

张永领, 游温娇. 基于 TOPSIS 的城市自然灾害社会脆弱性评价研究——以上海市为例[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 109 – 114. [Zhang Yongling and You Wenjiao. Assessment of Social Vulnerability to Natural Disasters of Cities Based on TOPSIS: A Case Study of Shanghai City[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 109 – 114.]

基于 TOPSIS 的城市自然灾害社会脆弱性评价研究 ——以上海市为例*

张永领, 游温娇

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

摘 要: 城市是人口稠密、经济发达、社会财富高度集中的地区, 同时也是自然灾害社会脆弱性较高的地区, 评估城市自然灾害社会脆弱性对于提高城市自然灾害的抵抗能力、减少自然灾害造成的人员伤亡和经济损失具有重要意义。以上海市 18 个区县的人口和社会经济数据为基础构建了 45 个自然灾害社会脆弱性指标, 并用主成分分析法选择了 16 个独立性强的指标作为自然灾害社会脆弱性的评价指标; 采用 TOPSIS 方法对上海市 18 个区县的自然灾害社会脆弱性进行了评价, 揭示了上海市自然灾害社会脆弱性的区域特征, 为城市自然灾害风险管理和区域综合防灾减灾提供科学依据。

关键词: 自然灾害; 社会脆弱性; 评价; TOPSIS 方法; 上海市

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 – 811X(2014)01 – 0109 – 06

doi: 10.3969/j.issn.1000 – 811X.2014.01.020

没有人类就没有灾害^[1], 任何灾害的发生都是致灾因子和人类社会相互作用的结果, 所以在研究灾害时, 不仅要关注致灾因子, 还要关注脆弱的社会^[2]。自从 1970 年代社会脆弱性的概念被引进到灾害学领域以来^[3], 灾害社会脆弱性逐渐受到广泛关注并成为灾害风险管理学和突发事件应急管理的重要研究领域^[4–6]。灾害社会脆弱性的大小可直接表现为区域社会群体受到的伤害大小, 而这种伤害或损失又与区域社会对灾害的应对、抵抗能力有关, 应对能力越强, 灾害造成的损失越小^[7]。什么是灾害的社会脆弱性, 不同学者根据自身研究需求也都给出了不同的概念, 如 Cutter 认为社会脆弱性是人们对自然灾害的敏感性以及人们对灾害的响应和从在灾害冲击中恢复的能力^[8]; Schmidtlei 认为社会脆弱性是现实的和潜在的灾害造成损失的可能性, 以及从损失中恢复的能力^[9]; Flanagan 认为社会脆弱性是影响社区恢复力的社会经济和人口因素^[10]; 另外还有学者从暴露角度和冲击角度给出了社会脆弱性的具体概念^[11–12]。对于自然灾害的社会脆弱性, 我们可以认为就是人类社会对自然灾害表现出来的易于受到伤害的程度和可能造成损失的大小, 它反映的是人类社会系统在一定的政治、经济和文化背景下的一种抵抗灾害的能力和易于受到伤害的状态,

而与具体的自然灾害类型无关^[13]。

影响自然灾害社会脆弱性的因素是多方面的, 既包括现行的政治和文化因素, 也包括种族、民族、个人财富、社会地位、年龄、教育程度、职业、身体素质, 家庭结构以及医疗和公共服务, 甚至也包括环境因素如建筑目的、基础设施等, 致使不同的学者在构建灾害社会脆弱性指标时, 出现了巨大差异。2003 年 Cutter 首先提出用区域人口和社会经济数据构建环境灾害的社会脆弱性指标, 并以美国 3 141 个县的人口和社会经济统计数据为基础构建了 250 个原始指标, 由于大量原始指标之间存在高度的相关性, Cutter 用多重线性检测等方法从 250 个原始指标中选择 42 个, 并用主成分分析法又将 42 个变量指标减小到 11 个^[13]。之后这种构建灾害社会脆弱性指数的方法被广泛采用^[14–16]。

对灾害社会脆弱性进行评价, 找到降低社会脆弱性增加灾害抵抗力的途径, 成为灾害社会脆弱性研究的前沿, 如用指数法对社会脆弱性进行评价^[13–16]、用遥感和 GIS 数据对社会脆弱性进行评价^[17]、用多准则方法对地震风险的社会脆弱性进行评价^[18]。我国学者也对灾害社会脆弱性评价进行了必要研究, 如葛怡等对水灾社会脆弱性进行评价^[19–20], 陈磊等和石勇等分别对自然灾害社

