

基于 DEM 的水库三维可视化研究

王宗敏¹, 杨海波¹, 秦红艳²

(1. 郑州大学河南省信息网络重点开放实验室, 郑州 450002; 2. 周口师范学院计算机科学系, 周口 466600)

摘要: 利用库区纸质地形图建立了高精度的数字高程模型, 进行了精度分析、地形因子分析、可视性分析和库容计算。并结合 ASP 和 VRML 技术实现了基于网络的三维可视化系统, 包括计算结果可视化与查询、图形数据可视化和库区虚拟场景可视化。实现了对深层次水利信息的获取和形象表达。

关键词: 数字高程模型; 三维可视化; 地形分析; 虚拟现实

Research on 3-Dimensional Visualization of Reservoir Based on DEM

WANG Zongmin¹, YANG Haibo¹, QIN Hongyan²

(1. Henan Provincial Key Lab of Information Network, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002;

2. Department of Computer Science, Zhoukou Teachers College, Zhoukou 466600)

【Abstract】 High resolution DEM is created based on original topographical maps of reservoir area. After the quality of DEM is approved reliable, topographic factors analysis, visibility analysis and reservoir volume are achieved based on DEM. To obtain and display water information, 3-dimensional visualization system is designed by combining ASP and VRML.

【Key words】 Digital elevation model(DEM); 3-Deminsional visualization; Terrain analysis; Virtual reality

网络技术和 3S(RS, GIS, GPS)技术加快了现代化水利信息建设的步伐。利用数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM), 把水利相关实体数字化, 可在计算机上按照不同的情况进行假设性实验, 很大程度上能降低研究费用, 并可进行不同方案的比较。同时, 三维可视化技术在交互查询、实时漫游、三维模型的建立、海量三维数据的显示与压缩、基于虚拟技术的三维可视化及基于网络的三维可视化等方面的研究取得了进展, 促进了水利信息的共享和表达。

1 数字高程模型的构建

1.1 数字高程模型及其功能

数字高程模型是利用一个任意坐标场中大量选择的已知(X, Y, Z)坐标点对连续地面的一个统计表示, 即DEM就是地形表面简单的数字表示, 描述地球表面形态多种信息空间分布的有序数值阵列。常用不规则三角网(Triangulated Irregular Network, TIN)通过不规则分布的数据点生成的连续三角面来逼近地形表面^[1]。

数字高程模型具有很高的应用价值, 是地理信息系统中最为重要的空间信息资料和赖以进行地形分析的核心数据, 也是绘制三维立体和进行地形分析的重要基础数据。

1.2 高精度 DEM 的建立

1.2.1 数字化与矢量化

昭平台水库库区地形图共有 9 幅 A₀图, 扫描时选择分幅进行扫描。扫描前先将图纸进行简单的预处理, 从而保证扫描的图像清楚可辨。扫描得到的灰度图像在 PhotoShop 中进行水平和垂直方向进行旋转校正, 保证 9 个分幅的图像可在水平和垂直方向对齐拼接。另外, 对图像的色调和亮度进行调整, 使能充分地表达图像中有用的信息。

对扫描得到的栅格图像在 R2V 矢量化软件和 AutoCAD 下共同完成矢量化工作。

1.2.2 添加地形特征线生成高精度 DEM

地形特征线是指能明显体现地形变化的特征线, 包括地形单点、断裂线、边界线、构造线^[2]。地形特征线不仅包含自身的坐标信息, 也隐含地表达出了其自身周围特征的某些信息, 有利于建立高质量的数字高程模型, 有效地避免出现地形失真的现象^[3]。因为地形图没有显性的性线要素, 只是隐含其中, 所以地形特征线不可能直接通过扫描数字化的方法获取, 只能通过人工数字化的方法或智能方法提取。在创建 TIN 之前先加上主要地形特征线, 如明显的山脊线、山谷线、河流线等, 把它们作为 hard breaklines, 不允许生成的三角形穿越这些硬特征线, 从而保留这些地形特征, 得到高精度 TIN, 如图 1 所示。

