

文章编号:1004-9045(2007)04-0339-05

江西省山洪灾害风险区划初步研究

管 珉¹, 陈兴旺²

(1.南京信息工程大学, 南京 210044; 2.江西省大气探测技术中心, 南昌 330001)

摘 要:通过应用地理信息系统技术编制山洪灾害风险区划的方法,以江西省分县小流域地理底图为基础,对影响山洪灾害形成与发展的暴雨气候、地形坡度、河网分布等因子进行分析和叠加,完成了江西省山洪灾害危险性评价图。以人口密度、GDP、耕地面积作为指标进行易损性分析,并借助 GIS 工具,将危险性评价图与易损性评价图进行叠加,完成了江西省山洪灾害风险区划研究。区划结果表明:GIS 方法能有效地对影响山洪灾害形成与发展的因子数据进行空间分析。该风险区划图可通过对山洪易发区的规划决策而减轻山洪灾害的影响,同时也为当地居民提供了灾害的风险信息。

关键词:地理信息系统;山洪灾害;灾害风险区划

中图分类号:S421 文献标识码:B

1 引言

山洪是指发生在山区溪流中快速、强大的地表径流。它不同于一般洪水,常发生在山区、流域面积较小的溪沟或周期性流水的荒溪中,历时较短,暴涨暴落,极易诱发泥石流、崩塌、滑坡等灾害,具有成灾快、破坏性强等特点;且区域性明显,易发性强,预测预防难度大。近些年来,山区洪灾造成的人员伤亡数已经大大超过了大江大河洪水伤亡数,根据《中国统计年鉴》的统计数据及有关洪灾损失调查资料,1950~1990 年间中国洪涝灾害死亡人数 22.5 万人,其中山区死亡人数 15.2 万人,占总死亡人数的 67.4%。1992~1998 年全国每年因山洪灾害死亡人数约为 1 900~3 700 人,约占全国洪涝灾害死亡人数的 62%~69%;1999~2002 年山洪灾害死亡人数下降为 1 100~1 400 人,但占全国洪涝灾害死亡人数的比例提高到 65%~75%;2003、2004 年山洪灾害分别造成 767 人和 815 人死亡,占全国洪涝灾害死亡人数的 49%和 76%。因此对山洪灾害易发地区进行风险分析具有重要意义。在实际分析应用中,洪水灾害风险分析主要是确定洪灾风险的相对大小,多是定性、半量化,其中风险区划是一种常用的分析方法。

山洪灾害风险区划是指根据研究区山洪危险性特征,并参考区域灾害承受能力以及社会经济状况,把山洪灾害划分为不同风险等级的区域。由于山洪灾

害具有突发性、空间尺度小、分布数量多、成灾迅速、其水文和动力参数难以进行观测等特点,使得其研究难度大,有关文献报道较少。

进入 20 世纪 90 年代以来,我国学者开始重视区域山洪灾害发生和分布规律的研究,在山洪灾害区域特征和评价方面取得了初步成果。赵士鹏等^[1]对我国山洪灾害系统的整体特征及其危险度进行了初步研究。周成虎^[2]等、唐川^[3]等、何报寅^[4]等分别对辽河流域、云南的红河流域和湖北省的山洪灾害进行了风险评价,最终分别得到了各个流域的山洪灾害危险性评价图与风险区划图。由于山洪是具有空间属性的自然过程,其风险评估与地理空间信息和属性信息关系密切,而 GIS 软件又具有功能齐全的处理地理空间信息的能力和好的模型结合与处理效果,所以山洪灾害风险区划评估与 GIS 有机的结合也成为了必然趋势,GIS 技术在山洪风险区划研究中,可以大大提高评估的精度和速度,所以得到了广泛的应用^[5]。该文利用统计资料结合 GIS 技术对江西省山洪灾害进行了危险性分析和风险区划研究。

2 山洪灾害区划评估原理

2.1 山洪灾害风险区划评估指标的选择

洪水灾害的形成与发展受约于多种自然与社会经济因素,并因洪水类型的不同而不同。根据其作用机理与变化速度,可将影响洪灾风险评估的因子归结

收稿日期:2007-09-08;定稿日期:2007-11-09

基金项目:中国气象局新技术重点推广项目“长江中游气象水文预报与服务系统研究”(CMATG2006Z08)、科技部科研院所社会公益研究专项“南方山洪灾害监测和预警系统研究”(2005DIB2J102)共同资助

