

基于 DEM 的流域灾害点密度研究^{*}

孙 欣, 韩 赧, 李王虎

(重庆交通大学 河海学院, 重庆 400074)

摘 要:以重庆市巴南区安澜镇为研究范围,以大比例地形图数据为基础,以 50 m×50 m 网格尺寸为单位提取研究区数字高程模型(DEM),利用 ArcGIS 水文分析模块,通过 DEM 的洼地填充、模拟水流方向确定各网格单元汇流累积量,并依此设置合理阈值提取河网,根据水流方向数据得到安澜镇 110 个小流域;以安澜镇山洪的历史灾害统计数据为基础,以 110 个小流域为统计单元,通过空间的叠加分析、属性表的连接等确定各统计单元灾害点分布情况,利用空间统计分析工具得到安澜镇流域灾害点密度分布情况;结果表明:灾害点高危险密度为 1.180–2.341(个/km²),面积为 11.89 km²,占安澜镇总面积的 9.73%,符合研究区实际情况,划分流域是相对合理。

关键词:灾害点密度;DEM;流域划分;GIS

中图分类号:X43

文献标志码:A

文章编号:1672-058X(2015)08-0066-05

目前,自然灾害已严重制约着我国国民经济的发展,威胁着人民的生命、财产安全,成为影响我国经济可持续发展的重要因素。自然灾害的形成受很多因素影响,而这些因素本身又具有不确定性、模糊性、复杂性等特点^[1]。流域灾害点密度是指单位流域面积内灾害点的个数,流域灾害点密度越高,地区发生灾害的可能性越大。流域灾害点密度可以准确、科学确定自然灾害高发区、易发区,对防灾减灾意义重大。地理信息系统,即 GIS,是在计算机软件 and 硬件系统的支持下的特定的空间信息系统,可以采集地球表层的相关地理分布数据,同时对数据进行储存、运算、分析、管理、描述和显示^[2]。

1 研究区概况及数据来源

安澜镇地处重庆市巴南区西南部,东与跳石镇接壤,南连綦江县,西与江津市相连,北与一品镇为邻。地理坐标为北纬 29°7′~29°17′,东经 106°32′~106°40′之间。区内浅丘平坝、倒置低山、岗状丘陵、一山一岭、一山两岭一槽等多种地貌形态并存,安澜镇区域降雨集中在 5~8 月,易发生由于降雨引起的山洪灾害。

收集到来自测绘部门用于生成流域的安澜镇 1:10 000 CAD 地形图(共 7 幅,等高距 5 m),以及近 10 年来灾害发生点坐标统计数据表。通过 MapGIS k9 软件对等高线进行提取并赋以高程值;然后对按照国家标准分幅为单元的图幅进行接边、拼接,格式转换输出 shp 文件,将结果导入 ArcGIS 软件中进行分析,分辨率根据研究区面积生成 50 m×50 m 的栅格数字高程模型(DEM)。

收稿日期:2014-02-13;修回日期:2014-04-19.

^{*} 基金项目:重庆市自然科学基金项目(CSTC2011jjA30012);国家级大学生创新训练项目(201210618002)。

作者简介:孙欣(1991-),女,重庆南川人,硕士研究生,从事地图学与地理信息系统研究。

2 研究方法

DEM (Digital Elevation Model, 数字高程模型) 数据中包含了丰富的地形、地貌、水文等信息,能够反映各种分辨率的地形特征,通过 DEM 可以提取大量的地表形态信息^[3,4]。利用 ArcGIS 中的水文分析模块 (Hydrology Model), 在 DEM 的基础上,生成研究区流域,并将统计数据中的坐标生成点要素,利用 ArcGIS 10.1 空间分析功能及统计功能得到流域面积内灾害点的密度,具体流程如图 1 所示。

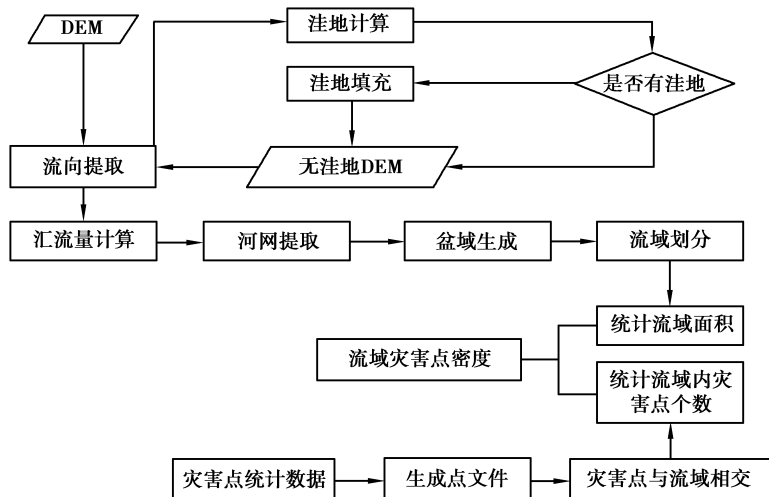


图 1 安澜镇流域灾害点密度制作流程

2.1 无洼地 DEM 生成 (FILL)

