

周月华,彭涛,史瑞琴. 2019.我国暴雨洪涝灾害风险评估研究进展[J].暴雨灾害, 38(5):494-501

ZHOU Yuehua,PENG Tao,SHI Ruiqin. 2019. Research progress on risk assessment of heavy rainfall and flood disasters in China [J].Torrential Rain and Disasters, 38(5):494-501

我国暴雨洪涝灾害风险评估研究进展

周月华^{1,2}, 彭涛¹, 史瑞琴^{1,2}

(1. 中国气象局武汉暴雨研究所 暴雨监测预警湖北省重点实验室, 武汉 430205; 2. 武汉区域气候中心, 武汉 430074)

摘要:暴雨洪涝是最为频发、多发的自然灾害之一,已成为我国实现可持续发展的严重障碍。开展暴雨洪涝灾害风险评估技术与应用研究,是当今防灾减灾中的一项迫切要求。本文基于应用场景时间顺序从灾前预评估、灾中跟踪评估、灾后评估三个方面系统回顾了前人的研究历史和当前研究所取得的成果,并在对研究现状进一步认识的基础上,提出了当今暴雨洪涝灾害风险评估研究中存在的主要问题,指出了有待进一步研究和发展的新方向。

关键词:暴雨洪涝; 灾害风险评估; 灾前评估; 灾中跟踪评估; 灾后评估

中图分类号: S42 文献标志码: B DOI: 10.3969/j.issn.1004-9045.2019.05.011

Research progress on risk assessment of heavy rainfall and flood disasters in China

ZHOU Yuehua^{1,2}, PENG Tao¹, SHI Ruiqin^{1,2}

(1.Hubei Key Laboratory for Heavy Rain Monitoring and Warning Research, Institute of Heavy Rain, China Meteorological Administration, Wuhan 430205; 2. Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074)

Abstract: Rainstorm flood disaster is one of the most frequently occurring natural disasters. It has become a serious obstacle to the sustainable development of our country. There is an urgent requirement to carry out the risk assessment of rainstorm flood disaster. Based on the objective development process of disasters, this paper systematically reviews the research history of our predecessors and the achievements of current research from three aspects: pre-disaster assessment, post-disaster tracking assessment and post-disaster assessment. On the basis of the understanding of the current research situation, the main problems existing in the current research are put forward. Finally, the new directions for further research and development are pointed out.

Key words: rainstorm and flood; disaster risk assessment; pre-disaster assessment; post-disaster Tracking assessment; post-disaster assessment

引言

据统计,目前全球各种由自然灾害导致的损失,暴雨洪涝灾害所占比重约为40%。我国是暴雨洪涝灾害最为频发、多发的地区之一,每年汛期暴雨及其引发的洪涝及次生灾害给社会经济发展和人民生命财产安全造成了严重的损失和威胁(葛全胜等,2008;韩平和程先富,2012)。1998年发生在长江流域的特大洪涝灾害造成的直接经济损失超过1600亿元,死亡人数超过3000人。2012年7月21—22日,北京遭遇罕见暴雨内涝灾害,190万人受灾,79人死亡,经济损失

达百亿元以上。同年7月,受长江上游地区强降雨影响,三峡水库遭遇建库以来的最大洪峰 $7.12 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,国家防总启动防汛Ⅱ级应急响应,四川、重庆分别转移群众15万人和6.6万人。2016年汛期我国暴雨洪涝灾害南北齐发,长江流域发生1998年以来最大洪水,全国有26省(区、市)192县遭受洪涝灾害,受灾人口3282万人,直接经济损失约1470亿元,与2000年以来同期均值相比,直接经济损失偏多51%。

目前暴雨及其诱发的灾害已成为中国实现可持续发展的严重障碍。受天气气候、地形地貌、区域地质、植被覆盖等自然因素及社会经济发展、防洪抗洪

收稿日期: 2019-07-31; 定稿日期: 2019-09-30

资助项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1507505, 2018YFC1507200); 湖北省自然科学基金(2018CFB706); 国家重点基础研究发展计划(2013CB430206); 中国气象局武汉暴雨研究所科研业务项目(IHRKYYW201908, IHRKYYW201909)

第一作者: 周月华, 主要从事气候分析应用及气象灾害风险评估。E-mail: zyh_dmm@foxmail.com

通信作者: 彭涛, 主要从事流域水文气象及洪涝预报。E-mail: pt_mail@sohu.com

设施等社会因素的共同影响,暴雨洪涝灾害的成因变得极为复杂,其发生具有很强的随机性和不确定性。为了分析评估暴雨洪涝灾害发生的可能性及可能造成的损失,尽可能减小灾害所造成的危害,如何有效地开展暴雨灾害风险评估与区划等研究工作日益受到相关学者和政府部门的重视,成为当前研究热点问题(高庆华等,2007;章国材,2013;Yin et al., 2015)。本文根据暴雨及其诱发灾害发生、发展的规律,从灾前、灾中、灾后评估等角度围绕暴雨洪涝灾害风险评估这一核心,对国内外相关研究进展进行归纳总结,旨在为暴雨灾害风险评估研究提供参考。

1 暴雨洪涝灾害风险评估概况

1.1 暴雨及诱发的次生灾害种类

暴雨的发生主要是受到大气环流等天气、气候系统的影响,是一种自然现象。暴雨是指一定时间内强度很大的雨。3 h降雨在16 mm以上,或者12 h降雨在30 mm以上,或者24 h降雨在50 mm以上,都称之为暴雨。暴雨等强降水过程常常引发流域洪水、山洪、中小河流洪水、城市内涝等灾害,同时部分山体地质松软的地区易造成突发性山体滑坡、泥石流等次生灾害。

