

南京师范大学

毕 业 设 计（论 文）

（ 2010 届）



题 目：_____庐山三维可视化系统_____

学 院：_____地理科学学院_____

专 业：_____地理信息系统_____

姓 名：_____朱 瑞_____

学 号：_____07060310_____

指导教师：_____江南 教授_____

庐山三维可视化系统

朱 瑞

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210046)

摘 要: 首先设计了单独的 OCI 全局类, 所有系统用到 OCI 有关的函数都放在了
这个类中, 并定义接口函数和全局变量来实现对 OCI 类中函数的调用。其次, 确
定实现地形三维可视化的算法以及 DEM 和纹理数据的获取方式。在此基础之上,
实现地形三维可视化系统的三维地形渲染。最后, 实现对三维场景的基于 Oracle
数据库的项目管理。

关键词: 三维可视化; OpenGL; C++; GIS

Visualization for LuShan Mountaion in Virtual Reality

Zhu Rui

(School of Geography Science, Nanjing Normal University Nanjing 210046)

Abstract: Firstly, the author designed an individual class of the OCI. The OCI class
stores all the relative functions used in the system. Interface functions and global
variables are designed to call functions in the OCI class. Secondly, an important job is
made to upload DEM data and remote sensing image data based on the implementation
of the 3D visual algorithm. Thirdly, three dimensional rendering algorithm has been
carried out to let 3D visualization system come true. At last, to manage the system more
convenient, the author designed a project management model combineing with Oracle
database and OCI.

Key Words: 3D visualization; OpenGL; C++; GIS

目 录

1 引言.....	3
2 地形三维可视化的主要方法.....	4
2.1 系统总体设计框架.....	4
2.2 OCI 公共类的实现.....	4
2.3 四叉树的多分辨率地形模型.....	5
2.4 海量地形自分块实现方法.....	6
2.5 大影像自分块实现方法.....	7
2.6 地形与影像子块的调度.....	7
2.7 三维地形纹理映射.....	8
2.8 视景体裁剪.....	8
2.9 三维地形的渲染.....	10
3 界面设计与运行效果.....	11
3.1 系统界面设计.....	11
3.2 项目管理设计.....	11
3.3 运行显示效果.....	12
4 结论与讨论.....	13
5 谢辞.....	13
6 参考文献.....	13

1 引言

随着计算机软硬件技术、图形学、空间测量、空间数据存储等技术的日益成熟,地理信息系统(GIS)由二维向三维的转变已成为必然的发展趋势。实现在三维环境下对模型进行可视化渲染,以及对大规模场景进行实时漫游,无疑将对三维GIS的发展产生较大的推动作用。

三维可视化技术可以为用户提供过去没有的空间认知工具,如电子地图和虚拟环境;可以用于优化、更新数据库本身,并强化数据的直接应用,如用于检测数据精度、开发知识和数据挖掘等;可以将GIS和地学过程模型集成起来用于处理以多维、动态为特征的地学问题。

为了促进虚拟地理环境的研究与发展,国内外的专家学者们都在积极地探索有效的方式来促进交流与合作。Donna J. Peuquet 教授提出了面向概念以及综合的理论驱动方法进行时空可视化分析。孟立秋教授提出了客观事物本身具有多种用途的“功能可供性(affordance)”与人在不同情景与交互作用下的多层次“反应、映象”的概念,强调了看、行动对于虚拟地理环境人机交互设计的重要性。

目前与有关虚拟地理环境及可视化相关的国际会议主要有:虚拟地理环境国际与国内学术研讨会、虚拟现实与地理学学术研讨会、全国虚拟现实与可视化学术会议、国际地理信息科学与技术大会、全国三维数字城市建设论坛等。

一个完整的地形三维可视化系统包含多个模块,首先需要建立的就是系统框架,然后在框架的基础上,逐步开发系统的其他功能,最后完成整个地形三维可视化系统的开发。三维可视化软件的实现方法可以分为独立开发、单纯二次开发、集成二次开发3种。独立开发,指不依赖任何IT具软件。从数据的采集、编辑到数据的处理分析及结果输,所有的算法都南开发者独立设计,然后选用某种程序设计语言,如Visual C++, Delphi等,在一定的操作系统平台上编程实现;单纯二次开发,指完全借助于IT具软件提供的开发言进行应用系统开发;集成二次开发,指利用工具软件,如Skyline, VRMap等实现三维可视化的基本功能,以通用软件开发工具如Visual C++、Visual Basic, .NET等为开发平台,进行二者的集成开发。

