

基于土地利用分析的山洪灾害危险等级划分研究

许小华¹, 何雯²

(1.江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029; 2.西安科技大学高新学院, 陕西 西安 710109)

摘要: 本文基于DEM数据在传统山洪灾害风险等级划分研究的基础上, 将土地利用作为一个风险评估的新因子, 充分考虑了土地利用的植被类型、植被覆盖度、人类活动等因素, 利用GIS空间分析方法和AHP权重分析方法得出山洪灾害风险等级划分, 使得山洪灾害风险等级划分结果更加合理、可靠。本文结论显示, 江西省山洪灾害高风险区主要集中在江西西北部的五指山山区、西部的罗霄山和九岭山区以及江西东部武夷山区。据此结果可对山洪灾害危险区进行规划, 从而减轻山洪灾害的影响, 同时也为当地居民提供了山洪灾害的风险信息。

关键词: DEM; 土地利用; 山洪灾害; 风险区划分

中图分类号: S422

文献标识码: A

文章编号: 1004-4701(2015)04-0283-07

0 引言

山洪灾害是指山丘小流域由降雨引发的洪水及由山洪诱发的泥石流、崩塌、滑坡等对人民生命财产造成损失的灾害^[1]。山洪灾害风险区划是指根据研究区山洪危险性特征, 并参考区域承灾能力及社会经济状况, 把山洪灾害划分为不同风险等级的区域^[2]。目前有关山洪灾害危险区划常用的方法有: 根据DEM数据以及部分统计年鉴数据, 选取降雨、地形、河网分布等影响因素, 确定权重, 最后利用ArcGIS地图代数工具叠加得到区域的风险区划图。这种方法简单可行并具有一定精度, 随着研究的深入, 对区划精度有了进一步的要求。

江西省地处东亚季风区, 地形地质条件复杂, 特殊气候条件和降水时空分布不均, 极易形成局部强降雨, 导致山洪灾害频发。本研究以江西省境内为研究区域, 在前期研究成果(即基于DEM的山洪灾害风险区的划分研究)的基础上, 利用TM遥感图像及相关辅助数据提取山洪灾害诱发因子信息。在地形因子基础上, 充分考虑了影响行洪过程的土地使用类型、植被情况、土壤利用率等山洪灾害诱发因子信息, 利用GIS空间分析方法得到山洪灾害风险区的划分。其结果更加合理、可靠, 更能满足山洪灾害防治规划与建设要求。

1 风险因子分析

本研究收集了江西省境内的1:50 000DEM地形数据、30 m空间分辨率TM遥感影像及相关的辅助数据。通过GIS空间分析方法和遥感解译方法分析提取了山洪灾害风险相关因子, 并对因子信息作了空间统计分析。

1.1 地形因子分析

地形地貌为山洪灾害的形成与发生提供基本的下垫面条件^[3]。本研究的山洪灾害分析中, 地形因子主要涉及到高程和坡度信息, 采用高程及坡度作为地形因子指标来反映其对山洪灾害的影响程度。高程较低、地势平坦的地方由于积水难以排出而易致灾, 即地形高程越低、坡度越缓、越容易发生山洪灾害^[4]。

本研究采用的DEM数据是1985年国家高程基准高程, 根据江西省境内地形特征, 将海拔在50 m以下且平坦开阔的定义为平原地形、50~600 m之间且起伏不大的定义为丘陵地形、600~1 000 m之间且峰峦起伏的定义为山地地形、1 000 m以上且地面坦荡的定义为高原的地形分类体系来划分研究区地类。在地形高程的基础上, 将地形坡度0°~0.5°、0.5°~15°、15°~35°、35°以上分别定义为平原、斜坡、陡坡、峭壁来对研究区坡度进行重分类, 其结果见表1。

收稿日期: 2015-05-06

基金项目: 江西省科技计划项目(20142BBG70033)

