

# 基于 VR - GIS 地质景观的三维重建

## 3D-reconstruction based on geology landscape of VR-GIS

管 群<sup>1</sup>, 刘浩吾<sup>2</sup>

(1. 四川大学 计算机学院, 四川 成都 610064 2. 四川大学 水利水电工程学院, 四川 成都 610065)

**摘 要** 三维景观重建是虚拟现实地理信息系统 (VR-GIS) 研究中的重要方向之一。为探索海量地质数据的处理, 提出了基于体数据的三维地质景观重建算法, 并实现了体数据的快速拼接, 解决了微机环境下大范围地质景观的快速重建问题。最后结合实际数据, 分析和讨论了三维地质景观重建技术。给出了相应的算法、技术流程和图例。

**关键词** 虚拟现实地理信息系统 (VR - GIS) 海量数据 三维可视化 体视化 体数据 地质景观 重建技术

**中图分类号** TP 391.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000 - 4548(2001)04 - 0499 - 03

**作者简介** 管 群, 女, 1959 年生, 四川大学计算机学院教师, 1996 年获工学硕士学位, 现在四川大学水利水电工程学院攻读岩土工程专业博士学位。主要研究方向: 人工智能 (AI), 计算机图形图像, 可视化和体视化技术, 生物医学图像处理, 计算机辅助教学 (I-CAI), 远程教学, 虚拟现实地理信息系统 (VR - GIS), 虚拟现实 (VR), 数字地球 (DE), 计算机支持的协同工作 (CSCW) 等。

GUAN Qun<sup>1</sup>, LIU Hao-wu<sup>2</sup>

(1. College of Computer, Sichuan University, Chengdu 610064, China; 2. College of Water Resource and Hydropower Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract** The three-dimensional landscape reconstruction is one of the important aspects in the research of Virtual Reality Geographic Information System (VR - GIS). In order to explore the processing of Gigabytes geology data, the 3D - landscape reconstruction algorithm based on volumetric data is presented. And the quick reconstruction problem of large scope of geology landscape under the microcomputer environment is resolved. At last, the 3D geology landscape reconstruction technology is analyzed and discussed in combination with the practical data. The corresponding algorithm, technical flow chart and legend are presented in this paper.

**Key words** Virtual Reality Geographic Information System (VR - GIS) Gigabytes 3D visualization, volume visualization, volumetric data, geology landscape, reconstruction technology

## 1 引言\*

虚拟现实地理信息系统 (VR - GIS) 技术是地理信息系统 (GIS) 的一个热点发展方向。它是以虚拟现实技术和仿真技术为主要技术支撑, 面向全球范围的空间信息系统。VR - GIS 实施过程中首先要面对的是海量数据——通过航空遥感、卫星遥感、全球定位系统、地质勘探、测绘等先进的技术手段, 人们能够获取巨大的数据资源, 包括模拟形式和数字形式的多媒体数据。而且, 其数据量之多, 容量之大是前所未有的。比如, NASA 的地球观察系统每天可以产生大于  $10^{13}$  个字节的数据。面对如此庞大的空间资料, 考虑空间数据的不确定性和复杂性, 以及对于不同领域和不同的处理要求, 可视化技术显得尤其重要。当前 VR - GIS 中可视化的一个主要目标是建立 (或重建) 虚拟景观, 包括目前不存在的或正在规划中的设施和环境, 特别是大区域景观的可视化重建问题。本文以大范围地质景观为例, 研究 VR - GIS 中的海量数据的处理。

随着现代科技的应用, 采集地质数据的技术在不断更新。70 年代以来, 随着卫星摄影和遥感技术的出

现和发展, 地质数据由早先的模拟形式逐渐转变为数字形式, 并且形成一个庞大的数据群。目前对这类数据的数字化和三维可视化处理, 在小范围的区域内, 已经产生了许多重建算法。但重建景观的真实感技术尚处于探索阶段, 特别是对于海量地质数据、深度数据的可视化处理, 其中在微机环境下进行大范围的真实感三维地质景观重建是 VR - GIS 景观技术的难点之一。

## 2 基于体数据的重建思考

三维重建是计算机视觉、模式识别以及可视化技术等领域中的经典研究主题。重建的任务就是利用多媒体计算机技术, 将从传感器或者其它设备获得的采样数据中恢复物体的三维结构和物体的原形。不同的领域, 采用不同的设备, 所获得的数据结构也不同, 重建的目标也不一样, 因此造成重建方法的多样化。比如立体视觉中, 通过摄像机可以获得周围环境的光强信号, 重建的目的是要从不同角度拍摄的图像重构三维物体描述。