1.2 暴雨洪涝灾害风险评估定义

暴雨洪涝灾害风险评估是对其风险发生的强度和形式进行定量评定和估计。要进行风险评估,首先必须存在风险源,即存在自然灾害;第二,必须有风险承载体(承灾体),即人类社会,自然灾害是自然力作用于承灾体的结果。因此,暴雨洪涝风险评估实际上是评估暴雨洪涝对承灾体的负面影响。

1.3 暴雨洪涝灾害风险评估原理

国内外相关的研究和实践(章国材,2013)表明,暴雨洪涝灾害风险评估基本原理如下:

暴雨洪涝灾害对第*i*类承灾体的风险度($R_{D,i}$)为

$$R_{D,i} = H \cap \left\{ E_i \cdot V_{d,i} \left[a_i + (1 - a_i)(1 - C_{d,i}) \right] \right\} \quad (1)$$

式(1)中, H 为致灾因子危险性, E_i 为第*i*类承灾体暴露在灾害中的量(数量和价值量), $V_{d,i}$ 为第*i*类承灾体的灾损敏感性, $C_{d,i}$ 为人类社会对第*i*类承灾体的防灾减灾能力(包括应对能力和灾后重建能力), a_i 为第*i*类承灾体不可防御的灾害风险。

暴雨洪涝灾害的总风险(R_D)为评估区域内所有承灾体的风险值之和

$$R_D = \sum_i R_{D,i} \quad (2)$$

2 暴雨洪涝灾害风险评估技术研究

关于暴雨洪涝灾害风险评估,国内外学者做了大

量研究(周成虎等,2000; Ahmad and Simonovic, 2013; Kim and Marcouiller, 2017),认为灾害的形成是承载体脆弱性、致灾因子和暴露度等方面综合作用的结果。暴雨洪涝灾害风险评估应综合考虑致灾因子、承灾体和防灾能力等因素,构建评估模型开展风险评估,其主要包括暴雨灾害危险性、承灾体暴露性、承灾体脆弱性以及综合风险分析,风险等级划分及其风险应对措施等内容。

按照应用场景的时间顺序,暴雨洪涝灾害风险评估相应地也可以分为三种:一是灾前评估,二是灾期跟踪监测评估,三是灾后实测评估(高庆华等,2007;章国材,2013)。不同阶段暴雨洪涝灾害风险评估的关键技术如图1所示。需要说明的是,暴雨灾害风险评估技术是相互交融,无法严格区分的。

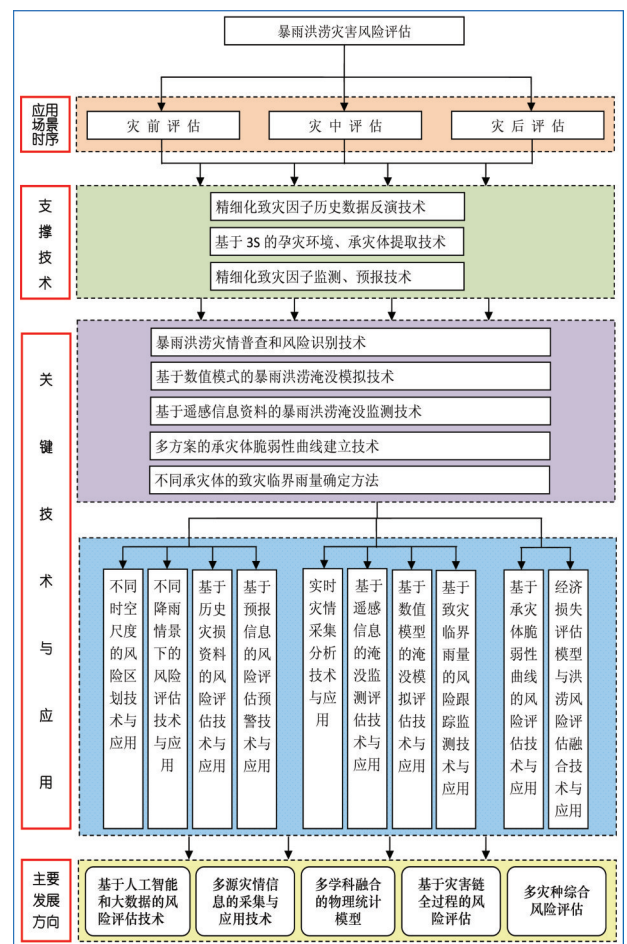


图1 暴雨洪涝灾害风险评估关键技术示意图

Fig.1 The flow chart for risk assessment of rainstorm and flood disasters.

2.1 灾前评估技术

灾前评估的主要任务,一是通过合理的科学方法定性或定量地预测某地区未来洪水发生的强度、分布和可能造成的人员伤亡、经济损失、社会影响和减灾效益,是制定国土规划和社会发展计划以及减灾对策预案系统的基础。其主要考虑三个因素,分别是未来

灾害可能达到的强度与频度;本区历史上的灾度与成灾率;灾区的人口密度、经济发达程度和防灾抗灾能力。二是利用致灾因子(如降水强度、区域、时间等)的预测预报信息,通过应用致灾临界雨量或者已建的灾害评估模型进行灾前风险预警。

2.1.1 历史灾情普查与解析技术

历史灾情普查主要针对各地因暴雨灾害对人口、农业、房屋、设施、经济等造成的损失或伤亡进行普查。基于历史暴雨洪涝灾害普查数据的解析,可以对致灾因子进行识别,推算出某一地区暴雨洪涝灾害与特定承灾体之间的灾度与成灾率,从而建立脆弱性曲线。目前洪水灾害是脆弱性曲线研究较为完善的灾种之一。

