# 赣江上游的土地利用类型对山洪灾害的敏感性

岳 琦[1,2], 张林波[1,2], 刘成程[1,2], 李岱青[1,2]
(1. 环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

**摘 要**: [目的] 分析赣江上游的土地利用类型和地形条件的山洪灾害敏感性,为非工程性减灾工作的开展提供理论支持。[方法] 基于 GIS 技术,使用 Landset 影像获取土地利用数据和 Aster 的 DEM 数据,以小流域为最小研究单元,计算不同坡度、不同土地利用的山洪灾害敏感性,分析土地利用和坡度影响下的山洪灾害敏感性。[结果] 城镇建设、耕地建设等人工生态系统会增加山洪灾害发生,而森林、灌丛、草地等自然生态系统可以减缓山洪灾害发生。在坡度大于 25°区域,耕地和城镇建设用地的敏感性显著增加,会显著促进山洪灾害发生。[结论] 研究区通过生态建设开展防灾减灾工程,应该增加自然生态系统的覆盖面积。此外,坡度大于 25°的不适合开发区域,应尽量减少城镇开发和耕地开垦行为。

**关键词**: 土地利用; 敏感性; 山洪; 赣江上游
**文献标识码**: A **文章编号**: 1000-288X(2016)04-0016-06 **中图分类号**: X45
**文献参数**: 岳琦, 张林波, 刘成程, 等. 赣江上游的土地利用类型对山洪灾害的敏感性[J]. 水土保持通报, 2016,36(4):16-21. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.003

# Sensitivity of Flood Disaster to Land Use Types in Upstream of Ganjiang River

YUE Qi[1,2], ZHANG Linbo[1,2], LIU Chengcheng[1,2], LI Daiqing[1,2]
(1. *State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Beijing* 100012, *China*; 2. *Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing* 100012, *China*)

**Abstract**: [Objective] The purpose of this study was to analyze the flood susceptibility to land use type and mountain terrain condition in the upstream of Ganjiang River, and to provide theoretical support for the undertaking of non-engineering hazard mitigation efforts. [Methods] Based on GIS technology, data of land use types and Aster DEM were elicited from Landset images. Flood sensitivity was calculated in different slopes and land use types in a unit of small watershed. [Results] The construction of towns, farmland, and other artificial ecosystem components could increase floods disasters; whereas forests, shrub lands, grasslands and other natural ecosystems components could scale floods disasters down. The sensitivity of farmland and urban construction land in slopes over 25 degree significantly promoted the occurrence of floods disasters. [Conclusion] Disaster prevention and mitigation efforts should be carried out via ecological construction. The efforts should increase the coverage area of natural ecosystems. In addition, slopes more than 25 degrees are not suitable for development, where urban development and farmland reclamation were also not appropriate.

**Keywords**: land use; sensitivity; flood; Ganjiang River upstream

山洪是山区小流域由降水引起的突发性、暴涨暴落的地表径流[1]。我国是一个多山的国家,山丘区约占全国陆地面积的 2/3,山区的复杂地形地貌、高强度降水以及人类不合理的土地利用导致山洪灾害频发[2]。统计显示,山洪灾害的平均死亡人数已经占据全部洪涝灾害死亡人数的 80%以上[3]。山洪灾害敏感性空间分析是评价和预测某区域未来某时段内山洪发生的孕灾环境和致灾因子的各种敏感性指标的变化情况,估计它们的概率分布,并可在此基础上完成其敏感性评价图。进行山洪因子敏感性分析是山洪研究的一个重要的步骤,有利于研究山洪的形成机理及分析山洪的空间分布规律。长期以来,人们对自

**收稿日期**:2015-08-24 **修回日期**:2015-10-18
**资助项目**:环境保护部科研业务专项"易灾地区生态环境功能评估"
**第一作者**:岳琦(1990—),男(汉族),山西省太原市人,硕士研究生,研究方向为生态学。E-mail:yueqi@craes.org.cn。
**通讯作者**:张林波(1969—),男(汉族),山东省临沂市人,博士,研究员,主要从事区域生态质量评估技术方法、生态城市规划理论与技术方法、流域和资源开发生态补偿评估技术等领域的研究。E-mail:zhanglb@craes.org.cn。

