

一种基于数字高程模型 DEM 的 淹没区灾害评估方法

刘仁义 刘 南

(浙江大学 GIS 重点实验室, 杭州 310028)

摘 要 采用数字高程模型 DEM 来进行洪水淹没分析和灾害评估是 GIS 水利应用领域的研究前沿. 通过对基于种子蔓延算法的淹没区计算及灾害评估方法的分析, 将淹没分为有源淹没和无源淹没两种, 进而论述了淹没区计算方法的精度及灾害评估和预测的准确性主要取决于数字地面模型 DEM 空间数据精度和社会经济信息数据的准确性, 而种子蔓延算法及空间叠加运算速度则决定了整个模型的效率. 该模型已在国家九五地方重大攻关水利项目中得到成功应用.

关键词 数字高程模型 淹没 灾害评估 种子蔓延

中图法分类号: P338.6 P333.9 P208 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)02-0118-05

A New DEM-based Method for Flood Area Calculation and Damage Evaluation

LIU Ren-yi, LIU Nan

(Keylab of GIS, Zhejiang University, Hangzhou 310028)

Abstract Based-GIS studies of flood area and damage evaluation have been being a research focus in GIS application fields. In this paper, a new model of flood area based on seed spread algorithm and of the damage evaluation has been proposed. Two different cases so-called "non-source flood" and "source flood" exist when determining flood area based on DEM and under the given water level condition. Non-source flood corresponds to the case with well-distributed and large-area rainfall where all the low-lying land may have a flood disaster, and in this case all the points with elevations below the given water level should be included in the flood area. The "source flood" is the case of flood (e.g. from bank burst) flushing through the nearby regions and needs to consider "circulating" condition. It is because flood may be obstructed by ring structures or high lands and thus can only covers the place where it can flow and reach. The results of the flood area calculation and damage evaluation can also be visually and dynamically provided in the forms of graph, image, 3D or virtual reality. The model of flood area calculation and damage evaluation proposed in this paper, adopting Microsoft VC++ 6.0 programming language and Microsoft SQL Server 7.0 DBMS platform, has been successfully applied in the "Zhejiang Provincial Water Conservancy Management System" developed for a national project.

Keywords Digital elevation model (DEM), Flood, Damage evaluation, Seed spread

0 引 言

洪水模拟及灾害评估研究是国际上普遍受重视的课题. 20 世纪 90 年代以来, 特别是近几年来, 将 GIS 技术与水动力水文模型相结合, 再根据数字高程模型 DEM 提供的三维数据, 来预测、模拟显示洪

水淹没区, 并进行灾害评估, 已成为 GIS 应用和水利部门一个非常活跃的研究课题^[1]; 国际上某些主要的 GIS 或遥感图象处理软件, 虽已有淹没区显示的功能, 但是, 这方面文献大多从水利视角进行研究^[2,3]; 某些国内外文献虽然也讨论了 GIS 技术在水利领域的应用^[1,4], 但讨论如何具体实现淹没区显示, 并进行灾害评估的计算机算法或方法的文献尚

不多.本文基于 GIS 技术建立了洪水淹没区和灾害评估模型,它是从数字高程模型数据出发,采用栅格图象种子蔓延算法来计算给定洪水水位下的淹没区,并将结果以三维图形方式显示,再将淹没区栅格图象与土地利用现状等专题图数据或社会经济数据进行叠合分析,来给出洪涝灾害的定量评估.

根据水力-水文模型计算、预测的结果,来计算出洪水水位.笔者在《浙江省流域地形和洪涝灾害显示模拟系统》中,就曾采用水动力水文模型的计算结果来估定淹没区的洪水水位,该水位(或最大洪峰)在给定时刻还随河段落差而不同.实际上,将给定水位近似地看作水平面来确定淹没范围,是一个求取淹没区的近似方法,而更精确的淹没区计算还需考虑淹没过程的水动力学模拟和水面形状变化问题.但由于该近似方法实用性强,能较快地与受淹区现状数据进行叠合分析,并能及时地统计出灾害评估数据,而且实践证明,其准确性完全能够满足防洪抗洪工作的实际需要,故有较强实用价值,但本研究需要完成两项关键的技术准备工作,即(1)建立分辨率足够细的高精度数字高程模型库(DEM)、数字正射影象库(DOM)及专题地图数据库等空间数据库^[5],并需进行精密配准;(2)建立水情、水工程、土地利用现状和其他有关社会经济数据等的属性数据库,并与空间数据库进行关联.这种数字地面模型及其与数字正射影象库、专题地图库的配准精度,基本上决定了淹没区范围的准确度;其空间叠加的运算速度则在很大程度上影响整个模型的效率;而灾害程度评定的准确性还要进一步依赖土地利用社会经济信息等属性数据库的准确性.

