

基于主成份分析法和 GIS 技术的重庆市自然灾害社会易损性分析

赵卫权¹, 郭跃²

(1. 重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047; 2. 重庆师范大学 研究生处, 重庆 400047)

摘要:探讨应用主成分分析法对影响重庆自然灾害易损的社会因素进行分析,构建主要成分和确定权重,再利用 GIS 技术对灾害的社会易损度进行综合空间分析计算,并按照社会易损程度把重庆的 40 个区县分成了 5 类区域。最后,对此类灾害研究方法存在的问题进行了讨论。

关键词:主成分分析法;GIS;社会易损性;重庆

中图分类号: P694; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)06-0305-04

Analysis of Hazard's Social Vulnerability in Chongqing Based on the Principle Component Analysis Method and GIS Technology

ZHAO Wei-quan¹, GUO Yue²

(1. Geographical Science College of Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

2. Graduate Education, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: The paper discusses the application of principle component analysis method to study the social factors, which affects the social vulnerability of Chongqing natural disaster, making the principle component and asserting the weight, then make use of GIS to analyze the vulnerability of natural disaster, besides, divide 40 administrative area of Chongqing into 5 kinds area of vulnerability. At last, the problem of the study method for disaster is discussed.

Key words: the principle component analysis method; GIS; social vulnerability; Chongqing

1 引言

灾害是自然过程和人类易损性相互作用的结果,易损性是构成自然灾害发生的重要条件,所以易损性和灾害本身同样重要,已经有很多学者做过这方面的研究,但是,就单纯的社会易损性方面的研究还比较少。重庆市是一个社会和经济发展相对落后,灾害频繁发生的区域,并且频繁的灾害严重制约着该市的社会和经济的发展。人对自然灾害的物理机制是无法控制的,但可以通过研究社会内部机制减小自然灾害社会方面的易损。文章利用主成份分析结合 GIS 技术就重庆自然灾害易损性进行分析和区域分类。

2 区域环境背景分析

重庆市位于北纬 28°10' - 32°13', 东经 105°11' - 110°11' 之间,东西宽 470 km,南北长 450 km,整个面积为 82 402.95 km²,目前行政建制为 40 个区、县、自治市。重庆市位于我国西南地区,从面积和人口来说目前为我国最大的直辖市,2005 年末全市总人口为 3 169.16 万,而其中农业人口为 2 351.88 万人,占总人口的 74.2%;2005 年全市国内生产总值(GDP)为 3 070.49 亿元,人均 GDP 只有 11 068 元,社会、经济发展的各项指标都远远落后于其它 3 个直辖市和东、中部省区。故其社会承灾能力也相对较弱,所以重庆市是一个社会和经济发展相对落后,灾害频繁的区域。

3 社会易损性分析与分类

3.1 社会易损性的内涵和易损性指标

3.1.1 社会易损性的内涵

易损性是人类及其社会结构的薄弱环节的体现,所以人们可以从社会分异或社会系统组成的不利条件作为切入点来识别社会的易损性。近年来,随着易损性研究的深入,国际社会科学界在认识影响社会易损性主要因素问题上,逐渐取得了共识,认为下列因素是决定社会易损性的主要组成:资源、信息、知识和技术的缺乏,政治权力和代表性的有限性,社会资本的不足,信仰和生活习惯,住房状况,易损的和行动不便的人群,基础设施和生命线的类型和密度等^[1]。

3.1.2 自然灾害社会易损性指标的确定

在专门刻画自然灾害社会易损性指标方面,学术界还没有达成统一。所以文章参考已有的研究成果,并结合地理学家 Cutter 以县为单元,构建的美国社会易损性的评价指标体系^[2-6],根据重庆 2006 年统计资料选取农业人口比例、女性人口比重、产值密度、社会保障补助支出、卫生机构床位数密度、城镇社区服务设施率、建筑密度、人口密度、公路密度、最底生活保障人数比重 10 个指标对重庆的社会易损性进行评价。

3.2 易损性分析

主成份分析法是多元统计分析技术中应用广泛的一种

收稿日期:2007-02-06

基金项目:国家社科基金“自然灾害的社会易损性研究——以重庆市为例”项目(06XSH017)