作者简介:管珉,男,1983年生,硕士,主要从事应用气象方面的研究.Email:daxtor1983@hotmail.com

为以下 3 类^[46]:

(1) 触发因子。为引起山洪的动力因子。对于不同类型的洪灾,其触发因子不同。在负载的情况下,可能是多种因子的组成。对于江西山洪灾害,主导因子则是持续的暴雨。一般而言,触发因子多可以用定量指标对其空间特征和时间过程进行描述。

(2) 下垫面自然条件。主要是在对洪水进行再分配的过程中起作用,具有相对的稳定性。例如流域的地形与地貌条件下在一定程度上控制着汇水与排水条件。对于这类因子也可以利用各种专题要素图进行描述,找出其空间特征。

(3) 社会经济发展状况。主要是描述受灾区域社会经济发展水平,反映区域承灾能力和损失率。一般可以利用各种统计资料进行描述,并具有极大的区域差异性,在时间上具有波动性。社会经济易损性由于资料的限制,所以本文不采用其资料只考虑自然条件下山洪灾害的易发程度。

2.2 指标模型方法

洪水灾害风险区划分析的方法有很多种,指标模型是其中一种,着重从洪灾形成的背景与机理,通过对影响洪水形成的各种因子进行分析,赋予每种指标一种权重,借助指标模型进行综合,以求得综合分区,因此属于一种确定性模型^[24]。

$$P(H)=f(F_t, F_b, F_s)$$

在这个方程中, $P(H)$ 表示洪水灾害的危险性; F_t 、 F_b 、 F_s 分别表示山洪灾害的触发因子、下垫面因子、社会经济发展水平因子。所有右边独立因子可通过一定方法赋予一定分类码。各因子间组合关系可以是线性的,也可以是非线性的。考虑到 P 的空间特征及地理信息系统的能力,可以将各种因子在统一的空间框架中,借助于空间叠加分析功能,综合各个影响因子,从而得到综合影响因子图^[7]。

3 江西省山洪灾害危险性分析

3.1 研究区域概况

江西省地处我国南方,长江以南,属亚热带季风性气候,年降水量约 1 400~2 000 mm,降水多集中于春夏两季,降水时间集中,江西省山地,丘陵较多,因此非常容易诱发小流域的山洪灾害。据 1950~2005 年江西省气象资料统计,江西省实测 1 h 最大暴雨为 120.7 mm,实测 3 h 最大暴雨为 247.9 mm,实测 6 h 最大暴雨为 319.4 mm,实测 24 h 最大暴雨为 501 mm。这样局部高强度的降雨,作用于地形复杂的山丘区,极易导致严重的山洪灾害。从 20 世纪 50 年代至 2005 年,江西省共发生山洪灾害 2 475 起,因灾死亡 2 023 人,摧

毁房屋 30 余万间,直接经济损失约 76 亿元,同时山洪灾害又威胁到近 900 万人和 360 多亿元的财产。

3.2 危险性分析方法

山洪灾害区划涉及到研究区域的山洪灾害的危险性评价和易损性评价,通过对历史灾害资料的危险性分析评估和现实承灾体的易损度等分析,对可能出现的山洪后果事先做出评价和预测^[3,8,9]。与区划评价相关的因素包括地形因素,历史洪水以及气候因素,这些因子都具有很强的区域地理差异性,适宜用空间数据表达,而地理信息系统作为空间数据管理与分析的重要技术工具,对山洪灾害风险区划有着极大的支持与辅助作用^[7]。

3.2.1 暴雨气候特征

暴雨是山洪发生的直接触发因子,为了表示暴雨空间分布特征对山洪危险程度的影响,采用年平均降水量和年暴雨日数作为因子,共同参与评价。年平均降水越大,大到暴雨日数越多则危险性越大。并且结合大到暴雨的降水量来反映降水的影响程度。

3.2.2 地形因子

地形是控制山洪泛滥的重要因素。对于单独一个地点来说,地势较低且平坦的地方,更易遭受山洪灾害的侵袭,并且由于地势平坦造成排水困难也容易受灾。但对于某一小流域来说,地形平坦则降水不易集中,不会造成大的危害,反而地形起伏大的小流域,由于地形的汇流作用明显,则比较容易发生山洪灾害。另外流域的海拔高度对山洪灾害的发展也有部分影响:海拔较高的小流域,由于地势的影响,洪水容易排除;而地势较低的小流域则排水有困难。