灾情数据可以来自于历史文献、灾害数据库、实地调查或保险数据等,其中历史文献和灾害数据库是脆弱性曲线的主要数据源。这项工作国外开展最早的是1977年英国洪灾研究中心(FHRC)的Penning-Roswell等提出的针对英国居住和商用房产的阶段-损失曲线。利用保险数据推断脆弱性曲线的方法,在北美(石勇等,2009)、澳大利亚(Hohi et al., 2002)、日本(Dutta et al., 2003;石勇等,2009)等发达地区的保险市场已得到有效应用。

我国暴雨洪涝灾害脆弱性研究起步于20世纪80年代末期,主要是基于社会经济指标体系的研究方法,基于历史灾情统计来研究脆弱性曲线的并不多见。直到20世纪90年代,国内黄河水利委员会对黄河下游洪涝损失率做了比较系统的研究,确定了1980年代北金堤滞洪区农作物的洪灾损失率(章国材,2013);李汉浸等(2009)对河南省濮阳高新区的洪涝损失进行了研究,根据降水强度、历时和受灾实况,统计得出了不同洪灾等级下各种资源类型(城市基础资源、自然资源、行政事业资源、工商企业资源、居民财产、城市生命线工程以及其他)的损失率和受灾比例。

由于承灾体脆弱性曲线是承灾体自身固有的脆弱性的表现,不同地区同种承灾体的脆弱性不同。尽管各地同种承灾体脆弱性曲线可能各异,但可以通过研究区对已有的曲线参数进行本地化修正,从而形成新的脆弱性曲线。国外有研究者引用US Army Corps of Engineer提供的洪水灾害建筑物脆弱性曲线,针对意大利的水灾灾情,对曲线参数进行了修正(Lotto and Testa, 2000);史瑞琴等(2013)参考对比黄河下游洪涝损失率,通过与长江中游地区淹没区社会经济实际情况的对比,调整、整合损失率数据,确定了长江中游地区洪灾的分项财产损失率。随着社会经济的发展和人民需求的日益提高,精准化的暴雨洪涝承灾体脆弱

性曲线的建立变得越来越重要。

2.1.2 风险区划技术

气象灾害风险区划是致灾因子对承灾体产生不利影响可能性的空间区域划分。暴雨洪涝灾害风险区划的结果,表示某地区若干年内可能达到的暴雨洪涝灾害风险程度,即可能发生某等级灾害的概率或超越某一概率的灾害最大等级。

从类型上来说可以分为流域洪水、中小河流洪水、山洪灾害及城市内涝风险区划等。最早的暴雨洪涝灾害风险区划是以全国或区域性洪水为主。日本1977年就制定了“综合治水对策”,在特别重要的河段上编制洪水风险图,指出100~200 a一遇的洪水淹没范围,并逐步推向全国;欧洲一些国家从20世纪70年代开始采用水文、水力学数值模拟方法编制全国洪水风险图。国内最早的暴雨洪涝风险区划研究大多采用多因子赋以一定的权重系数后叠加的方法来绘制区域或某一地区的暴雨洪涝灾害风险区划图。李军玲等(2010)提出基于GIS的洪灾风险评估指标模型,以降雨、地形和区域社会经济易损性为主要指标,得出河南省洪灾风险综合区划图,指出信阳、驻马店、周口大部地区发生洪涝风险最大的有效结论。近年来国内多以中小河流洪水、城市内涝和山洪灾害风险区划研究为主。苏布达等(2005)运用Floodarea模型进行了荆江分洪区洪水演进动态模拟;解以扬等(2004)通过重构短历时强降水过程,并利用暴雨内涝仿真模型对不同重现期的强降水过程进行情景模拟,应用内涝等级判别标准对城市社区不同重现期降水过程模拟的过程最大积水深度进行了分级。

从方法上来看,大流域或区域的暴雨洪涝灾害风险区划仍以多因子叠加的区划方法为主。而对于中小河流洪水和山洪风险区划,则需要更为精细化的区划方法,如近年来利用GIS与水动力模型结合的洪水淹没模拟研究十分活跃。李兰等(2013)以漳河流域为例,采用耿贝尔极值I型分布法求取流域不同重现期面雨量,基于GIS的暴雨洪涝淹没模型,利用D8及曼宁公式计算不同重现期面雨量淹没范围和水深,并运用灾害风险原理绘制了漳河流域暴雨洪涝灾害风险区划图。王胜等(2016)利用统计方法与水文模型相结合的方法确定渭河流域雨-洪关系,得到致灾临界面雨量,基于Floodarea模型开展洪水淹没模拟,叠加承灾体信息,得到不同重现期山洪对不同承灾体影响的风险区划图组。此外,城市内涝风险区划近年来国内也涌现出许多成果。任智博等(2019)以正在规划建设过程中的武汉光谷中心城为研究对象,利用MIKE URBAN和MIKE 21分别构建中心城区一维和二维水

动力模型,并通过MIKE FLOOD耦合计算了50 a一遇暴雨条件下的城市内涝情况,通过分析内涝演进过程、绘制了内涝灾害风险图。

2.1.3 风险评估技术

灾前风险评估主要通过制定风险评估指标,划分风险等级开展。美国、日本等发达国家对暴雨洪涝灾害评估研究至今已有40 a的发展历史。1977年开始,美国先后对加利福尼亚Saratoga和Switzerland地区展开山洪危险性研究工作,选取地形条件和岩性作为指标对滑坡灾害进行严重性等级评价(Wieczork, 1984)。日本早在20世纪70年代就着手进行山洪灾害评价研究,足立胜治等(1977)根据山洪发生可能性的特点将总指标分解为研究区域形态、地形地貌及降雨量三大指标,然后将其进行逐层次分解,最后给定每个等级的得分,确定山洪风险性。就水灾而言,联合国开发计划署提出的覆盖全球的灾害风险指标计划(DRI)和世界银行发起的覆盖全球的热点计划(HOTSPOTS),都是影响力巨大的成功典例(丁志雄, 2004)。