作者简介: 许小华(1978-), 男, 硕士, 工程师。

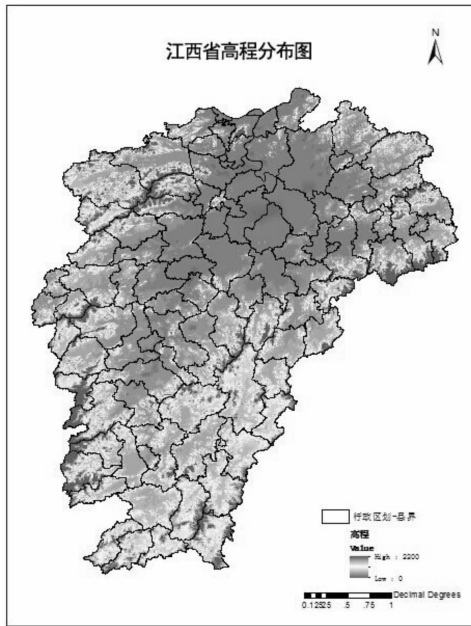


图1 江西省高程分布图

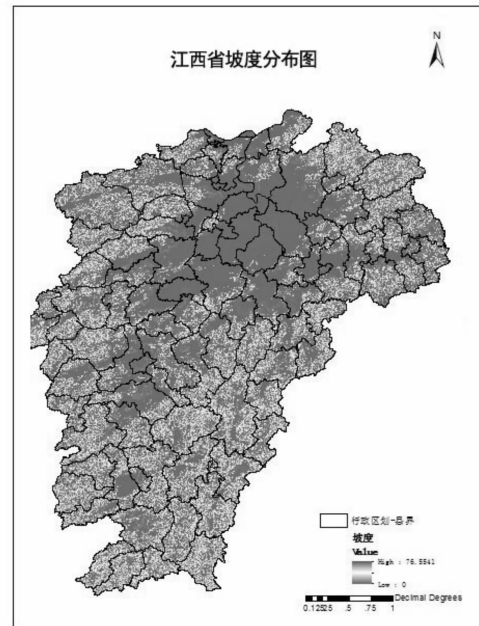


图2 江西省坡度分布图

表1 高程、坡度分级范围与所占比例

高程范围/m	所占比例/%	坡度范围	定性	所占比例/%
0~50	19	0°~0.5°	平原	43
50~600	73	0.5°~15°	斜坡	32
600~1 000	7	15°~35°	陡坡	24
1 000 以上	1	35°~76.55°	峭壁	1

1.2 河网因子分析

河网密度反映一定地域内水系分布的稠密程度。河网密度与山洪灾害发生几率存在密切的关系,一定面积区域内河网密度越大,一旦发生洪灾,流经该地区的过境水流所造成山洪灾害的几率也就越大。依据目前普遍被接受的Chebotarev提出的河网密度为单位面积内河道总长度理论^[5],利用GIS的空间统计分析与叠加分析方法得到江西省河网密度图3。

1.3 土地利用分析

江西省生态环境总体良好,森林植被覆盖率位居全国前列,分析土地利用情况,可进一步提高山洪灾害风险区划的精度与可靠性。本研究在探讨土地利用这一因子时主要考虑地表植被类型、植被覆盖率以及人类活动这3个方面。地表植被的存在可以降低土地遭受山洪灾害的程度,主要考虑以下3个方面:(1)树冠、枝叶的截留和遮挡,缓冲了雨水对地面的冲击。此外,植被的存在增加了地表粗糙度,降低了洪水流速,减缓了

汇流时间^[6];(2)植被增加了土壤的孔隙率,提高了雨水向土层深处渗透的速度与程度。从而增加了土壤吸收雨水的能力,达到涵养水源的效果^[7];(3)植被通过呼吸和蒸腾作用调节土壤内部水分,降低土体的孔隙水压力,达到提高土体抗剪强度的目的^[8]。此外,植被的根系在多方向上形成一系列具有抗拉能力的钢筋网,在其延伸到的土层间起到了锚固作用^[9]。因此,相同降雨情况下,自然植被遭到破坏的山区受到山洪灾害的程度更加严重。伴随国民经济的迅速发展,城镇规模迅速扩大,人类活动给原有生态环境带来巨大改变。滥砍滥伐、过度采矿、削坡建房等活动破坏地表植被,甚至破坏了原有山体的稳定性,山洪灾害发生的几率相对增加。在考虑土地利用时,选择城镇用地、农村居民点用地以及其他建设用来反应人类活动对区域原有地质地貌的改变。

