

舟山市风暴潮承灾体脆弱性评估研究

梁鑫鑫¹, 陈洁¹, 过仲阳^{1,2}

(1.华东师范大学地理科学学院,上海 200241; 2.华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室,上海 200241)

摘要: 以舟山市为研究对象,从自然和社会两个方面出发进行脆弱性评估。选择土地利用类型为指标进行自然脆弱性评估;选取人口房屋密度、城镇化率、区域疏散度等9个指标,采用SDSVI指数与AHP决策分析法进行社会脆弱性评估,其中SDSVI指数是参考沿海脆弱性指数CVI构建的风暴潮承灾体社会脆弱性指数。在此基础上,对综合脆弱性评估进行分析与探究。结果显示,脆弱性由高到低依次为:岱山县、嵊泗县、普陀区、定海区。研究结果可为政府应对风暴潮灾害以及进一步开展相应的风暴潮灾害风险评估工作等提供科学参考。

关键词: 风暴潮灾害;脆弱性评估;GIS技术;AHP;SDSVI

中图分类号: P731.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2015)06-0080-05

1 引言

风暴潮灾害是我国频发的重大海洋灾害之一,几乎遍及中国沿海,被国家纳入民政部巨灾范畴^[1]。在全球气候变化、海平面上升和城市化快速发展的背景下,风暴潮灾害造成巨大损失的风险日益增加。因此,风暴潮灾害风险研究成为我国海洋防灾减灾面临的重大挑战之一。

目前国内外对风暴潮灾害风险的评估主要包括风暴潮过程的数值模拟、典型重现期风暴潮估计、可能最大风暴潮计算^[2-4]。对风暴潮承灾体脆弱性的评估方法主要有以下3种^[5]:基于历史灾情数据判断的区域脆弱性评估,如谭丽荣等基于近20 a风暴潮灾害损失数据,构建风暴潮灾害脆弱性指数系统,对沿海地区省级尺度上风暴潮灾害脆弱性进行了评估^[6];基于指标的区域脆弱性评估,如Li等通过指标评价体系的构建来评估广东省沿海区县风暴潮灾害脆弱性^[7];基于实际调查的承灾个体脆弱性评估,该方法主要应用灾损曲线来衡量不同强度的各灾种与损失之间的关系,以表格或曲线的形式表

示。1996年,Cutter提出了结合自然脆弱性和社会脆弱性的HOP模型,并应用到特定的地域单元^[8]。但针对区域承灾体综合脆弱性评估的研究还不是很,尤其从自然、社会和综合3个角度对区域进行系统评估的研究较为少见。

舟山市位于浙江省舟山群岛,地处杭州湾入海口,海岸线绵延曲折,故常年受台风侵袭。若适逢天文大潮,常引发严重的台风风暴潮灾害,对区域生命财产安全及经济发展构成严重损失^[9-10]。据统计,仅2008—2012年间,就有9场台风风暴潮对舟山造成不同程度的损失^[1]。灾害所造成的后果是由致灾环境的危险性和承灾体的脆弱性决定的^[11],所以承灾体的脆弱性研究对区域减灾有着极为重要的作用。因此,系统开展舟山市风暴潮承灾体脆弱性评估显得十分紧迫。2012年,浙江省人民政府出台的《浙江省海洋灾害防御“十二五”规划》指出了强化海洋灾害风险防范措施的重要性,舟山市风暴潮脆弱性评估成为浙江省海洋灾害风险评估与区划重点工程之一。基于指标体系的脆弱性评估方法是一种操作简单、易于实现的方法,所以在对舟山市

收稿日期: 2015-05-13

基金项目: 国家自然科学基金:国家理科基地科研训练及科研能力提高项目(44108150);华东师范大学大夏基金项目(2014DX-209)

作者简介: 梁鑫鑫(1995-),女,本科在读,研究方向为地理信息系统。E-mail: xxlecnugeo@163.com

通讯作者: 过仲阳(1965-),男,教授,博士,主要从事GIS系统开发与设计、虚拟地理环境、遥感图像处理和数据挖掘方向研究。
E-mail: zyguo@geo.ecnu.edu.cn