1 计算原理及灾害评估模型

1.1 两种蔓延算法模型

根据数字高程模型(DEM)求取给定水位条件下的淹没区,应当区分以下两种情形:第1种,凡是高程值低于给定水位的点,皆计入淹没区;第2种则需考虑“流通”淹没的情形,即洪水只淹没它能流到的地方.例如对于环形山(一种中间低洼、四周环形隆起的地形),第1种淹没计算可能导致环形山内外都生成淹没区,而在第2种淹没计算中,外来的洪水若未及山顶,只能在环形山外形成淹没区.

这两种情形都具有实际意义,其中第1种相当于整个地区大面积均匀降水的情形,所有低洼处都

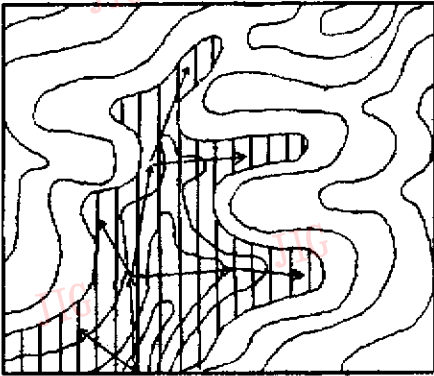
可能积水成灾;第2种相当于高发洪水向邻域泛滥,例如洪水决堤,或局部暴雨引起的暴涨洪水向四周扩散.为简便起见,可将这两种情形分别称为“无源淹没”和“有源淹没”.在有源淹没中,洪流不仅可能被阻于环形山外,也可能为任何高地所阻隔,一个流域的洪水一般不会越山而过,而在相邻的流域形成淹没区,如我国江南多山地、丘陵地区,这种“有源淹没”的情形就时有发生.即使在平原河网地区,有源淹没也不可忽视,例如在杭嘉湖地区,也有相当多由历史上修建的圩围所形成的环形地形,当圩围外有洪水泛滥时,即形成有源淹没.

从计算机算法的角度来看,无源淹没处理相对简单,而有源淹没因需处理迂回连通问题,其算法实现则较复杂一些,其中一种比较适合有源淹没的处理方法就是种子蔓延算法.种子蔓延算法是一种基于种子空间特征的扩散探测算法,其核心思想是将给定的种子点作为一个对象,并赋予特定的属性,然后在某一平面区域上沿4个(或8个)方向游动扩散,求取满足给定条件、符合数据采集分析精度、且具有连通关联分布的点的集合,利用种子蔓延算法计算淹没区,就是按给定水位条件,求取满足精度、连通性要求的点的集合,该集合给出的连续平面就是所要估算的淹没区范围,而满足水位条件,但与种子点不具备连通关联性的其他连续平面,将不能进入集合区内.在该方法中,可依据地理信息系统空间数据精度来确定种子蔓延算法的探测分辨率,由此可见,淹没区计算的准确性在很大程度上依赖 DEM 的分辨率.由于每一个象元都代表着地面上一个区域,且每一个象元都拥有自己的高程值和精度,因此应依据象元的高程值精度,选择恰当的阈值作为判断象元归属的条件,该值即可称为种子蔓延探测分辨率.在用种子蔓延法进行淹没区计算时,应首先在选定的淹没分析范围内,依据 GIS 数据所采集的格网(断面)精度来确定种子点探测步距,这种探测步距一般应与象元的尺寸相适应,为了提高计算效率,可采用跳步(skip factor)方式,根据 ERDAS 系统给出的参考经验值,跳步值一般选3~8.

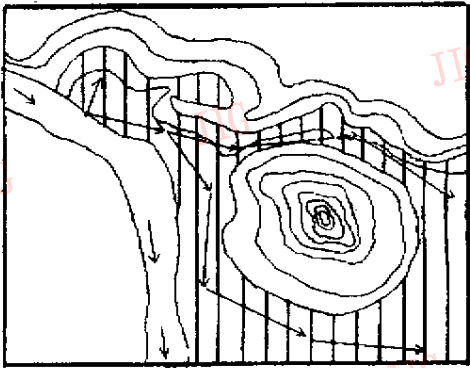
种子点的起始位置可以选在水库堤坝、河岸边界等特征点处,一般情况下,系统能自动地根据 DEM 特征点进行求取,再将满足所有条件的连通关联淹没点,存入缓存区,并不断地进行累加,从而使淹没区域不断扩大.图1为有源淹没和无源淹没示意图,图2为淹没区计算流程.在图1(c)的有源淹

没情形中,种子点游动扩散探测到的是一外高内低的火山口型地貌,虽然火山口中心区低于外部淹没

水位,但种子点无法进入,因而中心区将不会被淹没^[6].



