

安徽省淮河流域水灾脆弱性特征及影响因素

顾留碗¹, 王春¹, 李伟涛¹, 杨忠祥²

(1. 滁州学院 地理信息与旅游学院, 安徽 滁州 239012; 2. 南通市国土资源局, 江苏 南通 226500)

摘要: 利用历史灾情数据表征区域承灾体的脆弱性, 分析了安徽省淮河流域水灾脆弱性特征。借助灰色关联度分析方法对水灾脆弱性指标进行反演, 研究了影响水灾脆弱性的主要因素。结果表明: (1) 安徽省淮河流域水灾脆弱性由淮河干流向两侧递变, 由淮河以南向淮河以北逐渐降低; (2) 人均 GDP、年降水量、人口密度和水灾脆弱性有较强的相关关系; (3) 除涝面积、防洪面积等和水灾脆弱性相关关系很弱。该研究可为区域减灾政策的制订与调整提供科学依据。

关键词: 水灾; 脆弱性; 灰色关联度; 淮河流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0071-04

中图分类号: P954

Vulnerability Characteristics of Flood Disasters and Their Impact Factors in the Huaihe River Basin of Anhui Province

GU Liu-wan¹, WANG Chun¹, LI Wei-tao¹, YANG Zhong-xiang²

(1. College of Geographic Information and Tourism, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239012, China;

2. The Bureau of Land Resources of Nantong, Nantong, Jiangsu 226500, China)

Abstract: Vulnerability characteristics of the Huaihe River floods are analyzed based on the historical disaster data to represent the vulnerability of hazard bearing body. The impact factors for the flood vulnerability are investigated by means of the gray relational analysis method for the inversion of food vulnerability indices. Results show that (1) the vulnerability of flood disasters in the Huaihe River basin decreases from the stem river to both sides. There is also a south to north decreasing trend in the whole basin. (2) The GDP per capita, annual precipitation and the density of population in the basin have a significant correlation with the vulnerability of flood disasters. (3) Waterlogging control area and flood control area are weakly correlated with the flood vulnerability. The study may provide a scientific basis of policy making and adjustment for regional disaster mitigation.

Keywords: flood disaster; vulnerability; gray correlation; Huaihe River basin

洪水灾害是一种突发性强, 频率高, 分布广的严重自然灾害, 在我国约有 50% 的人口和 70% 的财产分布在洪水威胁区内^[1]。近年来, 连续性暴雨造成的局地内涝或大范围洪涝交替发生, 频繁的洪水灾害对农业生产、国民经济发展和社会稳定造成了巨大的影响, 有效的灾害防治迫在眉睫。

灾害系统论者认为, 自然灾害是致灾因子和脆弱性共同作用的产物^[2], 承灾体脆弱性对灾害起着“放大”或“缩小”的作用^[3]。大量的灾害案例表明, 承灾体的脆弱性是导致灾害产生巨大损失的重要原因^[4],

降低承灾体的脆弱性成为区域减灾的首要任务。

近年来, 国内外学者在灾害脆弱性的概念^[5-7]、研究框架^[8]和脆弱性评价^[9-14]等方面做了大量的工作。总体来说, 灾害脆弱性评价方法主要有指标体系法、脆弱性函数法及灾损曲线法等。当前表征的脆弱性的指标仍存在较大争议, 指标权重设定和脆弱性函数构建存在一定的主观性, 灾损曲线理论根据或方法论基础不够严密, 使评价结果的可信度大大削减。本文从历史灾情数据出发, 对淮河流域安徽段 9 个城市水灾进行宏观脆弱性分析, 以此为基础并参考相关研

收稿日期: 2011-10-08

修回日期: 2011-11-20

资助项目: 国家自然科学基金青年项目“DEM 地形描述误差的区域差异性研究”(41001301); 安徽教育厅自然科学基金项目“安徽省洪涝灾害孕险基础地理环境分析及数据产品构建”(KJ2010B422)

作者简介: 顾留碗(1981—), 男(汉族), 江苏省南通市人, 硕士, 讲师, 主要从事自然灾害评估与 GIS 应用研究。E-mail: Gladwin_1981@126.com。

究,应用灰色关联度分析方法对水灾脆弱性指标进行反演,探究淮河流域安徽段水灾脆弱性的影响因素,以为区域减灾政策的制订与调整提供科学参考,同时也可对灾害脆弱性指标体系的完善提供依据。