在只考虑土地利用因子的假设下,将区域发生山洪灾害的可能性,从小到大分为I、II、III、IV级。具体分级办法为:根据区域土体上植被的类型与密度将区域分为I、II、III级,主要认为植被类型对山洪灾害的降低程度为林地>草地>旱地,密度主要以郁闭度(林地)以及覆盖度(草地)这两个指标来判断;考虑人类活动对原有地质地貌的改变将城镇、农村以及其他建设用地区划分到IV级;部分区域如水田、坑塘、裸岩、石砾地等由于自有丰富水分或完全不具备下渗能力也划分到IV级。具体的基本划分办法如表2,应用ArcGIS空间叠加

表2 土地利用类型、定义以及对山洪灾害影响的级别

影响级别	土地利用类型	定义
I 级	有林地	指郁闭度>30 %的天然林和人工林。
	灌木林地	指郁闭度>40 %、高度在 2 m 以下的矮林地和灌丛林地。
	高覆盖草地	指覆盖度在>50 %的天然草地、改良草地和割草地。此类草地一般水分条件较好,草被生长茂密。
II 级	疏林地及其它林地	指疏林地(郁闭度为 10 %~30 %)或其他未成林造林地、迹地、苗圃及各类园地(果园、桑园、茶园、热作林园等地)。
	中、低覆盖草地	指覆盖度在 5 %~50 %的天然草地和改良草地,此类草地一般水分缺乏,草被稀疏。
III 级	旱地	指有水源保证和灌溉设施,一般年能正常灌溉,用以种植水稻,莲藕等水生农作物的耕地。
	裸土地	指地表土质覆盖,植被覆盖度在 5 %以下的土地。
IV 级	水田	指无灌溉水源及设施,靠天然降水生长作物的耕地;有水源和浇灌设施,在一般年景下能正常灌溉的旱作物耕地;以种菜为主的耕地,正常轮作的休闲地和轮歇地。
	裸岩、石砾地	指地表为岩石或石砾,其覆盖面积>5 %以下土地。
	河渠	指天然形成或人工开挖的河流及主干渠常年水位以下的土地,人工渠包括堤岸。
	湖泊	指天然形成的积水区常年水位以下的土地。
	水库、坑塘	指人工修建的蓄水区常年水位以下的土地。
	滩地	指河、湖水域平水期水位与洪水期水位之间的土地。
	沼泽地	指地势平坦低洼,排水不畅,长期潮湿,季节性积水或常积水,表层生长湿生植物的土地。
	农村、城镇用地	指农村居民点以及大、中、小城市及县镇以上建成区用地。
	其他建设用地	指独立于城镇以外的厂矿、大型工业区、油田、盐场、采石场等用地、交通道路、机场及特殊用地。