3.2.3 河网分布

流域内的河网分布,对于山洪的演进过程也有着重要的影响。主要表现在,河沟的长度以及河网的密度,主沟长度越短,河沟数量越少山洪灾害爆发越迅速,瞬间流量越大。可以通过分析不同流域的河网特征来评价各个流域山洪发生的危险性^[1,8,9]。

3.3 具体步骤

(1) 分析江西省各个小流域的暴雨特征。主要是年降水量与年暴雨日数,统计江西省 83 个代表站点近 45 年来的降水状况。将降雨量分为 3 个等级:1 400~1 600 mm、1 600~1 800 mm 以及 1 800 mm 以上;将年平均暴雨日数也分为三个等级:3.0~4.0 d、4.0~

表 1 暴雨影响危险性因子编码表

年平均降水量	年平均暴雨日数		
	3.0~4.0 d	4.0~5.0 d	5 d 以上
1 400~1 600 mm	0.3	0.5	0.7
1 600~1 800 mm	0.4	0.6	0.8
1 800 mm 以上	0.5	0.7	0.9

5.0 d 以及 5 d 以上。然后用倒距离平方法将其插值到各个小流域中并进行危险性因子编码(表 1)。

(2)对江西省各个小流域的地形特征进行空间编码。主要依据是各个小流域的平均坡度和高程。对于一个小流域来水, 高程越高, 山洪灾害的危险性越小, 而坡度越大则洪水越容易集中汇流, 则危险性越大。首先使用江西省的数字高程模型, 计算每个小流域的平均海拔和地形标准差, 小流域的平均海拔由每个流域的栅格化的数字高程平均求得, 而地形标准差也是由数字高程按小流域划分求得。将江西省 1 045 个小流域进行地理空间分析, 将小流域平均海拔高度划分为 0-500 m, 500~1 000 m, 1 000 m 以上三类, 坡度则按地形标准差也分为三类, 分别是 0~1, 1~10, 10 以上, 然后进行危险性的地理编码(表 2)。

表 2 地形影响危险性因子编码表

流域平均 海拔高度	地形标准差		
	0~1	1~10	10 以上
0-500 m	0.5	0.7	0.9
500~1 000 m	0.4	0.6	0.8
1 000m 以上	0.3	0.5	0.7

(3)河网的影响。统计每个封闭小流域内的主沟长度以及河网的密度同样得到山洪灾害的河网影响分析表。河网的密度由于已经涵盖了主沟长度的影响, 因此这里只分析各个小流域的河网密度。进行编码时, 将各个小流域的河网密度分为 1 km/km², 3~5 km/km², 5 km/km² 以上, 分别赋予值 0.9, 0.6 和 0.3^[10]。

(4)成灾因子权重的确定。应用层次分析法(Analytical Hierarchy Process, 简称 AHP 法), 是美国运筹学家 T.L. Saaty 教授于 20 世纪 70 年代提出的一种定量与定性相结合的多目标决策分析方法^[11]。这一方法的核心是将决策者的经验判断给予量化, 从而为决策者提供定量形式的决策依据, 在目标结构复杂且缺乏必要数据的情况下更为适用。应用 AHP 方法计算指标权重系数, 实际上是在建立有序的指标系统的基础上, 通过指标之间的两两比较对系统中各指标予以优劣评判, 并利用这种评判结果来综合计算各指标的权重系数, 表 3 给出了山洪灾害危险因子比较矩阵。

表 3 山洪灾害三种危险因子比较矩阵

	降水因子	地形因子	河网分布
降水因子	1	2	3
地形因子	1/2	1	2
河网分布	1/3	1/2	1

由表 3 用方根法求得山洪灾害危险性因子: 暴雨气候特征(X_1), 地形因子(X_2), 河网分布(X_3)的权重系数分别为: 0.5396、0.2970、0.1634。并通过了一致性检验。

然后利用 ARCGIS 中的因子权重叠加分析, 即将参与评价的三个因子的数字图层与其权重相乘后, 再按如下公式计算每个小流域的危险度(X):

$$X=0.5396X_1+0.2970X_2+0.1634X_3$$

根据最后所得图层以及对山洪灾害的成因和发育环境分析, 给出了江西省山洪灾害危险性等级分布图(图 1), 将江西省的各个小流域主要划分成三个等级: 高危险区, 中危险区和低危险区。这里需要说明的是, 评价因子的等级划分和危险分区指标反映的是相对差异性, 不同的研究者可能有不同的划分标准, 可能存在一定的差异性。