本论文的目的在于在VC++2008的环境下结合OpenGL、Oracle数据库,开发完成庐山三维可视化系统,以实现庐山DEM数据和庐山卫星影像数据的读取,地形的三维可视化显示。系统具有开放性,可以为后续的工作奠定良好的基础,诸如指北针功能,三维距离测算功能等等,以实现完善的三维可视化系统。

2 地形三维可视化的主要方法

2.1 系统总体设计框架

在庐山三维可视化系统中，系统的总体设计框架主要包括以下四个部分：起到对 Oracle 数据库接口作用的 OCI 公共类设计；将 DEM 数据和遥感影像数据的进行分割入库功能设计；三维地形渲染功能设计；系统应用界面设计。系统总体框架如下图所示：

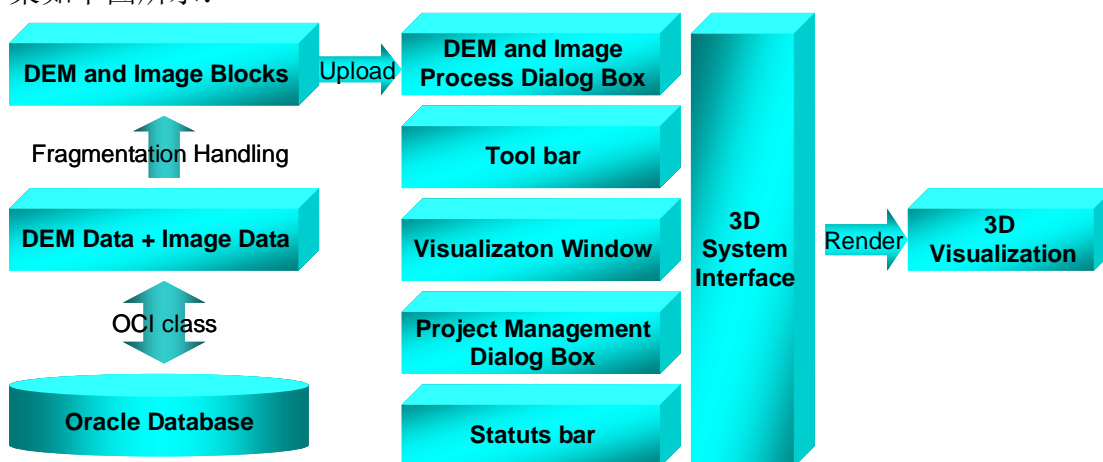


图 1. 系统总体设计框架

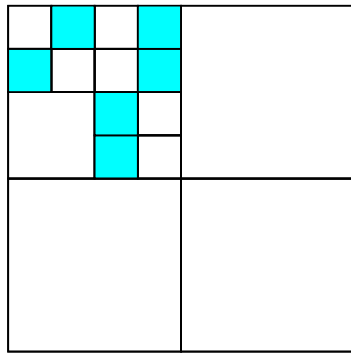
Figure1. Frame for the 3D Visualization System

2.2 OCI 公共类的实现

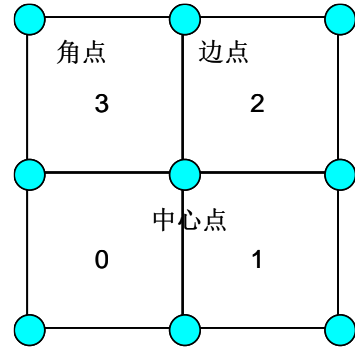
在三维地形可视化系统中，所有的影像纹理数据、地形等数据都存储在 Oracle 数据库中，并采用 OCI 接口实现数据的存储和读取、调用。