然因素的控制作用进行了深入细致的研究,而人类活动对山地灾害的激发作用,特别是陡坡垦殖、过渡放牧、工程建设等对山地灾害的促进作用,虽已经充分认识到其严重性,但因技术的限制和研究对象的复杂性,研究成果多以定性描述为主。国内外灾害敏感性研究较多,主要集中在滑坡、泥石流灾害研究中,研究危险性分区、风险分区,对山地灾害敏感性进行分析,并使用敏感性分析结果,进行风险分区[4];此外,研究也通过生态系统敏感性进行分析,找到对减少灾害发生,减轻灾害损失起作用[5]的关键生态因子;研究还主要使用水文模型,但对人类活动,土地利用等影响的研究还是较少[6-7]。国内研究最早是清华大学与中科院与水利部共建的成都山地灾害与环境研究所针对云南东川的山地灾害进行研究,并找到了最敏感土地利用方式和最不敏感土地利用方式[8];其后对金沙江进行研究,找到了相似的结论,并进行了敏感性分区[9]。唐川[10]对云南省怒江流域的敏感性进行空间分析,并使用敏感性结果进行空间划分。以往的研究经验表明,地形因素与土地覆盖因素是影响山洪灾害发生的重要因素,而两者相互作用,共同作用于山洪灾害的发生机理尚不明确,因而通过敏感系数的引入,试图定量分析不同土地利用类型、地形因素与山地灾害的敏感性。

赣江上游地区山洪灾害频发,每年都有大小不同的山洪灾害发生,一般均属短历时的暴雨所致,暴雨导致的山洪致使溪河洪水暴涨,特征主要分为季节性强、随即突发性强和主要类型为山体滑坡、山溪洪水[11-13]。近 50 a 间,江西省共发生山洪灾害 2 267 次,死亡人口 1 215 人,摧毁房屋 28.9 万间,威胁人口 830 万人次,威胁财产 $3.26\times10^6$ 万元[14]。而赣江上游地区又是江西省最容易发生山洪灾害的地区,因此,选择赣江上游地区作为研究区具有非常好的典型性。

## 1　研究区概况

江西省东、南、西三面环山,地貌类型复杂,山地、丘陵较多,集水面积 10 $km^2$ 以上的河流有 3 700 余条。再加上江西是中国 3 大暴雨中心之一,4—7 月的西风带系统和 8—9 月的台风,往往形成暴雨,甚至大暴雨等强对流天气[14]。河流主要从南向北部汇集,在河谷地势较为平缓的河谷平原与河流阶地上主要为耕地和居民地,在章水和贡水 2 大支流汇集的平原地区分布最为集中。赣江上游地区土地利用以森林为主,占全研究区面积的 72%,其次是耕地,占全研究区面积的 18%。人工表面、草地等面积均较小。研究区范围内,土地利用与坡度、高程之间有较强的相关性(表 1)。城镇、耕地位于坡度较小,高程较低的平原地区;草地主要位于坡度最大、高程高的山地区域;森林、裸地、灌丛则位于坡度较大,高程相对较高的山区。因此,该研究区的土地利用状况具有明显的垂直分布特征。

**表 1　研究区土地利用类型与高程、坡度关系**

| 土地利用类型 | 草地 | 城镇 | 耕地 | 灌丛 | 裸地 | 森林 | 湿地 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均坡度 | 18.3 | 7.2 | 8.4 | 15.4 | 14.5 | 17.0 | 7.9 |
| 平均高程 | 563 | 208 | 228 | 301 | 342 | 410 | 175 |

1985—2012 年赣江上游山洪灾害事件 332 起。赣江上游流域山洪灾害事件的主要类型为溪沟洪水。从灾害的时间分布特征上看,赣江上游流域山洪灾害年际分布总体上呈现出多发年份间隔出现的规律。1994 和 2010 年,山洪灾害发生最多,分别为 28 和 38 起,占该流域山洪灾害事件总数的 20%,28%。从时间序列上看,山洪灾害发生次数整体呈缓慢减少的趋势。按照灾害数据与相近年份土地利用相匹配的原则,将灾害数据分别统计到相近年份 1985,1990,1995,2000,2005 和 2010 年(表 2)。从灾害的空间分布特征上看,主要分布在较为集中的几个县,如兴国、石城、安远、遂川、崇义和大余地区。

**表 2　研究区灾害次数时间统计**

| 年份 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 灾害次数 | 41 | 44 | 148 | 58 | 23 | 18 |

