

基于三维实景模型的河流实时洪水三维模拟

李宏湖

广东宏建建设有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i12.5091

[摘要] 为高效、准确判断洪水灾害的发展趋势及影响范围,提出采用无人机倾斜摄影测量技术获取研究区高精度三维实景模型,构建研究区洪水淹没算法,实现洪水淹没情景模拟,通过WebGL平台实现洪水演进的三维可视化,为洪水灾害预警及救助提供参考。

[关键词] 倾斜摄影测量; 河流; 洪水; 淹没算法; WebGL

中图分类号: TV122 文献标识码: A

Real time 3D simulation of river floods based on 3D realistic models

Honghu Li

Guangdong Hongjian Construction Co., Ltd

[Abstract] In order to efficiently and accurately determine the development trend and impact range of flood disasters, it is proposed to use unmanned aerial vehicle (UAV) oblique photogrammetry technology to obtain a high-precision 3D real scene model of the research area, construct a flood inundation algorithm for the research area, simulate flood inundation scenarios, and achieve 3D visualization of flood evolution through the WebGL platform, providing reference for flood disaster warning and rescue.

[Key words] oblique photogrammetry; Rivers; Floods; Drowning algorithm; WebGL

采用三维实景模型进行洪水模拟是有效开展洪涝精确评估的有效方法之一,人为的主观判断往往造成形势判别不明,对洪涝灾害的发展形势误报和延报,造成不必要的伤亡。随着计算机技术的发展,对洪水的全过程模拟已成为洪水研究的热门课题,基于高精度的三维实景模型,从洪水发展的机理及发展过程实现洪水的精准模拟,对于减少洪涝灾害损失至关重要^[1]。

当前阶段,对于洪水的模拟大多是基于二维平面的数值模拟,采用ArcGIS、Erdas等地理信息软件实现洪水发展的静态展示^[2]。对于洪水的演化过程可视化展示效果欠佳。WebGL是面向B/S端的三维可视化绘图标准,可跨平台、免安装的实现三维模型的可视化展示,未来将成为洪水实时模拟分析和仿真的重要途径之一。本文以研究区域洪水变化为研究对象,建立三维仿真模型,根据降水、河流实际情况以及工情设置等情况,实现洪水淹没及灾害评估,为相关部门提供有效的信息支持,为灾害防治提供参考。

1 系统架构

基于三维实景模型的河流实时洪水可视化体系构建主要分为五个层次,分别为数据层、存储层、原理层、服务层和应用层。数据层为模拟可视化的基础,包括三维场景的构建,基础地理数据的服务以及高精度的定位信息等,对无人机倾斜摄影测量构建的三维场景进行数据索引和调用;存储层是地理信息数据以

空间数据库的方式发布到Web服务器,实现底层数据的缓冲和及时调用;原理层是对地形数据、洪水淹没数据的算法执行;服务层则是基于WebGL提供的地图服务、三维数据服务等形成洪水淹没过程的可视化,完成数据的加载、渲染以及成果分析;应用层则是用户根据网址实现模拟结果的查看与应用。

2 三维模型构建

2.1 无人机倾斜摄影测量系统组成及特点

无人机是通过无线操控的由计算编程技术实现的无人驾驶航空飞行器,可根据地面飞行指令及导航模型实现由规划的飞行任务。飞行平台搭载摄影测埋镜头即可构建无人机摄影测量系统,搭载多个角度的镜头则可形成无人机倾斜摄影测埋系统。

表1 无人机参数

项目	平均飞行参数	飞行高度	电机对角轴距	电池容量	续航时间	最大荷载	数据传输距离
参数	≥36km/h	≥400m	120cm	44000mAh	45min	8kg	3km

无人机飞行系统主要由飞行器、动力推进系统、控制导航系统、数据存储与传输系统以及起降系统的主要部分组成[3],

可保证无人机的正常飞行状态。本文选用的是四桨八旋翼型无人机,可安装光学测量设备、测量云平台等模块,各项参数如表1所示。

2.2 倾斜摄影测量建模

2.2.1 像控点布设

本文共计在试验区范围内均匀布设22个像控点,按照无人机倾斜摄影测量的技术方案和标准进行像控点的设计。特别要注意的是,像控点在所有不同角度的像片上都有分布且较为明显,方便后期内业的刺点工序,并且在控制点布设时要统筹考虑到航线的分布,将控制点布设于不同航线的公共位置处,根据基线长度设计航向和旁向的航线。根据试验区范围综合考虑像控点布设范围,避免缺少控制点或存在冗余工作^[3]。