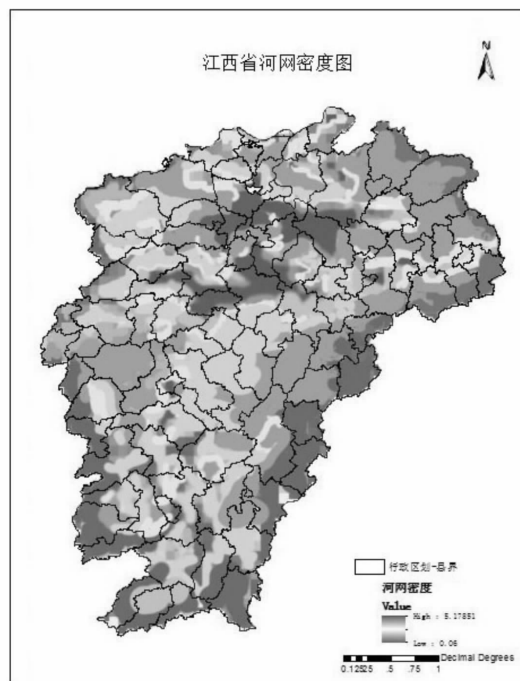


图3 江西省河网密度

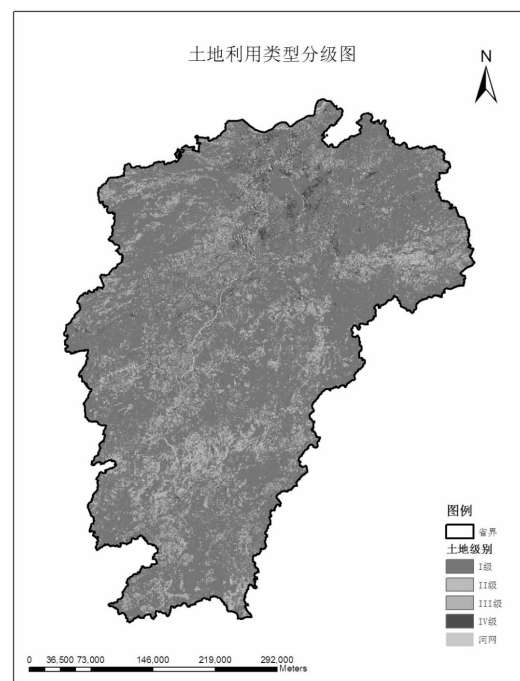


图4 江西省土地利用类型分级图

分析方法得到江西省土地利用类型分级图如图4。

2 AHP权重分析

层次分析法(AHP)是美国运筹学家匹茨堡大学教授萨蒂(T.L.Saaty)为美国国防部研究“根据各个工业部门对国家福利的贡献大小而进行电力分配”时,应用网络系统理论和多目标综合评价方法,提出的一种层次权重决策分析方法。这种方法其特点是在对复杂决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分

析,利用较少的定量信息使决策思维的过程数学化,从而为多目标、多准则或无结构特性复杂的决策问题提供简便决策方法,是对难于完全定量的复杂系统作出决策的模型和方法。

本研究应用AHP方法计算各指标的权重系数,采用如下矩阵模型计算权重。影响因子设计原则为:坡度>高程>河网密度>土地利用。目前关于山洪灾害危险区研究的影响因子选取以及权重分析并没有统一的标准,本文赋值主要参考文献^[2-4]以及影响因子设计原则。结果见表3。

表3 山洪灾害危险性指标重要性判断矩阵及权重

影响因子	高程	坡度	河网密度	土地利用	权重
高程	1	1/2	3	2	0.314 5
坡度	2	1	3	2	0.387 1
河网密度	1/3	1/3	1	2	0.177 4
土地利用	1/2	1/2	1/2	1	0.121 0
$\lambda_{\max}=4.211 4$	$C.I.=0.070 5$	$C.R.=0.078<0.1(R.I \text{查表}:0.9)$	满足一致性要求,无需修正		

表4 各因子危险程度划分与赋值

等级划分	1	2	3	4
影响因子	较安全	较危险	危险	极度危险
高程	[600, 2 000)	[400, 600)	[200, 400)	[0, 200)
坡度	[30°, 78°)	[20°, 30°)	[10°, 20°)	[0°, 10°)
河网密度	[0, 0.2)	[0.2, 0.4)	[0.4, 0.6)	[0.6, 6)
土地利用	I级	II级	III级	IV级

由于山洪灾害的影响因子较多,各影响因子的计量单位不同,取值范围变幅大,因此需要对数据进行标准化处理^[9]。利用ArcGIS空间分析方法对各影响因子图层栅格化再进行重分类(分4类),并将每一类别根据较安全、较危险、危险、极度危险分别赋值4、3、2、1。具体各因子危险程度划分与赋值如表4,土地利用的具体分级办法见表2。

基于上述各个因素的分析,根据其对山洪灾害危险性的权重(表3),利用ArcGIS空间分析方法,将各因子图赋予权重进行叠加分析,即各影响因子与其相应的权重相乘得出每个栅格单元的危险程度 X 。

$$X=0.314 5H_1+0.387 1H_2+0.177 4H_3+0.121 0H_4 \quad (1)$$

上式中, $H_1 \sim H_4$ 分别为高程、坡度、河网密度和土地利用。根据山洪灾害的危险程度 X ,应用GIS软件将山洪灾害风险区划分为4个等级(X 取值范围分别为: $<2.0, 2.0 \sim 2.5, 2.5 \sim 3.0, >3.0$):危险性程度由低向高依次

分别为安全区、少发区、较易发区、易发区。具体划分结果如图5。

3 山洪灾害风险等级区划

承灾体的承受能力即社会经济易损性的大小,对山洪灾害造成的损失和危害具有重大影响^[4]。本研究选择人口因子作为山洪灾害易损性的分析因子,主要考虑在山洪灾害中人的伤亡是最严重的一类,选择人口为易损性因子也是秉着保人的原则。此外,人口分布在一定程度上反映了地区政治、文化经济发展情况。根据各区县的人口统计年鉴数据对人口密度进行插值,得到人口分布图(见图6)。根据GIS软件成图将易损程度($<350, 350 \sim 450, 450 \sim 550, >550$)分为4个等级,各县人口统计年鉴数据见表5。

