

Flood and Water-Logging Disaster Risk Analysis and Research of Bazhong City

Menghao Xi¹, Qihong Zhao², Ningcheng Yang¹

¹ Department of Economics and Management, Institute of Disaster Prevention, East Beijing 101601, China

² School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China

巴中市洪涝灾害风险分析与研究

郝蒙浩¹, 赵秋红², 杨柠桢¹

¹ 防灾科技学院经济管理学系, 北京东燕郊 101601, 中国

² 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100191, 中国

Abstract

Flood natural disasters to the human society has caused heavy casualties and property losses, etc., based on the statistical analysis of Sichuan Bazhong flood formation mechanism of natural disasters, on the basis of using risk management theory and methods of building mathematical model for the evaluation of flood disaster risk, determine the risk value of flood disasters in this region, and put forward the region on the basis of flood disaster risk prevention countermeasures, to reduce the risk of flood disaster brought the loss.

Keywords: Bazhong, flood, risk

摘要

洪涝自然灾害的发生给人类社会造成重大人员伤亡、财产损失等, 本文在统计分析四川省巴中市洪涝自然灾害形成机理的基础上, 运用风险管理理论和方法, 构建洪涝灾害风险评估数理模型, 确定本地区洪涝灾害的风险值, 并在此基础上提出本地区洪涝灾害风险防范对策, 以降低洪涝灾害带来的风险损失。

关键词: 巴中市, 洪水, 风险

1. 引言

“洪水”是指自然界中的江、河、湖、海等载体所含的水量快速猛增, 水位急速上涨超过常规水位时

造成破坏的一种自然现象。当洪水成灾, 对人类部分或者整体造成直接和间接破坏和损害时, 被称为“洪涝灾害”。它是洪水孕灾环境、致灾因子与承灾体之间相互作用的结果, 由此造成的灾害称为洪涝灾情。学术界对洪水自然灾害已经开展了阶段性的研究。赵思建和张峭(2013)^[1]针对空间小尺度下, 灾害样本数量少的问题, 提出一种气象数据与农作物洪涝脆弱性相结合的风险评估方法, 采用反距离权重法和非参数核密度的信息扩散模型, 得出县级分月农作物洪涝灾害风险值。李帅杰等(2013)^[2]提出福州市暴雨与外江洪水预警方案, 并利用仿真模型进行设定情景下的洪水风险模拟实验。庞西磊(2013)^[3]运用信息扩散技术, 构建暴雨致灾因子和人口承灾体之间关系的模型, 为自然灾害风险评估提供了依据。王建华(2011)^[4]运用模糊综合评判法构建了洪水灾害风险评估模型。田玉刚等(2012)^[5]对致灾因子危险性、孕灾环境危险性和承灾体脆弱性进行叠加, 得出洞庭湖地区洪水灾害综合风险等级划分。薛晔等(2012)^[6]利用模糊近似推理理论和方法, 建立多灾种综合风险评估软层次模型。程先福等(2013)^[7]选取安徽沿江地区降雨量、暴雨次数、植被覆盖率等十个评价指标, 运用层次分析法和熵值法, 构建该区域洪灾风险指数图和风险等级图。

本文在借鉴前人研究成果基础上, 就巴中地区的洪水灾害情况, 将洪水灾害的一些影响因素转换为定量数据, 采用风险评估模型从各方面角度分析其机理, 利用层次分析法软件对搜集的数据进行分

析、检验、修正,然后得出该地区最终的洪水风险评估值和结论。最后在实证分析的基础上对不同区域的实际情况作出分析,最后再从利好社会发展的角度提出政策建议。

2. 洪涝灾害风险评价指标分析

洪涝灾害形成损失风险的原因一般主要取决于致灾因子、孕灾环境和承灾体的属性三方面,因此,区域洪涝灾害风险评估指标应包括危险性、暴露性、以及易损性三大类。这其中危险性可看作对致灾因子、孕灾环境的指标;承灾体的属性在此分解为暴露性和易损性两个指标。前者代表承灾体在空间上的分布情况,后者则描述了承灾体自身遭受到的洪涝灾害破坏、伤害或损伤等特性。