首先设计 OCIClass 公共类，将所有与 OCI 有关的数据库操作、数据库读取功能函数实现全部封装在该类中，并定义 COCIClass 类的全局变量 myOci，系统其它部分都可以通过 myOci 变量调用 COCIClass 类的接口函数，以实现系统对 OCI 函数的调用。OCI 类的定义如下所示：

```
class COCIClass
{
public:
    OCIEnv      *envhp; //环境句柄
    OCIError    *errhp; //错误句柄
    OCIServer   *srvhp; //服务器句柄
    OCISvcCtx   *svchp; //服务上下文句柄
    OCISession  *authp; //任务句柄
    OCIStmt     *stmthp; //描述句柄
    OCIDefine   *defhp; //定义句柄
    OCILobLocator *lobsingle,*lob_loc[2]; //位置标识符句柄
    OCIBind     *bndhp,*bndhp2; //绑定句柄
    OCIDefine   *defhps[20]; //定义句柄，用于多个列
    OCIBind     *bidhp [20]; //绑定句柄，用于多个列
```

与图 2 对应的有效四叉树分割



四叉树单元节点

图 3. 四叉树分割与存储结构

Figure 3. Quadtree Splitation and Storage Structure

2.4 海量地形自分块实现方法

因为目前的计算机内存容量仍然有限，大规模的地形数据不可能一次性地调入内存，必须对地形数据进行分块处理。

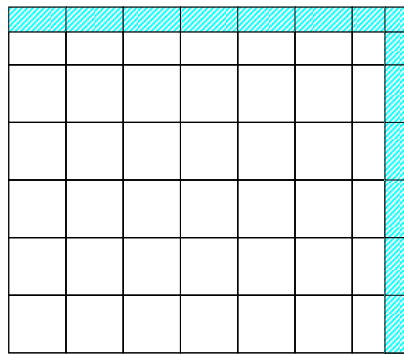


图 4. 地形数据分块

Figure 4. Divide DEM Data into Regular Blocks

其基本思路是：首先将研究区地形数据划分为大小相同的 m 行 n 列，如图 4 所示，每个子块边长为 $2^n + 1$ ，命名为 $Row_i Col_j$ (i, j 分别为该子块所在的行和列)，左下角为第 0 行第 0 列。对于最右侧和最上侧不满足大小相同要求的块，以无效数据（如-9999）填充，在图 5 中的灰色线填充部分。然后对每一个数据分块按照四叉树结构进行组织，以二进制格式存储到数据库中。实验中所用 DEM 数据类型为格网 DEM，数据格式如下：

```
1  18312320.000  3231120.000  10  10.0  1670  1242  -9999
2  750.000 732.000 708.000 610.000 630.000 635.000 660.000 651.000...
3  755.000 735.000 700.000 611.000 634.000 631.000 667.000 650.000...
.....
```

第 1 行表示 DEM 的基本信息，如表 1 所示：

表 1. DEM 头文件基本信息说明

Table1. Basic Information for DEM File

序号	数值	说明
1	18312320.000	DEM 左下角 x 坐标

2	3231120.000	DEM 左下角 y 坐标
3	10	DEM 数据点在 x 方向的间距
4	10.0	DEM 数据点在 y 方向的间距
5	1670	DEM 总列数
6	1242	DEM 总行数
7	-9999	DEM 无效数据点的高程值

2.5 大影像自分块实现方法

在对地形数据分块处理后，接下来就是对影像纹理进行分块处理。因为影像数据占用较大的存储空间，而且一般计算机的图形渲染设备限制了单次装载影像的大小，如目前的 OpenGL 渲染设备支持的单张影像的最大范围为 2048×2048 ，而在多数实际情况中地形影像的范围远远大于这个限制数量的大小。因此需要对大的影像纹理进行分块处理，即在平面空间上将影像分割成一系列规则的影像块。为了避免大量纹理冗余和纹理影像的频繁调度，采用规则分块中的一个影像块对应一个 DEM 子块，漫游时可立即确定所应调入的纹理影像块。

使用 SeparateImage() 函数，实现对加载的纹理影像进行分块处理。该主要由以下两部分组成：第一部分是加载影像纹理，计算纹理高度、宽度，计算当前 LOD 级别的纹理影像分块的总行数、总列数，以及纹理分辨率等信息，为分块做准备。第二部分是根据计算的影像纹理信息，对影像纹理进行分块处理，并将分块后的影像子块以 BLOB 数据类型写入 Oracle 数据库中。