在山洪灾害风险分析中危险性占主导因素,一般

情况下,危险性占的比重约为75%~80%。本研究将危险性与易损性的比例定为4:1,符合一致性原则,不用修正。各指标权重计算结果为山洪灾害危险性指标权

重为0.8,易损性指标权重为0.2。将山洪灾害危险性分布与易损性分布叠加得到山洪灾害的风险分布图,其计算公式如公式(2)。

表5 江西省各县人口统计年鉴数据

地市	地区	人口数/人	面积/km ²	人口密度/(人/km ²)	地市	地区	人口数/人	面积/km ²	人口密度/(人/km ²)
南昌	东湖区	458 192	43	10 656	抚州	南丰县	304 567	1 909	160
	西湖区	445 100	39	11 413		崇仁县	368 530	1 520	242
	青云谱区	267 821	43	6 228		乐安县	377 554	2 412	157
	湾里区	79 892	254	315		宜黄县	231 899	1 937	120
	青山湖区	445 838	232	1 922		金溪县	314 712	1 358	232
	南昌县	1 017 279	1 839	553		资溪县	116 499	1 251	93
	新建县	686 899	2 338	294		东乡县	470 624	1 264	372
	进贤县	839 693	1 971	426		广昌县	245 865	1 613	152
萍乡	安义县	293 293	665	441	信州区	413 223	339	1 219	
	乐平市	825 269	1 973	418	上饶县	792 972	2 246	353	
	浮梁县	307 746	2 867	107	广丰县	923 766	1 378	670	
	珠山区	327 111	40	8 178	玉山县	616 935	1 728	357	
	昌江区	159 336	380	419	铅山县	469 279	2 178	215	
	安源区	463 646	212	2 187	横峰县	219 773	655	336	
	湘东区	363 459	853	426	弋阳县	408 833	1 580	259	
	上栗县	445 158	725	614	余干县	1 057 731	2 371	446	
	芦溪县	261 369	968	270	鄱阳县	1 584 091	4 215	376	
	莲花县	239 056	1 063	225	万年县	418 115	1 140	367	
萍乡经济开发区	108 849	26	4 187	婺源县	362 115	2 948	123		
新余	分宜县	327 736	1 389	236	德兴市	329 996	2 082	158	
	渝水区	588 217	1 775	331	章贡区	468 461	375	1 249	
鹰潭	贵溪市	567 286	2 486	228	赣县	619 293	2 993	207	
	余江县	357 641	937	382	信丰县	743 338	2 878	258	
	月湖区	217 563	137	1 588	大余县	306 940	1 368	224	
吉安	吉州区	349 148	425	822	上犹县	312 128	1 544	202	
	青原区	210 913	914	231	崇义县	211 498	2 197	96	
	吉安县	495 857	2 117	234	安远县	384 101	2 375	162	
	吉水县	531 639	2 509	212	龙南县	321 054	1 641	196	
	峡江县	179 884	1 287	140	定南县	214 570	1 317	163	
	新干县	331 731	1 252	265	全南县	192 483	1 521	127	
	永丰县	457 276	2 680	171	宁都县	795 575	4 053	196	
	泰和县	564 217	2 666	212	于都县	1 054 132	2 893	364	
	遂川县	583 914	3 102	188	兴国县	805 895	3 214	251	
	万安县	306 180	2 047	150	会昌县	517 699	2 722	190	