## 2　数据来源

数据均源自环境保护部科研业务专项(易灾地区生态环境功能评估),采用 Aster 2009 年公布的 30 m 精度的 GDEM 数据;选取基于 1985,1990,1995,2000,2005 和 2010 年 Landset 30 m 精度的土地利用数据(中国环境监测总站提供该成品数据);灾害数据来自中国水利水电科学研究院;典型小流域边界基于

1∶5万DEM并通过实地验证源自中国水利水电科学研究院;最大暴雨均值图源自中国水利水电科学研究院。

## 3 敏感性分析方法

### 3.1 暴雨分布规律的确定

我国10 min,60 min,6 h,24 h,3 d这5种历时的雨强能较好地表述我国暴雨时程分布的特点,10 min代表小尺度天气系统产生的特短历时、特小面积暴雨,而3 d则基本上可以反映较大尺度天气系统形成的一次降水过程。同时,这5种历时相邻的长度比为3～6倍,插补中间任意历时雨量的误差不会太大。故而,将以上5种历时作为中国暴雨统计的标准历时。考虑到山洪灾害是由暴雨在山丘区引发的洪水,具有洪水陡涨陡落、汇流速度快,灾害突发性强、成灾快等特点,故在本研究中,选择10 min,60 min,6 h这3种历时,作为山洪灾害暴雨统计的标准历时。暴雨均值表示降水系列的平均情况,可以说明这一系列总水平的高低。均值不单是频率曲线方程中的一个重要参数,而且是水文现象的一个重要特征值。本研究选取年最大10 min暴雨均值、年最大60 min暴雨均值、年最大6 h暴雨均值作为暴雨特征统计参数。

因此,对于研究区的选择,正是依据上述年最大10 min暴雨均值、年最大60 min暴雨均值、年最大6 h暴雨均值3个指标进行选取(图1)。通过上述3个指标对江西省暴雨特征进行分析,最终选取了以赣江地区为研究区,该研究区具有短历时暴雨特征差异不大,空间上具有可比性的特点。

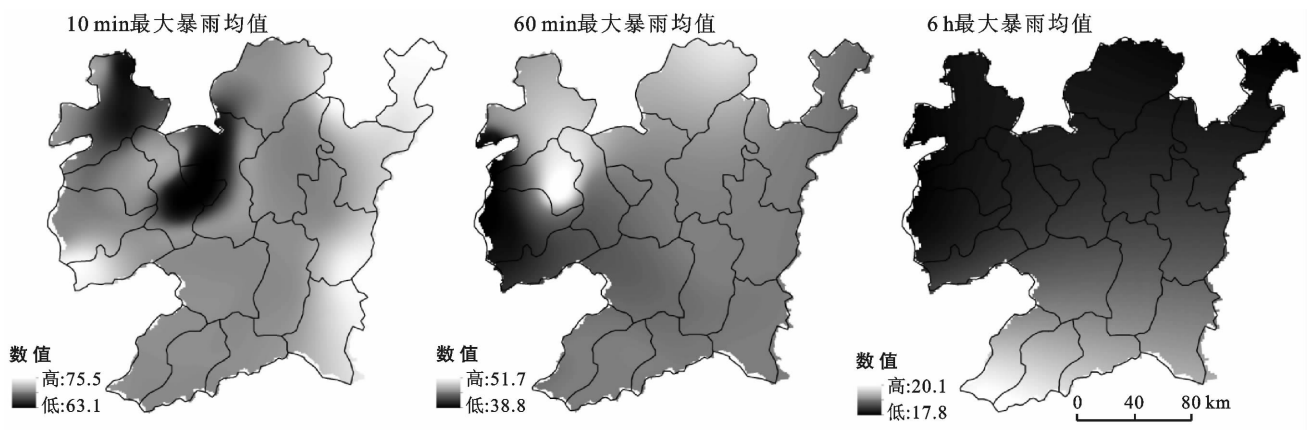



图1 研究区最大暴雨均值图

### 3.2 确定最小研究单元的确定

根据敏感性计算方法,选用最小的单元应该为发生山洪灾害的小流域。最终从1∶5万DEM中确定小流域大小为10～50 $km^2$,并通过实地调查确定小流域划分的准确性,全流域共分为2 416个小流域。最小研究单元划分主要是对研究区以自然地形地貌特征为基础,进行山洪小流域划分,同时建立流域拓扑关系、地表水系拓扑关系。小流域划分处理流程依次为河道烧制处理,河道堤防处理,填洼处理,流向计算,坡度计算,集水面积计算,河流定义,河段定义,流域网格定义,流域边界提取,河流线提取,流域出口点提取,河道交汇点提取,流域面积调整,流域拆分,流域合并,水库(湖泊)流域处理,空间拓扑建立,逐级合并流域,光滑化处理等。