* 收稿日期: 2013 – 06 – 22

修回日期: 2013 – 08 – 19

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划项目(10YJAZH091); 河南省科技攻关重点项目(102102310359)

作者简介: 张永领(1975 –), 男, 山东成武人, 博士, 副教授, 主要从事灾害与应急管理研究。E – mail: zhyongling@126.com

会脆弱性进行了评价^[21-23]。然而由于自然灾害社会脆弱性影响因素的复杂性以及评价标准的难以确定性,致使灾害社会脆弱性评价研究仍处于探索阶段。

城市是人口和社会财富高度密集的区域,任何自然灾害的发生都可能造成巨大的人员伤亡和经济损失,尤其是随着我国城市化过程的加剧,人口和社会财富将会进一步向城市集中,各类城市灾害呈现高发态势,城市自然灾害的社会脆弱性将会进一步凸显^[24]。所以评估城市自然灾害的社会脆弱性对于提高城市抵抗自然灾害的能力、减少自然灾害造成的人员伤亡和经济损失具有重大意义。以我国人口密度大、经济发达的特大城市上海市为例,按照 Cutter 提出的社会脆弱性指标^[13],结合上海的实际情况,以上海市 18 个区县人口和社会经济统计数据为基础构建了城市自然灾害社会脆弱性指标体系,并用主成分分析法选择 18 个相互独立、敏感性较高指标作为自然灾害社会脆弱性评价指标体系,然后用 TOPSIS 方法对上海市 18 个区县的自然灾害社会脆弱性进行了评价,为区域社会脆弱性研究和城市综合防灾减灾提供参考。

1 研究区域概况

上海北界长江、东濒东海、南邻杭州湾,优越的地理位置和悠久的历史使上海发展成为我国的特大城市。上海市总面积为 6 340.5 km²,常住人口在 2 300 万以上,经济十分发达,2010 年 GDP 在 1.7 万亿以上。上海市下辖黄浦区、闵行区、卢湾区、宝山区、徐汇区、嘉定区、长宁区、浦东新区、静安区、金山区、普陀区、松江区、闸北区、青浦区、虹口、奉贤区、杨浦区共 17 个区和崇明县 1 个县。图 1 是上海市 18 个区县的分布图。

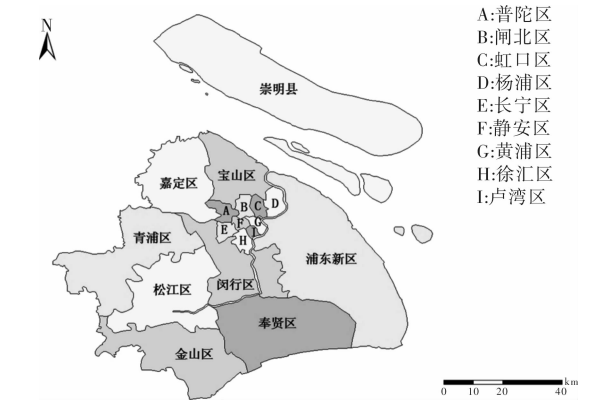


图 1 上海市 18 个区县的分布图

2 资料与方法

2.1 TOPSIS 方法简介

1981 年 Hwang C L 和 Yoon K 首次提出 TOPSIS 法,它是通过对有限个评价对象与理想化目标的接近程度进行排序,进而实现对评价对象相对优劣的评价。目前 TOPSIS 法作为一种常用的决策分析方法已被广泛应用到多元分析评价中^[25-26]。

(1) 构建原始数据矩阵

设有 m 个待评价区域,每个区域有 n 个评价指标,则可以构成原始数据矩阵 X 。

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

(2) 数据的标准化

在原始评价指标中,既有对社会脆弱性产生正向影响的指标,如人口密度;也有对社会脆弱性产生负向影响的评价指标,如人口素质。因此需要对原始数据做标准化处理。

对于社会脆弱性产生正向影响的评价指标,采用如下方法进行标准化:

$$Z_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_j x_{ij}^2} \quad (2)$$