作者简介:赵卫权(1982-),男,甘肃庆阳人,硕士,主要从事资源环境与地理信息系统研究。

方法。基本原理是通过一定的多元统计分析方法测算出各个指标在样本之间的相对差距,从简化方差—协方差的结构考虑对原始变量数据矩阵进行降维处理,即在一定的约束条件下,对原始变量作一次特殊的正交变换,而得到一组具有某种良好的方差性质的新变量,这组新变量彼此互不相关且在各自的特征方向上有最大方差,从中选取前几个变量来代替原变量,计算这几个主分量的权重,然后进行综合评价结果的加权合成,并根据综合评价值的大小进行排序^[7]。

文章选取已有的对灾害易损性研究成果中的社会(含经济易损性)易损方面指标进行主成份分析:

X_1 ——农业人口比例(%) ; X_2 ——女性人口比重(%) ;
 X_3 ——产值密度(万元/ km^2) ; X_4 ——社会保障补助支出(万元) ;
 X_5 ——卫生机构床位密度(张/万人) ; X_6 ——城镇社区服务设施率(个/万人) ;
 X_7 ——人口密度(人/ km^2) ;
 X_8 ——公路密度(km/km^2) ; X_9 ——最低生活保障人数比重(%) ;
 X_{10} ——建筑密度(m^2/km^2) ;

X_1 = 农业人口/区域总人口; X_2 = 女性人口/区域总人口; X_3 = GDP/区域总面积;

X_5 = 卫生机构床位数/区域总人口; X_6 = 城镇社区服务设施个数/区域总人口;

X_8 = 公路里程/区域总面积; X_9 = 享受最低保障人口数/区域总人口;

X_{10} = 商品房竣工面积/区域总面积(替代建筑密度);

(1) 因为原始数据的量纲不同,所以首先对原始的基础数据矩阵进行标准化处理。在所选标准中农业人口比重、女性人口比重、人口密度、低保人数比例对自然灾害的社会易损性正向影响(即同增大同减小),而其余 5 个指标对自然灾害易损性成反向影响(即一方增大则另一方减小),所以在计算过程中这 5 个指标取负值。利用 SPSS 软件对基础数据进行标准化(结果略)。

(2) 计算各指标之间的相关系数(如表 1)。

表 1 各指标之间的相关系数矩阵

指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
X_1	1.000	- 0.806	0.563	0.516	0.861	0.693	- 0.600	0.810	- 0.629	- 0.617
X_2	- 0.806	1.000	- 0.380	- 0.444	- 0.766	- 0.512	0.411	- 0.661	0.634	0.414
X_3	0.563	- 0.380	1.000	0.113	0.766	0.340	- 0.999	0.483	- 0.192	- 0.995
X_4	0.516	- 0.444	0.113	1.000	0.322	0.318	- 0.143	0.137	- 0.295	- 0.149
X_5	0.861	- 0.766	0.766	0.322	1.000	0.544	- 0.788	0.738	- 0.523	- 0.793
X_6	0.693	- 0.512	0.340	0.318	0.544	1.000	- 0.375	0.546	- 0.342	- 0.389
X_7	- 0.600	0.411	- 0.999	- 0.143	- 0.788	- 0.375	1.000	- 0.512	0.213	0.998
X_8	0.810	- 0.661	0.483	0.137	0.738	0.546	- 0.512	1.000	- 0.445	- 0.526
X_9	- 0.629	0.634	- 0.192	- 0.295	- 0.523	- 0.342	0.213	- 0.445	1.000	0.229
X_{10}	- 0.617	0.414	- 0.995	- 0.149	- 0.793	- 0.389	0.998	- 0.526	0.229	1.000

相关矩阵中的各元素反映了各指标间相关程度的大小。

4 求相关矩阵的特征值和特征向量

总共有 40 个待评区域,每个区域有 10 个评价指标,则原始数据矩阵表为: $X = (x_{ij})_{40 \times 10}$, $i = 1, 2, \dots, 40$; $j = 1, 2, \dots, 10$ 。

计算矩阵 X 的相关矩阵 R ,求 R 的 10 个特征值: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{10} > 0$, 以及对应的特征向量 $e_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{i10})$, $j = 1, 2, \dots, 10$ 。特征值表示第 m 个主成份在综合评价中所起作用的大小。

表 2 指标的特征根和贡献率

指标序号	特征值	贡献率/ %	累计贡献率/ %	指标序号	特征值	贡献率/ %	累计贡献率/ %
1	5.9312	59.312	59.312	6	0.2482	2.482	98.543
2	1.7696	17.696	77.008	7	0.0948	0.948	99.491
3	0.8292	8.292	85.301	8	0.0481	0.481	99.972
4	0.6668	6.668	91.969	9	0.0026	0.026	99.998
5	0.4092	4.092	96.061	10	0.0002	0.002	100.000