续表5 江西省各县人口统计年鉴数据

地市	地区	人口数/人	面积/km ²	人口密度/(人/km ²)	地市	地区	人口数/人	面积/km ²	人口密度/(人/km ²)
吉安	安福县	401 175	2 796	143	赣州	寻乌县	314 775	2 311	136
	永新县	515 424	2 200	234		石城县	319 160	1 582	202
	井冈山市	164 000	1 276	129		瑞金市	677 715	2 448	277
袁州区	1 098 264	2 532	434	南康市		832 792	1 845	451	
宜春	奉新县	327 031	1 642	199	庐山区	264 400	495	534	
	万载县	539 447	1 719	314	浔阳区	313 900	50	6 278	
	上高县	369 907	1 350	274	九江县	297 300	873	341	
	宜丰县	294 213	1 935	152	武宁县	364 700	3 506	104	
	靖安县	149 700	1 377	109	修水县	748 600	4 504	166	
	铜鼓县	137 971	1 548	89	永修县	365 500	2 035	180	
	丰城市	1 417 707	2 845	498	德安县	156 200	863	181	
	樟树市	592 608	1 291	459	星子县	248 700	719	346	
	高安市	853 909	2 439	350	都昌县	724 700	1 988	365	
	临川区	1 181 088	2 121	557	湖口县	279 400	669	418	
抚州	南城县	333 479	1 698	196	彭泽县	357 400	1 542	232	
	黎川县	250 996	1 728	145	瑞昌县	424 000	1 442	294	

$$R=0.8X+0.2V \quad (2)$$

上式中R为山洪灾害的风险指数,X为山洪灾害的危险性指数,V为山洪灾害的易损性指数。根据山洪灾害的风险指数结合GIS软件成图将山洪灾害风险区划分为4个等级,每个风险等级的数值范围及含义如表6,

具体划分结果如图7。

4 成果分析与检验

对比图5与图8发现,江西省部分丘陵地带虽然发

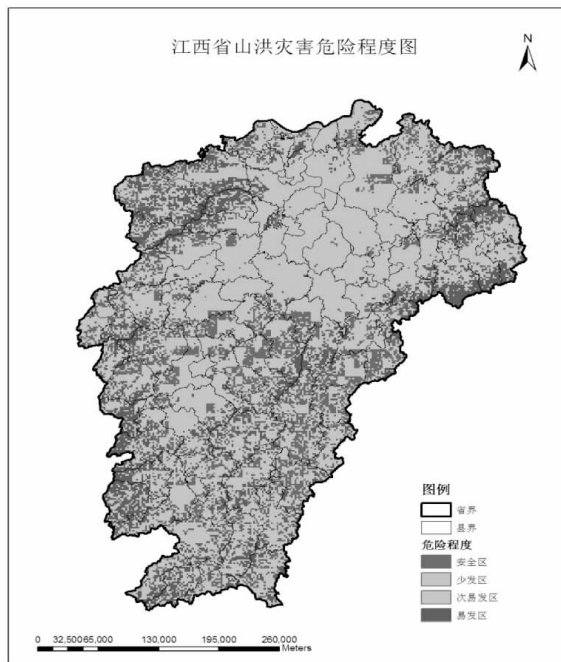


图5 江西省山洪灾害风险程度图

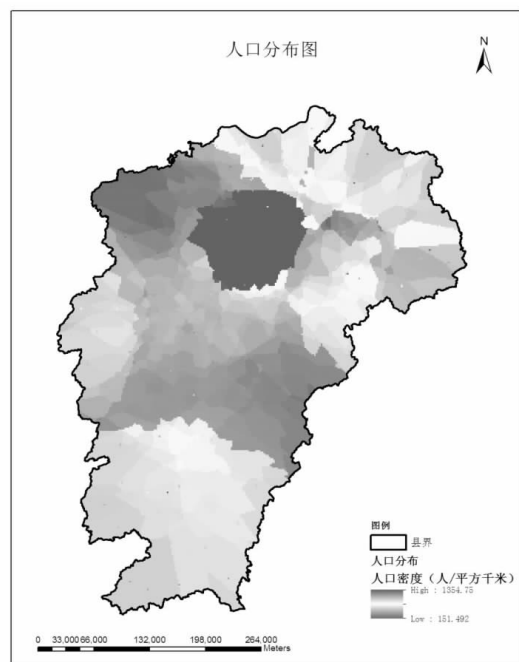


图6 江西省人口密度图

表6 山洪灾害风险等级划分及代表灾害含义

等级划分	风险指数	定义
低风险区	<1.8	发生山洪灾害的可能性极低,即便发生降雨,其造成的损失也很小,几无影响。
中低风险区	1.8~2.5	发生山洪可能性较低,即使部分地区可能性较高也对山区居民点、公路、农田影响较小。
中高风险区	2.5~3.2	发生山洪的可能性较高,对山区居民点、公路、农田有一定影响。
高风险区	>3.2	发生山洪灾害的可能性高,一旦发生山洪,极有可能造成人员伤亡、农田淹没、房屋公路损毁,造成严重的财产损失。