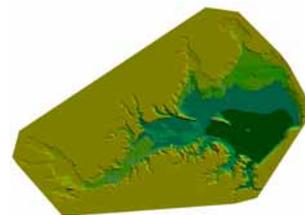


图 1 高精度 TIN

1.3 DEM 的精度分析

DEM 精度评价主要是通过理论分析和实验研究的方式进行。因为格网 DEM 结构简单, 所以从格网 DEM 中提取部分点的高程值, 通过比较提取点的高程值与对应的原始点(未参与构建 TIN 的高程点)的高程值来验证数字高程模型的精度。具体步骤为:

作者简介: 王宗敏(1964—), 男, 博士、博导、教授, 主研方向: 细观力学和水利信息化研究; 杨海波, 硕士生; 秦红艳, 助教
收稿日期: 2005-12-26 **E-mail:** iamsea_001@sohu.com

(1)在 ArcInfo 下建立一个点层 PP1, 添加一些点, 要求这些点的位置与原始地形图中的点位置重合, 但要注意这些点在内插生成 TIN 时未参与计算。在属性库中建立 cal_ele 字段用作记录提取的高程, 其初始值为 0, 建立 ele 字段用作记录真实的高程值, 其值可以把先前建立点的属性库中的高程值复制过来。

(2)打开格网 t1g1 层, 编程实现从格网 t1g1 层中提取 PP1 点层中的点的高程值。

(3)比较 PP1 层属性库中的 cal_ele 字段与 ele 字段的值, 即比较从 DEM 中提取的高程点的计算值与真实值。

根据表 1 可求得:

$$\text{中误差} = \sqrt{\sum D_i / N} = 0.774 \text{ 1, } N=67$$

$$\text{平均误差} = \sum C_i / N = 0.525 \text{ 8, } N=67$$

国家测绘局 1:1 万数字高程模型生产技术规定丘陵地区格网点高程中误差应小于 1.2, 所得的 DEM 精度符合标准。

表 1 误差分析

Id	真实值 A	计算值 B	C= A-B	D=C*C
1	162.3	163.0	0.7	0.49
2	162.7	162.848	0.148	0.021 904
3	162.3	162.231	0.069	0.004 761
4	162.3	162.504	0.204	0.041 616
...
66	163	163.0	0	0
67	161.3	161.234	0.066	0.004 356

2 基于 DEM 的分析与计算

2.1 DEM 地形因子的计算与提取

地形分析是指地形因子分析, 不但能够间接表现地形的起伏形态和结构, 而且有助于水文模型、滑坡监测与分析、地表物质运动、土壤侵蚀、土地利用规划等地质分析模型。常用的几个地形因子有: 坡度(slope), 坡向(aspect), 地面剖面曲率即坡度变化率(slope of slope, SOS)、地面平曲率即坡向变化率(slope of aspect, SOA)。提取的地形因子如图 2。

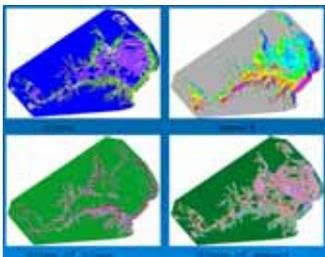


图 2 提取的地形因子

地形因子图中每一点的地形因子对应于每个图形的属性表中的数据, 利用这些数据可进一步进行各种相关分析。

2.2 DEM 可视性分析

它的作用有:

- (1)已知一个或一组观察点找出某一地形的可见区域;
- (2)欲观察到某一区域的全部地形表面计算最少观察点数量;
- (3)在观察点数量一定的前提下计算能获得的最大观察区域;
- (4)以最小代价建造观察塔, 要求全部区域可见, 在给定建造代价的前提下求最大可见区。

2.2.1 两点可视分析

首先确定一个过观察点和目标点所在线段的平面 S, 要求此平面与 XY 平面垂直; 然后求出地形模型中与 S 相交的所有边; 最后判断相交的边是否位于观察点和目标点所在的线段之上, 如果有一条在其上, 则观察点和目标点不可视。如图 3、图 4 所示。

