

# VR-GIS 技术在小城镇洪水淹没模拟分析中的应用<sup>\*</sup>

徐志胜<sup>1</sup>, 冯 凯<sup>1</sup>, 冯春莹<sup>1</sup>, 王冬松<sup>2</sup>

(1. 中南大学防灾科学与安全技术研究所, 湖南 长沙 410075; 2. 中国建筑设计研究院标准所, 中国 北京 100044)

**摘要:**近年来利用计算机和信息技术研究洪水灾害是个研究热点,但小城镇在防洪减灾方面缺少应有的关注和重视。本文对 VR(虚拟现实技术)-GIS 技术在小城镇洪水淹没模拟分析中的应用进行了研究,解决了系统实现过程中的一系列关键技术:小城镇空间数据库的建库技术及三维可视化、洪水淹没范围的确定,以及洪水淹没实时动态演示等问题。该技术已在国家十五科技攻关项目所开发的《小城镇基础设施防灾减灾决策支持系统》中得以实现。实践证明:小城镇空间数据库的建库技术速度快、成本低,适合中国小城镇的信息化现状。利用淹没范围的近似计算模型,可以有效迅速准确地计算出洪水淹没范围,有利于防洪减灾的迅速决策,且偏于安全。小城镇洪水灾害的三维可视化模拟,可以实时动态地演示小城镇遭受洪灾实况的全过程。

**关键词:**VR-GIS 技术; 小城镇; 洪水淹没; 三维可视化模拟

**中图分类号:** TU998.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2132(2004)03-0247-05

## 0 引言

小城镇是农村一定区域内的政治、经济、文化中心,小城镇在城镇化进程中有着不可替代的作用,按照“小城镇,大战略”的部署,我国已进入城镇化发展的关键时期。但与城市相比,小城镇在防洪减灾方面缺少应有的关注和重视,然而实际上小城镇在洪灾面前更脆弱,受灾的影响面也更广,灾后重建难度更大<sup>[1,2]</sup>。近年来利用计算机和信息管理技术研究洪水灾害是个研究热点,但大多数研究仍然是基于二维平面的 GIS 技术,具体研究淹没三维可视化方法及计算机编程的却很少<sup>[3,4]</sup>。

本文对 VR(虚拟现实技术)-GIS 技术在洪水淹没模拟分析的应用进行了研究,综合运用灾害科学、虚拟现实及地理信息系统等多种学科技术,在小城镇地形、水系和建筑物三维建模的基础上,实现空间坐标查询、虚拟动态演示及任意漫游和飞跃,建立一个“真实变量”与“虚拟变量”的混合空间<sup>[5~7]</sup>。通过对小城镇洪灾进行静态和动态的三维可视化模拟,清晰直观地再现洪灾淹没的全过程,辅助指挥机构在远离现场的情况下,提前组织人员疏散与财产转移,为小城镇的防洪减灾工作提供决策支持。

## 1 VR-GIS 技术简介及研究进展

虚拟现实技术(VR)和地理信息系统(GIS)是当今计算机技术及其应用领域的两大研究热点,而 VR-GIS 则是两者相结合发展起来的一门交叉学科,和其它许多新兴学科一样,VR-GIS 技术还没有统一的定义。

VR 是计算机图形学、多媒体技术、人工智能等一系列高新技术的汇集,它利用计算机可视化模拟的方式,为人们营造一个可以自然交互的具有视觉、听觉以及运动感觉的三维虚拟世界,既能展现特定的现实世界,又能重构纯粹虚构的世界(文献[5~7])。

VR-GIS 是在人们强调 GIS 应增强三维空间数据分析和可视化模拟能力时产生的新技术,它以独特处理空间数据的技术手段,极大地提高了人类处理和分析大量有关地理信息、环境、社会与经济数据的能力,拓展了信息处理和应用领域。国外先后在环境、城市规划、教育和军事模拟等领域开展了一系列有关 VR-GIS 技术及其应用研究,但这些研究都是探索性的,有许多前沿性的问题尚未解决,如大范围海量数据的虚拟场景构建技术,虚拟景观的漫游技术等(文献[7])。

\* 收稿日期:2004-05-24; 修回日期:2004-06-04

基金项目:国家“十五”科技攻关项目:小城镇基础设施建设关键技术研究(2002BA806B03);城市公共安全综合试点研究(2002BA803B04)