2.1 危险性

一个地区范围内洪涝灾害的大小是由多种因素共同影响决定的,这其中既有致灾因子方面的因素,另一方面又有孕灾环境等方面原因。对于局部地区小范围内来说,它的洪涝相对的危险性在更大程度上是侧重地理方面因素的影响而更明显,而一般天气气象因素则不是主要影响因素。而在地理因素之中,对洪涝危险性的影响最大的又以地形因素为主,然后依次是降雨量大小,植被、土壤的属性等。因此对洪涝灾害危险性的评估指标的选取如下:

降水因素。降水对洪灾的形成和发展有着重要影响。一般情况下,降雨的强度、经历的时间和范围将直接影响所形成的洪涝的径流量从而影响洪涝灾害的危害程度。降雨强度越大、持续时间越长、包含范围越广,就越容易形成危害大的洪涝。再有,洪涝中的泥沙量、伴随污染物含量对扩大灾害危害性也有很大影响。当洪涝中的含泥沙量高,尤其是水中携留有大块石头、木头等硬质物品时,洪涝的危险性也就随之大幅提高。但鉴于其具体数值较难获得和分析,所以本文所建立的评价体系中不予考虑此因素。

地形地貌因素。一般认为,地形因素对洪涝的危险性影响主要是包括两个方面:一是俗话说“水往低处流”,所以地势相对较低的地方较地势相对较高的地方就更容易遭受到洪涝的侵袭,即绝对高度越是低的地方,洪涝的危险性也就相对越高;二是地势比较平坦的地方,由于积水不易排泄出去而容易内涝致灾,即相对高度越低,洪涝的危险性相对也就越高。

河湖网络因素。洪水在河道内的正常流动不会致灾,一旦溢出河道,则成为灾害性洪水,有可能致

灾。毫无疑问,离河道愈近的地方,遭受洪水侵袭的可能性愈大,且洪水的冲击力愈强,洪水危险性愈高。不同级别的河流其影响力及影响范围也是不同的。干流较一级支流、一级支流较二级支流具有更强的影响力和更大的影响范围。不合理的人为活动对河湖调节洪水的能力有巨大影响,比如围湖造田就直接减弱了湖泊的蓄洪能力。

植被和土壤因素。植被因素对降水的有效下渗吸收有较大影响,从而对洪涝危险性的分布也有很大间接影响。森林植被在降雨过量时能在一定程度上能削弱一定洪峰的流量和速度,暂时延缓洪峰到来的时间。反之,如果森林植被遭到的大量砍伐而无补充,长期必然会导致严重的水土流失和生态失衡,使洪涝汇流速度加快,从而增大了洪涝的危险性,影响是长远的^[8]。洪涝灾害对耕地土壤的破坏主要有水冲沙压,毁坏农田和加剧土地盐碱化的发展两个方面。

2.2 暴露性和易损性

一旦发生了洪涝灾害,其对人类社会的影响则是多方面的,大致归纳下,洪涝灾害对承灾体的影响对象可以分为如下几类:

生命影响因素。洪涝灾害对人类社会的重大影响无疑首先表现为人口的大量伤亡,一个区域最大可能的人员伤亡,首先就与人口密度有关。区域人口密度越大,遭受洪灾时,就可能使更多的生命遭受损失。而人口密度过大带来的直接后果就是增加了区域的环境压力,在一定程度上加剧了人与环境之间的矛盾,同时对经济社会发展产生了多方面复杂的影响。洪涝灾害的不利影响着重表现为对社会的影响和人员的大量意外伤亡,包括死亡遇难、失踪失联、受伤以及紧急转移等,是评估洪涝灾害风险水平的重要指标。

农业因素。在我国,第一产业是基础性产业,农业是广大农村地区洪涝灾害的主要承灾体,农业方面的损失在洪涝灾害导致的总损失中也占有相当的比例。遇到严重的洪涝灾害,常常容易造成大片农田被淹没、农作物被毁坏,甚至让作物减产绝收。农业方面的损失常常还会导致相关行业的严重损失,比如加工业、纺织业等。农业其实是一个比较复杂的概念,不单单指粮食作物,一般还可以细分为林业、畜牧业、渔业等。