2.6 地形与影像子块的调度

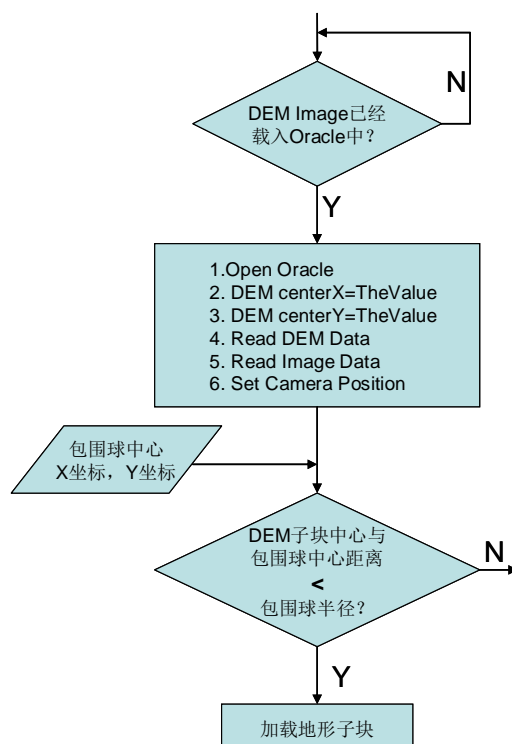


图 5. 地形与影像子块调度模型

Figure 5. Model of Calling DEM and Image Data

调度的模型如下图 5 所示,当 DEM 和影像纹理分块完成并存储到数据库中后,需要从数据库中读取相应的地形子块和影像纹理子块,通过对这些数据块的调度,来实现每个地形块的渲染,最终完成整体三维地形渲染的实现。

2.7 三维地形纹理映射

OpenGL 是独立于窗口系统和操作系统的一个性能卓越的三维图形标准。以它为基础开发的应用程序可以在各种平台间移植。Windows 提供了 OpenGL32.dll 和 GLU32.dll 动态链接库, Visual C++ 包含了 GL 库 (opengl32.lib)、辅助库 (glaux.lib) 和实用库 (glu32.lib)。这使得 OpenGL 可以与 Visual C++ 紧密接口, 以实现有关计算和图形算法、三维图形的绘制, 并保证算法的正确性和可靠性。

自然界中的物体表面很少是光滑和单调的, 往往具有各种纹理。在计算机图形学中是采用纹理映射的方法给计算机生成的物体图像加上纹理的。纹理映射的关键是实现影像与 DEM 之间的正确套合, 使每个 DEM 网格点坐标和相应的纹理坐标一一对应, 保证纹理在变换时与所附着的曲面保持适当的关系。

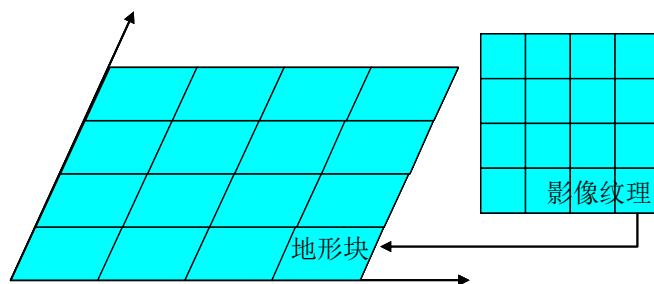


图 6. 地形的纹理映射

Figure 6. Texture Mapping of Terrian

在 OpenGL 中纹理映射如图 6 所示, 需要执行的步骤如下:

1. 定义纹理;
2. 由加载的纹理图像创建纹理, 并设置纹理控制参数;
3. 创建纹理;
4. 释放纹理图像占用的内存和图像结构, 并返回纹理 ID 号;
5. 设置纹理坐标, 绘制场景。

2.8 视景体裁剪

剪裁是地形简化的重要一环, 由于在特定视点下, 地形大部分区域都位于视锥体之外, 不需要绘制, 应在预处理阶段剔除掉, 因此对视锥体外的数据进行剪裁是提高显示效率的关键之一。