对于社会脆弱性产生负向影响的评价指标,采用如下方法进行标准化:

$$Z_{ij} = (\frac{1}{x_{ij}}) / \sqrt{\sum_j \frac{1}{x_{ij}^2}} \quad (3)$$

式中: $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。

对原始数据进行标准化处理后得到规范化矩阵 Z 。

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{pmatrix} \quad (4)$$

(3) 确定最优和最劣解向量

根据规范化矩阵 Z ,分别确定各个评价指标的最优解和最劣解,其中最优解向量和最劣解向量分别表示为:

$$Z^+ = (Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_n^+), \quad (5)$$

$$Z^- = (Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_n^-). \quad (6)$$

式中: $Z_i^+ = \max(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}); Z_i^- = \min(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}), i = 1, \dots, n$ 。

(4) 计算到理想解的距离

分别计算各评价对象与最优、最劣解的距离,对于第 i 个评价对象,其与最优解和最劣解的距离分别用下式计算:

$$S^+ = \sqrt{\sum_j^n (Z_i^+ - z_{ij})^2}, \tag{7}$$

$$S^- = \sqrt{\sum_j^n (Z_i^- - z_{ij})^2}。 \tag{8}$$

式中: S^+ 和 S^- 分别表示与最优解和最劣解的欧氏距离, $i = 1, 2, \cdots, m$ 。

(5) 综合评价
计算各个评价对象与最优解的相对接近程度:
$$C_i = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)。 \tag{9}$$

最后按照 C_i 值的大小进行排序, C_i 值越大表明该地区的社会脆弱性越高,反之越低。

2.2 数据来源

自然灾害的社会脆弱性随着社会经济发展的变化而变化,为了能客观的反映上海市目前自然灾害社会脆弱性特征,根据 Cutter 提出的社会脆弱性指标,结合上海市各区县的实际情况,以《2011 年上海市统计年鉴》、《2011 年中国区域经济统计年鉴》和上海市 18 个区县的第六次人口普查公报为基础,从人口、经济、教育、医疗、城市绿地面积等各个方面选择了影响自然灾害社会脆弱性的各项指标。然而由于上海市各个区县的土地面积等因素差异巨大,为了使各个区县的社会脆弱性指标具有可比性,对原始统计数据进行处理后,从 19 个方面构建了 45 个自然灾害社会脆弱性指标(表 1)。

3 结果分析

3.1 评价指标的确定

由于自然灾害社会脆弱性指标一般是以政府部门的年鉴资料为基础,并充分吸收政府部门正式公布的其他数据资料构建而成^[13-16]。如果将社会脆弱性指标直接作为评价因子,一方面是评价因子个数太多不利于评价,另一方面是在大量因子中,可能存在信息交叉重叠的现象,如果有大量相关性较强的因子参与评价,就会直接影响评价结果的科学性。因此需要在众多的指标中选择出独立性强,具有代表的关键指标作为社会脆弱性评价指标,从而会显著提高评价结果的科学性。

利用 SPSS 19.0 软件,采用主成分分析法(PCA)对上海市 18 个区县的 45 个社会脆弱性指标进行分析。根据主成分值大于 1 的原则提取前 8 个主成分进行分析。表 2 中给出了前 8 个主成分的特征值及特征值的方差贡献和累计方差贡献。