80 年代后期兴起的体视化技术是建立在计算机

图形学、计算机视觉和图像处理等基础上的一门新的可视化技术。它是研究具有三维特性的体数据在计算机中处理的技术,体数据的特征决定了体视化技术的特点<sup>[1]</sup>。我们运用体视化机制,在微机环境下研究并实现了大范围地质景观的重建,取得了较好的效果。研究的技术路线如图 1 所示。

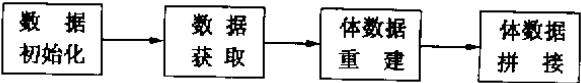


图 1 技术流程图

Fig.1 The flow chart of technology

通过仪器采样得到的地质数据虽然可是图表或图像形式,但这些并不是显示可用信息的最佳数据结构。考虑 3D 视觉的表示法,将一个三维图像看作是由方程  $Z = f(x, y)$  表示的曲面上所测得数据点的集合,这里  $X$  轴和  $Y$  轴组成的图像平面平行于地平面, $Z$  方向表示高度,则  $Z = f(x, y)$  可描述一个三维的地质体数据。

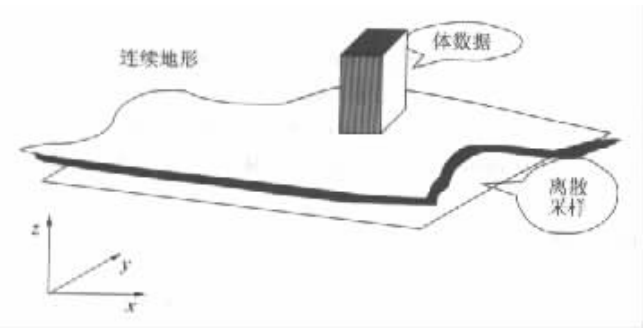


图 2 地质体数据重建示意图

Fig.2 The volumetric data of reconstruction geology

连续的地质地形  $f(x, y)$  经过采样、分割等初始化过程,将获得的大量空间散点数据进行了合理的划分;为在微机环境下利用软件集成的方法,本例将分割的散点数据经 CAD 平台处理,描述成为等高线表示的图形,作为其它软件进行体数据重建的数据源,然后对网格化

的等高线数据分别进行插值、拟合和可视化处理,可得出描述局部地质景观特征的体数据,最后将多个体数据进行迭加和拼接处理,则可以快速构建出相应的大范围地质景观。体数据支持的景观重建思想如图 2 所示。

3 基于体数据的地质景观重建

3.1 数据获取

“数据获取”历来是工程研究中的难点。对于二维地质的空间描述需要大量的数据支持,更何况进行三维工程地质景观的重建<sup>[2]</sup>。我们首先考虑如何合理地从海量的地质数据中实现小批量数据获取,并在此基础上进行体数据的重建。通常采用曲面拟合或插值的算法进行空间离散点的网格化处理。考虑到地质结构的复杂性不能用简单的数学表达式表达,本文采用矩形单元,利用双三次 Hermite 插值方法进行离散点的数据网格化。令

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 H_{ij} h_i(x) h_j(y) \quad (0 \leq x, y \leq 1) \quad (1)$$

其中  $h_i$  和  $h_j$  是三次 Hermite 函数,  $H_{ij}$  包括矩形单元四个顶点的函数值、一阶偏导数值和二阶交叉偏导数值。 $h_i'$  是一阶导数,且

$$\left. \begin{aligned} h_0(0) &= 1, h_0(1) = 0, h_0'(0) = 0, h_0'(1) = 0 \\ h_1(0) &= 1, h_1(1) = 0, h_1'(0) = 0, h_1'(1) = 0 \\ h_2(0) &= 1, h_2(1) = 0, h_2'(0) = 0, h_2'(1) = 0 \\ h_3(0) &= 1, h_3(1) = 0, h_3'(0) = 0, h_3'(1) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