由于内插以及一些真实地形 (如采石场或喀斯特地貌) 的存在, DEM 表面存在着很多洼地 (Sinks) 或尖峰 (Peaks)。如果洼地不被填平, 则在这些区域范围内进行地表水流模拟时, 洼地单元格中的水流只能流入而不能流出, 尖峰单元格中的水流则只能流出而不能流入水流, 流向不合理, 进而生成的河网不连续^[5,6]。因此, 在进行水流方向的计算之前, 需要利用 Hydrology 工具包中的 Fill 工具来填洼和削峰处理。

2.2 流向提取 (FLOW DIRECTION)

水流方向是指水流离开每一个栅格单元时的指向。在 ArcGIS 中使用 D8 算法, 通过中心栅格的 8 个邻域栅格编码, 栅格方向的编码如图 2 所示, 水流方向便可以用其中的某一个值来确定, 除上述数值之外的其他值代表流向不确定^[7]。利用最陡坡度法来确定水流的方向, 计算中心格网与各相邻格网间的距离权落差, 取距离权落差最大的格网为中心格网的流出格网, 方向即为中心格网的流向。

32	64	128
16	X	1
8	4	2

图 2 水流流向编码

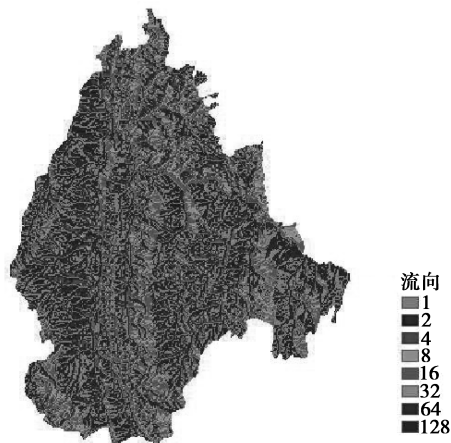


图 3 安澜镇水流方向图

2.3 汇流量计算(Flow Accumulation)

在地表径流模拟过程中,汇流累积量是基于水流方向数据计算而来的。对每一个栅格来说,其汇流累积量的大小代表着其上游有多少个栅格的水流方向最终汇流经过该栅格,汇流累积的数值越大,区域越易形成地表径流^[8]。汇流累积量的计算主要是基于无洼地 DEM 计算得到的。

2.4 河网提取

(1) 假设每个栅格携带一份水流,则栅格的汇流累积量代表栅格的水流量。当汇流累积量达到一定值的时候,就会产生地表水流,汇流量大于某个临界数值的栅格就是潜在的水流路径,由这些水流路径构成的网络,就是河网^[9]。利用“栅格计算器”的条件函数:con(flowacc_flow>N,1),计算出所有大于设定阈值(N)的栅格,这些栅格就是河网的潜在位置。通过不同阈值设定所生成的河网与实际水系分布的接近程度,发现阈值为 250 与实际水系的分布最为接近。

(2) 通过河流连接(Stream Link)的计算,即得到每一个河网弧段的起始点和终止点、节点之间的连接信息等河网的结构信息(图 4)。同样,也可以得到汇水区域的出水点,为进一步流域分割准备了数据。

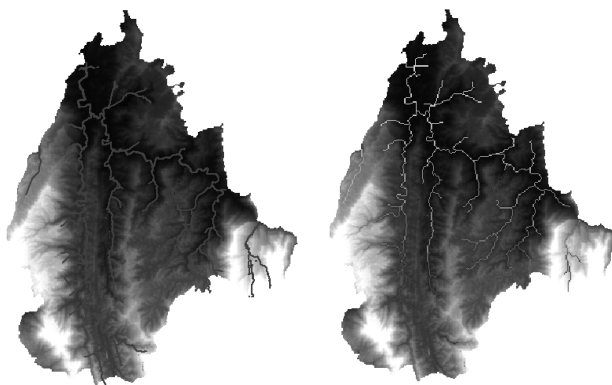


图 4 安澜镇实际水系与 $N=250$ 提取河网对比

2.5 流域划分

(1) 流域盆地(Basin)是由分水岭分割而成的汇水区域。它通过对水流方向数据的分析确定出所有相互连接并处于同一流域盆地的栅格^[10]。在进行流域盆地的划分中,所有的流域盆地的出水口均处于分析窗口的边缘。当确定了出水口的位置之后,找出所有流入出水口的上游栅格就是整个流域盆地(图 5)。