4 风险区划

灾害的“风险”包含有三个方面的意义: 灾害造成的损失, 事件发生的概率和可能产生的后果。联合国提出的自然灾害的风险性可以表达为灾害危险性与易损性的乘积^[3,12]。

在山洪灾害风险区划中, 危险度是前提, 易损度是基础, 风险则是结果。山洪灾害造成的损失和危害很大程度上取决于承灾体的承受能力, 即社会经济易损性的大小。

社会经济易损性指标。基于洪灾损失率的易损性分析主要有以下几方面的困难: (1) 调查承灾体的分布及估算其价值极其困难而且耗资巨大; (2) 不同类别的承灾体易损性特征难以得到, 目前仅对农作物、房屋等少数几类承灾体的易损性特征研究较为成熟; (3) 难以定量分析社会承灾能力。

一般认为社会经济条件可以定性反映区域的灾损敏感度, 即易损性的高低。社会经济发达的地区, 人口、城镇密集, 产业活动频繁, 承灾体的数量多, 密度大, 价值高, 遭受洪水灾害时人员伤亡和经济损失就大。值得注意的是, 社会经济条件较好的地区, 区域承灾能力相对较强, 相对损失率较低, 但区域绝对损失率和损失密度都不会因此而降低。同样等级的洪水, 发生在经济发达、人口密布的地区可能造成的损失往往要比发生在荒芜人烟的经济落后的地区大得多。社会经济易损性分析一般以一定行政单元为基础, 从而可直接利用各类统计报表与年鉴。关于采用何种社会经济指标来反映区域社会经济易损性大小, 目前尚无统一标准, 并因区域的不同而不同。

考虑到研究区社会经济统计数据获取可行性及经济性并根据江西省的特点, 选取研究区的人口密度、耕地百分比、单位面积工农业产值作为山洪灾害的易损性特征指标, 并通过各县的标识码建立与统计数据关联, 从而将统计数据空间化; 其原因一是本

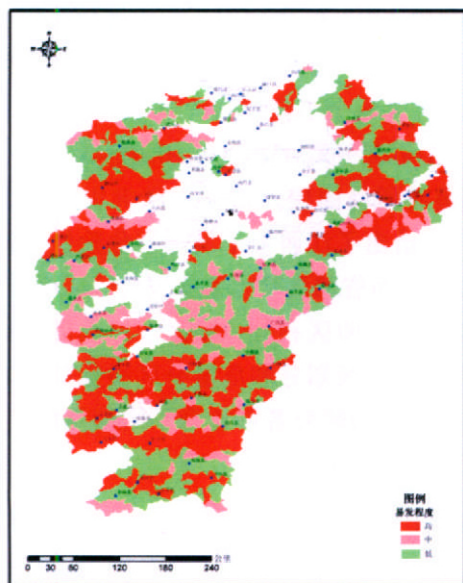


图 1 江西省山洪灾害危险性评价图

研究对象涉及范围大,评价的目标是突出区域的相对差异性;二是社会经济指标尽可能利用统计年鉴的数据,以减少区域调查的工作量。人口、GDP、耕地面积的数据来源于 2003 年江西省统计年鉴。

本研究采用的易损性计算公式为^[9]:

$$V(S) = V_n / V_m$$

式中 $V(S)$ 为易损性指数; V_n 为某评价单元承灾体易损性值; V_m 为整个评价范围承灾体易损性总值。

为了反映山洪灾害易损性的区域差异特征,将易损性计算结果分别按小于 0.3, 0.3~1.0, 1.0 以上作为划分高、中、低易损性的界限值,分别赋值 0.3, 0.6, 0.9 作为山洪风险评价的易损性指标值,然后作为一个因子的数值图层,与前面所得到的危险性图层进行综合分析,得到最终的江西省山洪灾害风险区划图层(图 2)。