### 3.3 灾害数据处理方式

灾害数据为历史记录数据,主要来源于中国水利水电科学研究院,数据源自江西省水利部门获得。灾害数据的空间化处理方式,主要是针对记录列表中灾害发生乡、镇、村为单元,并与上述小流域划分相结合的方式,最终将灾害事件空间化到小流域图层。此步骤主要使用的是空间叠加的处理手段,将文字记录的灾害数据通过相应的行政单元进行准确定位,再通过文字记录中的受灾范围对灾害数据的相应影响范围进行定位。最终将空间化好的灾害数据与最小研究单元——小流域进行空间叠加处理,获得小流域的空间化灾害数据。灾害数据的时间化处理方式,主要是依据灾害数据与土地利用之间的关系进行考虑,本研究的基本假设为土地利用的变化对灾害发生的影响。首先,多期土地利用数据均是由环保部卫星中心提供成品数据,该数据精度均较高,土地利用之间具有可比性。因此,将土地利用按照每5 a为间隔,将1985年的土地利用数据代替1985—1987年的土地利用状况,将1990年的土地利用数据代替1988—1992年的土地利用状况,并依次类推。虽然这样的土地利用数据处理方式不可避免存在着土壤前期含水量不同对灾害影响的问题。但是,本研究认为如果采用单一的

土地利用类型,反而并不能够真实地反映灾害发生时的土地利用状况。

### 3.4　敏感性定义及计算方法

任一单元山洪灾害的敏感性系数(SC, sensitivity coefficient)定义为单元中某一假定为真的确定程度。它根据每一数据层的单元上的事件(如山洪发生)的先验概率和在特定数据条件下的事件发生的条件概率之间的关系确定。这里用敏感性系数来描述不同的土地利用对山洪灾害敏感性。目前国内针对灾害的敏感性系数的主要计算方法分为两类:将灾害作为点状灾害进行考虑[15],例如,滑坡、崩塌;将灾害作为面状灾害进行考虑[10],例如,泥石流、山洪。其中,本文研究山洪灾害选取的是面状灾害的研究方式。敏感性系数的主要是由 He[16] 提出,何易平[8-9] 在其基础上对山地灾害敏感性进行了研究。

$$SC_i = \ln(DensClas_i / DensMap) \quad (1)$$

式中:$SC_i$——第 $i$ 类土地利用类型的敏感性;$DensClas_i$——山洪灾害在 $i$ 类土地利用类型中分布的面积比率或出现的频率;$DensMap_i$——山洪灾害在所有土地利用类型中分布的面积比率或出现的概率。$SC_i$ 值为正时,表示敏感程度,数值越大,表示敏感度越高,该土地利用分布区域的灾害越易发生。$SC_i$ 值为负时,表示不敏感程度,数值越小,表示不敏感度越高,该土地利用分布区域的灾害越不易发生。$SC_i$ 值为 0 时,表示与区域整体水平一致。

在上述敏感性系数计算方法的基础上,必须确定最小的研究单元,然后以最小的研究单元为基础,通过统计分析,最终得到敏感性系数。

$$SC_i = \ln(DensClas_i / DensMap)$$

$$= \ln[(AS_{Li}/A_{Li})/(A_S/A_T)] \quad (2)$$

式中:$AS_{Li}$——发生灾害的第 $i$ 类土地利用类型的面积;$A_{Li}$——整个研究区内第 $i$ 类土地利用类型的面积;$A_S$——发生灾害的小流域总面积;$A_T$——研究区总面积。