我国对暴雨洪涝灾害评估研究起步较晚,至今仅有20多年的研究历史,但在灾前评估方面也有显著的研究成果,主要集中在利用GIS技术开展灾害易损度、脆弱性评价、风险评价以及风险区划等方面的研究工作。尤其是2006年实施山洪灾害防治规划以来,山区洪水风险评估和区划工作取得了较大进展。张平仓(2006)、马建华(2007)等按照200 km²的阈值划分小流域,并采用最大6 h雨量和6 h临界雨量的比值即临界雨量系数、山洪灾害经验频率、以及社会经济区类型,分别考虑小流域降雨、地形地质和社会经济等三方面的因素,将全国山洪灾害防治区划分成一级重点防治区、二级重点防治区和一般防治区。

除上述具有代表性的全国暴雨洪涝灾害风险评估成果外,还有很多学者对流域或某一地区的洪涝灾害风险进行了评估。万君等(2007)从洪涝灾害的危险性及社会经济易损性两个角度出发,结合湖北省暴雨频次、地形、河网密度、土地覆盖及耕地面积、人均GDP、人口密度等因素,通过GIS得到湖北省洪涝灾害风险评估图。曹罗丹和李加林(2015)基于历史长时间序列的遥感数据、格网化的地理背景数据、空间化的社会经济数据等,利用GIS空间分析与功能,从洪涝灾害的危险性、暴露性、脆弱性及防灾减灾能力等4方面,构建了洪涝灾害风险评估模型,对浙江省洪涝灾害进行了风险评估。彭建等(2018)以深圳市茅洲河流域为例,对12种暴雨洪涝致灾-土地利用承灾情景下的城市暴雨洪涝灾害风险进行了定量模

拟和分析。

2.1.4 基于致灾临界雨量的洪灾风险评估与预警

降水仅是洪涝灾害发生的诱因,只有当流域或者区域面雨量达到某一临界条件时洪涝灾害才会出现,因此,临界雨量对于洪涝灾害的发生既是必要条件又是充分条件,是致灾因子危险性的重要表征。而在以往的风险评估研究中,致灾临界气象条件所引起的重视远远不够,相关的研究也比较薄弱。常用的致灾临界气象条件的确定方法主要为统计分析法、试验模拟法。梁益同等(2015)以湖北省秭归县为例,基于USLE土壤侵蚀模型计算滑坡发生时土壤侵蚀强度,通过分析多个滑坡个例确定了滑坡临界土壤侵蚀强度,再根据降雨侵蚀力与降雨量之间的关系推算不同预警点滑坡临界雨量,以此开展滑坡灾害风险评估。

近年来随着水文模型以及水文气象学科的发展,水文气象耦合技术已经逐渐成熟,对于流域暴雨洪涝灾害而言,致灾临界雨量可以基于水文气象耦合技术来求算,建立适用于研究区域的面雨量与河流实时水文特征的定量关系,来模拟降水致洪过程。宋楠等(2018)基于分布式水文模型HBV-D对嘉陵江流域金溪水文站以上段暴雨洪涝灾害的临界面雨量阈值进行研究,通过反演建立降水—流量—水位关系,确定了不同前期基础水位下的致灾临界面雨量。李昌志等(2018)以湖南省洣水南支流域为例,充分考虑流域土壤含水量和暴雨雨型因素,运用水文模拟方法,对该流域3个预警地点暴雨引发山洪的设计临界雨量进行了分析计算,探讨设计了临界雨量与流域土壤含水量和暴雨雨型之间的响应关系。

早在2011年,中国气象局就组织湖北、安徽、江西、福建、广东等5个试点省开展中小河流域洪水、山洪、地质灾害和城市内涝气象风险预警服务业务试点,取得了一些列业务成果(李春梅等, 2015;张容焱等, 2015;周月华等, 2015),促进了我国暴雨洪涝灾害风险评估的相关技术服务工作。谢五三等(2018)以长江一级支流的秋浦河流域为研究区,针对2016年6月27日20时—28日20时强降水过程,采用FloodArea水动力模型,并结合WRF模式降水格点预报,开展秋浦河流域暴雨洪涝灾害风险评估技术研究,结果表明,无论是流域面上的淹没范围和淹没深度对比,还是通过水文站点对点的淹没历时和淹没水深误差分析,以及实地灾情调查验证等方式,模拟结果均与实况较为吻合。由此可见,我国自上而下已初步建立了包含模式降水预报→面雨量计算→洪涝淹没模拟→风险评估→预警发布→效果检验等环节的暴雨洪涝灾害风险评估及效果检验业务流程,实现了

从以往常规的暴雨预报到如今的暴雨洪涝灾害风险预警的转变,同时部分省份已实现业务化运行。

2.2 灾中评估技术

灾中跟踪评估是在暴雨及其诱发的灾害发生时,根据灾害发展的情况和灾区的承灾能力,对已经发生灾害损失的快速评估以及可能继续遭受的损失进行评估。它是救灾决策和应急抗灾措施制定的基础。评估内容包括应用检测系统跟踪灾害的发展,准确地判断成灾地点,灾害强度和灾情特征,以及洪水灾害损失的跟踪评估等。