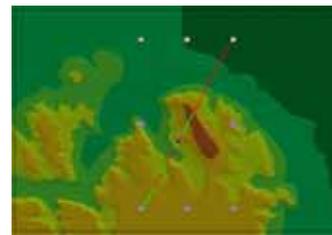


图 3 TIN 中创建的一条视线

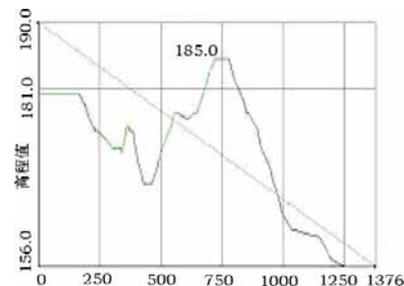


图 4 对应的剖面图

2.2.2 通视域分析

可视域分析是判断在区域内对从观测点的所能通视情况。算法是先将视点与研究区内每个栅格角点连线, 形成视线簇, 然后遍历所有视线, 计算每一视线与相关栅格边的交点, 判断这些交点在该视线方向上是否遮挡待求栅格角点。

此观测点为库区中一小岛屿的最高点, 其高程值为 200m, 经过分析如图 5, 浅色区域为可视区占 85.66%, 深色为不可视区占 14.34%。

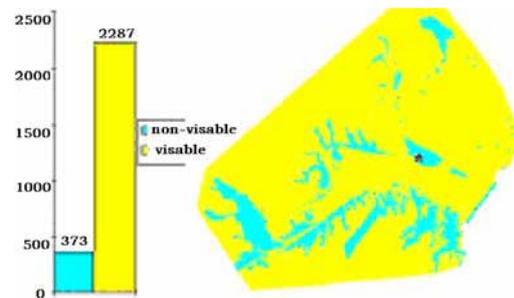


图 5 可视域分析

2.3 基于 DEM 的库容计算

传统的计算水库库容方法主要使用求积仪法, 但是由于地形的复杂性, 传统水库库容计算方法周期长精度低且数据更新困难, 因此用 ArcView 在 DEM 的基础上进行库容计算, 求解 DEM 体积。为得到从 159m ~ 180m 水位每递增 0.5m 所对应的库容值, 单个计算十分繁琐, 在 ArcView 下调用 Script, 利用 Avenue 进行编程得到要求计算的所有库容值, 并利用 VB 编程把数据写入 Access 数据库中。

3 基于网络的三维可视化系统

3.1 三维可视化的研究

可视化是指人脑中形成对某物的图像, 是一个心理处理过程, 促使对事物的观察力及建立概念等。在三维可视系统中用户可设定行走路线, 不断变化场景, 给人身临其境的感觉, 可更容易地获取深层次的间接信息和全局观。如在军事训练中, 可以用于飞行员模拟驾驶训练; 作战指挥方面, 可以用于模拟真实战场环境, 进行虚拟作战演习; 在城市规划方面可以虚拟景观指导规划设计工作; 在水利方面, 可以模拟水底、地下、水流等情况。

3.2 三维可视化的系统框架

系统的基本运行环境分为数据库层、Internet Information Services(IIS)服务器层和 IE 客户端组成的应用层 3 部分, 见图 6 系统框架。

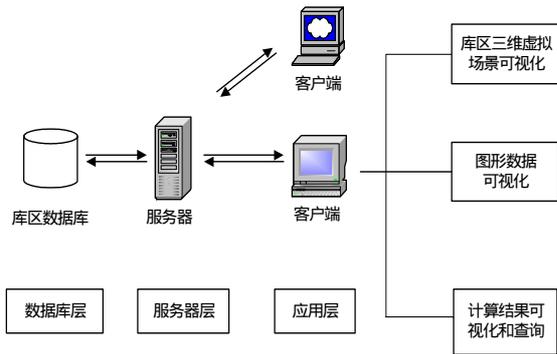


图 6 系统框架

3.3 三维可视化的系统的实现

(1)图形数据的可视化：指对原始图、坡度图、坡向图、地面平面曲率图、地面剖面曲率图、光照阴影图、两点通视分析图及相应的剖面图及可视域分析图等的表达。把图形数据存放在服务器数据库中,通过 IE 浏览器对图形数据进行放大、缩小、移动等操作交互式浏览,见图 7。