(2) 对于流域灾害点密度的研究分析而言,还需要更小的流域单元进行分析,需要将所得到的流域盆地进行分割(图 6)。小级别的流域的划分首先需要确定小级别的出水口的位置。水文分析模块中的“分水岭(Watershed)”工具其思想,先确定一个出水点(集水区的最低点),然后结合水流方向数据,分析搜索出出水点上游所有流过出水口的栅格,直到所有的集水区的栅格都确定了位置,也就是确定流域的边界。

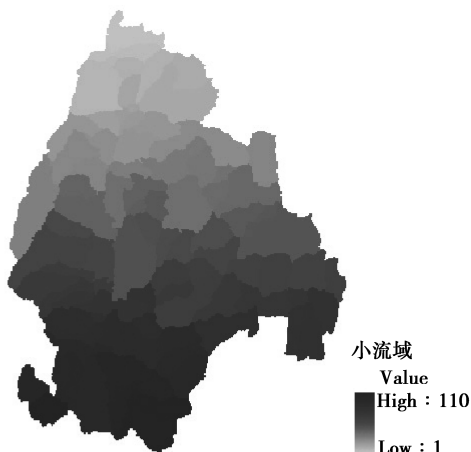


图 5 安澜镇集水区图



图 6 安澜镇小流域划分成果图

2.6 灾害点生成

(1) 近 10 年来山洪灾害发生点统计数据表包含发生灾害点得经纬度坐标,将 Excel 表格添加到 ArcGIS10.1 中,点击鼠标右键选择“Display XY Data”进行设置,并将点元素保存为 Shape 文件。

(2) 小流域图层与灾害点图层是相互独立,需要用到 Arctoolbox 中的 Intersect 工具计算两个图层几何对象相交的部分。此工具要求 Input Features 是简单要素类,如 Point、Line、Polygon,不能是复杂要素类,当 Input Features 是不同的要素类型时输出的结果默认是维数较低的类型,Point 与 Polygon 的默认结果是 Point。打开输出的结果可以看到小流域 ID 与灾害点 ID 相互对应。

(3) 统计小流域面积,需要将栅格数据转换为矢量数据。利用 Spatial Analyst 菜单栏中 Convert 工具,既可以将矢量数据转化为栅格数据,也可以将栅格数据转化为矢量数据,此时用到 Raster to Features。打开属性表,添加 Area 字段,点击右键 Calculate Geometry,选择 area 即可计算各个小流域的面积。

(4) 计算各个流域内灾害点的个数。在灾害点的属性表中新建“Count”字段,并设为“短整型”,右击“Count”字段名利用 Field Calculator,将“Count”字段的值都设为 1。右击小流域图层在 Joins and Relates 下面选择 Join,首先在菜单中选择“Join data from another layer based on spatial location”将灾害点图层和小流域图层建立空间连接,然后选择“Sum”,生成的新面状要素中,“Sum_Count”字段即表示各个流域中包含灾害点的个数。

(5) 新生成图层的属性表中既包含流域的面积,同时又包含各个流域范围内的灾害点个数,新建“密度”字段,利用 Field Calculator 工具,输入“密度 = Sum_Count / area”,既可以得到流域灾害点密度。

3 灾害点密度图

为了更好体现灾害点密度的趋势性,需要将灾害点密度分为几个等级,矢量数据利用 Feature to Raster 进行转换。目前国内外相关文献关于灾害点密度分级标准的问题很少提及,多数采取的是依照专家个人的经验对结果进行分级。在 GIS 软件支持下,全自动对评价结果进行 Defined Interval(定义间隔分类)、Equal Interval(等间隔分级)、Quantile(等量分类)、Standard Deviation(标准差分类)、Natural Breaks(自然断点分类)、Geometry Interval(几何级数分类)分级划分对比实验。实验表明 Geometry Interval 的分级划分方法分区效果明显,更能体现灾害点密度的分布规律。将结果分为 4 级,得到灾害点密度成果图表(表 1,图 7)。

表 1 各个灾害点密度面积及百分比表

等级	微危险	低危险	中危险	高危险	总计
密度/个/km ²	0~0.192	0.192~0.542	0.542~1.180	1.180~2.341	
面积/km ²	67.17	21.26	21.88	11.89	122.20
占总面积/%	54.97	17.4	17.9	9.73	100