表 3 重庆自然灾害社会易损性主成份负荷

指标	主成份			指标	主成份		
	1	2	3		1	2	3
X_1	0.926	0.294	0.002	X_6	0.653	0.275	- 0.031
X_2	- 0.782	- 0.430	0.066	X_7	- 0.829	0.542	- 0.104
X_3	0.804	- 0.576	0.099	X_8	0.788	0.145	- 0.399
X_4	0.395	0.482	0.766	X_9	- 0.565	- 0.515	0.217
X_5	0.951	- 0.030	- 0.045	X_{10}	- 0.838	0.528	- 0.097

5 构造主成份和综合指标

求出第 i 个区域的前 m 个主成份: $Z_{ik} = \sum_{j=1}^{10} (X_{ij} \times e_{kj})$, $j = 1, 2, \dots, 40$; $k = 1, 2, \dots, m = 10$, 它们彼此不相关,而且分

别以方差贡献率:

$$k = k / \sum_{k=1}^{10} \lambda_k, k = 1, 2, \dots, 10$$

解释了 10 个指标。

当累计贡献率 $C = (a_1 + a_2 + \dots + a_{10})$ 达到一定数值时

(如 85%) ,这 m 个主成份就以较 10 为少的指标个数综合体现了 10 个指标。

从表 2 看出, $C = a_1 + a_2 + a_3 = 59.312\% + 17.696\% + 8.292\% = 85.301\%$, m 的值取 3 就能体现原始数据的信息。利用 SPSS 软件计算出 3 个主成份的各指标符合值 (e_k) ,如表 3 所示。再计算 40 个区县自然灾害社会易损性的 3 个主成份得分值 ($Z_{jk} = \sum_{k=1}^3 (X_{ij}e_k)$) :如表 4 所示。

从表 2 可以看出,第一个主成份对灾害易损性贡献最大,而在第一主成份中, X_1, X_3, X_5 和 X_8 的负荷值比最大,

且为正值,分别是农业人口比例、产值密度、卫生机构床位密度、公路密度。说明这 4 个指标对重庆自然灾害的社会易损性影响相对其他指标较大。农业人口是人类抵抗自然灾害最弱的一个群体,所以农业人口是造成社会易损的一个重要方面;产值密度反映一个地区的经济密度,经济密度大的区域,一旦发生灾害造成的经济损失就会很大,尤其是水灾和地质灾害等;卫生机构床位密度可以衡量一个地区减灾能力的大小,主要是减少人员的伤亡,是防灾的一项重要措施;公路密度反映发生灾害时的救灾和避灾能力。

