

基于数据应用及系统构架的流域三维可视化研究

黄文波,黄健熙,吴炳方

(中国科学院遥感应用研究所,北京 100101)

摘要:随着流域综合治理的进展和大型水利工程的兴建,从宏观了解流域的自然条件在流域管理中具有重要的意义。流域三维可视化作为一种新的管理方法和技术手段在流域管理中越来越体现其重要性。而流域三维可视化的关键在于其数据应用和系统架构。该文从数据应用和系统架构角度对流域三维可视化进行了研究。采用永定河潮白河流域DEM数据及ETM+遥感数字影像数据进行三维建模,在VC++平台上基于Vega进行了二次开发,实现了流域三维可视化的基本功能,并探索了多级LOD和多线程调度等相关技术。该文通过在数据应用和系统架构进行比较选择,提出了流域三维可视化的优化组合及解决方案。

关键词:三维可视化;数据应用;三维模型;系统架构

中图分类号:TV131.65 **文献标识码:**A

Study of Valley 3D Visualization: Data Application and Architecture

HUANG Wen-bo, HUANG Jian-xi, WU Bingfang

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

ABSTRACT: With the development of valley comprehensive treatment and large-scale water conservancy engineering, it's important to comprehend valley nature condition macroscopically in valley management. Valley 3D visualization can be used in integrated management of river as an important tool and technology. Data application and architecture are major issues of Valley 3D visualization. This paper focuses on the data application and architecture of Valley 3D visualization. The 3D models built on DEM data and ETM+ Image data of Yongding River and Chaobai River implement the function of Valley 3D visualization based on VC++ and Vega, and expound the technology of Level of Detail and Multi-thread. Through the compared implement method of data application and architecture, this paper provides an optimized solution of Valley 3D visualization.

KEYWORDS: 3D visualization; Data application; 3D model; Architecture

1 引言

流域三维可视化作为“数字流域”中的一个重要组成部分,可以让观察者对整个流域的全貌有更加明了的认识,快速直观的从宏观上了解流域的地形地势、地表植被等信息,提供了流域问题决策支持的可视化表现方式。

随着近年来国家对流域综合治理的投入不断加大,使得水利行业的信息化建设进展迅速,其中在流域的三维可视化方面也进行了一系列的研究和探索,其应用的数据及系统架构都各不相同,文献[7]等采用DEM数据利用OpenGL进行开发,建立了流域三维地形仿真系统,文献[3]以地形图、航

空照片、SPOT立体像对为数据源生成不同精度的DEM进行流域三维地形加工,文献[2]结合“数字清江”工程探索了流域地理景观的GIS数据三维可视化方法,文献[6]采用DEM数据及MODIS影像,结合VRMap2软件探讨了黄河流域三维仿真系统的构想与实现,文献[4]利用DEM数据及其他矢量数据,在OpenGVS基础上实现了南水北调工程仿真系统三维视景子系统。这些研究都为流域三维可视化的进一步发展奠定了坚实的基础。

流域三维可视化的任务是建立流域三维实时、交互的仿真地形环境,它是数字流域工程的重要组成部分,流域三维可视化的特点是对流域对象的描述更加细致、逼真和直观,系统的关键在于让用户对流域的水系河流、自然植被、地质地貌等特征有直观的认识。

流域的三维可视化研究主要考虑的是两部分内容:一是数据应用,即为可视化系统提供数据源——三维虚拟场景模

基金项目:密云水库上游水土保持监测系统建设项目(海河水利委员会HX020014)

收稿日期:2004-04-28

型,而三维模型的生成又需要作为原始数据的地形数据及纹理数据。二是系统构架的选择和开发,即通过何种方式实现系统功能。流域三维可视化研究内容如图1所示。

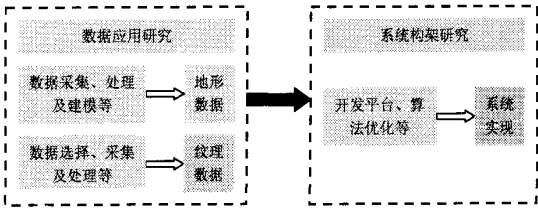


图1 流域三维可视化研究内容

本文结合密云官厅水库上游水土保持监测系统三维可视化子系统的开发,对流域三维可视化的数据应用及系统架构进行了研究,结合DEM及ETM+遥感数据,在VC++平台下用Multigen CreatorPro和Vega进行了技术实践。