作者简介:徐志胜(1962-),男,教授,博导。主要从事城市公共安全及信息技术在综合防灾中的应用研究。

## 2 系统的关键技术

在较发达的城市里,利用信息技术进行基础设施的可视化、灾害仿真模拟与决策支持的研究尚处于探索阶段。就我国小城镇信息化水平和现状而言,信息化程度可谓参差不齐。现在以小城镇为研究对象的空间数据库的组织和建立工作更是面临巨大挑战。

本文工作的基础是无任何信息化的小城镇。此外,在系统建设过程中,还遇到了不同高度下淹没范围的确定与洪水淹没模拟分析中的实时可视化等问题。因此,本文重点研究了以下问题:

(1)小城镇空间数据库的建库技术及三维可视化问题。

(2)洪水淹没范围的快速确定问题。

(3)洪水淹没实时动态演示问题。

## 3 小城镇空间数据库的建库技术及三维可视化问题

### 3.1 小城镇空间数据库的建库技术

数据的丰富性、正确性及现势性直接关系到系统的应用效果。为克服空间数据建库的各种局限性,充分利用GIS软件的多源数据集成能力,基于

高分辨率影像图进行屏幕矢量化,集成GPS差分数据、历史规划设计数据和社会经济统计数据,快速建立高质量的空间数据库<sup>①</sup>,其技术流程详见图1。实践证明,该方法易于操作、速度快、成本低,适合中国小城镇的信息化现状。

GIS包括两类数据:空间数据与属性数据。空间数据表示空间物体的位置、形状及相互关系等方面的信息,属性数据表示空间物体与几何位置无关的属性。空间数据与属性数据通过ID码相连接存放于关系数据库软件SQL Server 2000中。

### 3.2 三维可视化及虚拟场景漫游

#### 3.2.1 三维可视化

三维可视化是指用一定的模型来模拟、表达地理三维现象。为了再现洪灾时小城镇的景观,需要建立小城镇地形和建筑物的三维模型,建模依据的信息资源是小城镇空间数据库。

本文采用的是基于格网(Grid)的DEM建模,DEM(Digital Elevation Models)是地形表面的数字模型,地形三维可视化实际上就是建立地形的DEM模型,DEM存放着地形表面上任一点的高程信息。大致步骤是将高程数据存储在等高线图层中的专门字段中,在其基础上建立小城镇的地形DEM图层。