首先以每个地形块的几何中心为圆心, 半径为 r , 为每个地形块建立球形包围区域, 以该球表示当前的地形块来完成各种裁减操作。选择球形是因为它比传统的包围盒计算更简单, 当前的视野范围也定义为一个以视点为圆心半径为 R 的球体。对地形块的裁减分为两步, 首先遍历所有地形块, 将位于当前视野范围内的地形块全部调入内存, 但并不绘制; 然后根据当前的视锥体选择内存中可见的地形块进行绘制。这样, 只有在视点移动时才需要从数据库中读取数据, 当视点旋转时则不需要读取数据, 所有操作都在内存中完成, 速度更快。

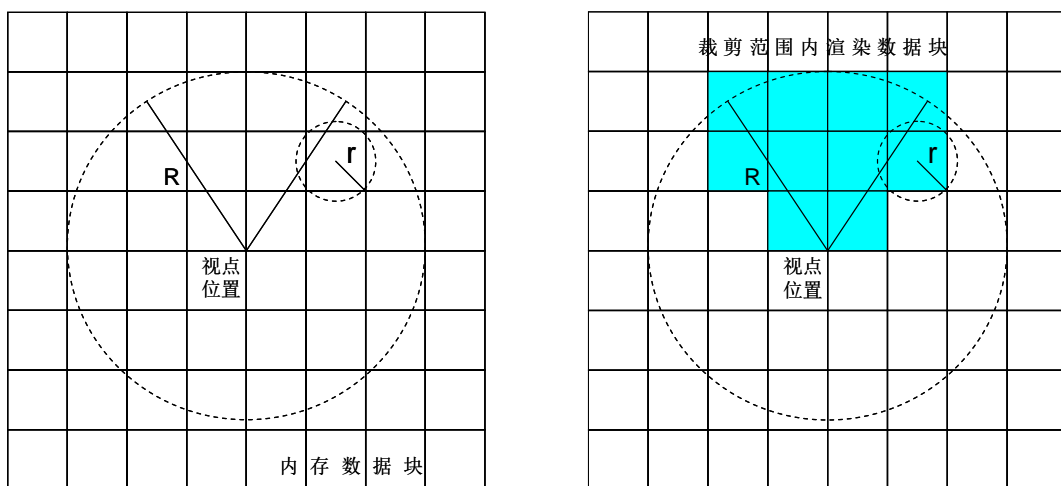


图 7. 地形数据裁剪示意图

Figure 7. An Example for Cutting and Rendering Terrian Data

表 2. 地形数据裁剪参数列表

Table 2. Parameters for Cutting and Rendering Terrian Data

参数名称	参数含义
rAngle	点与扇形圆心（视点坐标）所确定的直线与 x 轴夹角
M_sectorStartAngle	扇形起始角
M_sectorEndAngle	扇形终止角
mDis	点到视点坐标的距离
R	扇形半径
r	DEM 子块包围球半径
D1, D2	点到扇形两直线的距离