从表 2 可知,前 8 个主成分的累计方差贡献率在 92% 以上,基本上全部保留了原来指标中的重要信息,其他各个主成分的方差贡献均低于 1%,

表 1 自然灾害社会脆弱性指标	
指标	二级指标
常住人口	常住人口密度/(人/ km ²); 外来人口所占常住人口比重 /%
	迁入人口占常住人口的比重 /%; 迁出人口占常住人口的比重 /%
流动人口	男性比重 /%; 女性比重 /%
性别	14 周岁以下人口比重 /%; 15 ~ 64 周岁人口比重 /%; 65 ~ 79 周岁人口比重 /%; 80 周岁以上人口比重 /%
年龄结构	汉族人口比重 /%; 少数民族人口比重 /%
民族	家庭人口占常住人口比重 /%; 家庭户密度/(户/ km ²); 平均每户人口数/(人/户)
家庭	大专以上人口比重 /%; 高中中专人口比重 /%; 初中人口比重 /%; 小学人口比重 /%; 15 岁以上文盲人口比重 /%
教育程度	万人教师数/人; 万人学校数/所
教育资源	医生总数 /人; 万人医生数/人; 护(师)士总数 /人; 万人护(师)士数/人
医疗专业	医疗机构总数 /所; 万人医疗机构数/所
技术人员	床位总数 /张; 万人床位数/(张/万人)
医疗专业机构	财政总收入 /亿元; 人均财政收入/(万元/人); 财政总支出 /亿元; 人均财政支出/(万元/人)
病床	城镇单位就业人员平均工资 /元
财政收支	人均固定资产投资 /万元
工资水平	工业总产值 /万元; 人均工业产值/(万元/人)
固定投资	GDP 总量 /万元; 人均 GDP(万元/人)
工业产值	乡、镇、街道办密度/(个/10 万人); 居民、村民委员会密度/(个/万人)
GDP	建筑密度/(m ² / km ²)
行政机构	人均城市绿地面积/(m ² /人); 人均公园绿地面积/(m ² /人)
建筑	
公园绿地	

表 2 特征值及其方差贡献			
主成分	特征值	方差贡献率/ %	累积贡方差献率/ %
1	16.194	38.557	38.557
2	5.616	13.372	51.930
3	4.150	9.882	61.811
4	3.726	8.872	70.684
5	2.909	6.925	77.609
6	2.437	5.802	83.411
7	2.024	4.820	88.231
8	1.660	3.953	92.184

说明它们所包含的信息量已经非常少,而更多的是噪音成分,因此选择前 8 个主成分进行分析。

在每个主成分中,因子的荷载值越大对主成分的解释也就越明确。为了进一步加强每个主成分中敏感性因子的荷载值,提高主成分的可解释性,采用方差极大正交旋转方法使每个主成分的荷载值进一步向敏感性因子集中。

表 3 各主成分主要因子的荷载值

重要指标	主成分							
	1	2	3	4	5	6	7	8
常驻人口密度	0.208	-0.340	-0.185	0.138	-0.052	0.061	-0.125	0.861**
迁出人口比重	0.453	-0.042	-0.043	0.833**	0.033	-0.057	0.031	0.215
女性比重	0.327	-0.025	-0.093	0.874**	-0.034	0.095	0.026	0.202
15~64 岁人口比重	0.311	0.061	0.295	-0.007	0.092	-0.261	0.772**	0.026
少数民族人口比重	-0.103	0.077	0.974**	0.015	-0.008	-0.015	0.026	-0.101
家庭人口所占比重	-0.077	-0.049	0.005	0.020	0.972**	-0.006	0.000	-0.099
大专以上人口比重	0.249	0.919**	0.099	0.177	-0.178	0.047	0.048	-0.079
高中(中专)人口比重	0.167	0.129	0.006	0.244	-0.074	0.784**	-0.248	0.102
小学人口比重	0.218	0.944**	0.104	0.105	-0.166	0.040	0.049	-0.059
病床数	0.176	0.882**	-0.162	-0.291	0.202	0.162	0.088	0.044
万人村民、居委会数	-0.148	0.240	0.939**	0.042	-0.046	-0.043	0.045	-0.107
人均财政收入	0.957**	0.128	-0.107	0.088	0.048	-0.047	0.044	0.025
财政支出	0.926**	0.143	-0.119	0.039	-0.109	-0.008	-0.079	0.144
人均支出	0.205	0.918**	0.111	0.155	-0.216	0.046	0.139	-0.022
工资	-0.191	-0.005	0.936**	-0.018	-0.047	-0.061	0.151	-0.038
人均工业产值	0.017	-0.063	0.003	0.058	0.971**	-0.071	0.006	-0.085

注:**表示荷载值较高的敏感性因子

表 3 中给出了经方差极大正交旋转后的前 8 个主成分中荷载值较高的、具有代表性的敏感性因子。因此可用这 16 个因子作为上海市 18 个区县自然灾害社会脆弱性的评价指标。