的脆弱性评估中也得到了广泛的应用。因此,本研究参考沿海脆弱性指数(Coastal Vulnerability Index, CVI)构建风暴潮承灾体社会脆弱性指数(Storm Surge Disaster Social Vulnerability Index, SDSVI),并结合土地利用类型等信息,从自然、社会和综合3个方面对舟山市风暴潮承灾体脆弱性进行系统评估,为进一步开展相应的风暴潮灾害风险评估工作等提供科学参考。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据源

本研究中,承灾体自然脆弱性评估所用的舟山市遥感影像来源于地理空间数据云^[12],土地利用类型由遥感影像解译得到;社会脆弱性评估所用数据主要来源于2012年舟山统计年鉴^[13],浙江省统计局2012年统计数据^[14],浙江省测绘与地理信息局2012年基础地理信息^[15]。

2.2 脆弱性含义

脆弱性的定义众多^[16-17],Timmerman于1981年首先提出了地学领域的脆弱性的概念^[18]。目前,脆弱性已成为一个受自然、社会、经济、环境共同影响的综合概念^[19]。本文所指的脆弱性为承灾体承受风暴潮灾害打击的能力,将从自然、社会、综合3个方面对其进行评估分析。

2.3 自然脆弱性评估方法

风暴潮承灾体自然脆弱性是指自然环境对风暴潮灾害的承受能力。本研究中,选择区域土地利

用现状来评估自然脆弱性。根据土地利用现状二级分类与脆弱性范围对应关系表^[20],将植被、水体、盐田、居民区、农田、裸地6种土地类型赋予相应的脆弱性等级,分别是2、1、3、5、4、1,等级越低代表脆弱性越低,等级越高代表脆弱性越高,进而得到区域自然脆弱性区划。

2.4 社会脆弱性评估方法

风暴潮承灾体社会脆弱性是指风暴潮承灾体受社会、经济、政治等体系影响的脆弱性。本研究中,以舟山市下辖定海区、普陀区、岱山县、嵊泗县4个区域为基本评估单元,用归纳法,选取代表性指标衡量脆弱性。基于指标体系的脆弱性评估包括敏感性、应对能力和恢复力3个方面。其中敏感性强调了承灾体本身属性,灾害发生前就存在;应对能力主要体现在灾害发生过程中;恢复力则为灾害发生之后表现出来的脆弱性属性^[21]。基于此,选择具有代表性、典型性的指标,分别衡量承灾体灾前的敏感性、灾中的应对能力和灾后的恢复力,最终选取人口房屋密度、城镇化率、财政收入、生产总值、财产险、人身险、避灾场所数、区域疏散度、男性人口比重9个指标(见表1),运用AHP(Analytical Hierarchy Process)决策法和SDSVI指数进行社会脆弱性评估。

