灾后恢复能力相对较差。女性人口比例越大,社会脆弱性越高
65 岁以上人口比重	7.56	0.07	65 岁以上和 14 岁以下人口属自然灾害弱势群体。由于他们自身能力相对较低,一方面难以躲避或应对自然灾害,另一方面还需要家庭其他成员的照顾,不利于灾害的应对和恢复。老人和儿童所占比重越大,社会脆弱性越高
14 岁以下人口比重	7.43	0.08	
人均移动电话数	6.66	0.09	人均移动电话数和私家车数反映了灾害信息获取和避险能力,人均电话数越多,说明信息获取能力越强,人均私家车数越多,灾害避险和转移能力越强,脆弱性越低
人均私家车数	6.39	0.10	教育水平往往和社会经济地位相联系。一般来说,受教育程度越高,社会地位越高,获取灾害信息的能力和灾害应对与恢复能力较强。受教育人口越多,社会脆弱性越低
15 岁以上文盲比例	5.06	0.07	

表 4 河南省自然灾害社会脆弱性等级及各指标得分

评价单元	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	SVI 值	等级
周口市	0.13	0.07	0.06	0.09	0.09	0.03	0.05	0.08	0.09	0.08	0.06	0.83	Ⅲ
商丘市	0.12	0.08	0.05	0.09	0.08	0.03	0.05	0.05	0.08	0.08	0.07	0.78	Ⅲ
驻马店市	0.12	0.03	0.03	0.09	0.07	0.04	0.07	0.08	0.08	0.10	0.04	0.75	Ⅲ
南阳市	0.11	0.10	0.02	0.08	0.08	0.00	0.04	0.07	0.08	0.10	0.03	0.70	Ⅱ
开封市	0.11	0.08	0.06	0.06	0.06	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.05	0.70	Ⅱ
信阳市	0.12	0.02	0.01	0.07	0.09	0.03	0.06	0.07	0.08	0.09	0.06	0.69	Ⅱ
许昌市	0.09	0.07	0.07	0.05	0.07	0.00	0.06	0.05	0.06	0.08	0.03	0.63	Ⅱ
漯河市	0.10	0.05	0.09	0.07	0.06	0.01	0.06	0.02	0.07	0.09	0.03	0.63	Ⅱ
濮阳市	0.11	0.01	0.07	0.08	0.06	0.03	0.02	0.07	0.06	0.05	0.05	0.63	Ⅱ
安阳市	0.09	0.00	0.05	0.04	0.06	0.07	0.04	0.07	0.06	0.07	0.02	0.57	Ⅱ
平顶山市	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.04	0.07	0.08	0.03	0.57	Ⅱ
新乡市	0.09	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.06	0.06	0.07	0.02	0.54	Ⅱ
焦作市	0.07	0.10	0.07	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.07	0.01	0.51	Ⅱ
洛阳市	0.06	0.05	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.02	0.47	Ⅱ
鹤壁市	0.07	0.00	0.06	0.02	0.06	0.01	0.00	0.07	0.06	0.07	0.03	0.44	Ⅱ
三门峡市	0.08	0.02	0.00	0.08	0.05	0.02	0.04	0.00	0.05	0.06	0.00	0.40	I
济源市	0.05	0.06	0.02	0.08	0.05	0.02	0.00	0.02	0.04	0.03	0.00	0.38	I
郑州市	0.00	0.08	0.11	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.28	I
最大值	0.13	0.10	0.11	0.09	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.07	0.83	—

注: x_1 为人均纯收入(元/人); x_2 为少数民族人口比例(%); x_3 为人口密度(人/km²); x_4 为每 1 km² 社区服务设施数(个/km²); x_5 为每万人病床数(张/万人); x_6 为女性人口比例(%); x_7 为 65 岁以上人口比重(%); x_8 为 14 岁以下人口比重(%); x_9 为人均移动电话数(部/人); x_{10} 为人均私家车数(辆/人); x_{11} 为 15 岁以上文盲比例(%).

3.4 社会脆弱性的空间分布特征

利用 ArcGIS 软件强大的绘图功能,将上述结果编绘成图(图 1),可直观的分析出河南省自然灾害社会脆弱性的空间分布特征;利用其统计功能,可快速的计算出不同脆弱区的面积大小;还可利用其空间分析和叠加功能,与其他基础数据进行综合分析,获得更多的成果与信息。

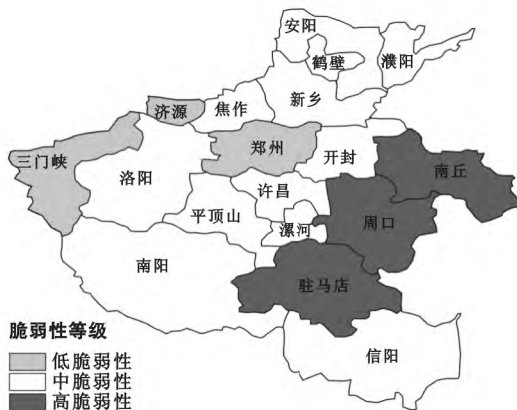


图 1 河南省自然灾害社会脆弱性分布

由图 1 可知,河南省自然灾害的社会脆弱性呈现出一定的地域分布规律。除郑州市外,低社会脆弱区主要分布在河南西部的三门峡市和西北部的济源市;高社会脆弱区主要分布在东部的商丘市、周口市和东南部的驻马店市;其他地区为中等社会脆弱性分布区。从不同脆弱性分布区所占面积比例来看,河南省所处高、中和低社会脆弱性的面积占全省总面积的百分比分别为:22.68%,65.35%和 11.97%。