经济因素。经济因素是一把双刃剑,一方面,社会财富集中的地区洪水灾害造成的损失可能更大;另一方面,如果一个地区经济实力雄厚它就有充足的财源来改善社会的防灾减灾机制,增强其防

灾减灾能力。严格地区分, 洪涝灾害对工业、农业、商业和居民私有财产所产生的影响都应该归属于经济影响的范畴, 但是本文为了统计和计算方便, 这里所说的经济影响不包含农业部分的影响, 则主要是包含洪涝灾害对城乡范围内的工商企业、居民私有家庭财产等的影响。

环境因素。洪涝泛滥时, 将夹杂了沿途许多垃圾、污水等四处漂流漫溢, 河流、池塘、井水等干净水源都会受到病菌、虫卵的威胁, 人们饮用后导致多种疾病爆发, 严重危害到了人民的身体健康。另外, 当一些工业厂矿遭到洪涝淹没之后, 一些有毒有害的重金属元素和其他化学污染物质融入水流被大范围扩散, 对水质也造成了严重的污染。常言道“大灾之后有大疫”, 洪涝灾害后爆发的瘟疫就主要是由于水体受到了污染所造成的。洪涝灾害对环境的影响主要是对于自然保护区、动物栖息地等生态系统的影响和破坏, 经常也伴有破坏性很大的次生灾害, 比如泥石流、滑坡、崩塌等^[9]。

2.3 确定洪涝灾害风险评估指标体系

选择适当的洪涝风险评估指标是准确进行风险评估的前提和关键, 首先根据风险的概念体系, 全面综合分析所确定风险指标体系的系统性、科学性、目的性和可操作性原则, 再参考结合所研究地区巴中市的实际情况和需要资料数据获取的难易程度。综上所述, 巴中市洪涝灾害风险评估指标体系可分为目标层、因子层和指标层, 从影响危险性、暴露性和易损性三个因子中, 选取了如表 1 所列举的 10 个指标来具体描述洪涝灾害风险。

表 1 洪水灾害风险评估指标体系

洪水风险评估	危险性 (D)	降水	降雨强度 (D ₁)
		地形	相对高度及坡度 (D ₂)
		水系	河网密度 (D ₃)
		植被	植被覆盖率 (D ₄)
	暴露性 (E)	人口暴露性	人口密度 (E ₁)
		经济暴露性	农业 (E ₂)
			工业 (E ₃)
	易损性 (B)	人口易损性	老少人口比例 (B ₁)
		经济易损性	易淹农田比例 (B ₂)

2.4 洪涝灾害风险评估模型

洪涝灾害风险评估模型的建立。本文根据风险的概念框架和自然灾害风险的计算公式, 依靠模糊综合评价法得出指标量化值、层次分析法求得指标权重和前文所构建的洪涝灾害相关风险评估指标体系, 建立了如下所示的洪涝灾害风险评估模型:

$$R=D \times E \times B,$$

式中,

$$D = \sum_{i=1}^n A_{di} W_{di},$$

$$E = \sum_{i=1}^n A_{ei} W_{ei},$$

$$B = \sum_{i=1}^n A_{bi} W_{bi}$$

此评价模型中 R 表示的是洪涝灾害的风险指数, 它代表洪涝灾害的风险程度, R 的值越大, 即说明洪涝灾害的风险越高。D、E、B 分别代表洪涝灾害的危险性、暴露性和易损性, W 代表各个评估指标的权重系数, A 代表各个评估指标的具体量化值。

洪涝灾害风险评价指标的量化。因为所建立的指标体系中的各个评估指标之间也许存在很大差别, 不能进行综合评价, 有必要对取得的原始指标数据进行的标准化的处理。为消除量纲影响, 必须对具有不同量纲的数据进行标准化处理, 通过一种评价函数的运算, 去除掉评估指标特征物理量量纲的干扰, 将评估指标特征值转化为无量纲值, 这个无量纲值就是对评估因素关于“优”的隶属程度的尺度。评估因素优属度数值越大, 即该评估因素越好。