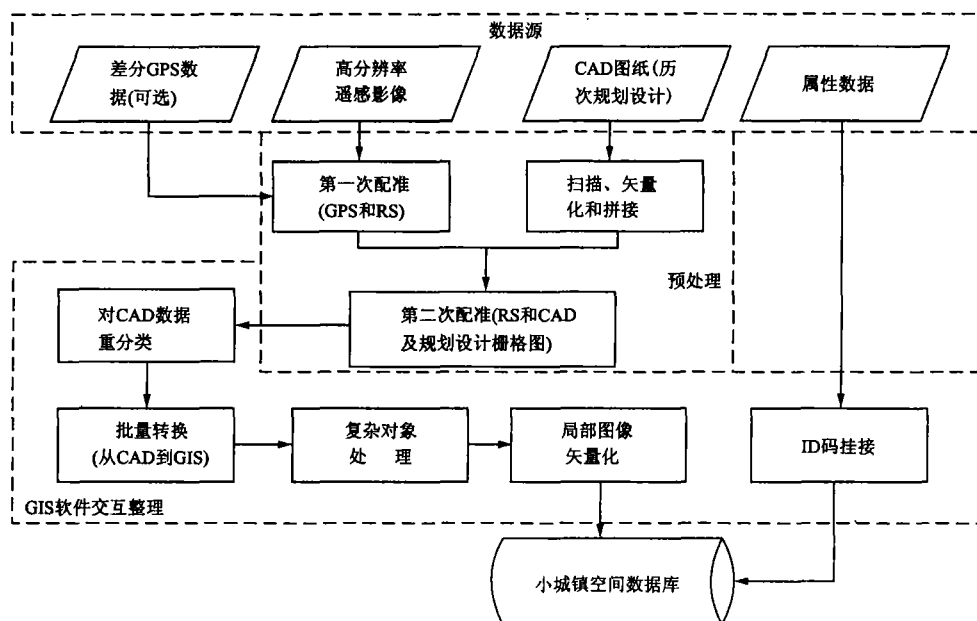


图1 小城镇空间数据库建库流程

Fig. 1 The flowchart of building spatial database in small towns

① 胡继华,俞益军. 基于快鸟影像的小城镇空间数据库技术研究[A]. SuperMap 论文集[C]. 北京超图地理信息技术有限公司, 2002. 75-80

为解决海量建筑物三维建模这个关键问题,本文提出在建筑物面数据的基础上快速构建三维模型的方法。该方法大大提高了建立建筑物三维模型的速度,节约了存储空间。其主要思路是:在建筑物二维面图层中加入以下属性字段“height”、“texture”和“headtexture”,分别表示建筑物的高度、周围材质和顶部材质。按此高度进行拉伸即可得到三维模型,然后按照建筑周围与顶部材质对建筑物进行贴图。材质可以为 bmp 或 jpg 格式的图片,若是重要建筑,可到现场拍摄实景照片作为其材质。三维可视化的效果逼真,并且可以改变天空等背景图片,从而快速实现小城镇的三维虚拟重建,如图 2 所示。

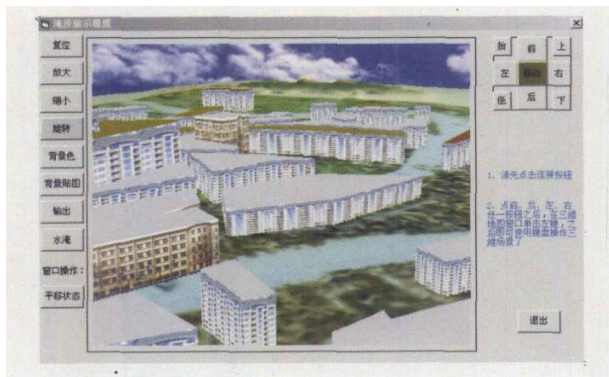


图 2 小城镇三维虚拟场景的实现

Fig. 2 Three-dimensional scenario of virtual reality in small town

### 3.2.2 虚拟场景漫游

本文开发的虚拟现实程序具有多种视图操作及任意漫游功能。不仅可以实时放大、缩小、旋转和平移三维场景,而且可以通过切换视点(Viewpoint)实现三维场景的任意飞跃和漫游,让用户操作起来如同身临其境。实现了三维坐标的查询和整个漫游过程的录制与回放。其中的视点切换技术如下列代码所示。

```
R1 = Super3D1. FlightControl. Heading * PI/180 #
```

```
ViewPoint. y = Super3D1. FlightControl. ViewPoint. y - Step * Cos(R1)
```

```
ViewPoint. x = Super3D1. FlightControl. ViewPoint. x - Step * Sin(R1)
```

```
Super3D1. Fly ViewPoint, 0, Super3D1. FlightControl. Roll, 0, Super3D1. FlightControl. Heading
```

## 4 洪水淹没范围的快速确定

运用 GIS 技术快速、准确地模拟洪水淹没区域,是与当地各种专题图层进行叠加分析得出有关决策指标的前提,因此对于确定人员疏散规模与灾害评估都具有十分重要的意义。

基于 DEM 计算给定的洪水水位下的淹没区,其水位高度值通过参照汛情预报获得。按给定水位计算淹没范围,实际上是假定淹没过程中,淹没区为“静态水平面”。这种淹没范围的近似计算模型实用、简单、快捷,能综合考虑降水淹没和洪水淹没,有利于在防洪减灾中迅速做出决策,且偏于安全。大致实现步骤,首先人机交互输入淹没高度值;其次对 DEM 图层进行过滤计算得到水面高度值以下的区域;然后将受淹区域导入跟踪层,并按照一定的风格显示在地图窗口中;最后以此为基础与其它矢量图层进行求交或其它叠加运算。其中的关键代码如下所示:

```
so3DAnalyst. Flood (objDataset, dHeight) // objDataset 用于分析的数据集, dHeight 为水位高度;
```

```
soOverlayAnalyst. Intersect ( objInDataset, objIntersectDataset, objOutDataset) // 淹没区与专题图层之间的求交运算。
```

采用 VB6.0 编程语言、SuperMap GIS 软件和 SQL Server 2000 数据库系统平台,上述近似计算模型已在国家十五科技攻关项目所开发的《小城镇基础设施防灾减灾决策支持系统》中得以实现,运行界面如图 3 所示。