1 研究样区及数据

1.1 研究区概况

安徽省淮河流域地处淮河中游,干流河道比降平缓,两岸湖泊洼地众多,省境内流域面积 $6.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省总面积近 1/2,流域范围主要包括合肥、淮北、亳州、宿州、蚌埠、阜阳、淮南、滁州、六安等地区。流域两岸支流众多,淮河以北为大平原,西北高东南低,支流坡缓流长;淮河以南为大别山区和江淮丘陵区,支流坡陡流短。流域多年平均降水量 $750 \sim 1\,400 \text{ mm}$, 由南向北递减,年内和年际变化都很大,一年中 6—9 月雨量占全年 60% 以上,最大年降水量与最小年降水量相差 3~5 倍。特定的地理位置和特殊的气候条件,导致安徽省淮河流域洪涝灾害频发。1991, 2003, 2007 年淮河先后发生流域性大洪水,农作物累计洪涝受灾面积 $2.13 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 成灾约 $1.58 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 死亡 1 577 人,倒塌房屋 494.2 万间,造成直接经济损失 1 486 亿元^[15]。

1.2 数据资料

(1) 历史灾情数据。指淮河流域安徽段 1991—2010 年水灾的受灾、成灾及绝灾面积(数据来源于安徽省民政厅)。受灾、成灾及绝灾面积本质上意义相同,通常指年内因遭受旱灾、水灾、风雹灾、霜冻、病虫害及其他自然灾害等造成农业损失所覆盖的面。经咨询相关专家,安徽省统计年鉴编制时一般把农作物实际收获量较常年产量减少 3 成以上的播种面积定义为成灾面积,减少 7 成以上定义为绝灾面积。

(2) 社会经济数据。主要包括 2002 和 2009 年的人口、土地面积、GDP、年降水量、耕地面积、除涝面积、防洪耕地面积、水库数、水库容量、森林覆盖率、人口密度、人均 GDP 等,上述数据来源于安徽省历年的统计年鉴。

2 淮河流域水灾脆弱性特征分析

参考全球尺度灾害风险评估国际计划(DRI)和多发区指标计划(HOTSPOTS)的基本思路,即利用历史灾情数据表征区域承灾体的脆弱性^[16-17]。受数据完整性的限制,本文采用成灾面积与受灾面积(1991—2003 年)、绝灾面积与受灾面积(2004—2010 年)的比值作为衡量水灾脆弱性的标准,分 2 个时段对淮河流域安徽段各城市进行水灾脆弱性特征分析(图 1)。

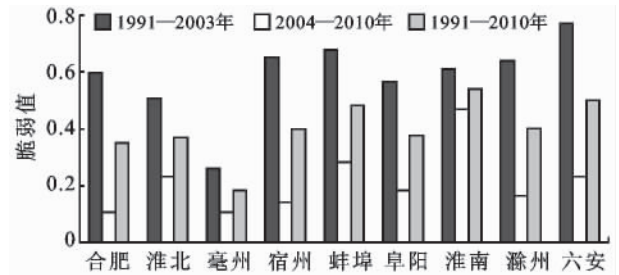


图 1 安徽省淮河流域 3 时段平均状态下水灾脆弱性比较

由评估结果可知:(1)除淮南、淮北、六安之外,2 个时段脆弱性特征基本吻合;(2)水灾脆弱性存在一定的区域分异规律,水灾脆弱性沿淮河干流向两侧递变;(3)以近 20 a 平均水平相比,安徽省淮河流域脆弱性从大到小为:淮南、六安、蚌埠、滁州、宿州、阜阳、淮北、合肥、亳州,从淮河以南到淮河以北脆弱性逐渐降低。

社会经济因素在脆弱性评价指标中被公认为双刃剑,财富和人口的集中一方面会加剧灾害的损失,另一方面也有利于通过加大防灾设施投资力度,改善社会的减灾体制,从而增强社会抵御灾害的综合能力^[18]。

用脆弱性与安徽省淮河流域各城市社会经济情况的对比,发现除淮南、淮北 2 城市出现正相关关系外,其他城市均存在较明显的反相关关系。

3 淮河流域水灾脆弱性影响因素

3.1 研究方法

灰色关联分析是在灰色系统的基础上,用关联度的大小来描述系统发展过程中各因素间相对变化情况的一种方法,该方法对样本量的多少和样本有无规律都同样适用,因而弥补了用数理统计方法作系统分析时所导致的缺憾,在很多领域得到广泛应用^[19]。本文在前人研究水灾脆弱性指标体系的基础上,从影响脆弱性的社会经济因素方面筛选指标,利用灰色关联分析方法,以上文水灾脆弱性为参考数据,尝试对淮河流域安徽段水灾脆弱性影响因素进行反演分析。