常驻人口密度和迁出人口比重都是影响自然灾害社会脆弱性的敏感性指标，一般情况是常驻人口密度越大社会脆弱性越高，迁出人口越多则社会脆弱性越小。性别和年龄也是自然灾害社会脆弱性的重要敏感性指标，妇女由于身体素质等原因抵抗自然灾害的能力较差，一般情况是女性所占比重越高社会脆弱性相对越大。单身人口在灾害发生过程中常常缺乏相互照应而表现出一定的社会脆弱性，因此组成家庭的人口所占的比重越高，社会脆弱性则相对越小。学历是居民素质的重要体现，一般情况是高学历人口所占比重越高，社会脆弱性就越小。医疗是自然灾害紧急救助的重要力量，病床数是区域自然灾害应急医疗救援能力重要体现，病床数越多表明区域自然灾害应急医疗救援能力越强。村委会和社区居委会是我国基层群众性自治组织，它对于基层防灾减灾和灾害应急管理具有重要作用。经济实力的大小是区域社会脆弱性的重要体现，经济越发达、人均收入越高，灾害的应对和抵抗能力就越强，则社会脆弱性就越小。

3.2 评价结果分析

首先将上海市 18 个区县的 16 个自然灾害社会脆弱性评价指标构成原始矩阵 **A**。

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{pmatrix} \quad (10)$$

式中: $n = 1, 2, \cdots, 16; m = 1, 2, \cdots, 18$ 。

由于构成矩阵 **A** 的数据原始统计数据,也包含

计算后的百分比数据,完全不具有可比性,因此需要采用公式(2)和公式(3)分别对正向影响和负向影响的评价指标进行标准化,可得到矩阵 **Z**;根据规范化矩阵 **Z** 可以确定最优解向量 **Z⁺** 和最劣解向量 **Z⁻**:

$$\mathbf{Z}^+ = (0.38, 25.88, 0.39, 8.13, 0.42, 6.49, 2.22, 0.47, 0.47, 0.93, 2.72, 4.94, 0.59, 6.22, 4.89, 0.77), \quad (11)$$

$$\mathbf{Z}^- = (-0.27, -1.01, -0.41, -1.79, -0.60, -0.61, -5.18, -1.2, -0.43, -7.74, -3.2, -0.67, -7.41, -5.83, -17.14, -0.67). \quad (12)$$

根据公式(7)和公式(8)分别计算上海市 18 个区县与最优解和最劣解之间的距离,并根据公式(9)计算与最优解的接近度 C_i , 计算结果见表 4。

表 4 上海市 18 个县区自然灾害社会脆弱性大小排序

	D^-	D^+	C_i	次序
松江区	34.01	15.18	0.691	1
长宁区	28.97	15.92	0.645	2
卢湾区	23.41	25.72	0.476	3
普陀区	25.83	29.57	0.466	4
杨浦区	23.53	29.31	0.445	5
虹口区	22.55	28.30	0.444	6
静安区	23.06	30.29	0.432	7
闵行区	22.72	30.40	0.428	8
奉贤区	21.95	29.76	0.424	9
崇明县	22.02	30.52	0.419	10
宝山区	22.19	30.92	0.418	11
青浦区	21.59	30.08	0.418	12
闸北区	21.48	30.12	0.416	13
黄浦区	21.68	30.65	0.414	14
金山区	21.25	30.04	0.414	15
浦东新区	21.40	31.19	0.407	16
嘉定区	19.96	30.77	0.393	17
徐汇区	13.40	36.35	0.269	18

从 18 个区域与最优向量的接近度可以看出(表 3),自然灾害社会脆弱性最大的是松江区, C_i 值为 0.691,其次是长宁区, C_i 分别为 0.645。社会脆弱性最低是徐汇区,其次是嘉定区; C_i 值分别为 0.269 和 0.393。其他 14 个区县 C_i 值非常接近,都在 0.4 至 0.5 之间,表明这 14 个区县的自然灾害社会脆弱性处在同一水平。

4 结论与讨论

4.1 讨论

在自然灾害社会脆弱性评价指标中,有些指标对社会脆弱性的贡献是正向的,有些是负向的,这就给自然灾害社会脆弱性评估带来困难。另外,自然灾害社会脆弱性评价目前还没有统一的标准,仍处于相对脆弱性的评价阶段。本文采用 TOPSIS 方法正好解决这类问题,它首先将正负双向影响的指标转化为同向影响的指标,然后在确定最优值和最劣值的基础上,分别计算各个评价对象与最优值和最劣值的欧氏距离,进而实现对自然灾害社会脆弱性的相对评价。