2 研究区域介绍

此次研究区域主要为潮白河流域含密云、怀柔、延庆、沽源、赤城、崇礼、宣化、怀来、丰宁、兴隆、滦平、承德等12个县的大部或部分地区;永定河流域涉及北京、河北、山西、内蒙的36个县区。潮白河流域研究范围为东经115°25'至117°35',北纬40°20'至41°37'之间;永定河流域研究范围在东经112°00'至116°20',北纬38°50'至41°10'之间。研究区域大部分属于山区,地形起伏较大,植被状况不均一,水土流失严重。潮白河流域面积19354平方公里,永定河流域面积47016平方公里,连同北京部分地区,整个研究区域将近8万平方公里。

3 三维可视化数据应用

3.1 地形数据应用

3.1.1 采集方法选择

地形建模关键在于体现逼真的虚拟场景。数字地形模型(Digital Terrain Model,简称DTM)是描述、构造地表形态最基本的模型。它是描述地球表面形态多种信息空间分布的有序数值阵列,当DTM所描述的信息为地面高程时,成为数字高程模型(Digital Elevation Model,简称DEM)。DEM是DTM中最基本的部分,也是三维地形建模中最常用的数据来源。

通常DEM的生成方法是采用地形图数字化。对地形图上等高线等要素进行数字化及一系列的处理,可以生成DEM,这种方法生成的DEM精度较低。但是由于技术成熟,成本低,所以适合上万平方米这种大范围DEM数据的采集。

本次研究区域将近8万平方公里,出于对效率及成本的考虑,采用实地测量或摄影测量的方法成本高,效率低,所以DEM数据采集方法采用了地形图数字化的方法。

3.1.2 数据处理

实际应用中,采用了最新的1:50000地形图生成1:

50000DEM数据,DEM数据格网间距为30米。具体流程如下:

● 从1:50000数字线划图提取等高线、地形特征点,并检查其准确性。

● TIN(不规则三角网)的生成:利用等高线等相关数据生成TIN;生成的TIN与等高线叠合检查,有明显不合理的,进行处理,必要时增补高程点,重新构网。

● DEM的生成:采用线性内插从TIN转换成规则格网形式的DEM。生成的DEM进行粗差检查,发现粗差立即查明原因并修改;根据相关技术指标进行DEM数据精度检查。

由此生成的DEM数据量在560M左右,对于PC机上运行的仿真系统来说数据量仍显太大,故采用ERDAS软件进行转换为60米分辨率的DEM数据,数据量在160M左右。

3.1.3 地形建模及算法选择

地形的三维编辑和建模工作在美国MultiGen-Paramidgm公司的三维仿真建模软件MultiGen_CreatorPro下进行,最终要求得到Openflight格式文件。Openflight格式文件的生成过程中需要进行三角剖分,出于对漫游效果的实现和数据冗余的考虑,DEM三角剖分算法的选择尤为重要。现在有多种地形优化剖分的算法,其中最常用的是Delaunay算法和Polymesh算法。

Polymesh算法创建由一个、两个或四个平面多边形组成的方形地形对象,每一个对象的大小是位置空间的函数。当平面多边形的顶点共面时,就创建一个平面多边形;如果顶点不共面就将平面多边形分成两个(见图2)。

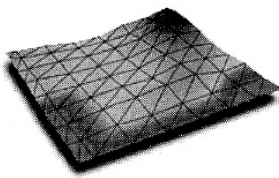


图2 Polymesh算法示意

Delaunay算法将点数据转换为与地形完好吻合的许多三角形。其工作机制是通过搜索高区域的曲率以及平坦区域、山脊和谷地的边缘生成不规则的三角网,这种算法可以比一般的格网更能准确有效地表示原始数据的基本特征,可以比Polymesh算法更准确地表示原始数据集(见图3)。