本文选用极值标准化方法对指标体系中的原始数据进行标准化处理。根据对洪灾风险值影响的不同, 将所有指标按照正向指标即指标值越高风险越大, 逆向指标即指标值越高风险越小原则, 分别采用公式 (1) 和公式 (2) 进行标准化处理:

对越大越优型指标的规范化公式:

$$X(\text{正向指标}) = \frac{x_{ij}}{x_{i\max} + x_{i\min}}, \quad x_{ij} \geq 0 \quad (1)$$

对越小越优型指标的规范化公式:

$$X(\text{负向指标}) = 1 - \frac{x_{ij}}{x_{i\max} + x_{i\min}}, \quad x_{ij} \geq 0 \quad (2)$$

其中, x_{ij} 和 X 分别为指标的原始值和标准值。

x_{\max} 指该指标中的最大值, x_{\min} 指该指标中的最小值。各个指标的含义和计算法则如下:

(1) 危险性指标

- D1 — 降雨强度: >200mm 降雨的频数 *5+100mm~200mm 降雨的频数*3+50mm~100mm 降雨的频数*1;
- D2 — 相对高度: 具体针对当地所收集的相关数据的实际情况确定 1-5 之间不等的数值, 数值结果越大, 其所代表的危险性越高;
- D3 — 河网密度, 针对当地的实际情况赋予一不同的值, 数值越大, 危险性越高。
- D4 — 植被覆盖率: 本地区植被覆盖面积所占土地总面积的百分比。

(2) 暴露性指标

- E1—人口密度: 人口总数(个)/地区面积(平方公里), 即每平方公里所拥有的口数量;
- E2 — 农业(万元): 农业产值林业产值养殖业产值渔业产值。
- E3 — 工业(万元): 洪灾的主要经济损失呈现由农村转移到城市的态势。

(3) 易损性指标

- B1—老少人口比例: 大于 65 岁老年人和小于 15 岁青少年人口所占当地总人口的百分比;
- B2—易淹农田比例: 易受淹农田面积所占当地农田总面积的百分比。
- B3—人均 GDP: 国内总产值和总人数的比值, 即当地 GDP(万元)/人口数量(个)。

以上各个评价指标的权重系数由 AHP 层次分析法软件计算求出, 具体计算结果见表 2。

表 2 洪水灾害评估指标权重系数

指标层	权重	指标层	权重
降雨强度 (D ₁)	0.5869	农业 (E ₂)	0.2851
相对高度及坡度 (D ₂)	0.2742	工业 (E ₃)	0.0623
河网密度 (D ₃)	0.0902	老少人口比例 (B ₁)	0.0936
植被覆盖率 (D ₄)	0.0487	易淹农田比例 (B ₂)	0.6267
人口密度 (E ₁)	0.6527	人均 GDP(B ₃)	0.2797

3. 实例分析

3.1 研究区概况

四川巴中市, 是四川与陕西的交界地区, 四川东北部门户。巴中幅员 122930.3 平方公里, 其中耕地面积 258.8 万亩, 人口 332.31 万人, 辖巴州区、恩阳区、通江县、南江县、平昌县二区三县。地理坐标为东经 106 度 21 分至 107 度 45 分, 北纬 31 度 15 分至 32 度 45 分。巴中位于中国西部, 地处中国秦岭—淮河南北分界线南, 大巴山系米仓山南麓, 盆周边远山区, 东邻达州, 南接南充, 西抵广元, 北接陕西汉中。

巴中市境内地势北高南低, 南部的南江县地势相对高度较大, 南部的平昌县地势相对高度较小。市境内海拔最高处 2513 米, 海拔最低处 267 米。一般情况下, 相对高差越大, 表明地形越崎岖, 越不容易发生洪水, 而地势越平坦的地区, 越容易发生洪水, 且当洪灾发生时其泄洪能力就相对较弱。大概可分为三个地貌区: ①米仓山南坡中山区。包括南江大部, 通江北部, 米仓山由西向东南绵亘于本市北部边缘, 山脊起伏蜿蜒, 海拔 2000~2200 米, 相对高差可达 1000 米。②北部低山。包括巴州区和平昌全部, 通江大部, 南江南部, 这些地方经流水切割后形成台状、桌状方山或低山, 海拔 600~1600 米, 相对高差 200~1000 米。③丘陵地带。主要分布于巴州、平昌的河岸地带, 深丘居多, 间杂有成片的冲积平坝^[10,11]。