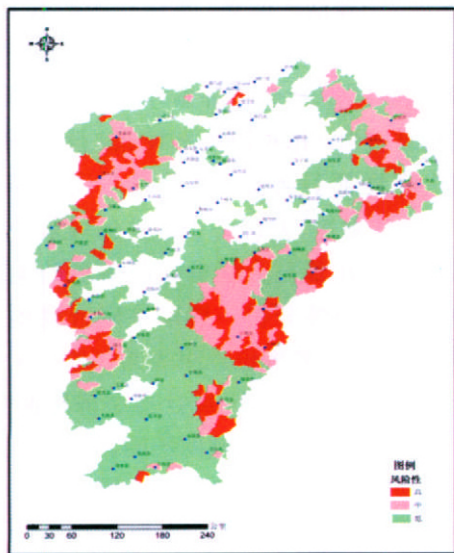


图 2 江西省山洪灾害风险区划图

对比江西省山洪灾害危险性评价图(图 1)和江西省山洪灾害风险区划防治图(图 2),可以看出江西省山洪灾害多发区主要是集中在江西省东部的武夷山区,西部的罗霄山和九岭山区以及江西省南部山区。而结合图 2 来看,江西省南部的山洪灾害的风险度却不高,这主要是由于,江西省南部山区人口比较稀少,社会经济水平发展不高,山洪灾害发生造成的损失不大。而江西省东南部的武夷山区,则由于人口、耕地较多,社会经济发展水平较高,灾害发生造成的损失大,所以此区域的山洪灾害风险大。

5 结论与讨论

利用暴雨气候资料、空间地形资料以及部分统计资料完成了对江西省山洪灾害风险区划的研究,绘制了江西省山洪灾害危险性评价图以及风险区划图。利用 GIS 的空间数据处理分析方法使复杂的灾害风险区划变得简便,也提高了灾害风险的区划精度。山洪灾害风险区划过程相对复杂,在危险性、易损性和最后的风险评价因子选取上,应充分考虑其科学性、合理性和可操作性,本研究所采用的各个评价对象的指标体系有待进一步完善。

今后可采用遥感图像信息,充分考虑影响山洪过程的土地利用类型,土壤类型等信息,使得区划结果更加合理可靠。

参考文献:

- [1] 赵士鹏.中国山洪灾害系统的整体特征及其危险度区划的初步研究[J].自然 1 灾害学报,1996,5(3):93-99.
- [2] 周成虎,万庆,黄诗峰,等.基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究[J].地理学报,2000,55(1):15-24.
- [3] 唐川,朱静.基于 GIS 的山洪灾害风险区划[J].地理学报,2005,60(1):87-94.
- [4] 何报寅,张海林.基于 GIS 的湖北省洪水灾害危险性评价[J].自然灾害学报,2002,11(4):85-91.
- [5] 李吉顺,冯强,王昂生.我国暴雨洪涝灾害的危险性评估[G]//台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究.北京:气象出版社,1996:87.
- [6] 陈华丽,陈刚,丁国平.基于 GIS 的区域洪水灾害风险评价[J].人民长江,2003,34(6):49-52.
- [7] 魏一鸣.洪水灾害分析与评估的综合集成方法[J].水科学进展,1999,10(1):25-30.
- [8] 陈述彭,黄绚.洪水灾情遥感监测与评估信息系统[J].自然科学进展,1991,11(2):91-101.
- [9] 周成虎.洪水灾害评估信息系统研究[M].北京:中国科学技术出版社,1993:92.
- [10] 姜付仁,向立云.洪水风险区划方法与典型流域洪水风险区划实例[J].水利发展研究,2002,2(7):23-31.
- [11] Saaty T L. The Analytical Hierarchy Process[M].New York:McGraw-Hill,1980:23-69.
- [12] 金晓东.区域社会经济“易灾性”综合评价实践[J].灾害学,1994,8(1):32-37.

Research of Regional Torrent Risk Zonation in Jiangxi Province

GUAN Min¹, CHENG Xing-wang²

(1.Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044; 2.Jiangxi Provincial Atmospheric Observation Technology Centre, Nanchang 330001)

Abstract: In this paper, the mountain torrent risk zonation method is advanced by application of GIS technology . Based on geographical map of sub-country small watershed in Jiangxi province, the factor of climate, terrain slope, distribution of river network which have much affecting of mountain torrent originating and developing, are analyzed and superposed to accomplish the Jiangxi mountain torrent disaster risk map. Population density, GDP, farmland area are used as indicators to analyze the vulnerability. And by dint of GIS tools, the map of risk and the map of vulnerability are superposed, thus the Jiangxi mountain torrent disaster risk zonation research is completed. Zonation result shows that the GIS method can effectively make the spatial analysis of the factors which influence the mountain torrent origination and development. The risk zonation map can reduce the effect of mountain torrent disaster by risk zonation decision-making, and also offers the disaster risk information to the residents.

Key words: Geographic Information System; Mountain torrents disasters; Hazard analysis; Risk zonation