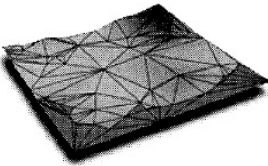


图3 Delaunay算法示意

在本次研究区域中,永定河流域及北京地区地形平坦,使用Delaunay算法将有效的减少数据冗余。

3.2 纹理数据应用

流域三维可视化系统中,为了达到对流域地形地貌和其他一些自然要素如水系和植被逼真反映的目的,模型除了应该具有地面高度信息,还应该包括一定的地表特征和自然的线状地物。通常获得纹理的数据来源有以下几种:

- 地形图或其他专题图的栅格数据
- 各种矢量数据
- 实地摄影获得的图片

● 遥感影像数据

而其中遥感影像含有丰富的光谱信息和几何特征,所以采用遥感影像作为流域三维地形的表面纹理数据,可以更加直观、真实的反映流域特征,信息量也更加丰富。

流域三维建模纹理数据的选择,考虑的因素主要为:

- 是否能反映流域的地表特征,尤其是水系和植被等自然因素。
- 分辨率是否满足三维浏览的需要。
- 数据量是否可以控制在一定范围内而达到流畅的三维浏览效果。

表1 用于三维建模纹理数据的遥感影像

	遥感数据		空间分辨率	波段数	适用范围
低空间分辨率遥感数据	NOAA/AVHRR		1100m	5	大范围流域三维建模,例如对于长江、黄河等流域
	MODIS		250 - 1000m	36	
	SPOT VEGETATION		1000m	4	
中空间分辨率遥感数据	Landsat	TM	30m(除第6波段)	7	区域范围流域三维建模
		MSS	80m	4	
	SPOT	1 - 4	多光谱模式:20m	3	
			全色模式:10m	1	
			短波红外波段:20m	1	
			多光谱模式:10m	4	
		5	全色模式:2.5m与5m	1	
			短波红外波段:20m	1	
	ATSER		15 - 90m	14	
高空间分辨率遥感数据	航片		亚米级	3	局部区域流域三维建模,如小流域
	IKONOS	多光谱模式:4m 全色模式:1m		5	
		Quick Bird	多光谱模式:2.4m 全色模式:0.61m		

表1 是用于三维建模纹理数据的遥感影像,王光谦等在黄河流域三维仿真系统的构想与实现中采用了两幅 MODIS 影像进行拼接,影像分辨率为 2100 × 4200 像素,大小为 32M^[6],周杨等采用 1m 分辨率的 IKONOS 全色影像(15084 × 13304) 与 TM 彩色影像(2218 × 1816) 进行融合作为三维模型的纹理数据^[13]。

本研究区域将近 8 万平方公里,如采用低分辨率的遥感数据如 MODIS 等,虽然可以较好的反映植被信息,但分辨率过低,同时也不能很好反映水系等自然要素,而高分辨率遥感数据则获取费用太高,且数据量过大,难以进行流畅的三维漫游,故最后采用了的 2002 年 5 ~ 6 月 ETM + 遥感数字影像 12 景(1 ~ 8 波段),其中永定河流域 9 景,潮白河流域 3 景,融合后分辨率为 15 米,即保留了丰富的波段信息又有较高的几何特征,但是总数据量将达到 2G。在这样的基础上,选用植物信息丰富的 5、4、3 波段组合,进行自然色彩的变换,使得纹理与自然景观的色彩相一致,最后还要对影像进行一定的抽稀处理,使数据量得到一定的控制。

在流域的三维可视化中,水系是重要的自然的线状地

物,ETM + 遥感数字影像中水系并不十分明显,故我们采用已有的矢量格式的水系图,保留流域范围内的主要水系(如潮白河、永定河及其下一级支流),并填充为蓝色,进行栅格化,再与遥感影像叠加,从而能够突出显示水系,达到流域三维模型的逼真效果。在最后的 应用中,还必须将影像转换为 Vega 支持的 RGB 格式,大小为 4096 × 4096。