表 4 各主成份的区县得分

区 县	第一主成份 得分	排名	区 县	第二主成份 得分	排名	区 县	第三主成份 得分	排名
城口县	5.35532	1	城口县	1.96244	1	双桥区	1.90039	1
彭水县	5.16294	2	彭水县	1.68262	2	万盛区	1.64926	2
酉阳县	5.10846	3	酉阳县	1.45123	3	酉阳县	1.34737	3
潼南县	4.30568	4	梁平县	1.36908	4	彭水县	1.17480	4
巫溪县	4.30333	5	潼南县	1.36521	5	南岸区	1.13436	5
开 县	3.96279	6	垫江县	1.25151	6	九龙坡区	0.80055	6
奉节县	3.81844	7	开 县	1.18409	7	大渡口区	0.77044	7
梁平县	3.69426	8	巫溪县	1.09367	8	荣昌县	0.55288	8
武隆县	3.67024	9	武隆县	1.05537	9	石柱县	0.35618	9
云阳县	3.60750	10	奉节县	0.92712	10	璧山县	0.31611	10
垫江县	3.57690	11	黔江区	0.88247	11	巫山县	0.26581	11
巫山县	3.51782	12	云阳县	0.87994	12	铜梁县	0.18790	12
丰都县	3.20601	13	丰都县	0.83713	13	黔江区	0.16962	13
黔江区	2.87411	14	铜梁县	0.78501	14	江北区	0.12574	14
合川市	2.74384	15	巫山县	0.70044	15	秀山县	0.10982	15
秀山县	2.50468	16	忠 县	0.64691	16	忠 县	0.10668	16
忠 县	2.49462	17	合川市	0.62951	17	梁平县	0.03748	17
石柱县	2.40082	18	秀山县	0.48315	18	北碚区	0.03152	18
铜梁县	2.05380	19	渝中区	0.47108	19	巫溪县	0.00412	19
江津市	1.82930	20	石柱县	0.44838	20	渝北区	0.00307	20
南川市	1.70066	21	大足县	0.43995	21	丰都县	- 0.04162	21
大足县	1.53702	22	璧山县	0.40111	22	永川市	- 0.05121	22
长寿区	1.41470	23	永川市	0.38703	23	云阳县	- 0.10556	23
綦江县	1.22808	24	南川市	0.25411	24	垫江县	- 0.10722	24
璧山县	1.00162	25	长寿区	0.25134	25	奉节县	- 0.10842	25
永川市	0.81501	26	江津市	0.20057	26	南川市	- 0.13983	26
荣昌县	0.33509	27	荣昌县	- 0.00640	27	武隆县	- 0.15296	27
渝北区	0.14004	28	綦江县	- 0.02003	28	城口县	- 0.15711	28
万州区	0.06015	29	涪陵区	- 0.43911	29	大足县	- 0.18192	29
涪陵区	0.00229	30	双桥区	- 0.62302	30	潼南县	- 0.18943	30
巴南区	- 0.66446	31	渝北区	- 0.69026	31	开 县	- 0.19482	31
北碚区	- 2.65478	32	万州区	- 0.89435	32	万州区	- 0.20813	32
双桥区	- 4.74828	33	北碚区	- 1.01265	33	綦江县	- 0.26808	33
万盛区	- 5.37415	34	巴南区	- 1.17140	34	长寿区	- 0.27847	34
九龙坡区	- 5.79585	35	九龙坡区	- 1.73367	35	涪陵区	- 0.29181	35
沙坪坝区	- 7.21102	36	江北区	- 2.15295	36	江津市	- 0.30039	36
大渡口区	- 7.71045	37	大渡口区	- 2.88089	37	合川市	- 0.44293	37
江北区	- 8.21493	38	南岸区	- 3.02375	38	渝中区	- 0.53726	38
南岸区	- 8.69007	39	万盛区	- 3.03755	39	巴南区	- 0.61328	39
渝中区	- 27.36152	40	沙坪坝区	- 4.35442	40	沙坪坝区	- 3197921	40

表 4 中的数值代表各个主成份的得分值,正值越大说明灾害的易损性越大,反之,负值越大灾害的易损性就越小。从 3 个主成份的各自得分来看,第一主成份和第二主成份得分很相近,得分排在最前面的区县都是:城口县、彭水县、酉阳县、梁平县、巫溪县、垫江县、奉节县、开县、武隆县、云阳

县,这些区县距离主城区相对其他区县都比较远;而第 3 个主成份的得分和前两个有所区别,南岸区、大渡口区、大渡口区 3 个主城区的得分比较高。结合评价指标,可以看出,前两个主成份主要偏向于救灾减灾的能力方面,得分越高,救灾减灾的能力越强,灾害的易损性就越小;第 3 个主成分主

要偏向于经济密度和社会保障方面。

在主成份分析的基础上,利用主成份的累积贡献率构建综合评价指标 F ,为了进一步综合成一个指标,以 k 为权重对 Z_{jk} 求和得第 j 个样本的综合评价值为:

$$F_j = \sum_{k=1}^3 (k \times Z_{jk}), j = 1, 2, \dots, 40$$

最后根据 F_j 的大小即可对各个区域灾害社会易损性进行评价分级。

应用 GIS 技术对重庆市自然灾害社会易损性进行区域分类,是 GIS 技术在自然灾害研究领域的进一步深入。采用重庆行政区划图为基础,按照 3 个主成份,把各个区县的得分值依次赋予相应的属性,这样就得到 3 个主成份各自的灾害易损性矢量区划图。利用 ARMAP 软件,把 3 幅区划图转换成栅格格式,并按照 F 的计算公式,对栅格图进行空间叠加分析计算,再对分析计算得到的结果进行重分类计算。最后,得到重庆市自然灾害社会易损性区划图。