表1 社会承灾体脆弱性评估指标表

敏感性	应对能力	恢复力
人口房屋密度	避灾场所数	财政收入
城镇化率	区域疏散度	财产险
生产总值	男性人口比重	人身险

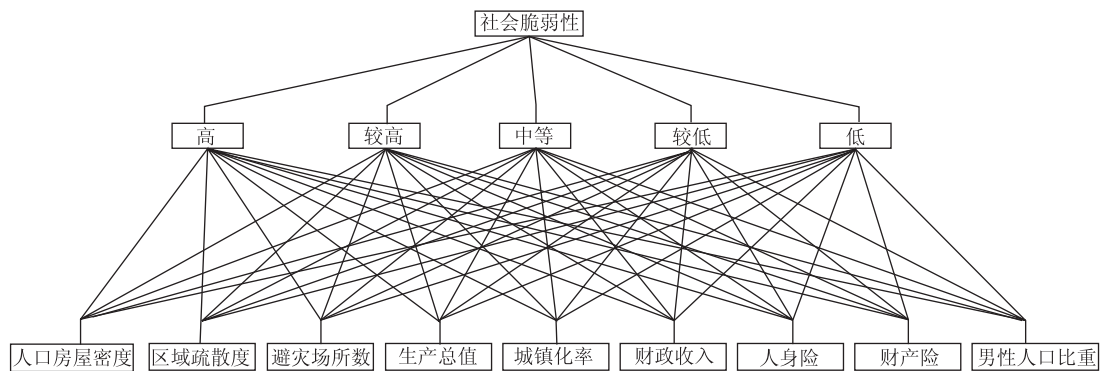


图1 AHP决策分析层次结构图

表2 准则层与方案层间判断矩阵

重要程度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	W_i
1	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	0.308
2	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	0.224
3	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	0.157
4	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	0.108
5	0.200	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	0.074
6	0.167	0.200	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	0.051
7	0.143	0.167	0.200	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000	0.035
8	0.125	0.143	0.167	0.200	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000	0.025
9	0.111	0.125	0.143	0.167	0.200	0.250	0.333	0.500	1.000	0.018

(1—人口房屋密度、2—区域疏散度、3—避灾场所数、4—生产总值、5—城镇化率、6—财政收入、7—人身险、8—财产险、9—男性人口比重)

CR=0.0343<0.10

表3 定量化处理后指标数据

地点	a	b	c	d	e	f	g	h	i
定海	1	3	3	1	5	1	1	1	3
普陀	2	2	5	3	4	2	2	2	1
岱山	4	2	4	4	3	5	5	4	4
嵊泗	5	5	1	5	1	5	5	5	5

(a—人口房屋密度、b—区域疏散度、c—避灾场所数、d—生产总值、e—城镇化率、f—财政收入、g—人身险、h—财产险、i—男性人口比重)

2.4.1 AHP决策法

采用AHP决策法来确定各社会脆弱性评估指标的权重,权重即衡量各项指标和准则层对其目标层贡献程度大小的物理量。首先建立层次结构(见图1);第2步,通过构造判断矩阵(见表2)将某一层中的要素与高一层因素之间的相对重要程度表示出来,比较本层次的各因素与某一因素之间的相对重要程度;第3步,计算权重。

在得到各指标权重的基础上,计算社会脆弱性指数。为统一评价标准,基于每个指标的风险等级,分别将各等级赋予相应的数值(见表3),其中1—5分别表示低、较低、中等、较高、高,将定量化处理后的指标与相应的权重相乘,并加权求和,得风暴潮承灾体社会脆弱性指数,公式为:

$$R = \sum_{i=1}^n F_i \times W_i \quad (1)$$

式中: R 为承灾体社会脆弱性指数, F_i 为各指标的标准值, W_i 为第*i*种指标的权重。

2.4.2 SDSVI指数

SDSVI是基于海岸带脆弱性指数CVI的构建方法与评价思路构建的风暴潮灾害社会脆弱性指数,用于衡量风暴潮承灾体社会脆弱性程度。公式为:

$$SDSVI = \sqrt{\frac{abcdefghi}{9}} \quad (2)$$

式中: a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 、 h 、 i 分别表示人口房屋密度、城镇化率、财政收入、生产总值、财产险、人身险、避灾场所数、区域疏散度、男性人口比重9个指标定量化处理后的值。

3 结果分析

3.1 风暴潮自然脆弱性分析

根据上述方法,得到舟山市风暴潮承灾体自然脆弱性分布图(见图2)。

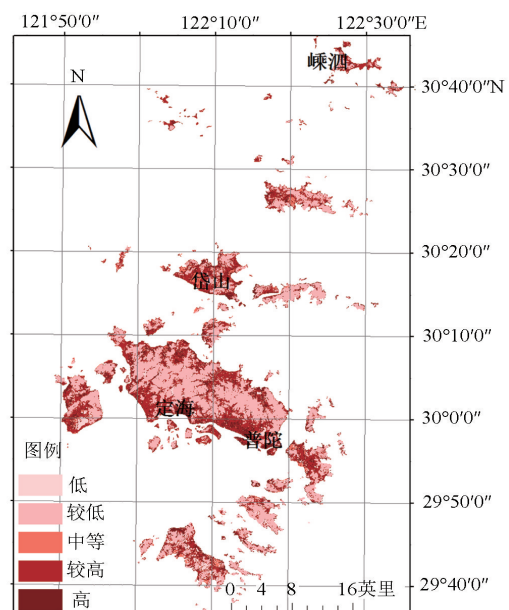


图2 自然脆弱性分布图

通过自然脆弱性分布图进行舟山市风暴潮承灾体自然脆弱性评估,可得出如下结论:不同土地利用类型对风暴潮的承受能力存在差异,由于沿海岸多为居民区、农田、盐田,土地脆弱性等级较高,尤其是普陀区,沿岸居民区和农田密集,因此普陀区沿岸承灾体自然脆弱性等级高,易遭受风暴潮灾害。