## 4　敏感性分析

### 4.1　土地利用状况敏感性

根据敏感性系数计算公式,对赣江上游土地利用数据 1 级分类进行统计(1985—2010 年 6 期),并将灾害按照与土地利用年份时间相结合的方式重新灾害数据,以小流域为最小单元,使用 ArcGIS 获取敏感性系数所需数据,计算敏感性系数(表 3)。根据表 3,按照多年平均值判断,针对不同土地利用进行排序为:城镇>耕地>森林>灌丛>草地。其中城镇的敏感性最大,也就是在城镇的土地利用状况的影响下,最容易发生山洪灾害。

其次,耕地也是人类对自然环境产生较大影响的土地利用,而且也较容易影响山洪的发生。对于敏感性为负值部分,森林、草地、灌丛作为当地生态系统组成的主要部分,敏感性数值较小,对山洪灾害不敏感,不太容易导致山洪灾害的发生。裸地由于在研究区总面积较小(1985—2010 年均未超过 6%),并且本研究主要使用遥感反演土地利用数据,虽然经过实地数据验证,但是土地利用数据存在一定的偏差,一般小于 5 $km^2$ 的斑块均可以忽略其影响,尤其是在各个小流域内面积较小,裸地土地利用碎屑小斑块较多,因而对山洪灾害的发生产生的影响较小,产生的敏感性计算误差较大。

**表 3　研究区一级土地利用敏感性统计**

| 地类 | 敏感性系数 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1985 年 | 1990 年 | 1995 年 | 2000 年 | 2005 年 | 2010 年 | 多期平均值 |
| 草地 | 0.143 | −0.016 | 0.060 | 0.091 | −0.387 | −0.993 | −0.184 |
| 城镇 | −0.089 | 0.424 | −0.097 | −0.076 | 1.811 | 1.992 | 0.661 |
| 耕地 | −0.318 | 0.275 | −0.090 | −0.515 | 0.356 | 0.498 | 0.034 |
| 灌丛 | −0.586 | 0.286 | −0.084 | −0.430 | 0.405 | −0.260 | −0.112 |
| 裸地 | 0.394 | −0.914 | −0.460 | 1.305 | 1.609 | 1.593 | 0.588 |
| 森林 | 0.103 | −0.135 | 0.023 | 0.129 | −0.329 | −0.425 | −0.106 |

分别统计各年份不同土地利用面积,将 1985 作为基准年,计算出各年份相对于 1985 年土地利用面积变化率(表 4)。比较 6 期不同土地利用面积变化与敏感性之间的关系,草地面积增大,相对应的敏感性减小;城镇面积显著增加,敏感性随之增加明显;森林、灌丛面积变化不大。呈现出土地利用面积变化与敏感性变化之间存在一定的相关性。将整个研究区内耕地按照陡坡、缓坡、和平原 3 种耕地划分(按照 8°,25°划分缓坡与陡坡)(详见表 5)。其中缓坡耕地比例小幅提高,陡坡耕地面积比例明显提高,是导致敏感性增加的最显著的因素。因此陡坡耕地面积的增加会显著影响敏感性。

表4 研究区一级土地利用面积变换率统计 %

| 地类 | 土地利用变化率 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1985年 | 1990年 | 1995年 | 2000年 | 2005年 | 2010年 |
| 草地 | 0 | −1.09 | −1.09 | −0.54 | 0.54 | 9.78 |
| 城镇 | 0 | 2.21 | 25.00 | 27.21 | 66.91 | 93.38 |
| 耕地 | 0 | 0 | −1.64 | −1.91 | −4.25 | −5.56 |
| 灌丛 | 0 | 0 | −0.22 | 0.00 | −0.67 | −0.45 |
| 裸地 | 0 | −10.61 | 4.55 | 15.15 | −16.67 | −15.15 |
| 森林 | 0 | 0.04 | −0.06 | −0.11 | −0.07 | −0.42 |
| 湿地 | 0 | 1.47 | 0.00 | −2.94 | 2.94 | −0.74 |

表5 研究区耕地面积变化率统计 %

| 项目 | 耕地面积变化率 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1985年 | 1990年 | 1995年 | 2000年 | 2005年 | 2010年 |
| 陡坡耕地 | 0 | 0.40 | −0.83 | −1.58 | −0.72 | −0.45 |
| 缓坡耕地 | 0 | 0.09 | −1.38 | −1.69 | −4.02 | −5.69 |
| 总耕地 | 0 | 0 | −1.65 | −1.91 | −4.23 | −5.58 |