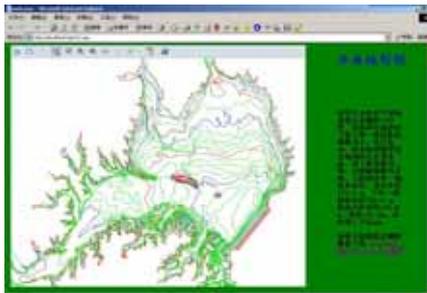


图 7 图形数据的可视化

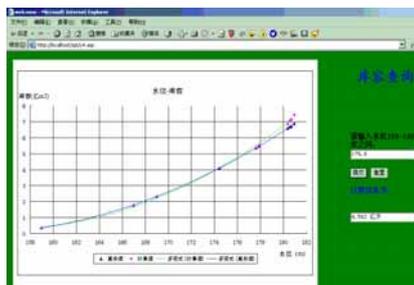


图 8 计算结果可视化与查询

(2)计算结果的可视化和查询：通过网络实现对计算结果的可视化表达 结合 ASP 技术可查询任一水位对应的库容值。见图 8。

(3)库区三维虚拟场景可视化：地理信息系统与虚拟现实技术相结合是三维地理信息可视技术研究的热点和前沿方向^[4]。虚拟现实技术与 GIS 相结合,能产生一个计算机支持下的虚拟环境中,用户可以在虚拟的库区三维虚拟场景中进行漫游、移动、放大、旋转和飞行等。其中虚拟文件是在 Arcview 里通过对 3D 场景转化为 wrl 格式的文件。为提高浏览速度,采用一种压缩技术使压缩后文件可以缩小至原来的 1/6,并且可能在网络中直接浏览。见图 9。

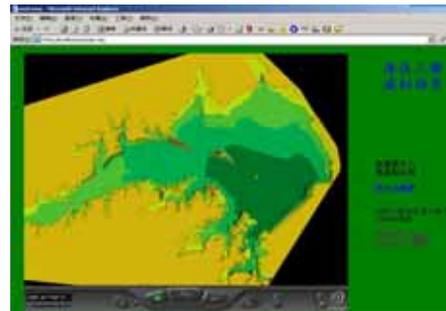


图 9 库区三维虚拟场景

4 结语

运用地理信息系统(GIS)的原理和方法对纸质地图进行了扫描矢量化,完成了空间数据库的入库工作,插值生成不规则三角网(TIN),添加地形特征线建立了高精度的 DEM;在此基础上,进行了相关的库区地形因子分析、通视分析和库容计算;运用科学计算可视化和三维虚拟场景技术,结合 ASP 和 VRML 技术,最终实现了基于 Web 的库区三维可视化系统,并拥有较高的执行速度,为水利信息化建设方面的应用研究提供了一定的参考价值。

参考文献

- 李志林,朱 庆. 数字高程模型[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000-03: 19-21.
- 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社, 1996-02: 30-90.
- 刘学军,龚健雅,周启鸣等. 基于 DEM 坡度坡向算法精度的分析研究[J]. 测绘学报, 2004, 33(3): 258-259.
- 龚建华,林 辉. 虚拟地理环境——在线虚拟现实的地理透视[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 15-90.

(上接第 233 页)

模型驱动的业务开发方法,对于异质网络中业务的移植和互操作同样也有借鉴意义。

参考文献

- 沈奇威,廖建新,王 纯等. 彩铃业务的研究和设计[C]. 第九届全国青年通信学术会议论文集, 重庆, 2004-05.
- Q.1224, ITU-T. Distributed Functional Plane for Intelligent Network Capability Set 2[S]. 1997.

- Rosenberg J, Schulzrinne H. SIP: Session Initiation Protocol[S]. IETF, RFC 3261, 2002-06.
- Camarillo G, Schulzrinne H. Early Media and Ringing Tone Generation in the Session Initiation Protocol (SIP)[S]. IETF, RFC 3960, 2004-12.
- Gurbani V, Sun Xiehe. Accessing Telephony Services from the Internet[C]. Proc. of IEEE International Conference on Computer Communications and Networks, Dallars, TX, 2003-10.