3.2 风暴潮社会脆弱性分析

根据构造的层次结构模型及6个判断矩阵进行分析,得到各指标对脆弱性影响的权重值(见表4)。结果显示社会脆弱性评估中起决定性作用的指标为人口房屋密度、区域疏散度、避灾场所数。根据公式(1)和(2)计算得出定海区、普陀区、岱山县、嵊泗县4个区域的社会脆弱性指数分别为:2.627 5、2.231 3、3.263 7、4.179 7,SDSVI指数分别为:3.873 0、14.605 9、130.639 5、93.169 5。

表4 各指标权重值

指标	权重
人口房屋密度	0.308 1
区域疏散度	0.223 5
避灾场所数	0.157 0
生产总值	0.108 4
城镇化率	0.074 3
财政收入	0.050 9
人身险	0.035 2
财产险	0.024 7
男性人口比重	0.017 9

结果显示:岱山县和嵊泗县的社会脆弱性程度较高,人口房屋密度、区域疏散度、避灾场所数对社会承灾体脆弱性的影响很大,相关部门应结合当地的实际情况,重点从这3方面着手,降低风暴潮承灾体的脆弱性,增强承灾体抗风暴潮打击的能力。

需要指出的是,通过AHP决策法和SDSVI指数得到的评估结果有一定的差异,这是因为两种方法中评估者的主观想法会影响分析所得结果,如AHP决策法中判断矩阵的构建。

3.3 风暴潮承灾体综合脆弱性评估探讨

脆弱性包括自然脆弱性和社会脆弱性,灾害损

失大小随着地理因素的影响与地区社会结构的不同而不尽相同,自然与社会脆弱性共同作用决定了整个区域的脆弱性。因此,基于风暴潮承灾体自然和社会评估对研究区进行风暴潮承灾体综合脆弱性评估具有重要意义。

在本研究中,在研究区域范围内,可知岱山县的承灾体综合脆弱性是最高的。无论从土地利用类型的自然层面出发,还是通过社会经济指标的评估,岱山县的风险等级均处于较高的位置。因此,岱山县应加强防灾减灾能力,以应对台风风暴潮灾害。而经济相对发达的定海区和普陀区,虽然脆弱性等级相对较低,但应当重视城镇化率上升、人口房屋密度过大可能造成的威胁。

4 结论与讨论

本文以舟山市为研究对象,对风暴潮承灾体自然脆弱性、社会脆弱性及综合脆弱性进行了系统的评估研究,主要得出以下3点结论:

(1)利用土地利用现状对研究区进行风暴潮承灾体自然脆弱性评估,结果表明:不同土地利用类型对应的脆弱性程度存在差异,其中居民区、农田、盐田的土地脆弱性等级较高,而普陀区沿海岸密集分布着居民区和农田,因此普陀区沿岸承灾体自然脆弱性等级高,易遭受风暴潮灾害;

(2)运用AHP决策法和SDSVI指标对研究区的社会脆弱性进行评估,研究结果显示:岱山县和嵊泗县的脆弱性程度较高,定海区和普陀区次之;在人口房屋密度、城镇化率、财政收入、生产总值、财产险、人身险、避灾场所数、区域疏散度、男性人口比重9个指标中,人口房屋密度、区域疏散度、避灾场所数3指标对社会承灾体脆弱性的影响所占比重较大,因此可以采取增加应急避灾场所、完善区域疏散布局等措施来降低研究区域承灾体的社会脆弱性;

(3)综合自然脆弱性和社会脆弱性分析结果可知:舟山市风暴潮承灾体综合脆弱性由高到低依次为岱山县、嵊泗县、普陀区、定海区。

由于数据获取有限且脆弱性研究的相关问题较为复杂,本研究还存在不足,对于风暴潮承灾体脆弱性评估的新思路和方法还有待进一步的探讨。

参考文献:

- [1] 国家海洋局. 中国海洋灾害公报[EB/OL]. <http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghyzhgb/>, 2014-10-05.
- [2] 许世远, 王军, 石纯, 等. 沿海城市自然灾害风险研究[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 127-138.
- [3] 赵庆良, 许世远, 王军, 等. 沿海城市风暴潮灾害风险评估研究进展[J]. 地理科学进展, 2007, 26(5): 32-40.
- [4] 王国栋, 康建成, 闫国东. 沿海城市风暴潮灾害风险评估研究述评[J]. 灾害学, 2010, 25(3): 114-118.
- [5] 尹占娥, 许世远. 城市自然灾害风险评估研究[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 12-14.
- [6] 谭丽荣, 陈珂, 王军, 等. 近20年来沿海地区风暴潮灾害脆弱性评价[J]. 地理科学, 2011, 31(9): 1111-1117.
- [7] Li K, Li G S. Vulnerability Assessment of Storm Surges in the Coastal Area of Guangdong Province[J]. Natural Hazards and Earth System Science, 2011, 11(7): 2003-2010.
- [8] 黄建毅, 刘毅, 马丽, 等. 国外脆弱性理论模型与评估框架研究评述[J]. 地域研究与开发, 2012, 31(5): 1-5, 15.
- [9] 项素清, 曹美兰. 舟山港台风风暴潮的气候特征[J]. 海洋预报, 2003, 20(2): 67-73.
- [10] 舟山天气网[EB/OL]. <http://www.zs121.com.cn/>, 2014-10-05.
- [11] 樊运晓, 罗云, 陈庆寿. 区域承灾体脆弱性评价指标体系研究[J]. 现代地质, 2001, 15(1): 113-116.
- [12] 地理空间数据云[EB/OL]. <http://www.gscloud.cn/>, 2014-10-08.
- [13] 舟山群岛新区统计信息网. 2012 舟山统计年鉴[EB/OL]. <http://www.zstj.net/tjnjData/?Year=2012>, 2014-10-08.
- [14] 浙江统计信息网[EB/OL]. <http://www.zj.stats.gov.cn/>, 2014-10-08.
- [15] 浙江省测绘与地理信息局[EB/OL]. <http://www.zjch.gov.cn/>, 2014-10-08.
- [16] Adger W N. Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam[J]. World Development, 1999, 27(2): 249-269.
- [17] 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.
- [18] Timmerman P. Vulnerability, Resilience and Collapse of Society: A Review of Models and Possible Climatic Applications[M]. Toronto: Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1981: 1-42.
- [19] Birkmann J. Measuring Vulnerability to Hazards of National Origin[M]. Tokyo: UNU Press, 2006: 271-289.
- [20] 国家海洋局. 风暴潮灾害风险评估与区划技术导则(试行)[Z]. 2012.
- [21] 王军, 叶明武, 李响, 等. 城市自然灾害风险评估与应急响应方法研究[M]. 北京: 科学出版社, 2013.

Storm surge vulnerability assessment study of Zhoushan City

LIANG Xin-xin¹, CHEN Jie¹, GUO Zhong-yang^{1,2}

(1. School of Geographic Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241 China;

2. Key Laboratory of Geographic Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200241 China)

Abstract: Taken Zhoushan City as the research object, storm surge vulnerability assessment in physical and social aspects is completed. For the nature aspect, vulnerability is ranked based on land use types. As for social vulnerability assessment, nine indexes are selected such as population-building density, urbanization rate and the degree of regional evacuation, the methods are AHP decision analysis method and SDSVI index. SDSVI index which means Storm Surge Disaster's Social Vulnerability Index is built according to the assessment method of Coastal Vulnerability Index (CVI). On this basis, we try to explore the comprehensive vulnerability assessment. The results show that the vulnerability in sequence from high to low is Daishan County, Shengsi County, Putuo County, Dinghai County. The results can be provided for the government's response to the storm surge disaster and the further study.

Key words: storm surge disaster; vulnerability assessment; GIS; AHP; SDSVI