生山洪灾害的可能性普遍偏高,但是由于人口密度较低以及土地开发利用也低,其遭受山洪灾害造成的损失相对较低,故风险程度也相对降低。

对比图8与图7发现,考虑了土地利用情况后,在平原地区增加了山洪灾害风险程度,例如鄱阳湖地区的山洪灾害风险程度较不考虑土地利用情况偏高,其主要原因为鄱阳湖地区水资源丰富,河网密度大,土地开发利用率高,人口分布密集,与实际相比存在微小的偏差。但在山区和丘陵地区,考虑了土地利用情况后的山洪灾害风险区划结果比不考虑土地利用情况的区划更为精细。

对比历史山洪灾害记录显示,本研究的山洪灾害风险区划结果具有一定的精度。江西省西南部三面环山地带及部分中部丘陵地带发生山洪灾害的风险普遍较高。其中高风险区比例不高,主要集中在江西西北部的五指山山区、西部的罗霄山和九岭山区以及江西

东部武夷山区。历史山洪灾害记录显示的山洪灾害频发且损失严重的龙虎山区,九岭山南麓,鄱阳县莲花村、清溪村,芦溪县等均在风险区划图中高风险区。山洪灾害频发的上栗县,峡江县,资溪县等也在风险区划图中的中高或中低风险区范围。

5 结论

在传统的风险区划研究的基础上,通过增加对土地利用情况的分析,提高了风险区划的精度与可靠性。但目前针对土地利用情况对山洪灾害风险程度影响的研究还不够成熟完善,未来还有进一步细化、完善的可能。山洪灾害危险区划图显示:江西省山洪灾害高风险区主要集中在江西西北部的五指山山区、西部的罗霄山和九岭山区以及江西东部武夷山区。据此可以有针对性的对山区的土地利用进行规划并设置一些主动避