3.2 原始数据无量纲化

由于系统中各因素的量纲(单位)不同,数据难以直接进行比较,因此需要进行无量纲处理,转换为可比较的数据序列。一般情况下,对于较稳定的社会经济系统数列作动态序列的关联度分析时,多采用初值化变换^[20],本文采用初值化方法,其公式如下:

$$X_{ij}' = X_{ij} / X_{i0} \quad (1)$$

式中: X_{ij}' ——第 i 行第 j 列的一个数值的无量纲值;

X_{ij} ——第 i 行第 j 列的一个数值; X_{i0} ——第 i 行变量的第一个数据。

表 1—2 为 2002 和 2009 年社会经济因素集初值化结果。

表 1 2002 年社会经济因素集初值化结果

地区	人口	土地面积	GDP	年降水量	耕地面积	除涝面积	水库数	人口密度	人均 GDP
合肥市	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
淮北市	0.45	0.39	0.29	0.62	0.53	5.88	0.01	1.16	0.64
亳州市	1.19	1.21	0.42	0.69	1.96	19.30	0.00	0.99	0.35
宿州市	1.31	1.39	0.50	0.62	1.98	16.67	0.14	0.94	0.38
蚌埠市	0.77	0.84	0.46	0.81	1.13	10.45	0.07	0.91	0.60
阜阳市	2.00	1.39	0.51	0.95	2.28	20.10	0.00	1.44	0.25
淮南市	0.47	0.30	0.37	0.87	0.39	4.43	0.01	1.55	0.78
滁州市	0.96	1.99	0.68	0.85	1.58	3.45	1.79	0.48	0.71
六安市	1.49	2.56	0.48	1.23	1.69	9.74	1.92	0.58	0.32

表 2 2009 年社会经济因素集初值化结果

地区	人口	土地面积	GDP	年降水量	耕地面积	除涝面积	水库容量	森林覆盖率	人口密度	人均 GDP	防洪耕地面积
合肥市	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
淮北市	0.44	0.39	0.18	0.86	0.62	6.48	0.01	0.97	1.14	0.44	4.39
亳州市	1.21	1.21	0.21	0.86	2.27	21.66	0.00	1.10	1.00	0.20	15.31
宿州市	1.29	1.39	0.26	0.78	2.18	18.39	0.06	1.86	0.93	0.23	18.67
蚌埠市	0.73	0.84	0.25	0.93	1.32	11.43	0.03	0.83	0.87	0.36	12.37
阜阳市	2.04	1.39	0.29	0.99	2.62	22.08	0.00	1.06	1.46	0.18	16.05
淮南市	0.49	0.30	0.24	1.02	0.52	2.16	0.02	0.40	1.64	0.53	4.75
滁州市	0.92	1.99	0.27	1.06	1.81	3.04	2.36	0.77	0.46	0.34	3.24
六安市	1.44	2.56	0.27	1.31	1.97	3.83	5.80	2.24	0.56	0.22	9.46

3.3 关联度计算

以 2000—2003 年,2004—2009 年淮河流域水灾脆弱性为参考序列,记为 y_1, y_2 。可能影响水灾脆弱性的社会因素集:人口 x_1 ,土地面积 x_2 ,GDP x_3 ,年

降水量 x_4 ,耕地面积 x_5 ,除涝面积 x_6 ,防洪耕地面积 x_7 ,水库数 x_8 ,水库容量 x_9 ,森林覆盖率 x_{10} ,人口密度 x_{11} ,人均 GDP x_{12} 。

分别求 x_1, x_2, \dots, x_{12} 与 y_1, y_2 的灰色关联度:

$$\gamma(y_i(k), x_j(k)) = \frac{\min_j \min_k |y_i(k) - x_j(k)| + \xi \max_j \max_k |y_i(k) - x_j(k)|}{|\min_j \min_k |y_i(k) - x_j(k)| + \xi \max_j \max_k |y_i(k) - x_j(k)|} \quad (2)$$

$$\gamma(y_i, x_j) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \gamma(y_i(k), x_j(k)) \quad (3)$$

式中: $\gamma(y_i, x_j)$ —— y_i 与 x_j 的灰色关联度; ξ ——分辨系数,取值通常在 0~1 范围之内,本文取值 0.5。

以 2002,2009 年为例分别与 1991—2003,2004—2010 年淮河流域水灾脆弱性进行关联度分析,计算结果如表 3—4 所示。

表 3 1991—2003 年淮河流域水灾脆弱性影响因子关联度

变量名称	人口	土地面积	GDP	年降水量	耕地面积	除涝面积	水库数	人口密度	人均 GDP
关联度	0.949	0.931	0.987	0.971	0.918	0.612	0.940	0.945	0.975
排序	4	7	1	3	8	9	6	5	2