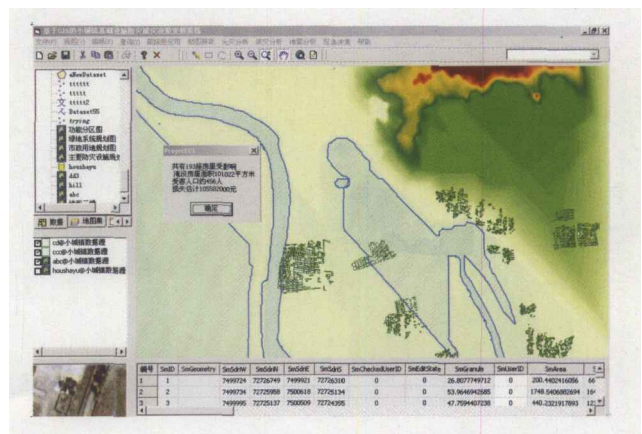


图 3 小城镇洪灾淹没范围确定

Fig. 3 The determination of flood undulation area in small town

## 5 洪水淹没实时动态演示

洪水淹没动态演示是在地形和建筑物三维可视化的基础之上,动态演示不同水位下洪水淹没的时空变化,重现或是预演小城镇洪灾状况下的全过程。

在编程实现时插入 timer 控件,按照一定的 interval 时间触发系统按新的高度重新绘制淹没后的水面,从而实现洪水水面的逐渐上涨或下降,其中水体颜色赋为浅蓝色(图4)。为节约内存空间,地形与建筑物均不必重绘。



图4 小城镇洪水淹没动态演示(某一时刻水位)

Fig. 4 The dynamic scenario of flood undulation in small town (at certain water level)

## 6 结论

本文提出并研究了基于VR-GIS技术的小城镇可视化模拟技术,解决了具体实现中遇到的几个关键技术问题,实现了小城镇洪水灾害静态和动态的可视化模拟,并已被集成到小城镇基础设施防灾减灾决策支持系统中。本研究成果主要体现在以下三方面:

(1)基于高分辨率影像图进行屏幕矢量化,快速构建高质量的空间数据库的技术方案,切合我国小城镇信息化的现状,技术可行、经济合理。

(2)基于静态水平面的淹没范围的近似计算模型,可以有效、迅速、准确地计算出某一水位下洪水淹没范围,有利于防洪减灾的迅速决策,且偏于安全。

(3)在地形和建筑物三维可视化的基础上,实现了虚拟场景的任意漫游和飞跃,实时动态地演示小城镇遭遇洪灾状况下的全过程。

然而,将VR-GIS技术应用于洪水灾害的研究尚处于探索阶段,无论在理论研究方面,还是灾害发展机制方面都面临着不少难题,有待于进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 徐志胜,冯凯,白国强. 关于城市公共安全可持续发展理论的初步研究[J]. 中国安全科学学报, 2004, 14(1): 3-6
- [2] John A. Cross. Megacities and small towns: different perspectives on hazard vulnerability[J]. Environmental Hazards. 2001, (3): 63-80
- [3] 刘学,王兴奎,王光谦. 基于GIS的空间过程模拟建模方法研究[J]. 中国图像图形学报, 1999, 4(6): 476-480
- [4] 刘仁义,刘南. 基于GIS的复杂地形洪水淹没区计算方法[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 1-5
- [5] 曾建超,俞志和. 虚拟现实的技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996. 1-8
- [6] 许云,任爱珠,潘国帅. 基于GIS和VR的消防指挥系统研究[J]. 土木工程学报, 2003, 36(5): 92-96
- [7] 管群. VR-GIS技术在岩土工程中的应用[D]. 成都: 四川大学, 2001

## Application of VR-GIS Technology to Analysis and Simulation of Flood Undulation in Small Towns

XU Zhi-sheng<sup>1</sup>, FENG Kai<sup>1</sup>, FENG Chun-ying<sup>1</sup>, WANG Dong-song<sup>2</sup>

(1. Disaster Prevention Science and Safety Technology Institute, Central South University, Changsha 410075, China;

2. Criterion Institute, China Architecture Design & Research Group, Beijing 100044, China)

**Abstract:** It is a hot research issue to utilize the computer and information technology to study flood disaster in recent years. Compared with cities, especially megacities, however small towns do not receive due attention in flood reduction from a broad range. In this paper, the application of VR-GIS technology to analysis and simulation of flood undulation in small towns is presented. A series of crucial technological problems are solved, which consist of the construction of spatial database in small towns, three-dimensional visualization, the determination of flood undulation area and the dynamic scenario of flood undulation. Based on three-dimensional visualization of the terrain and building in small towns, the flood undulation process can be analyzed and simulated statically and dynamically, so as to provide effective decision support for prevention and reduction of the flood. The model and technology have been successfully implemented in the “GIS-Based Decision Support System for Reducing Disasters of Infrastructure in Small towns” sponsored by a national project.

**Key words:** VR-GIS technology; small town; flood undulation; three-dimensional visualization simulation