### 4.2 土地利用亚类敏感性

根据敏感性系数计算公式,处理赣江上游土地利用数据二级分类(1985—2010年6期),并将灾害按照与土地利用年份时间相结合的方式重新灾害数据,以小流域为最小单元,使用ArcGIS获取敏感性系数所需数据,计算敏感性系数(表6)。根据表6,将敏感性平均值按照正负分为两部分,其中敏感性为正,不同土地利用的敏感程度顺序为:工业用地>裸岩>居住地>裸土>交通用地>旱地>针阔混交林>水田;敏感性为负部分,敏感性计算数值为:常绿阔叶林>常绿阔叶灌木林>稀疏草地>常绿阔叶林>草丛。因此,可以初步认为,人类活动对山洪灾害的敏感性有着较强的联系,人类活动越剧烈,敏感性越大。尤其是工业用地、居住地、交通用地对山洪灾害的敏感性影响较大。生态环境越恶劣,生态环境越脆弱,山洪灾害的敏感性越大,其中裸岩、裸土较为明显。此外,阔叶林、针叶林、草地、灌丛的覆盖均使得多年平均值为负。草丛、常绿阔叶林对于山洪灾害较为不敏感。但常绿针叶林、针阔混交林、稀疏草地等较为敏感。主要是因为赣江地区的地带性植被应该为常绿阔叶林,而常绿针叶林一般为人工林(以马尾松为主),人工林品种较为单一,而且对自然灾害抵抗能力较弱。

表6 研究区土地利用亚类敏感性统计

| 地类 | 土地利用亚类敏感性系数 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1985年 | 1990年 | 1995年 | 2000年 | 2005年 | 2010年 | 多期平均值 |
| 草丛 | 0.367 | −0.136 | 0.118 | 0.537 | −2.017 | −3.490 | −0.770 |
| 常绿阔叶林 | −0.011 | 0.083 | −0.003 | −0.002 | −0.642 | −0.941 | −0.253 |
| 稀疏草地 | 0.045 | 0.026 | 0.038 | −0.153 | −0.118 | −0.723 | −0.147 |
| 常绿阔叶灌木林 | −0.584 | 0.286 | −0.083 | −0.424 | 0.407 | −0.253 | −0.109 |
| 常绿针叶林 | 0.086 | −0.216 | 0.030 | 0.145 | −0.223 | −0.308 | −0.081 |
| 工业用地 | 1.560 | — | 0.626 | 2.933 | 5.300 | 2.970 | 2.678 |
| 裸岩 | 0.416 | 1.087 | 0.674 | 2.514 | 3.245 | 1.345 | 1.547 |
| 居住地 | −0.142 | 0.460 | −0.137 | −0.034 | 2.029 | 2.245 | 0.737 |
| 裸土 | 0.106 | 0.395 | 0.027 | 1.023 | 0.461 | 1.798 | 0.635 |
| 交通用地 | 0.893 | 0.962 | 0.133 | 0.158 | 0.704 | 0.518 | 0.561 |
| 旱地 | −0.074 | 0.195 | 0.059 | −0.270 | −0.025 | 0.692 | 0.096 |
| 针阔混交林 | 0.520 | −0.354 | 0.048 | 0.382 | −0.318 | −0.101 | 0.030 |
| 水田 | −0.399 | 0.303 | −0.132 | −0.688 | 0.564 | 0.429 | 0.013 |

### 4.3 坡度与灾害敏感性分析

根据敏感性系数计算公式,将从Aster下载DEM数据,进行镶嵌、裁剪,并计算坡度后按照8°,15°,25°为间隔重分类,划分为4个等级,并将灾害数据与之相对

于,以小流域为最小单元,使用 ArcGIS 获取敏感性系数所需数据,计算敏感性系数。0°～8°敏感性系数为－0.315,8°～15°敏感性系数为－0.047,15°～25°敏感性系数为 0.060,＞25°敏感性系数为 0.171。表明山洪灾害敏感度随着坡度等级的升高,也逐渐升高。说明坡度是影响山洪灾害发生的重要因素。