表 4 2004—2010 年淮河流域水灾脆弱性影响因子关联度

变量名称	人口	土地面积	GDP	年降水量	耕地面积	除涝面积	水库容量	森林覆盖率	人口密度	人均 GDP	防洪耕地面积
关联度	0.931	0.916	0.984	0.938	0.894	0.614	0.922	0.924	0.936	0.987	0.597
排序	5	8	2	3	9	10	7	6	4	1	11

3.4 结果分析

计算结果显示,表 3—4 中的关联度排序基本一致,灰色关联度值依次为:人均 GDP(GDP)、年降水量、人口密度(人口)、森林覆盖率、水库容量(水库数)、土地面积、耕地面积、除涝面积、防洪耕地面积。人均 GDP(GDP)、年降水量、人口密度(人口)是近 10 a 来安徽省淮河流域水灾脆弱性的主要影响因素,结果与 DRI 计划分析的水灾脆弱性主要影响因素基本吻合;森林覆盖率和水库容量(水库数)灰色关联度值居中,说明退耕还林、水库建设在防灾减灾方面有较好的作用,而兴修治涝工程或安装排涝机械等除涝、防洪工作还需进一步加强。

4 结论

本文利用历史灾情数据,初步揭示了安徽省淮河流域水灾脆弱性由淮河干流向两侧递变、由淮河以南向淮河以北逐渐降低的分异特征,并分析了影响安徽省淮河流域水灾脆弱性的主要因素,发现人均 GDP(GDP)、年降水量、人口密度(人口)和水灾脆弱性有较强的相关关系,森林覆盖率、水库容量一定程度上影响水灾脆弱性,而除涝工程、防洪耕地等和水灾脆弱性相关性不强。本文是在不考虑自然因素的前提下,分析影响水灾脆弱性的影响因素,故分析结果还具有一定的局限性,脆弱性形成的原理及机制仍需深入探讨。

[参 考 文 献]

- [1] 陈华丽,陈刚,丁国平. 基于 GIS 的区域洪水灾害风险评估[J]. 人民长江,2003,34(6):49-51.
- [2] Blaikie, Cannon T, Davis I, et al. At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters [M]. London: Routledge, 1994:141-156.
- [3] 樊运晓,陈庆寿,罗云. 区域减灾与可持续发展[J]. 灾害学,1999;93-96.
- [4] 陈婧,刘婧,王志强,等. 中国城市综合灾害风险管理现状与对策[J]. 自然灾害学报,2006,25(6):17-22.
- [5] Burton I, Katets R W, White G F. The environment as hazard [M]. 2nd ed. New York: The Gailford Press, 1993.
- [6] 商彦蕊. 人为因素在农业旱灾形成过程中所起作用的探讨:以河北省旱灾脆弱性研究为例[J]. 自然灾害学报,1998,7(4):35-43.
- [7] Birkmann J. Risk and vulnerability indicators at different scales [J]. Environmental Hazards, 2007,7(1): 20-31.
- [8] Turner B L, Kasperson R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science [J]. PNAS, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [9] Clark G E. Assessing the vulnerability to coastal community to extreme storms: The case of revere, MA, USA [J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2001(3): 59-82.
- [10] Chang H. Development of a comprehensive vulnerability assessment model for local communities using GIS [D]. New York: Cornell University, 2001.
- [11] 樊运晓,高朋会,王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型[J]. 灾害学,2003,18(3):20-23.
- [12] 汪朝辉,王克林,熊鹰,等. 湖南省洪涝灾害脆弱性评估和减灾对策研究[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(6):586-59.
- [13] 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.
- [14] 刘兰芳,关欣. 农业水灾脆弱性综合评价及生态减灾研究:以湖南省为例[J]. 水土保持学报,2006,20(2):188-19.
- [15] 王家先,施宏江. 安徽省近三十年洪涝灾害及防灾减灾[J]. 江淮水利科技,2009(2):7-8.
- [16] Pelling M. Visions of risk: a review of international indicators of disaster risk and its management[R]. ISDR/UNDP: King's College, University of London, 2004:1-56.
- [17] 黄蕙,温家洪,司瑞洁,等. 自然灾害风险评估国际计划述评 I:指标体系[J]. 灾害学,2008,23(2):112-116.
- [18] 石勇,石纯,孙蕾,等. 沿海城市自然灾害脆弱性评价研究[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(4):24-27.
- [19] 刘思峰,郭天榜. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,1999:2-3.
- [20] 陈用芳,邢志平. 基于灰色关联理论的人力资本与经济增长关系研究[J]. 沿海企业与科技,2007,89(10):11-14.