4 讨论

由于自然灾害社会脆弱性本身固有的抽象性和复杂性决定了其影响因素众多,加之一些影响因素数据资料的缺乏,要进行准确的量化研究还有一定困难。如本文通过相关分析和主成分分析从初选的 62 个指标中最终选定 11 个相互独立的评估指标来评价河南省自然灾害的社会脆弱性,该方法虽然具有较强的数学理论基础,但通过该方法确定的最终评价指标体系是否最具代表性,还有没有更为合适的指标予以替代等,这些问题会影响到评价结果的可靠性,值得深入探讨。因此,如何根据研究区的特点,建立健全合理的评估体系,有待于进一步研究与完善;该评价方法涉及到的另一个问题就是评价指标权重的确定。因为不同评价指标对社会脆弱性的贡献有所差异,而权重赋值的不同又会影响到评价结果。因此,如何确定合理的权重是自然灾害社会脆弱性评价乃至是各种

评价中亟待解决的问题之一。

本文对河南省各地区脆弱性的评价结果与实际情况基本吻合。但各地不同社会脆弱性形成的内在原因是什么,它们的形成过程和机理如何,采取什么样的具体措施能降低社会脆弱性,降低社会脆弱性的难度在什么地方等问题,都需要更加深入的研究。此外,由于自然灾害社会脆弱性影响因素一直处于动态变化之中,且有些因素现在是高脆弱性影响因素,但随着时间的推移会变成低脆弱性影响因素,如 14 岁以下人口比例。因此,除研究其空间差异外,还应加强其时间变异规律的研究。此外,自然灾害社会脆弱性基础理论的研究亟待加强。

5 结论

(1) 相关分析法和 PCA 法是一种很好的变量缩减组合方法。利用相关分析法,本文将最初的 62 个初选指标缩减为 28 个,利用 PCA 法进一步将 28 个指标缩减为相互独立的 11 个指标,它们分别是:人均纯收入、少数民族人口比例、人口密度、每 1 km² 社区服务设施数、每万人病床数、女性人口比例、65 岁以上人口比重、14 岁以下人口比重、人均移动电话数、人均私家车数和 15 岁以上文盲比例。

(2) AHP 法确定的参评指标相对权重表明,人均纯收入对脆弱性影响最大;人口密度次之;女性人口比例、65 岁以上人口比重和 15 岁以上文盲比例影响较小;其他参评指标居中。

(3) 从评价单元看,周口市、商丘市和驻马店市社会脆弱性等级为 III,属高脆弱区;郑州市、济源市与三门峡市自然灾害的社会脆弱性等级为 I,属低脆弱区;其他地市评价等级为 II,属中等脆弱区。从空间分布看,河南省自然灾害的社会脆弱性呈现出一定的地域分布规律。从所占面积看,河南省所处高、中和低社会脆弱性的面积占全省总面积的百分比分别为:22.68%,65.35%和 11.97%。

[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] Cutter S L, Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2008, 105(7): 2301-2306.
- [3] 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.
- [4] 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,2007,63(3):321-332.

- [5] 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, 2001, 29(7): 1153-1162.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Hufschmidt G. A comparative analysis of several vulnerability concepts [J]. *Natural hazards*, 2011, 58(2): 621-643.
- [9] Cutter S L. Vulnerability to environmental hazards [J]. *Progress in Human Geography*, 1996, 20(4): 529-539.
- [10] 商彦蕊. 灾害脆弱性概念模型综述[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 112-116.
- [11] 江培龙,方凤满. 自然灾害脆弱性研究进展[J]. 防灾科技学院学报, 2012, 14(4): 54-59.
- [12] 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.
- [13] Pelling M. The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience [M]. London, UK, Earthscan, 2003.
- [14] Wisner B, Uitto J. Life on the edge: urban social vulnerability and decentralized, citizen-based disaster risk reduction in four large cities of the Pacific Rim[M]// Brauch H G, Facing global environmental change. Berlin, Springer, 2009: 215-231.
- [15] 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.
- [16] 孙阿丽,石勇,石纯,等. 沿海区域自然灾害脆弱性特征及影响因素分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(5): 148-153.
- [17] 石勇,孙蕾,石纯,等. 上海沿海六区县自然灾害脆弱性评价[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(3): 156-161.
- [18] 王亚伟,韩珂,苏克勤,等. 自然灾害对河南省粮食综合生产能力的影响分析[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(6): 26-730.
- [19] 河南省科学院地理所《河南重大自然灾害综合研究》课题组. 河南省重大自然灾害特征和防灾减灾基本对策[J]. 河南科技, 1991(3): 5-6.
- [20] 张震宇. 河南自然灾害现状特点及影响评估[J]. 灾害学, 1993, 8(2): 74-78.
- [21] 薛莉娟,胡方萌. 农业劳动力老龄化现状及其影响: 基于河南省兰考县 M 村的实证研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(28): 14059-14063.
- [22] Cutter S L, Boruff B J, Shirley W L. Social vulnerability to environmental hazards [J]. *Social science quarterly*, 2003, 84(2): 242-261.
- [23] 唐启义. DPS 数据处理系统: 实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 1100-1111.
- [24] Liu Delin, Hao Shilong, Liu Xianzhao, et al. Effects of land use classification on landscape metrics based on remote sensing and GIS[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2013, 68(8): 2229-2237.
- [25] 刘德林,刘贤赵. 主成分分析在河流水质综合评价中的应用[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 124-125, 128.