重庆自然灾害社会易损性区划图

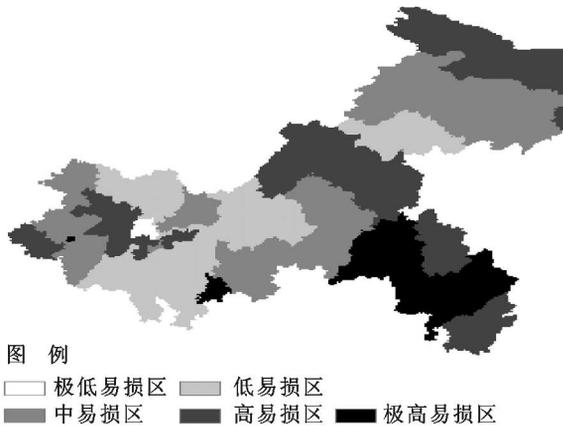


图 1 重庆自然灾害社会易损性区划

在 ARCMAP 的重分类过程中,按照自然灾害的社会易损程度把重庆市的 40 个区县分成 5 类区域:极低易损区:沙坪坝区、渝中区;低易损区:合川区、北碚区、江北区、江津市、綦江县、巴南区;万州区、长寿区;中易损区:潼南县、大足县、永川市、渝北区、南川市、武隆县、丰都县、开县、云阳县、丰节县、涪陵区、大渡口区;高易损区:城口县、巫山县、巫溪县、梁

平县、忠县、石柱县、垫江县、黔江区、秀山县、荣昌县、铜梁县、璧山县、九龙坡区、南岸区;极高易损区:双桥区、万盛区、彭水县、酉阳县。从区划的图上看,重庆市自然灾害的社会易损主要集中在中部,东部和西部的不发达地区。

6 结 语

造成自然灾害易损的因素是复杂的,用主成份分析法和 GIS 技术,从社会因素方面对重庆市自然灾害的易损性进行分析,然后对易损度进行分类。对造成灾害易损的众多社会因素进行分析,构造主要成份代表所有影响因素的主要信息对区域的易损性进行分析,同时,把灾害的社会易损性研究落实到空间布局中,使得灾害研究的区域性更强。文章应用主成份分析法和 GIS 技术对重庆灾害的社会易损性进行探讨,这也是从另一个角度对灾害的研究方法进行了探索。但是,自然灾害社会易损性的基础指标和灾害之间的直接关系较难确定,所以从灾害数据来研究社会易损性是灾害研究的一个重要方面;另外,在对灾害易损度进行区划时,阈值确定的主观性较强,缺乏统一的标准,这也是今后自然灾害的社会易损性研究将要解决的两个重要问题。

参考文献:

- [1] 郭跃. 灾害易损性研究的回顾与展望[J]. 灾害学, 2005, 20(4): 92 - 96.
- [2] 蒋勇军,况明生,等. 基于地理信息系统的重庆市自然灾害综合区划及评价[J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 2003, 28(4): 144 - 149.
- [3] 李闽. 地质灾害人口安全易损性区划研究[J]. 中国地质矿产经济, 2002(8): 27 - 30.
- [4] 刘兰芳,何曙光. 洪水灾害易损性模糊综合评价:以湖南省衡阳市为例[J]. 衡阳师范学院学报, 2006, 27(3): 123 - 128.
- [5] 袁永博,于雪峰. 自然灾害危害度模糊模式识别[J]. 地震工程与工程振动, 2003, 23(6): 194 - 197.
- [6] Cutter S L. Social Vulnerability to Environmental Hazards [J]. Social Science Quarterly[J]. 2003, 84(2): 242 - 261.
- [7] 王凤,黄志阳. 主成份分析法对陕西投资环境的评价[J]. 生产力研究, 2005(3): 132 - 133.

(上接第 277 页)

- [3] Chepil W S, Woodruff N P. Sedimentary characteristics of dust storms: visibility and dust concentration [J]. Am. J. Sci., 1957, 255: 104 - 114.
- [4] Gillette D A, Walker T R. Characteristics of airborne particles produced by wind erosion of sandy soil, high plains of west texas [J]. Soil Sci., 1977, 123: 97 - 1033.
- [5] Nickling W G. Eolian sediment transport during dust storms: slims river valley, Yukon Territory [J]. Can. J. Earth Sci., 1978, 15: 1069 - 1084.

- [6] Zobeck T M, Fryrear D W. Chemical and physical characteristics of wind blown sediment [J]. Trans. ASAE, 1986, 29: 1032 - 1036.
- [7] Fryrear W D, Salth A. Field wind erosion: vertical distribution [J]. Soil Sci., 1993, 155: 294 - 300.
- [8] 吴正. 风沙地貌学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] 马世威. 风沙流结构的研究 [J]. 中国沙漠, 1983, 3(3): 8 - 22.
- [10] 杭利军, 等. 浅论干旱、半干旱地区土壤风蚀发生机理及防治措施 [J]. 内蒙古林业科技, 2003(2): 49 - 50.
- [11] 路明. 我国沙尘暴发生原因及其防御策略 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(4): 440 - 446.