2.2.1 灾情实时采集与暴雨洪涝淹没监测技术

暴雨洪涝灾害风险普查是推进暴雨洪涝灾害风险评估与区划工作的重要环节,但目前传统的灾害普查方法得到的灾情已远远不能满足暴雨洪涝灾害风险预警业务的需要,主要呈现出灾情不全、实时性不强、缺乏定点定时性等弊端。而随着移动网络基础设施的建设,智能手机、视频影像、卫星遥感等逐渐成为重要的信息载体,基于信息采集能力和互联网连接能力,这些实时采集工具已普遍应用于各行各业。近年来智能手机、视频监控、卫星遥感和社交媒体等手段也广泛地用于气象灾情信息采集中,成为获取实时灾情的有效手段,其成果是显著的,获得的经济效益是任何技术方法都无法比拟的。

如梁益同等(2017)在设计暴雨洪涝灾情实时采集流程和确定灾情记录内容的基础上,解决采集过程中的任务接收、现场定位、一体化采集、即时传输等关键技术,研发了基于智能手机的暴雨洪涝灾情采集手机APP,可以在第一时间获取灾害现场信息,为灾情验证评估提供实时资料,使灾害评估业务能力得以提升。Albuquerque(2015)对“与灾害相关”的推文进行了空间分析实验发现,越是临近洪水灾害发生的地方可用于应急管理的可用信息越多,两者存在较强的相关性。Fohringcr等(2015)通过社交媒体数据实现了2013年6月Dresden遭受洪水灾害之后的快速淹没成图,并与利用遥感影像制图和测站数据进行对比,证明了利用社交媒体数据进行快速的洪水淹没成图的可行性。王艳东等(2015)运用新浪微博数据对2012年北京特大暴雨进行了研究,基于社交媒体,建立实时应急主题分类模型,利用统计分析和空间分析方法,探寻突发事件的时间趋势和空间趋势,显示了在灾害事件发生之后,相关信息在社交媒体上的分布特性以及灾害对民众的影响程度。陈威奇等(2017)利用微博数据对武汉市2016年6月30日—7月6日强降水造成的城市内涝灾情时空趋势变化进行了分析,均例证了运用社交媒体数据研究暴雨内涝灾害的可行性。

卫星遥感信息,主要用于暴雨洪涝的淹没面积、水深、持续时间等的监测。早在1973年,整个密西西比河泛滥成灾,美国就通过对洪水前后的陆地卫星图像进行对比分析,及时了解水位的变化和洪水的情况,并标出泛洪区,与土地利用图层相对比,确定出市区、农田及其他方面的洪水灾害分布情况,政府依据这些资料迅速分析出灾害情况,提出了必要的受灾救援基金(Ramamoorthi, 1985)。Rehman等(1991)利用NOAA AVHR影像提取洪水淹没深度和范围,并评价洪水危险性。

遥感技术在我国洪涝监测评估中应用也有比较长的历史。早在1983年,水利部遥感技术应用中心就用地球资源卫星的TM影像调查了发生在三江平原挽力河的洪水,成功地获取了受淹面积和河道变化的信息。在1984年和1985年,用极轨气象卫星分别调查了发生在淮河和辽河的洪水。1987—1989年,水利部遥感技术应用中心、中国科学院、国家测绘局和空军合作,先后在永定河、黄河、荆江地区、洞庭湖和淮河进行了防洪试验,建立了洪涝灾害监测的准实时全天候系统,这个系统在1991年淮河和1998年长江大洪水的监测以及评估中发挥了重大作用(李纪人, 2001;李戈伟,2002)。

新的国产卫星资料在暴雨洪涝灾害监测评估中的应用研究正在深入。沈秋等(2019)针对目前水深监测仍主要依赖Landsat、SPOT等国外遥感卫星的问题,提出采用国产高分一号(GF-1)卫星16 m分辨率WFV影像进行洪涝淹没水深监测。通过以中小流域为研究区,采取RS和GIS结合的水深测算方法计算淹没水深:在利用RS影像提取淹没范围的基础上,运用GIS方法由水面高程和地面高程之差计算得出淹没水深的空间分布。结果表明,GF-1卫星作为新兴的国产遥感数据源,凭借空间分辨率高和回访周期短的优势,可帮助摆脱对国外卫星遥感数据的依赖;GF-1卫星WFV影像提取水体精度较高,能广泛应用于中小流域洪涝灾害监测;RS和GIS结合的洪涝淹没水深监测算法简单易行。可快速计算在淹没范围已知情况下的水深。相关结果可为洪涝灾害监测与评估提供基础信息。

2.2.2 基于遥感信息的实时风险评估技术

20世纪90年代后期,随着遥感技术与GIS技术的集成应用,我国洪涝灾害实时灾情评估研究翻开了崭新的一页,取得长足的进展。如陈秀万等(1999)利用遥感和GIS技术对洪涝灾害的损失评估进行了初步研究,利用洪水遥感水体提取模型提取受淹范围,并利用统计的社会经济资料,进行了洪灾损失的实时评

估。李纪人等(2001)基于遥感与空间展布式社会经济数据库的洪涝灾害遥感监测评估,该方法主要从对洪水的遥感监测角度出发,在基础背景数据库的支持下,实现了对洪涝灾害的灾中评估,评估精度可以以县为单位的受灾总面积,受灾耕地面积,受灾居民地面积,受灾人口等。丁志雄等(2004)基于遥感与GIS技术,应用数字高程模型(DEM)生成的格网模型对洪水的淹没进行了分析,将遥感监测与一般洪涝灾害损失评估模型较好地结合,得出了更准确的灾情损失评估结果。段光耀等(2012)以松花江流域为研究区域,结合GIS提出了一种基于遥感实时监测数据和历史洪涝灾害数据的洪涝风险评估改进模型。

2.3 灾后评估技术

灾后调查评估是确定救灾方案、制定灾害援助计划的重要依据。灾后实测性评估是在灾后现场对直接的和间接的灾害损失逐区、逐片、逐点、逐项的实际测算,并对可能发生的衍生灾害进行预评估。包括灾后现场调查、统计损失、次生灾害的影响评估、间接损失估算以及灾害对社会与环境影响的评估等。