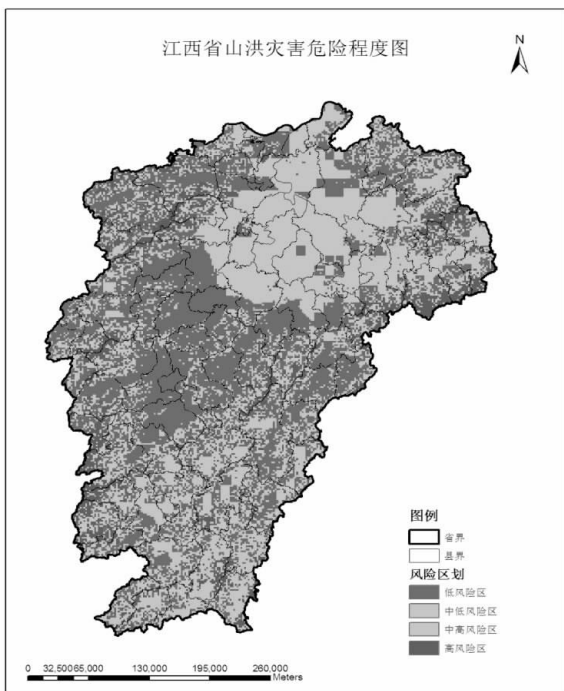


图7 不考虑土地利用的山洪灾害风险区划

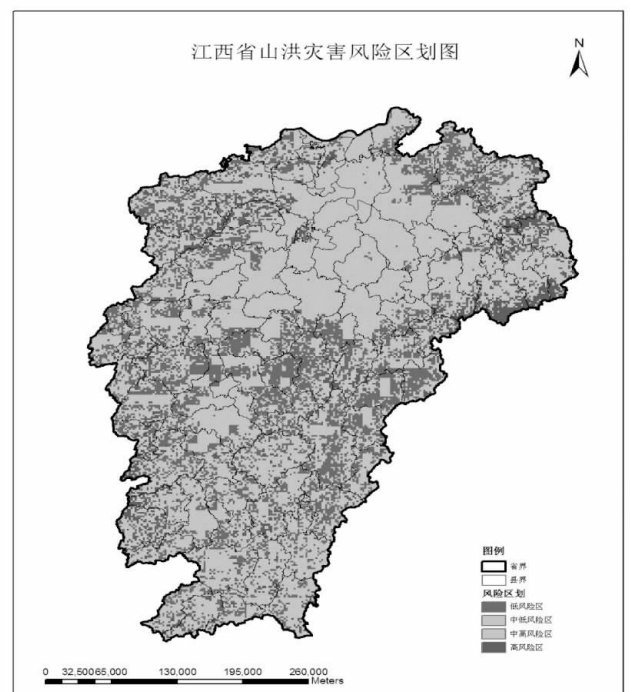


图8 考虑土地利用的山洪灾害风险区划

灾的防洪减灾非工程措施,这对完善江西省的防洪减灾体系有着十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 张平仑,任洪玉,胡维忠,等.中国山洪灾害防治区划初探[J].水土保持学报,2006,20(6):196-200.
- [2] 周成虎,万庆,黄诗峰,等.基于GIS的山洪灾害风险区划研究[J].地理学报,2001,55(1):15-23.
- [3] 章德武,谌宏伟.山洪灾害致灾因子分析与防治措施[J].中国水运,2011,11(3):146-147.
- [4] 张骞.基于GIS的北京地区山洪灾害风险区划研究[D].首都师范大学地理学与地理信息系,2014,5.
- [5] Zavoianu I.Morphometry of drainage basins[M].Amsterdam-Oxford-Tokyo:Elsevier,1985.
- [6] 韩曠,林孝松,左倩云,等.山区镇域山洪灾害孕灾环境分区研究[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2014,31(6):82-89.
- [7] 唐正光.降雨入渗影响因素与滑坡的研究[D].昆明理工大学,2012,11.
- [8] Gray,D.H., Influence of vegetation on the stability of slopes.In: Barker, D. H. (Ed.),Vegetation and Slopes Stabilisation,Protection and Ecology. 1995.2-23.
- [9] 唐川,朱静.基于GIS的山洪灾害风险区划[J].地理学报,2005,60(1):88-94.

Study on risk grade partition of mountain torrent disaster based on land utilization analysis

XU Xiaohua¹,HE Wen²

(1.Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences,Nanchang 330029,China;2.Gaoxin College of Xi'an University of Science and Technology,Shaanxi Xi'an 710109,China)

Abstract: Based on the DEM data and the traditional risk grade partition research of mountain torrent disaster,the land utilization was regarded as a new risk evaluation factor.The factors of land utilization such as vegetation kind,vegetation cover degree and human activity were taken full consideration.By the GIS spatial analysis and AHP methods,the risk zoning of mountain torrent disaster was made in order to make the results more reasonable and reliable.The results show that the high risk zone of mountain torrent disaster in Jiangxi Province mainly concentrated on Wuzhi Mountain in the north-western area, Luoxiao Mountain and Jiuling Mountain in the western area and Wuyi Mountain in the eastern area of Jiangxi province.On the basis of this results,the plans of danger area of mountain torrent disasters was made in order to mitigate the impact of mountain torrent disasters and provide the information about the risk of mountain torrent disaster for local residents.

Key words: DEM;Land utilization;Mountain torrent disaster;Risk grade partition

编辑:张绍付

(上接第 282 页)

Study on setting flood analysis scheme for flood risk mapping of flood protection area of Ganfu Grand Dyke

ZHANG Xiuping¹,DING Zhixiong²

(1.Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences,Nanchang 330029,China;2.China Research Institute of Water Resources and Hydropower ,Beijing 100038,China)

Abstract: Flood risk mapping is an important foundation for the implementation of flood control work from flood control to flood management and provides an important foundation support for flood risk management.It is one of the important non-engineering measures for flood control and disaster relief in China.Flood risk mapping is a complicated process ,involving much basic information and the complex factors need to be considered.Flood analysis schemes are one of a vital part of the preparation of flood risk mapping,which is related to the practicality of flood risk mapping results.In this paper,we took flood protection area of Ganfu Grand Dyke as an example,setting the rules for flood analysis schemes in the process of flood risk mapping of Ganfu Grand Dyke from these aspects such as flood sources,flood analysis frequency,flood combinations,may breach position,breach width and outburst opportunity and weighing the practicality and usability in order to optimize the analysis scheme are stated.It provides a reference for this province and other areas to carry out a comprehensive flood risk mapping.

Key words: Flood risk mapping;Flood protection area of Ganfu Grand Dyke;Flood analysis scheme

编辑:张绍付