2.2.2 航线设计

本文选用的是华测四桨八旋翼型无人机,搭载倾斜摄影测量系统的测量模块,对河道两侧的试验区域进行测量,获取测区影像。无人机在飞行测量时多个镜头配合工作,不仅获取垂直角度影像,而且四个镜头可以从不同角度获取地表建筑物侧面影像,无人机飞行时的航线弯曲度、像片的航向、旁向重叠度以及影像的质量都是此次飞行摄影测量工作重要的质量评价指标^[4]。

2.2.3 三维建模

本文采用的建模软件为ContextCaptureCenter (CCC) 软件,该软件是由Smart3D建模软件发展而来,其主要原理是将实景的多幅重叠影像按照其坐标建立出模型,并将纹理映射于模型表面。将无人机倾斜摄影测量获取的像片、POS数据以及像控点坐标导入到系统中,设置好相关参数和坐标系系统,软件可根据影像自动生成测区的三角格网模型,生成的模型具有高分辨率特点,能准确表现出地面建筑物的实际形状,并且对地表的细节展示效果较好,可还原测区的真实面貌。但是对于该建模软件,存在不能处理镜面地物的缺点,包括水域、玻璃等,因此需要通过其他手段进行辅助作业,如可通过在谷歌地球数据中找到相关水域参数,添加到软件中,辅助三维模型生产。

2.2.4 不规则三角网

根据提取的点云数据构建TIN模型,TIN模型是将提取的点云特征点进行临近点的构建,并且三角形之间不会出现重叠遮盖现象,建立不规则的三角网,通过不规则的三角网对建筑物表面进行描述。TIN三角格网模型是将地形的关系通过点与线以及三角形的面进行表述,是一种矢量的拓扑关系,可以对地面进行细致的表现,地表形态越复杂,三角格网的数量也越多,运算时间也就越长,地表越平整或者越简单,用于表示地表特征的三角形也就相应减少,构建模型运算量也就越小。

2.2.5 纹理匹配

纹理匹配是实景三维模型建立至关重要的一步,在建立的白模各项限差都满足要求后,在CCC软件中进行三维模型重构,设置空间坐标系为CGCS2000坐标系,划定模型输出范围,

特别要注意的是划定的范围要与计算机的性能相匹配,通常情况下,计算机的运行内存越大,则可划分较大的地块,一般运算内存不超过计算机总内存的1/3。各项参数设置完成后,软件可自动选择合适的纹理进行模型的映射,输出的模型整体如图1所示。



图1 模型的展示

3 洪水淹没算法

对于洪水的淹没分析可分为两种形式,一是无源淹没,仅考虑暴雨降水造成的影响,不考虑地表径流的影响,模拟较为简单,考虑地表高程低于水位值即表示淹没;二是有源淹没,不仅要考虑降水情况,也要考虑水往其他低洼区域渗流,综合考虑流入与流出,确定不同时间点的淹没范围,对洪水进行模拟^[5]。

3.1 洪水淹没算法

无源淹没仅考虑水量存储问题,不计算径流量,因此选择模型的最低处作为起始点,获取其高层位置与洪水水位,当 $H_{min} < H_{水}$ 时,则表示该格外区域被洪水淹没,将此部分存储到淹没缓冲区buffer,历遍所有的格网,判断其高程与洪水高度的关系。加大降水量,给定不同洪水峰值,计算不同的网格点,使洪水淹没过程具有一定的时间特性,可展示出仿真效果。

对于有源淹没需考虑到不同网格间的连通性,通过种子扩散方法进行水量计算。设置初始条件为指定源点,提取高程判断是否淹没,若未被淹没则扩展到周边8个邻近的方格作为初始点,将满足淹没条件的格网记录缓冲区。为了展示淹没的时空演变过程,在算法中添加Level作为淹没层级,底层的源点层级记为Level1,周边的淹没区域记为Level2,以此类推,直至所有的淹没层都被标记为leveln。不同的level表示不同时间阶段的淹没时间。