在进行洪灾损失研究方面,总体上可以分为灾损曲线法、基于水文水力学的情景模拟法和基于不确定性的洪灾损失评估方法。发达国家早在20世纪60年代末70年代初就已开始进行相关的洪灾损失计算工作。1968年美国联邦保险机构最早开始实际应用灾损曲线,以理论表格的形式展现水灾中不同英尺水深下7种类型建筑物的损失变化(Smith, 1994)。Sujit和Ruell(1988)提出了用于评估特大洪水发生时可能造成的经济损失的评估方法,该方法主要是通过拟合得到六种不同财产在遭受不同水深时可能造成的损失大小的水深-损失曲线,并将该水深-损失曲线应用于俄亥俄州富兰克林县的洪水灾害损失评估,并证明该曲线有广泛地适用性。

我国学者在这方面也先后进行了大量探索性的研究和实践。首先是灾损曲线法,如程涛等(2002)利用洪灾重演法,分析历史洪灾在不同年份发生时可能造成的经济损失,并找出损失变化的规律,建立直接经济损失-财产的函数关系曲线,通过拟合得到洪灾经济损失即时评估模型。基于不确定性的洪灾损失评估方法主要是利用模糊数学方法、灰色系统方法、人工神经网络方法针对灾害损失的不确定性开展应用。如王宝华等(2008)从洪水灾害和洪水灾害损失评估的特点出发,在分析了传统洪水灾害损失评估方法的基础上,提出了混合式模拟神经网络数学评估模型,并将该模型应用于典型流域中,评估结果表明,该评价模型在评估精度及收敛速度方面都有较好的效

果,为洪灾损失评估提供了新的方法。基于水文水力学的情景模拟法是指通过采用一定的产汇流模型进行数学模拟,从而得到可能的淹没范围、深度、历时等要素进行风险评价。随着科技的发展,洪水数值模拟、遥感和GIS技术在洪水灾害评估方法中得到广泛应用,使洪灾评估更加科学、实用。如李云等(2005)基于GIS和二维不恒定模型对洪水演进数值模拟、经济损失评估等进行了研究,开发了一套大型行蓄洪区防洪减灾决策支持系统软件;史瑞琴等(2013)借助暴雨洪涝淹没模型输出淹没面积和淹没水深等信息,结合暴雨洪涝灾害经济损失评估模型,计算分析了一次暴雨洪涝灾害过程造成的各项经济损失,其推算结果基本能够反映此次暴雨洪涝灾害所造成的经济损失。

3 问题与展望

3.1 存在问题

(1) 真实可靠和快速得到的灾情数据是开展灾害风险评估和管理的基础。目前我国灾情数据收集主要靠行政渠道逐级上报,数据的分辨率一般到县,部分数据到村、镇一级。随着现代精细化灾害评估技术的发展,需要大量的具有精准位置的灾情信息,对灾害评估的数值模型进行建模、验证和优化。因此进一步加强多源灾情信息的采集、应用技术研究与规范化建设显得尤为重要。

(2) 暴雨洪涝灾害所造成的损失是由众多灾害影响因素相互作用的结果,而这些影响因素中有些可以用精确的数学模型来度量,有些则无法用精确的数学模型来描述。目前所采用的评估方法本身存在评价机理不够直观、部分评价方法由于其建立的数学基础本身的原因,影响评估结果的可信度等诸多不足。

(3) 针对灾后灾害损失评估方面的研究,目前更多地集中在直接经济损失的评估,评估结果的正确性有待进一步提高,相关的理论研究和评估方法还不是很完善,还处于以数学算法和统计学为基础的半定量半定性状态。

3.2 发展方向

防范暴雨洪涝灾害迫切需要实时动态的风险评估,而当前灾害风险实时评估的工作相对匮乏。从致灾机理出发,研究洪涝灾害发生的过程以及过程间的联系,通过科学描述洪涝灾害发生发展的一系列环节以及对社会经济的潜在影响,可以将风险评估研究分解为一系列气象水文和社会统计等过程,从而能够借鉴相关学科的成熟技术,采用多学科交叉的方式来综合解决这些过程中的关键科学问题,以实现最终目的。具体而言,就是以地面气象观测数据、遥感资料、

水文数据、地理信息数据和社会统计资料为基础,综合运用气象学、水文学以及统计学方法并结合遥感和GIS技术,来实现灾害风险的动态评估。主要发展方向包括:

(1) 基于人工智能、大数据的暴雨洪涝风险评估方法研究。暴雨洪涝损失和影响因素之间存在着非线性的关系,数据量大且复杂,如何利用机器学习、数据挖掘等人工智能技术开展暴雨洪涝风险评估的应用研究将会成为洪涝风险分析领域的热点。

(2) 基于水文水动力学的动态风险及损失评估方法研究。立足于暴雨洪涝灾害发生发展的全过程,借助于3S技术,运用水文学原理、水动力学模型开展水文气象耦合的暴雨洪涝的动态模拟,精细地刻画洪涝灾害的演进过程,引入经济学相关理论,实现暴雨洪涝灾害风险的综合动态评估,从而为提升实时防灾减灾能力和保障社会经济的持续发展提供有力支撑。

(3) 基于灾害链的全过程风险评估方法研究。暴雨致洪过程各环节是存在因果关联和有机联系,然而目前暴雨洪涝风险评估、分析领域的研究还处于零散阶段,完整的洪灾综合风险分析系统研究还不够完善,包含洪灾发生的灾前、灾中、灾后全过程的全面而综合的风险建模整体评价研究是目前洪灾风险分析领域紧要的研究趋势(杨小玲,2012;叶丽梅等,2018)。