3.2 洪水形成机理

产生洪灾的原因很多, 归纳起来大致包括两个方面: 一是自然原因, 如气候异常、地形、地貌等因素的影响; 二是人为因素, 如水土流失、生态破坏、河流堵塞等。巴中市的洪涝灾害主要成因主要包括两个原因:

3.2.1 降雨量充沛集中、暴雨频繁, 严重阻碍了国民经济的发展和威胁到人民生活生命财产安全。

四川的暴雨洪涝灾害具有频率高、范围广、强度大等特点, 川东北地区的巴中市更属于洪涝灾害的重灾区, 处于大巴山暴雨区, 是以平昌县为中心的强降水带。暴雨是巴中地区的主要气象灾害之一, 米仓山地区的降水是洪水灾害发生的最重要因素, 洪水灾害的发生频率与降水量呈现显著的正相关关系^[12]。

巴中属亚热带季风气候, 雨量充足, 巴中地区多年平均年降水量为 1117.9mm。受大巴山米仓山

地理环境的影响,巴中地区年降水量整体表现为“南北多、东西少”的分布特征。巴中市总体上雨量较丰富,但降雨量年际变化大,时空分布不均匀,年内各月降雨量分布也极不均匀,局部暴雨现象时有发生。降水量主要集中在7月和9月,月降水量表现出十分明显的双峰结构,7月降水量占到了其全年降水总量的21.0%左右,9月降水量占到16.4%左右,汛期5-9月的降水量约达到了年总降水量的3/4。据统计,1961-2015年巴中地区强降水事件共583次,强降水事件集中发生在6-9月,1月及12月无强降水事件发生。突发性暴雨发生概率最大,其次为持续性强降水。

3.2.2 地区内相对高度较大导致雨水聚集的速度较快,加上境内河网较密集,使得河水水位上涨迅猛。

河网密度反映了流经区域河流数量的多少和流域面积的大小。流经区域的河流数量越多,流域面积越大则遭受洪水的威胁的几率就越大。一般情况下河网密度越大的地区,遭遇洪水的可能性比较大。全市大小河流共有1100多条,流域面积在1000平方公里以上的有7条,100平方公里以上的有45条,50平方公里以上的有86条,河流总长4342公里,河网密度达0.33公里/平方公里。市内河流主要有南江河、正直河、焦家河、赶场河(明江河)、大通江、小通江、通江河、恩阳河(系巴河一级支流)、鳌溪河(系巴河二级支流)、巴河(系南江河的一级支流)等。

巴州区境内流域面积在1000平方公里以上的河流2条。恩阳区境内恩阳河、之字河、詹家河纵横全区。南江县境内南江河贯穿全境,拥有15条大小支流,境内长72公里,集雨面积952平方公里。通江县境内流域面积50平方公里以上的河流27条,其中流域面积在100平方公里以上的14条,流域面积在1000平方公里以上的4条。平昌县境内支流中50平方公里以上河流19条,通、巴河天然落差33米,境内河长341公里。

3.2.3 风险评价结果

依据建立的风险评价模型和计算方法,计算所得巴中地区的洪水风险指数如表3所示。

表3 洪水灾害风险指数

地名	巴州区	恩阳区	南江县	通江县	平昌县
R	0.11	0.08	0.28	0.11	0.15

根据表3.1中的洪水灾害风险指数的大小和巴中市洪水灾害的现状,确定了洪水灾害风险分析与评价研究灾害风险评价基准,根据此标准将城市洪水风险程度分为低风险、中度风险和高风险三个等级。见表4。