(a) 无源淹没



(b) 有源淹没

图1 有源淹没和无源淹没示意图

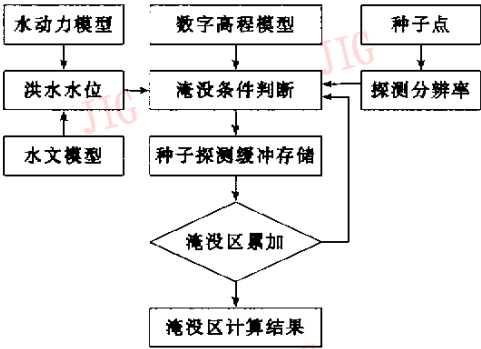


图2 淹没区计算流程图

1.2 灾害评估计算流程

(1) 背景数据库建立

数据库是进行洪涝灾害评估的重要数据基础。由于灾害评估涉及到社会和经济诸多方面,因此要获得准确的灾害评估结果,必须尽可能全面地建立用于分析计算的地理环境、水情、水工程、社会经济等背景数据库。其所涉及的数据库种类包括地形图数据库、土地利用现状数据库、数字正射影象数据库、水情数据库、水工程数据库、社会经济信息数据库等。

(2) 灾害评估计算流程(见图3)

根据洪水可能发生的区域,首先裁剪出相应的数字高程模型(DEM)数据和正射影象数据,并将地形图、行政区划图及专题地图等矢量数据转换成栅格图形数据^[7],然后通过选取分析区内已知的大地控制点,对所有空间数据采用多余观测值平差原理进行统一比例尺和坐标系的归算。

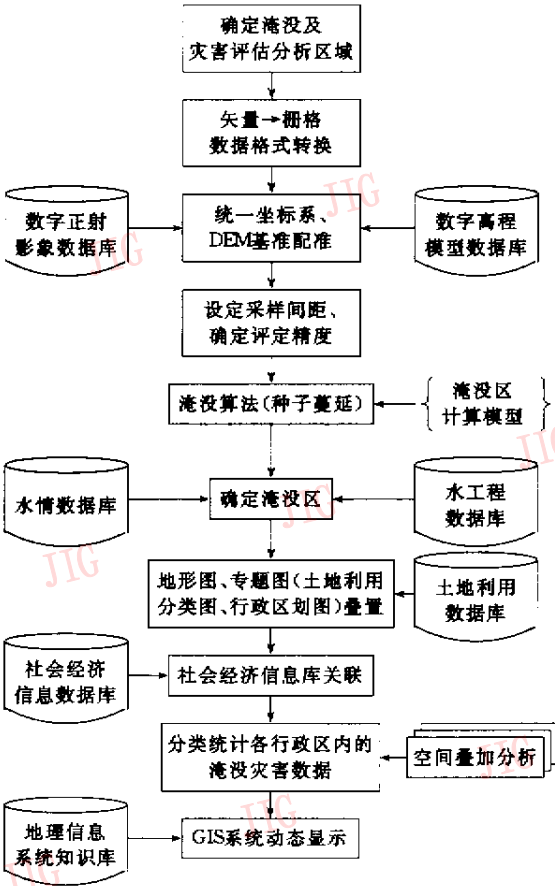


图3 灾害评估计算流程图

根据上节的种子蔓延淹没算法,即可以精确确定“水平面”淹没区范围,并且通过与淹没区内的地形图、专题图(土地利用分类图、行政区划图)进行空间拓扑叠置,并与水工程数据库、社会经济信息库关联,以图形、图象、表格形式或三维虚拟现实可视化

方式,迅速、准确、直观、动态地提供灾情预测预报信息或对实际淹没区进行评估分析.背景数据库可分为空间属性数据库或图形关系数据库.其中,图形数据库可分为矢量和栅格数据库.由于一般采用栅格图形格式进行计算相对简单,因此需将矢量图形数据转换成栅格图形格式.这里一个极其重要的技术关键是,矢量图形数据的有关特征值必须通过栅格图形的颜色识别码(ID)——对应地表达.同类特征的图形数据需进行分组维护管理,也即在数据库中采用多级索引方式进行查询.这样分组越详细,分类统计就越具体,但编程工作量要相应增加,计算时间也要相应增长.