4 三维可视化系统构架

4.1 系统架构选择

对于已获得的三维模型数据,可采用 VC ++ 或 VB 基于三维可视化软件进行二次开发,目前不少三维软件厂商都提供二次开发平台,使用户可以便捷灵活的进行三维可视化系统的开发。国内也有不少的相关研究和尝试。文献[6] 在黄河流域三维仿真系统的构想与实现中采用了 VB 语言基于 VRMap2 软件进行了二次开发,文献[4] 在南水北调工程仿真系统三维视景子系统中采用 VC ++ 基于三维视景管理软件 OpenGVS SDK 进行二次开发,本文即采用 VC ++ 基于 Vega 进行的二次开发。此外也可采用 VC ++ 基于 OpenGL 进行系统开发或直接采用三维可视化软件进行三维浏览。

在具体选择时,所要考虑的主要是系统的功能要求及三维模型的数据量大小,对于流域三维可视化系统,主要的功能在于三维浏览和漫游,并不要求过多的特殊功能,但是由于三维模型数据量较大,对于数据的优化算法有很高的要求。所以在进行三维流域可视化系统架构设计时,基于成熟的三维可视化软件进行二次开发成为最优选择。在本文中三维可视化场景(Creator 下建模) 采用了成熟的三维实时驱动函数库 Vega 在 VC ++ 平台下设计并实现。

Vega 是 MultiGen - Paradigm 公司最主要的三维实时驱动软件环境,用于实时视觉模拟,虚拟现实和视觉仿真应用。Vega 是一种用于实时仿真与虚拟现实应用的高性能软件环境与工具,它由被称作 LynX 的图形化用户接口和 Vega 库组成。Vega 将先进的模拟功能和易用工具相结合。对于复杂的应用,能够提供快速、方便地建立、编辑和驱动工具。Vega 的功能可以通过附加的特效模块来扩展,这些模块扩展了用户接口,并为代码开发提供定制的大量的 C 语言写的函数库。这些函数库使用户能够快速开发新的虚拟现实应用程序。NT 上的 Vega 支持的模块有很多,其中基本模块有对象(Object)、场景(Scene)、环境(Environment)、环境效果(Environment Effect)、观察者(Observer)、角色(Player)、通道(Channel)、碰撞(Isector)、声音(AW Sound)、标记(Symbology)、特效(Special Effect) 和视觉效果(SensorEffect) 等。

本系统构架是基于 VegaNT 进行的二次开发,最后的结果是一个基于 MFC 的应用程序。这是把标准的 Windows 用户接口组件加到 Vega 应用程序中的最好方法。