从表 4 可知,在上海市 18 个区县中徐汇区自然灾害社会脆弱性最低,松江区自然灾害社会脆弱性最高。其主要原因可能是这些地方的人口、经济、教育与医疗等因素差别巨大。尽管徐汇区人口密度显著高于松江区,但是人口素质、教育资源、医疗条件、经济条件等方面均显著高于松江区和长宁区,大大降低了徐汇区的自然灾害的社会脆弱性。在人口素质方面,根据第六次人口普查公报,徐汇区大专以上、高中文化程度的人口数以及所占常住人口的比例均远远高于松江区,例如徐汇区大专文化程度以上的人口占常住人口的 37.38%,而松江区具有大专以上文化程度的人口仅占常住人口的 15.95%。在教育资源方面,徐汇区万人教师数为 64.67 人,而松江区仅为 41.18 人。在医疗方面,徐汇区万人医生数分别为 12.38 人,万人床位数分别为 42.3 床,松江区万人医生数仅为 9.74 人,万人床位数为 24.68 床,无论万人医生数还是万人床位数都显著低于徐汇区。在经济方面,徐汇区的人均财政收入、城镇单位就业人员平均工资均远远高于松江区。

其他学者也对上海市部分区县的社会脆弱性进行了研究,如石勇等对上海市的宝山区、浦东新区、南汇区、奉贤区、金山区和崇明县六区县的自然灾害脆弱性进行了评价^[21],但评价结果与本研究略有不同。其原因可能是:①评价指标的选择和数据来源不同。本文根据 Cutter 提出的灾害社会脆弱性指标,结合上海市的实际情况,以上海市 18 个区县的人口和社会经济数据为基础,构建了自然灾害社会脆弱性指标体系,并用主成分

分析法选择重要的敏感性指标作为评价指标。②评价方法不同,如石勇等在专家打分的基础上对社会脆弱性进行评估^[22],尽管专家打分具有一定的主观性,但是它仍能客观地反映了当前专家对自然灾害脆弱性的认识水平,具有一定可信性;本文是采用 TOPSIS 方法,以上海市 18 个区县的 actual 数据为基础对社会脆弱性进行评价。

4.2 结论

自然灾害社会脆弱性反映的是人类社会系统在一定的政治、经济和文化背景下的一种抵抗灾害的能力和易于受到伤害的既定状态。对自然灾害社会脆弱性进行评估,对于区域综合防灾减灾和自然灾害应急管理具有十分重要的意义。

(1)根据 Cutter 提出的建立自然灾害社会脆弱性指标的方法,以《2011 年上海市统计年鉴》、《2011 年中国区域经济统计年鉴》和上海市 18 个区县的第六次人口普查公报为基础,构建了自然灾害社会脆弱性指标体系。

(2)采用主成分分析法从 45 个自然灾害社会脆弱性指标中选择了 16 个具有代表性的独立性强的指标作为评价指标,科学地建立了自然灾害社会脆弱性的评价指标体系。

(3)用 TOPSIS 方法对上海市 18 个区县的社会脆弱性进行了评价,结果表明松江区自然灾害的社会脆弱性最大,其次是长宁区;自然灾害社会脆弱性最小的是徐汇区,其次是嘉定区;其他 14 个区县 C_i 值在 0.4~0.5 之间,表明这 14 个区县的自然灾害社会脆弱性处在同一水平。

参考文献:

- [1] O'Keefe P, Westgate K, Wisner B. Taking naturalness out of natural disasters[J]. Nature, 1976, 260: 566-567.
- [2] Susan L Cutter. The vulnerability of science and the science of vulnerability[J]. Annals of the Association of American Geographers, 2003, 93(1): 1-12.
- [3] Juntunen L. Addressing social vulnerability to hazards[J]. Disaster safety review, 2005, 4(2): 3-10.
- [4] John A Cross. Megacities and small towns: Different perspectives on hazard vulnerability[J]. Environmental Hazards, 2001, 3: 63-80.
- [5] Bishawjit Mallick, Khan R Rahaman, Joachim Vogt. Social vulnerability analysis for sustainable disaster mitigation planning in coastal Bangladesh [J]. Disaster Prevention and Management, 2011, 20(3): 220-237.
- [6] Romieu E, Welle T, Schneiderbauer S. Vulnerability assessment within climate change and natural hazard contexts: revealing gaps and synergies through coastal applications[J]. Sustain Sci, 2010, 5: 159-170.
- [7] 张明媛,刘妍,袁永博.基于可变模糊聚类的城镇综合承灾能力评价研究[J].灾害学,2012,27(1):135-138.
- [8] Susan L Cutter, Christina Finch. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards [J]. PNAS, 2008, 105(7): 2301-2306.
- [9] Schmidtlein M C, Deutsch R C, Piegorsch W W, et al. A sensi-