洪水淹没过程主要是淹没面积、洪水水量及径流量等参数的关注,因此淹没面积的计算方法为计算格网的高程与洪水的蓄水高度进行对比,当格网高程 H_i 与T时刻的水位高度 H_T 进行对比,若 $H_i \leq H_T$ 则认为给格网区域被淹没,若 $H_i > H_T$,则表示未被淹没。然后对淹没格网的面积进行统计^[6,7]。

洪水水量则通过计算洪水高程与格网高程之间的差值h,可计算出洪水的蓄水量为:

$$M_{淹没} = \sum_{i=1}^n M_i$$

式中, $M_{\text{淹没}}$ 为某一时刻的总淹没区域; M_i 为第 i 个淹没格网区域。

4 试验分析

WebGL可实现三维数据可视化渲染,将无人机倾斜摄影测量获取的三维模型、DEM数据以及DOM数据发布到WebGL服务器,并通过浏览器平台进行数据的调用与浏览。金字塔结构和低层级的节点保证了数据的实时加载和调用,三维场景中地形数据和三维模型数据都自带高程数据,采用分层设色方法对不同高程的地物进行颜色设置。在浏览器中将加载的三维数据及地形数据作为缓冲存储到内存中,可极大的提高调用速度。将不同时刻洪水淹没的范围作为渲染进行缓存,通过对不同时间段的缓存逐条渲染,达到淹没过程的模拟仿真。

4.1 实验场景

基于WebGL搭建洪水可视化实验场景,地形和影像数据选取某河流域,通过对洪水降水量的设置模拟有源洪水淹没过程的模拟。城市三维模型为某城区的实景三维模型,通过洪水蓄水展示城市被淹没仿真。

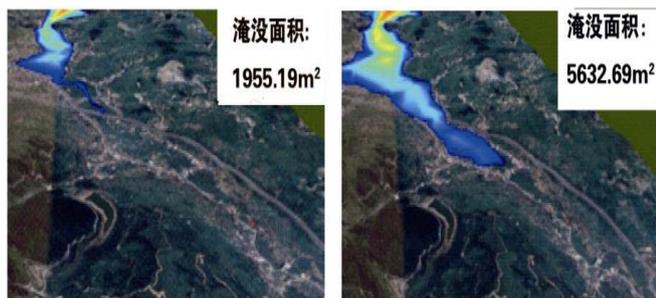


图2 不同时刻河道两侧淹没区域演示

通过有源分析方法对洪水进行模拟,实验中计算洪水在某一时刻的降水量及排水量,根据三维实景模型进行水量的分配,低洼处先积水,随着时间的增长,降水量不断增大,淹没区域也

随之增大。WebGL将整个淹没过程可视化的展示,对淹没结果进行渲染,直观展示被淹没的区域变化。河流周边地形随着水量增大,河流两岸逐步被淹没的过程如图2所示。

5 结论

洪水仿真模拟是研究洪水发展演变的重要手段,对于城市洪涝灾害预防和救助具有重要意义。本文以河道及周边城市为研究对象,采用倾斜摄影测量技术获取研究区域高精度三维实景模型,并构建洪水淹没算法对研究区域洪水演变过程进行模拟,基于WebGL搭建洪水可视化实验场景,实现洪水演变展示,可为洪水险情预警提供参考。

[参考文献]

- [1]郭富兴.基于BIM技术的盘锦市三维水文管理系统的建立与应用研究[J].水利技术监督,2021,(8):34-37,71.
- [2]齐崇崇,袁璐.实景三维可视化系统在长距离调水工程设计中的应用[J].水利技术监督,2021,(2):39-42.
- [3]庄河市水利建筑勘测设计院.基于多维数字流域与云计算的庄河市实时洪水预报系统开发及应用[R].2018.
- [4]胡康.基于贝叶斯方法的实时洪水预报系统研究与实现[D].武汉大学,2017.
- [5]强德霞,赵彦博,南卓铜,等.基于参数实时优化的洪水预报系统研究:以黑河干流洪水为例[J].水利水电技术,2017,48(4):13-17,24.
- [6]黄一帆,李文辉.ArcGIS在生态水面淹没范围计算中的应用.陕西水利,2021,(12):22-24.
- [7]刘恒洋.基于DEM的洪湖分蓄洪区东块洪水淹没模拟研究[D].硕士学位论文.武汉:华中科技大学,2019.

作者简介:

李宏湖(1983--),男,汉族,广东汕头人,大学专科,毕业于广东开放大学,从事水利施工员,材料员。