(4) 加强综合灾害的风险评估。洪灾的发生不是独立事件,势必造成其他灾害的发生或由其他灾害引发,综合灾害风险评估能更准确地评判灾害风险结果。由单灾种风险评估的形式逐渐向综合洪灾风险评估转变是灾害风险评估发展的趋势。

参考文献:

曹罗丹,李加林.2015.基于遥感与GIS的浙江省洪涝灾害综合风险评估研究[J].自然灾害学报,24(4):111-119

程涛,吕娟,张立忠,等.2002.区域洪灾直接经济损失即时评估模型[J].水利发展研究,2(12):40-47

陈威奇,高伟.2017.基于微博的城市内涝灾情分析[D].武汉:中国地质大学

陈秀万.1999.洪涝灾害损失评估系统—遥感与GIS技术应用研究[M].北京:中国水利水电出版社:23-44

丁文峰,杜俊,陈小平,等.2015.四川省山洪灾害风险评估与区划[J].长江科学院院报,32(12):41-45;97

丁志雄.2004.基于RS与GIS的洪涝灾害损失评估技术方法研究[D].北京:中国水利水电科学研究院

段光耀,赵文吉,宫辉力.2012.基于遥感数据的区域洪涝风险评估改进模型[J].自然灾害学报,21(4):57-61

范一大,和海霞,李博,等.2016.基于hj-1ccd数据的洪涝灾害范围动态监测研究—以黑龙江省抚远县为例[J].遥感技术与应用,31(1):102-108

高庆华,马宗晋,张业成.2007.自然灾害评估[M].北京:气象出版社:75-83

葛全胜,邹铭,郑景云,等.2008.中国自然灾害风险综合评估初步研究[M].北京:科学出版社:6-8

韩平,程先富.2012.洪水灾害损失评估研究综述[J].环境科学与管理,37(4):61-64

李春梅,唐力生,章国材,等.2015.城市内涝风险预警服务业务技术指南[M].北京:气象出版社

李戈伟.2002.基于遥感和GIS的洪灾监测与评估方法研究[D].北京:中国科学院

李汉浸.2009.濮阳高新区洪灾城市经济损失评估[J].气象,35(1):97-101

李继清,张玉山,王丽萍,等.2005.洪灾综合风险结构与综合评价方法(I)—宏观方面[J].武汉大学学报,38(5):19-23

李纪人.2001.遥感和地理信息系统在防洪减灾中的应用[C]/中国遥感奋进创刊20年论文集.北京:气象出版社:307-311

李纪人,黄诗峰.2003.“3s”技术水利应用指南[M].北京:中国水利水电出版社:35-58

李军玲,刘忠阳,邹春辉,等.2010.基于GIS的河南省洪涝灾害风险评估与区划研究[J].气象,36(2):87-92

李兰,周月华,叶丽梅,等.2013.基于GIS淹没模型的流域暴雨洪涝风险区划方法[J].气象,39(1):112-117

李云,范子武.2005.大型行蓄洪区洪水演进数值模拟与三维可视化技术[J].水利学报,10(10):1158-1161

李云,范子武,吴时强,等.2005.大型行蓄洪区洪水演进数值模拟与三维可视化技术[J].水利学报,36(10):1158-1164

刘仁义,刘南.2001.基于GIS复杂地形洪水淹没区计算方法[J].地理学报,56(1):1-6

马建华,张平仑,任洪玉.2007.我国山洪灾害防治区划方法研究[J].中国水利,(14):21-24

彭建,魏海,武文欢,等.2018.基于土地利用变化情景的城市暴雨洪涝灾害风险评估——以深圳市茅洲河流域为例[J].态学报,38(11):3741-3755

沈秋,高伟,李欣,等.2019.GF-1 WFV影像的中小河流洪涝淹没水深监测[J].遥感信息,34(1):87-92

施国庆.1990.洪灾损失率及其确定方法探讨[J].水利经济,1990(2):37-42

石勇.2015.城市居民住宅的暴雨内涝脆弱性评估[J].灾害学,30(3):094-098

石勇,许世远,石纯,等.2009.洪水灾害脆弱性研究进展[J].地理科学进展,28(1):41-46

任智博,付小莉,李南生,等.2019.城市防涝风险分析研究——以武汉光谷中心城为例[J].土木工程,8(2):233-243

史瑞琴,刘宁,李兰,等.2013.暴雨洪涝淹没模型在洪灾损失评估中的应用[J].暴雨灾害,32(3):1-6

谭徐明,张伟兵,马建明,等.2004.全国区域洪水风险评价与区划图绘制研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2(1):50-60