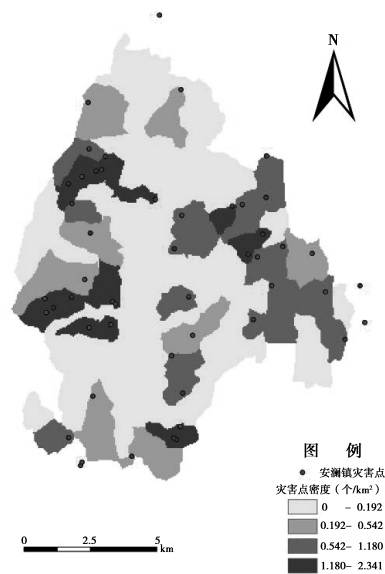


图 7 安澜镇灾害点密度成果

4 结论与展望

(1) 以巴南区安澜镇为研究范围,基于 DEM,利用 ArcGIS 软件水文分析模块对研究区进行小流域进行划分。结果表明:集水栅格阈值为 250 时提取的河网与实际水系接近,并由此将研究区划分为 110 个小流域。

(2) 基于 DEM 的得到流域灾害点密度与研究区实地灾害情况进行分析对比,灾害点高危险密度为 $1.18 \sim 2.341$ (个/ km^2) 符合研究区实际情况,划分流域是相对合理。灾害点密度是作为众多自然灾害危险性评价的重要指标,利用 DEM 求得流域范围内的灾害点密度,可以作为研究泥石流、滑坡、崩塌等自然灾害的指标获取方式。

(3) 研究区灾害点密度图可以作为制定流域内的土地利用规划,如将重点投资及居民点放在灾害点密度小的区域,避免在灾害点密度大的地方出现人口与资产集中的状况。为指挥者提供防灾、救灾决策的依据,可以合理地预先制定方案,减少灾害发生时的慌乱。

(4) 灾害点密度的求取运用了 ArcGIS 强大的数据处理、分析、统计功能,由于阈值的选取以及软件计算使用过程中,本身算法的不足,对最终生成的流域精度存在非常明显的影响,需要进一步研究使精度提高,更有效的为灾害防治与评估提供依据。

参考文献:

- [1] 王栋.浅议防洪减灾与可持续发展的关系[J].环球市场信息导报,2013,36(1):95-95
- [2] 孙娟,张双翼.现代信息技术在水文领域中的应用分析[J].科技资讯,2011,36(9):19-19
- [3] 杨松,王山东,卓中文,等.基于数字化水系修正 DEM 提取流域河网研究[J].水利与建筑工程学报,2013,11(2):123-126
- [4] MARK A R,JEFFERY G.Discretization Approach in Integrated Hydrologic Model for Surface and Groundwater Interaction [J]. Chinese Geographical Science.2012(6):101-108
- [5] 马振刚,李黎黎.基于 GIS 和 DEM 的洋河流域水文特征提取方法研究[J].河北北方学院学报:自然科学版,2008,24(1):69-72
- [6] 田佳,林孝松,喻莎莎,等.山区公路沿线小流域划分及流域特征分析[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2013,32(3):467-470,510
- [7] 陆忠艳,袁子鹏,陈艳秋,等.基于 DEM 的辽宁乡镇渍涝预报[J].中国农业气象,2008,29(4):463-466
- [8] 邓必平,严恩萍,洪奕丰,等.基于 GIS 和 DEM 的东江湖流域水文特征分析[J].湖北农业科学,2013,52(15):3531-3536
- [9] 王云,梁明,汪桂生,等.基于 ArcGIS 的流域水文特征分析[J].西安科技大学学报,2012,32(5):581-585
- [10] 房蓓蓓,郑旭煦,余成洲,等.三峡库区次级河流河口回水变动区回水时段水质模型[J].重庆工商大学学报:自然科学版,2007,24(3):269-272

Research on the Disaster Point Density at Watershed Scale Based on DEM

SUN Xin, HAN Ze, LI Wang-hu

(School of River and Sea, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Selecting Anlan Town, a Banan District of Chongqing as the research scope, based on the large scale topographic map data, this paper utilizes the unit of $50\text{m} \times 50\text{m}$ grid size to extract the digital elevation model (DEM). By the ArcGIS hydrological analysis module, according to the DEM depressions' filling and the simulation of the direction of flow, each grid cell's flow accumulation is determined, and in accordance with this flow accumulation, a reasonable threshold is set to extract river, then, according to the data of the direction of flow, Alan Town's 110 small watersheds are obtained. On the other hand, on the basis of Alan Town's history flood disaster statistics, taking the town's 110 small watersheds as statistical unit, using the spatial overlay analysis and the interlinkage of property sheet, the distribution of each statistical unit's disaster point is located. Finally, by the spatial statistical analysis toolbox, the disaster's density distribution of Alan Town is obtained. The analysis results show that this town's high risk disaster point's density is $1.180 \sim 2.341$ (a / km^2), and the area is 11.89 km^2 , which is accounted for 9.73% of the total area of Alan town. This analysis is in line with the actual situation of this area, and the division of this basin is relatively reasonable.

Keywords: disaster point density; DEM; basin division; GIS