- tivity analysis of social vulnerability index [J]. Risk analysis, 2008, 28(4): 1099–1114.
- [10] Barry E Flanagan, Edward W Gregory, Elaine J Hallisey, et al. A Social vulnerability index for disaster management[J]. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 2011, 8(1): 1–22.
- [11] Clark G E, Moser S C, Ratick S J, et al. Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms; The case of rever, MA, USA [J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1998, 3(1): 59–82.
- [12] Neil Adger W. Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam[J]. World Development, 1999, 27(2): 249–269.
- [13] Susan A Cutter, Bryan J Boruff, Lynn Shirley W. Social Vulnerability to Environmental hazards [J]. Social science quarterly, 2003, 84(2): 242–261.
- [14] Fekete A. Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany [J]. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2009, 9: 393–403.
- [15] Kevin A Borden, Mathew C Schmidlein, Christopher T Emrich, et al. Vulnerability of U. S. Cities to Environmental Hazards [J]. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 2007, 4(2): 1–21.
- [16] Ivar S Holand, Päivi Lujala, Jan Ketil Rød. Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach [J]. Norwegian Journal of Geography, 2012, 65: 1–17.
- [17] Annemarie Ebert, Norman Kerle, Alfred Stein. Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air-and spaceborne imagery and GIS data [J]. Nat Hazards, 2009, 48: 275–294.
- [18] Nuno Martins, Delta Sousa e Silva, Pedro Cabral. Social vulnerability assessment to seismic risk using multicriteria analysis: the case study of Vila Franca do Campo (São Miguel Island, Azores, Portugal) [J]. Nat Hazards, 2012, 62: 385–404.
- [19] 葛怡, 刘婧, 史培军. 家户水灾社会脆弱性的评估方法研究——以长沙地区为例 [J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 33–37.
- [20] 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.
- [21] 石勇, 石纯, 孙蕾, 等. 沿海城市自然灾害脆弱性评价研究——以上海浦东新区为例 [J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(4): 24–27.
- [22] 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): 165–161.
- [23] 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): 98–110.
- [24] 晏远春, 刘浩学, 张永, 等. 基于模糊TOPSIS的道路危险货物运输企业安全评价方法 [J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(9): 32–37.
- [25] 余纳新, 韩传峰. 基于层次分析法的城市灾害应急管理指标分析 [J]. 灾害学, 2013, 28(3): 152–157.
- [26] 鲁春阳, 文枫, 杨庆媛, 等. 基于改进TOPSIS法的城市土地利用绩效评价及障碍因子诊断——以重庆市为例 [J]. 资源科学, 2011, 33(3): 535–541.

Assessment of Social Vulnerability to Natural Disasters of Cities Based on TOPSIS: A Case Study of Shanghai City

Zhang Yongling and You Wenjiao

(Safety and Emergency Management Research Center of Henan Polytechnic University, Emergency management school of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: City is a place with dense population and advanced economy, where highly concentrated with social wealth as well as high social vulnerability to natural disasters. It's important to assess the social vulnerability to natural disasters of cities for which can improve the ability of cities to response to natural disasters, reduce damage and avoid loss of life caused by natural disasters. A system with forty-five indexes of social vulnerability to natural disasters is constructed based on the demographics and socioeconomic data of eighteen districts and counties in Shanghai. Sixteen sensibility indexes are selected to be the evaluation index with the method of principal component analysis. The social vulnerability to natural disasters of the eighteen districts and counties in Shanghai is assessed with the method of TOPSIS, and the characteristic of the social vulnerability to natural disasters in Shanghai is revealed. Scientific evidence for urban natural disaster risk management as well as regional comprehensive disaster prevention and mitigation are supplied.

Key words: natural disaster; social vulnerability; assessment; TOPSIS method; Shanghai city