唐明,邵东国,唐绪荣.2007.基于遗传程序设计的洪水灾害损失评估及自动建模[J].武汉大学学报(工学版),40(3):5-9

万君,周月华,王迎迎,等.2007.基于GIS的湖北省区域洪涝灾害风险评估方法研究[J].暴雨灾害,26(4):42-47

王宝华,付强,冯艳,等.2008.洪灾经济损失快速评估的混合式模糊神经网络模型[J].东北农业大学学报,39(6):47-51

王博,崔春光,彭涛,等.2007.暴雨灾害风险评估与区划的研究现状与进展[J].暴雨灾害,26(3):91-96

王胜,吴蓉,谢五三,等.2016.基于FloodArea的山洪灾害风险区划研究——以渭河流域为例[J].气候变化研究进展,12(5):432-441

- 魏一鸣,张林鹏,范英.2002.基于 Swarm 的洪水灾害演化模拟研究[J].管理科学学报,5(6):39-46
- 谢五三,田红,卢燕宇.2015.基于 FloodArea 模型的大通河流域暴雨洪涝灾害风险评估[J].暴雨灾害,34(4):384-387
- 杨小玲.2012.多属性决策分析及其在洪灾风险评估中的应用研究[D].武汉:华中科技大学
- 叶丽梅,彭涛,周月华,等.2016.基于 GIS 淹没模型的洪水演进模拟及检验[J].暴雨灾害,35(3):285-290
- 叶丽梅,周月华,周悦,等.2018.暴雨洪涝灾害链实例分析及断链减灾框架构建[J].灾害学,33(1):65-70
- 詹小国,祝国瑞,文余源.2003.综合评价山洪灾害风险的方法[J].长江科学院院报,20(6):48-50
- 章国材.2013.自然灾害风险评估与区划原理和方法[M].北京:气象出版社:180-187
- 张平仓,任洪玉,胡维忠,等.2006.中国山洪灾害防治区划初探[J].水土保持学报,20(6):196-200
- 张容焱,章国材,章毅之,等.2015.暴雨诱发的山洪风险预警服务业务技术指南[M].北京:气象出版社
- 赵士鹏.1996.基于 GIS 的山洪灾情评估方法研究[J].地理学报,51(5):471-479
- 周成虎,万庆,黄诗峰,等.2000.基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究[J].地理学报,55(1):15-24
- 周月华,田红,李兰,等.2015.暴雨诱发中小河流洪水风险预警服务业务技术指南[M].北京:气象出版社
- 足立胜治,德山久仁夫,中筋章人,等.1977.土石流发生危险度の判定にフヤて[J].新砂防,30(3):7-16
- 梁益同,柳晶辉,李兰,等.2015.基于土壤侵蚀模型的滑波临界雨量估算探讨[J].长江流域资源与环境,24(3),464-468
- 梁益同,周月华,高伟,等.2017.暴雨洪涝灾情采集手机 APP 设计与应用[J].暴雨灾害,36(03):276-280
- 任智博,付小莉,李南生.2019.城市防涝风险分析研究[J].土木工程,8(2):233-243
- 解以扬,韩素芹,由立宏,等.2004.天津市暴雨内涝灾害风险分析[J].气象科学,24(3):342-349
- Ahmad S S, Simonovic S P. 2013. Spatial and temporal analysis of urban flood risk assessment [J]. Urban Water Journal, 10(1):26-49
- Albuquerque J P D, Herfort B, Brenning A, et al. 2015. A geographic approach for combining social media and authoritative data towards identifying useful information for disaster management [J]. International Journal of Geographical Information Science, 29(4):667-689
- Dutta D, Herath S, Musiak K. 2003. A mathematical model for flood loss estimation [J]. Journal of Hydrology, 277(1/2):24-49
- Dutta D, Tingsanchali T. 2003. Development of loss functions for urban flood risk analysis in Bangkok [C]. Proceeding of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, ICUS: The University of Tokyo: 229-238
- Fohringer D, Dransch H, Kreibich. 2015. Social media as an information source for rapid inundation mapping [J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 15(12):2725-2738
- Hasanzadeh Nafari R, Ngo T, Lehman W. 2016. Calibration and validation of FLFARs - a new flood loss function for Australian residential structures [J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16(1):15-27
- Hohl R, Schiessner H, Aller D. 2002. Hailfall: The relationship between radar-derived hail kinetic energy and hail damage to building [J]. Atmospheric Research, 63(1/2):177-207
- Hohl R, Schiessner H, Knepper I. 2002. The use of weather radars to estimate hail damage to automobiles: An exploratory study in Switzerland [J]. Atmospheric Research, 61(3):215-238
- Huang Zhiwei, Zhou Jianzhong. 2010. Flood disaster loss comprehensive evaluation and model based on optimization support vector machine [J]. Expert System with Applications, 37:3810-3814
- Islam M M, K Sado. 2002. Development priority map for flood countermeasures by remote sensing data with geographic information system [J]. Journal of Hydrologic Engineering, 7(5):346-355
- Kim H, Marcouiller D W. 2017. Mitigating flood risk and enhancing community resilience to natural disasters: plan quality matters [J]. Environmental Hazards, 17(5):1-21
- Lotto P D, Testa G. 2000. Risk assessment: A simplified approach of flood damage evaluation with the use of GIS [C]// Interpretation 2000-Villach/Osterreich, Italy
- Rahman N, S Ochi, S Mural, et al. 1991. Flood risk mapping in Bangladesh—flood disaster management using remote sensing and GIS [C]// Application of remote sensing in Asia and Oceania—environmental change monitoring. Tokyo: Asian Association of Remote Sensing
- Ramamoorthi A S. 1985. Inundation mapping of the Sahibi River Flood of 1977 [J]. Journal of Remote Sensing, 6(34):443-445
- Salman A M, Li Y. 2018. Flood risk assessment, future trend modeling, and risk communication: a review of ongoing research [J]. Natural Hazards Review, 19(3):04018011-04018031
- Smith J A. 1994. Flood Damage Estimation—A Review of Urban Stage-Damage Curves and Loss Functions [J]. Water SA, 20(3):231-238
- Sujit, Ruell Lee. 1988. A Nontraditional Methodology for Flood Stage damage calculation [J]. Water Resources Bulletin: 110-135
- Wang Y, Wang T, Ye X, et al. 2015. Using Social Media for Emergency Response and Urban Sustainability: A Case Study of the 2012 Beijing Rainstorm [J]. Sustainability, 8(1):142-143
- Wieczork G F. 1984. Evaluating Danger Landslide Catalogue map [J]. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 1(1):337-342
- Yin J, Ye M, Yin Z, et al. 2015. A review of advances in urban flood risk analysis over China [J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 29(3):1063-1070

(责任编辑 邓 雯)