### 4.4　土地利用状况、坡度敏感性

根据敏感性系数计算公式,处理赣江上游土地利用数据(1985—2010 年 6 期)、坡度分级数据(按照 8°,15°,25°为间隔重分类,划分为 4 个等级),并将灾害按照与土地利用年份时间相结合的方式重新灾害数据,以小流域为最小单元,使用 ArcGIS 获取敏感性系数所需数据,计算敏感性系数(表 7)。根据表 7,城镇用地无论在哪种的坡度下,均对山洪灾害敏感。灌丛、森林随着坡度的升高,山洪灾害的敏感性也升高,在 0°～15°的情况下,对山洪灾害敏感性较低。草地在不同坡度情况下均对山洪灾害敏感性较低,而草地由于其分布主要处在高海拔、高坡度的山区,再加上人为影响较小,所以在大于 25°表现出敏感性最低。裸地由于面积较小,不足研究区面积的 6%,因而对山洪灾害的发生产生的影响较小,产生的敏感性计算误差较大。

**表 7　研究区不同坡度下的土地利用敏感性统计**

| 坡度/(°) | 敏感性系数 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 草地 | 城镇 | 耕地 | 灌丛 | 裸地 | 森林 |
| 0～8 | －0.488 | 1.393 | 0.135 | — | －0.203 | — |
| 8～15 | 0.013 | 0.547 | 0.051 | －0.185 | －0.323 | －0.197 |
| 15～25 | －0.571 | 0.397 | －0.038 | －0.224 | －1.767 | －0.198 |
| ＞25 | －1.244 | — | 1.946 | 1.853 | 3.332 | 0.213 |

## 5　结 论

(1) 通过敏感性系数这一指标,确定不同的土地利用对山洪灾害的敏感性。对于不同的土地利用类型来说,研究区内易诱发山洪灾害的排序依次为工业用地、裸岩、居住地、裸土、交通用地、旱地、针阔混交林、水田;减少山洪灾害的土地利用排序依次为草丛、常绿阔叶林、稀疏草地、常绿阔叶灌木林、常绿针叶林。人类活动对山洪灾害的敏感性有着较强的联系,人类活动越剧烈,敏感性越大。生态环境越恶劣,生态环境越脆弱,山洪灾害的敏感性越大。

(2) 研究区森林、耕地二者相加占了全研究区面积的 90%以上,因而森林和耕地的敏感性研究成为了该研究区的重要问题。其中针对森林来说,以马尾松这种大面积种植的人工林对山洪灾害发生有一定的促进作用;而以当地乡土树种为主的阔叶林则对山洪灾害的发生起一定的减缓作用。江西省作为国有林场的代表性省份,近几十年采伐阔叶林,并种植速生针叶林的这种方式对山洪灾害的发生起着促进作用,虽然取得了一定的经济效益,但是引起了更多山洪灾害的发生。从江西省耕地变化方面来看,陡坡耕地也是促进山洪发生的重要原因,近几十年的陡坡耕地面积呈先增加后减小趋势,说明退耕还林还草工程在该研究区内实施较为有效,并针对山洪灾害减少起到了积极作用。

(3) 为减少山洪灾害的发生,应继续推行退耕还林还草、天然林保护工程,保护乡土树种,增加生态工程林建设。此外针对林地建设不仅通过提高植被覆盖面积,同时也需要提高植被覆盖质量,提高蓄积量。此外,利用敏感性分析结果对研究区域进行危险性区划是今后需要研究的课题。

[ 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]. 自然灾害学报,1996,5(3):95-101.

[2] 林孝松,林庆,王梅力,等. 山区镇域山洪灾害危险性分区研究:以跳石镇为例[J]. 自然灾害学报,2015,24(3):90-96.

[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] Dorren L K A, Berger F, Imeson A C, et al. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps [J]. Forest Ecology and Management, 2004,195(1/2):165-176.

[5] Renaud F G, Sudmeier R K, Estrella M. The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction [M]. Tokyo: UNU Press, 2014.

[6] Elkhrachy I. Flash Flood Hazard Mapping Using Satellite Images and GIS Tools: A case study of Najran City, Kingdom of Saudi Arabia (KSA) [J]. Egyptian Journal of Remote Sensing & Space Science, 2015, 18(2):261-278.

[7] Sarhadi A, Soltani S, Modarres R. Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis [J]. Journal of Hydrology, 2012, 458/459(5):68-86.


(下转第 26 页)

决策服务中,需要作出日尺度以内的径流预报,这是本研究今后进一步的工作目标。

[ 参 考 文 献 ]


[1] 关志华,陈传友.西藏河流水资源[J].资源科学,1980,2(2):25-35.