2 实验与应用实例

在采用 VC++ 6.0 编程语言和 SQL Server 7.0 数

表 1 灾害淹没面积计算机自动统计结果表

舟山岛行政区划列表		土地类别	未淹面积	淹没面积	土地类别	未淹面积	淹没面积
1 沥港镇		灌溉水田	50496.5	17354.9	盐田	324	38.88
2 山潭		望天田	1203.84	313.92	河流水面	0	1.44
3 大丰		水浇地	0	2216.4	水库水面	2642.4	0
4 大柳行		旱地	19257.1	2556	坑塘水面	198.72	0
5 马沙		菜地	6563.52	16102.1	苇地	0	0
6 东海农场		果园	0	0	沟渠	0	0
7 烟墩		桑园	0	0	水工建筑	0	3162.24
8 南沙		茶园	6317.28	0	荒草地	1651.68	0
9 大港镇		有林地	7709.76	2652.48	裸土地	450.72	0
10 小沙		未成林地	1527.84	0	裸岩石砾	483.84	0
11 马岙		苗圃	0	0	211	7.2	0
12 干坑		天然草地	1.44	0	212	0	0
13 千顷镇		城市	0	0	311	118842	506.88
14 白泉镇		建制镇	15327.4	3231.36	314	3588.88	0
15 北蝉		村庄	272.16	0	761	234.72	832.32
16 泗水		独立工矿	0	0			
17 荷花镇							
18 临城							
19 皋泄							
20 洋岱							
21 城区							
22 盐仓							
23 石礁							
24 大猫							
25 金塘							
26 金塘							
淹没总面积			48962.88		单位亩		

3 结 论

利用本文提出的淹没区计算和灾害评估模型,可以有效地迅速准确计算出淹没区范围,并能对洪水灾害地区作出客观准确的评估和预测分析,其淹没区计算精度以及灾害评估和预测分析的准确性主

要取决于空间数据精度的优劣,而运算效率则受到种子点的选择位置、探测分辨率、分析区域大小及数据质量等因素的影响.

致 谢 感谢浙江省资源与环境信息系统重点实验室《浙江省流域地形和洪涝灾害显示模拟系统》课题组全体成员为本文所提供的支持和资料.

参 考 文 献

1 刘学,王兴奎,王光谦. 基于 GIS 的空间过程模拟建模方法研究. 中国图象图形学报,1999, A(6) :476480.

2 Marinellil, Michel R, Beaudoin A *et al.* Flood mapping using ERS tandem coherence image :A case study in Southern France. Florence(Italy) : ESA SP, 1997 531536.

3 Wahlstrom E, Loague K, Kyriakidis P C. Hydrologic response : Kaho 'o-lawe, Hawaii. Journal of Environmental Quality, 1999, 28(2) :481492.

4 Hallam C A, Lanfear K J, Salisbury J M *et al.* Geographic information systems (GIS) and image processing for storm-water management modeling using XPSWMM in Tallahassee. In :Proceedings AWRA Annual Symposium '98 on GIS and Water Resources, Florida.305313.

5 柯正谊. 数字地面模型. 北京 :中国科学技术出版社,1993 5167.

6 浙江省资源与环境信息系统重点实验室.《浙江省流域地形和洪涝灾害显示模拟系统》项目《理论和技术专题研究报告》第五专题. 杭州 :1999.

7 周成虎. 洪水灾害评估信息系统研究. 北京 :中国科学技术出版社,1993 5885.

8 吴宏海. VR-GIS 技术与应用研究 [硕士学位论文]. 杭州 :浙江大学, 2000.

刘仁义 1960 年生,副教授,1982 年毕业于武汉测绘科技大学摄影测量与遥感系.主要研究领域为面向对象的空间数据库理论、时空数据模型及 GIS 应用系统技术开发.主持过多项国家及省部级大型 GIS 项目的研究工作,近一年多来,在国家一级学报发表论文 10 余篇.

刘 南 1944 年生,教授,博士生导师,天体物理专业本科毕业.从事气象、地理工作多年,1992 年底创办浙江省资源与环境信息系统重点实验室,任主任至今,获多项省部级奖.主要研究领域为 GIS 理论及应用.