表4 风险评价标准

R	<=0.08	0.08-0.2	=>0.2
风险程度	低风险	中度风险	高风险

从表3.2可以看出,恩阳区属于低风险,巴州区、通江县、平昌县属于中度风险,南江县属于高风险。本文利用洪灾风险评估模型对巴中市地区管辖下的两区三县进行了评估,给出了各区的风险指数,并分析了风险程度。为巴中市今后制定防洪规划、合理分配防洪减灾力量提供了科学依据。

4. 建议

重视城市灾害数据库构建。注重收集、整合各种基础数据,依据研究尺度确定数据库规范,形成统一范式,建立城市自然灾害综合风险研究的灾害数据库,形成灾害数据管理的统一模板和共享平台,为城市自然灾害风险研究奠定基础。

关注遥感技术在城市自然灾害风险中的应用研究。利用高分辨率遥感影像,获取自然灾害风险研究地面信息,进行承灾体的暴露性和易损性分析。利用多时遥感数据,通过和多智能体、神经网络等复杂系统仿真建模手段,结合自然灾害分析软件,实现灾害风险的综合动态评估。

完善灾害事件应急管理体制,提高处理突发事件的能力。政府作为灾害管理体制的核心力量,应开展区域自然灾害风险评估,因地制宜地制定自然灾害应急预案,开展自然灾害应急物资储备管理,从根本上保障灾后的恢复工作和灾前的防御准备。

加大天气预报技术的研究投入,提高预报的准确性。暴雨由于其形成的复杂多变,在预报上具有相当的难度,每年汛期都或多或少的会出现空报、漏报、错报等现象,暴雨预报一直以来都是气象工作者努力攻克的主要目标。同时,完善城市乡村的排水设施,兴建水利设施,包括降低地下水位的地下排水和地表水的引导排除。

Acknowledgements

This study was supported by China Earthquake Administration teacher fund(No.20140106), and

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

National Natural Science Foundation of China (No. 71471006, 91224007).

致谢

本研究得到了中国地震局教师基金(20140106)和国家自然科学基金(71471006,91224007)的资助。

参考文献

- [1] S.J. Zhao, Q. Zhang. Risk assessment of crops induced by flood in the three northeastern provinces of china on small space-and-time scales. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2012, 2(3): 201-208.
- [2] S.J. Li, Y.X. Xie, X.T. Cheng, Z.F. Chen. Utilization of Flood Simulation Technique in Urban Flood Warning - A Case Study on Fuzhou . *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2015, 5(2): 120-128.
- [3] X. L. Pang. Dynamic Vulnerability Analysis of Population for Flood Disaster in Urban Area. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2013, 3(40): 166-174.
- [4] 王建华. 基于模糊综合评判法的洪水灾害风险评估. *水利科技与经济*, 2009,15(4):337-340.
- [5] 田玉刚, 覃东华, 杜渊会. 洞庭湖地区洪水灾害风险评估. *灾害学*, 2011,26(3):56-60.
- [6] 薛 晔, 陈报章, 黄崇福等. 多灾种综合风险评估软层次模型. *地理科学进展*, 2012,31(3):353-360.
- [7] 程先富, 孙鸿鹄, 张媛等. 安徽沿江地区洪涝灾害风险评价与空间分布特征. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, Vol. 4, No. 4 (December 2014), 238-242
- [8] 宫清华, 黄光庆, 张俊香. 广东省小流域地区降雨诱发的滑坡灾害预警体系探讨. *气象科技进展*, 2015,5(3):53-56.
- [9] 方海燕, 蔡国强, 李秋艳等. 甘肃舟曲 8.7 特大山洪泥石流灾害原因及防治对策. *中国水土保持科学*, 2010,8(6):14-18.
- [10] 巴中市人民政府办公室. 中国巴中[EB/OL]. <http://www.cnbz.gov.cn/zjbz/1/2/>, 2014-12-03/2016-03-05.
- [11] 唐兴旭, 郑密. 四川南江某滑坡形成机制及稳定性分析. *科技创新与应用*, 2015(8):92.
- [12] 刘希林, 陈宜娟. 泥石流风险区划方法及其应用—以四川西部地区为例. *地理科学*, 2010, 30(4):558-565.