[2] 温克刚,刘光轩.中国气象灾害大典(西藏卷)[M].北京:气象出版社,2008.

[3] 林志强,德庆,文胜军,等.西藏高原汛期大到暴雨的时空分布和环流特征[J].暴雨灾害,2014,33(1):73-79.

[4] 杜军,路红亚,建军.1961—2012年西藏极端降水事件的变化[J].自然资源学报,2014,29(6):990-1002.

[5] 叶金印,李致家,常露.基于动态临界雨量的山洪预警方法研究与应用[J].气象,2014,40(1):101-107.

[6] 郑芳,蔡建军.蔡家川.流域降雨—径流关系及水量平衡分析[J].水土保持通报,2012,32(1):71-76.

[7] 卢燕宇,田红.基于HBV模型的淮河流域洪水致灾临界雨量研究[J].气象,2015,41(6):755-760.

[8] 王秀丽,范世东,黄继刚,等.西藏尼洋曲流域考察报告[J].西藏科技,1996,22(2):10-16.

[9] 宋善允,王鹏祥,杜军,等.西藏气候[M].北京:气象出版社,2013.

[10] 成璐,沈润平,师春香,等. CMORPH和TRMM3 B42降水估计产品的评估检验[J].气象,2014,40(11):1372-1379.

[11] Bergstorm S. Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchment [M]. Norrkoping: University of Lurd, 1976.

[12] 张亚杰,吴慧,吴胜安,等.南渡江流域暴雨洪涝致灾临界面雨量的确定[J].应用气象学报,2014,25(6):731-740.

[13] 刘绿柳,姜彤,徐金阁,等.21世纪珠江流域水文过程对气候变化的响应[J].气候变化研究进展,2012,8(1):28-34.

[14] 刘绿柳,姜彤,徐金阁,等.西江流域水文过程的多气候模式多情景研究[J].水利学报,2012,43(12):1413-1421.

[15] 高超,刘青,苏布达,等.不同尺度和数据基础的水文模型适用性评估研究:淮河流域为例[J].自然资源学报,2013,28(10):1765-177.

[16] 张建新,赵孟芹,章树安,等. HBV模型在中国东北多冰雪地区的应用研究[J].水文,2007,27(4):31-34.

[17] 王有恒,谭丹,景元书.HBV水文预报模型在白龙江流域的应用研究[J].水土保持通报,2015,35(3):218-221.

[18] 樊静,江远安,陈颖,等.基于HBV模型的开都河致灾洪水临界雨量分析[J].沙漠与绿洲气象,2014,8(6):31-35.

[19] 刘义花,鲁延荣,周强,等.HBV水文模型在玉树巴塘河流域洪水临界雨量阈值研究中的应用[J].水土保持研究,2015,22(2):224-228.


(上接第21页)


[8] 何易平,马泽忠,谢洪,等.基于GIS的土地利用类型与山地灾害敏感性分析:以云南省昆明市东川区为例[J].水土保持学报,2004,18(4):177-181.

[9] 何易平,马泽忠,谢洪,等.长江上游地区不同土地利用方式对山地灾害的敏感性分析:以金沙江一级支流小江流域为例[J].长江流域资源与环境,2005,14(4):528-533.

[10] 唐川.云南怒江流域泥石流敏感性空间分析[J].地理研究,2005,24(2):178-185.

[11] 李世勤,邱啟勇,王述强.江西山洪灾害防治实践及思考[J].中国水利,2012(3):51-54.

[12] 邱启勇,李世勤.江西省2010年山洪灾害防御实践及思考[J].中国防汛抗旱,2011(5):27-29.

[13] 黄志勇,刘莉萍.浅谈江西山洪灾害成因及对策[J].江西水利科技,2007(2):82-84.

[14] 鄢洪斌,朱均安,廖宏.江西山洪灾害分布特征与预报初探[J].江西气象科技,2005,28(2):27-30.

[15] 兰恒星,伍法权,周成虎,等.基于GIS的云南小江流域滑坡因子敏感性分析[J].岩石力学与工程学报,2002,21(10):1500-1506.

[16] He Yipin, Xie Hong, Cui Peng, et al. GIS-based hazard mapping and zonation of debris flows in Xiaojiang Basin, Southwestern China[J]. Environmental Geology, 2003,45(2):286-293.