4.2 核心算法

高质量的三维可视化都要求能在大面积复杂数据库(海

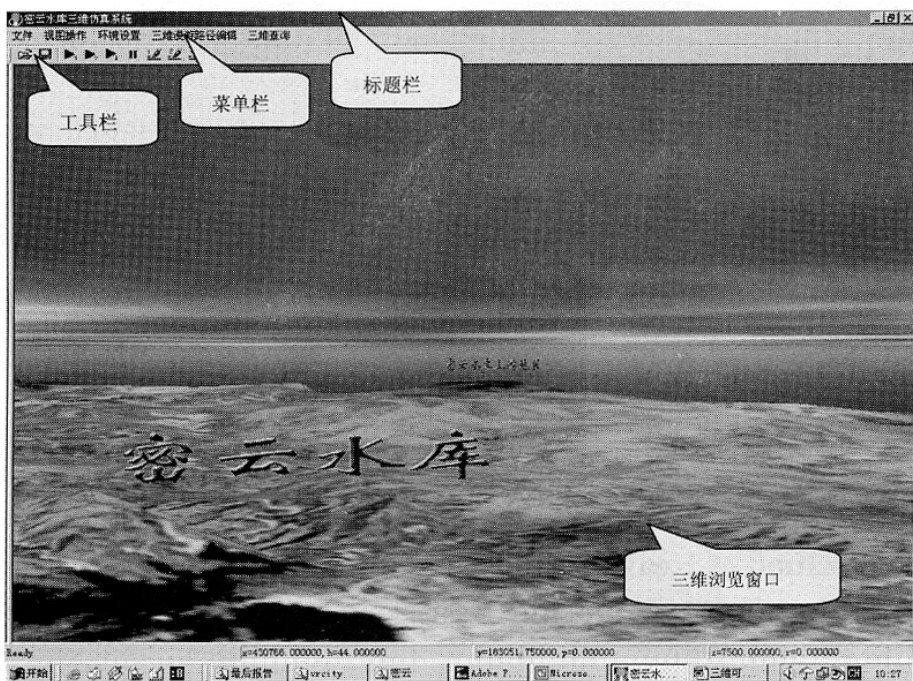


图4 流域三维可视化系统主界面

量数据)上连续运行而无延迟。为了达到连续流畅浏览的效果,我们采用了流域分块调度的算法,核心技术为:多级LOD(Level of Detail)、多线程调度。

● 多级 LOD:在系统实现的过程中,由于是海量数据的地形仿真,在三维虚拟场景中对于地形(DEM)必须建立金字塔形的结构。也就是说根据视点的远近,自动调节看到的模型的详细程度,即可以看到细节层次,也可以看到粗略层次,这就是层次细节技术 LOD。在具体实现中,相邻的两层 LOD 切换时,生成 Morphing 顶点来进行过渡。另外采用 LOD 技术系统中首先应对地形进行分块索引,其中每一块的大小要根据整个场景的大小和机器的性能来决定。对于每一块地形需要几级 LOD,由于机器的性能我们不可能把所有的三维数据一次装载到内存,所以将整个三维场景分块并进行调度。

● 多线程:为了保持观察者在虚拟数据中的中心位置并允许用户定义它的规模。在实时非同步数据库处理过程中,要求内存和存储设备要对几何元素和纹理实行有效的管理,并有效的分配和使用昂贵的计算机系统内存。我们使用了多线程来解决这个问题。要做到用户在漫游时做到无缝,这就必须用户在浏览时(是一个线程),计算机后台再开辟一条线程进行邻近模型(八领域)的调入,即为数据装载选择一个分离的线程,同时设置线程的优先级。

4.3 系统实现

针对研究区域永定河流域及潮白河流域,流域三维可视

化系统实现了三维漫游的一系列基本功能,主要包括三维漫游操作、视图操作、环境设置、光照设置、三维路径编辑和飞行姿态调整。实现后的系统达到了比较流畅的浏览效果,得到了流域的可视化三维景观图象,可进行动态模拟飞行,并可定制飞行的参数如(观察方向、俯仰角度、飞行高度、飞行速度等)。界面如图4所示。

5 结论

随着水利信息化的进展,流域三维可视化将发挥更加重要的作用。针对流域三维可视化特定的目标和功能需求,其数据应用和系统架构都应根据实际情况进行最优组合,这包括了 DEM 生成方式选择、纹理数据的选择以及系统开发架构的选择。本文通过对研究区域流域三维可视化系统的开发,证明其数据应用方法和系统架构方式是现实可行的,能满足其功能需求,获得了较好的效果。随着技术水平的不断提高,在流域三维可视化的数据应用和系统架构方面都将会有长足的发展。

参考文献:

- [1] 刘敏莺,黄文睿.基于 OpenGL 的地形三维可视化[J].海洋测绘,2002-3.
- [2] 袁艳斌等.流域地理景观的 GIS 数据三维可视化[J].地球科学进展,2002,17(4).
- [3] 谢莉,李利军.面向仿真的流域三维地形加工过程研究[J].计算机仿真,2003,20(11).