将网格化的空间数据,利用 CAD 平台进行等高线绘制,形成体数据的数据源。图 3 就是应用网格化和 CAD 技术对金沙江某电站坝址地形分割的一个图例。

3.2 体数据重建

本例利用 C 语言的功能,与 CAD 平台进行数据转换,从网格化分割的 CAD 图形中转换出三维空间数

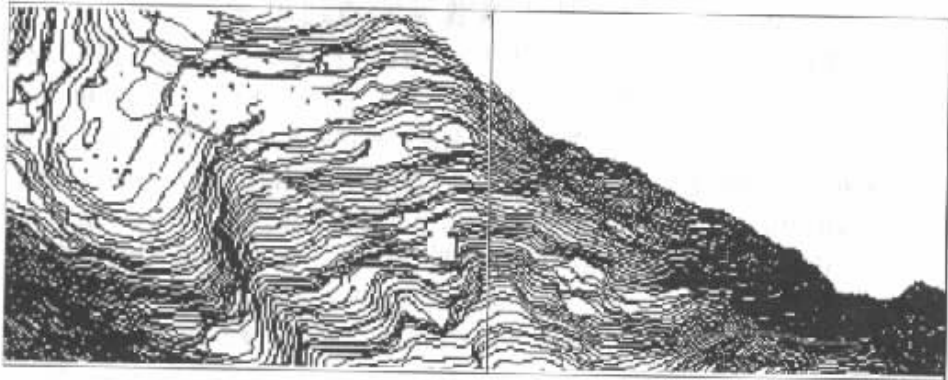


图 3 网格化分割实例

Fig.3 An example of grid division

据 ,再由以下的多项式拟合和插值算法 ,对于每个网格的数据分别处理 ,重建各个体数据。令

$$f(x,y)=a_0+a_1x+a_2y+a_3x^2+a_4xy+a_5y^2+a_6x^2y+a_7xy^2+a_8x^2y^2 \tag{3}$$

其中系数  $a_0,a_1,\dots,a_8$  可利用如下的 Chebyshev 离散正交多项式求解 : $P_0(x,y)=1$  ; $P_1(x,y)=x$  ; $P_2(x,y)=y$  ; $P_3(x,y)=x^2-2/3$  ; $P_4(x,y)=xy$  ; $P_5(x,y)=y^2-2/3$  ; $P_6(x,y)=xP_3(x,y)$  ; $P_7(x,y)=yP_3(x,y)$  ; $P_8(x,y)=P_3(x,y)P_3(x,y)$

将拟合结果进行图像可视化处理 ,则构建出体数据。由图3所示数据分割的A块见图4 ,由A块构建

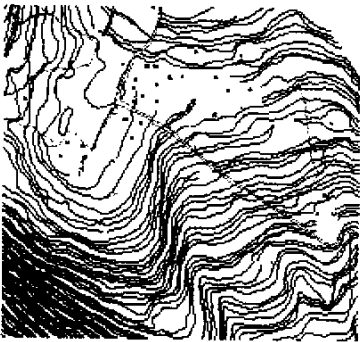


图 4 图 3 中 A 块数据  
Fig.4 The data of A in Fig.3

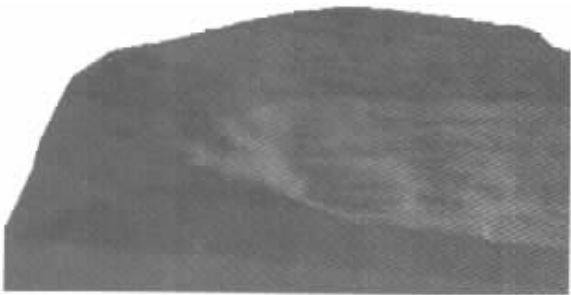


图 5 图 3 中 A 块的体数据  
Fig.5 The volumetric data of A in Fig.3

的体数据图像见图 5。

3.3 体数据拼接

根据屏幕坐标确定对应拼接面 ,可以在微机环境下 ,进行体数据的快速无缝拼接 ,形成大范围真实感的虚拟地质景观。图 6 是图 3 中 A 块的体数据和 B 块的体数据拼接的结果。

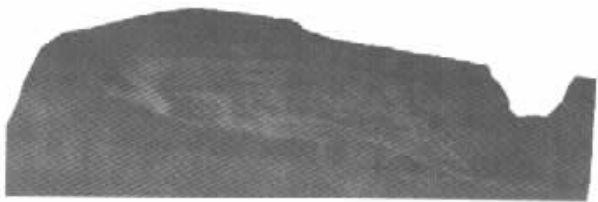


图 6 图 3 中 A 块体数据与 B 块体数据的拼接图  
Fig.6 Mosaic of volumetric data of A and B in Fig.3

4 结 论

本文在微机环境下 ,运用体视化技术机制 ,研究并实现了大范围的真实感地质景观的重建。探索出一条由微机环境支持的 VR - GIS 景观重建技术路线 ,为进一步开展 VR - GIS 的分布式和并行式协同工作奠定了良好的基础。当然 ,虚拟景观技术领域中很多关键技术还需要深入研究 ,如三维深度数据的获取和体视化处理 ,真实感体数据的处理、显示等等。我们仍在继续研究 ,愿与同行们商榷。

参考文献 :

[ 1 ] 管伟光 . 体视化技术及其应用 [ M ]. 北京 : 电子工业出版社 , 1998 .  
[ 2 ] Guan Qun . The 3D visualization integration of GIS and CAD [ A ]. Proceedings of 3rd International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design ( CAID & CD ' 2000 ) [ C ]. International Academic Publishers World Publishing Corporation 2000 . 677 ~ 680 .