(下转第 273 页)

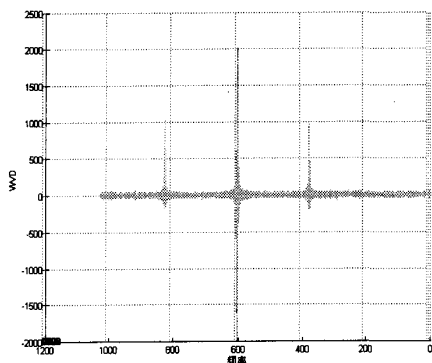


图7 WVD的时频聚集性图

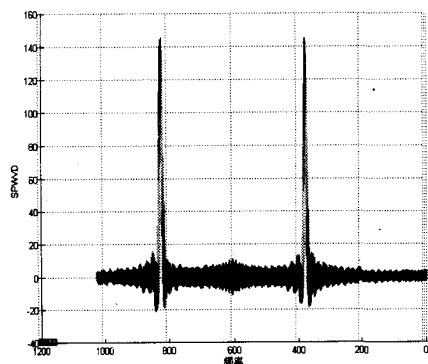


图8 SPWVD的时频聚集性图

4 结论

本文主要介绍了基于WVD为代表的非线性时频分布对

跳频信号分析研究,通过仿真分析研究表明,非线性时频分析相对于线性时频分布而言具有良好的时频聚集性,对于非线性时频分析中出现的干扰交叉项和能量分布的非正值性,本文采用跳频信号解析化和加窗平滑的WVD来加以解决,取得较为明显的效果。从而从理论分析和仿真的角度证明了非线性时频分布用于跳频信号分析研究的可行性。

参考文献:

- [1] [美]L 科恩著,白居宪译. 时-频分析:理论与应用[M]. 西安交通大学出版社,1998.
- [2] 张贤达,保铮著. 非平稳信号分析与处理[M]. 国防工业出版社,1998-9.
- [3] S Barbarossa. Parameter estimation of spread spectrum frequency hopping signals using time - frequency distribution[C]. Signal Processing Advances in Wireless Communications, First IEEE Signal Processing Workshop on, 1997. 213 - 216.

【作者简介】



宋士琼(1975-),女(汉族),安徽六安人,硕士研究生,主要研究方向:通信对抗。

钟子发(1957-),男(汉族),江西人,博士生导师,教授,硕士,通信对抗研究所所长,主要研究方向:通信对抗。

陈旗(1974-),男(汉族),安徽宣州人,讲师,主要研究方向:通信对抗。

(上接第169页)

- [4] 纪良雄,王伟,杨方廷,战守义. 南水北调工程仿真系统三维视景子系统实现[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(12).
- [5] 聂邦胜,赵宏杰,张志刚. 地形环境的数字景观图仿真涉及的几个问题[J]. 海洋测绘, 2003, 23(2).
- [6] 王光谦,刘家宏,孙金辉. 黄河流域三维仿真系统的构想与实现[J]. 人民黄河, 2003, 25(11).
- [7] 董文锋,袁艳斌,杜迎泽,刘吉平. 流域三维地形仿真及洪水演进动态模拟[J]. 水电能源科学, Vol. 1. 19(3).
- [8] 李军,王绍棣,常建刚,孙知信,王汝传. 基于Vega的视景驱动软件的分析与设计[J]. 系统仿真学报, 2003, 15(3).
- [9] Vega Programmer's Guide Version 3.3 for Windows NT[DB]. MultiGen - Paradigm Inc, <http://www.multigen-paradigm.com>, 1999.
- [10] 徐胜华,杨志军. 基于Multigen Creator和Vega的“数字校园”演示系统开发[J]. 铁路航测, 2003, (4).

- [11] 龚卓荣. Vega 程序设计[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
- [12] 任波,王乘,李利军. 虚拟现实技术及其在数字流域中的应用[J]. 计算机仿真, 2002, 20(4).
- [13] 周杨,徐青,谭兵,李辉. 影像融合在三维地形仿真中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2002 - 6.

【作者简介】



黄文波(1980-),男(汉族),江西省南昌人,硕士研究生,主要从事三维地形仿真及生态环境遥感研究。

黄健熙(1976-),男(汉族),广西省恭城人,博士研究生,主要从事网络地理信息系统及生态环境遥

感研究。

吴炳方(1962-),男(汉族),工学博士,江西省玉山人,中国科学院遥感应用研究所研究员,主要从事农业与生态环境遥感研究,发表论文40多篇,专著2部。