结合图 7 的地形数据裁剪示意图以及如表 2 所列的各个参数，判断是否进行地形块渲染的算法如下：

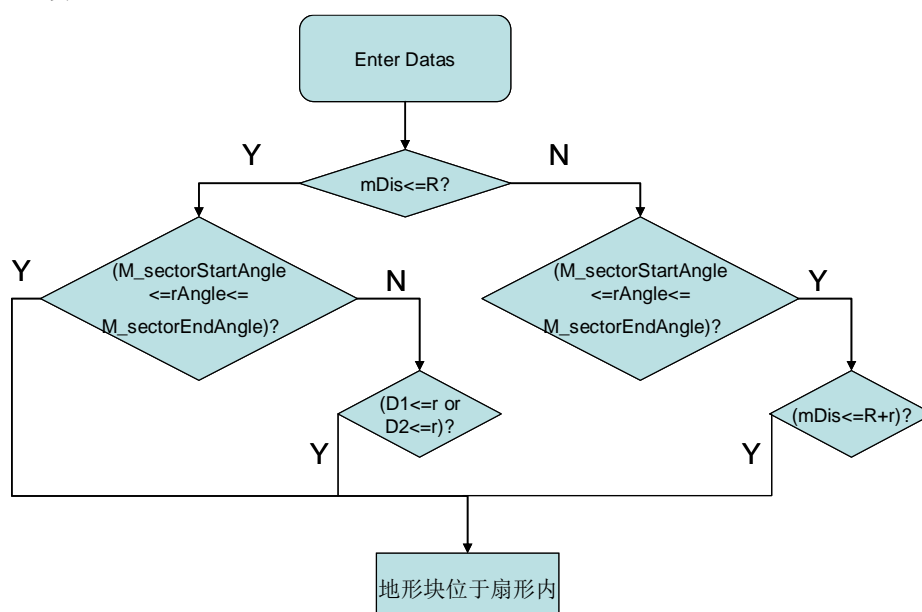


图 8. 地形数据块渲染判断模型

Figure 8. An Model for Determining which Terrian Blocks Should be Rendered

2.9 三维地形的渲染

在编写 OpenGL 程序时,如果遇到重复的工作,也可以创建一个显示列表,把重复的工作装入其中,并在需要的地方调用这个显示列表。显示列表可以提高性能,因为可以用它来存储 OpenGL 函数,供以后执行。如果需要多次绘制同一个几何图形,或者需要多次调用用于更改状态的函数,就可以把这些函数存储在显示列表中。使用显示列表,可以一次定义几何图形(或状态更改),并在以后多次调用它们。使用显示列表一般有 4 个步骤:

分配显示列表编号: `GLuint glGenLists(GLsizei range);`

创建显示列表: `void glNewList(GLuint list, GLenum mode);`

调用显示列表: `void CallList(GLuint list);`

销毁显示列表: `void glDeleteLists(GLuint list, GLsizei range)。`

```
//创建地形显示列表
glNewList(m_TerrainList, GL_COMPILE_AND_EXECUTE);
m_RenderDemblockNumber=0 ; // 渲染的地形块数量
View=m_vView-m_vPosition;
glGenTextures(m_LodDemblockNumber,m_demTextureID);
for(int i=0;i<m_LodDemblockNumber;i++)
{
    mCurrentTextID=i;
    m_CurrentDemArrayIndex=i;
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, m_demTextureID[i]) ; // 绑定第i地表子块的纹理
    m_lodDemBlock[i][3]=0 ; // 初始值为未参与渲染
    //如果当前地形块不在视景体内
    if(bnTriangle(m_triPtA[0] , m_triPtA[1] , m_triPtB[0] , m_triPtB[1] , m_triPtC[0] ,
m_triPtC[1] , m_DemBlockCenterCoord[i][0] , m_DemBlockCenterCoord[i][1])==FALSE)
        continue;
    m_RenderDemblockNumber++ ; // 渲染的地形块数量+1
    m_lodDemBlock[i][3]=1 ; // 当前地形块参与渲染
    //对当前地形块进行LOD四叉树分割
    UpdateQuad(m_nMapSize/2 , m_nMapSize/2 , m_nMapSize/2 , 1 , m_lodDemBlock[i][0] ,
m_lodDemBlock[i][1]);
    //渲染LOD四叉树分割后的当前地形块, 并计算出当前所绘制的三角形总数量
    nCount+= RenderQuad(m_nMapSize/2 , m_nMapSize/2 , m_nMapSize/2 , m_lodDemBlock[i][0] ,
m_lodDemBlock[i][1]);
}
if(m_checkt==TRUE)//如果进行错误负反馈控制
{
    if(nCount>=m_maxTrinum) //如果三角形数量超过最大三角形总数
        m_lodScreenError=m_lodScreenError*m_k1; //屏幕误差  $\tau$  增大
    if(nCount<=m_minTrinum) //如果三角形数量小于最小三角形总数
        m_lodScreenError=m_lodScreenError/m_k2 ; // 屏幕误差  $\tau$  减小
}
```

glEndList(); //结束显示列表

3 界面设计与运行效果

3.1 系统界面设计

如图 9 所示，系统的界面设计包括：工具栏设计；状态栏设计；DEM 数据的分割入库模块设计，遥感影像数据的分割入库模块设计，项目管理模块设计。

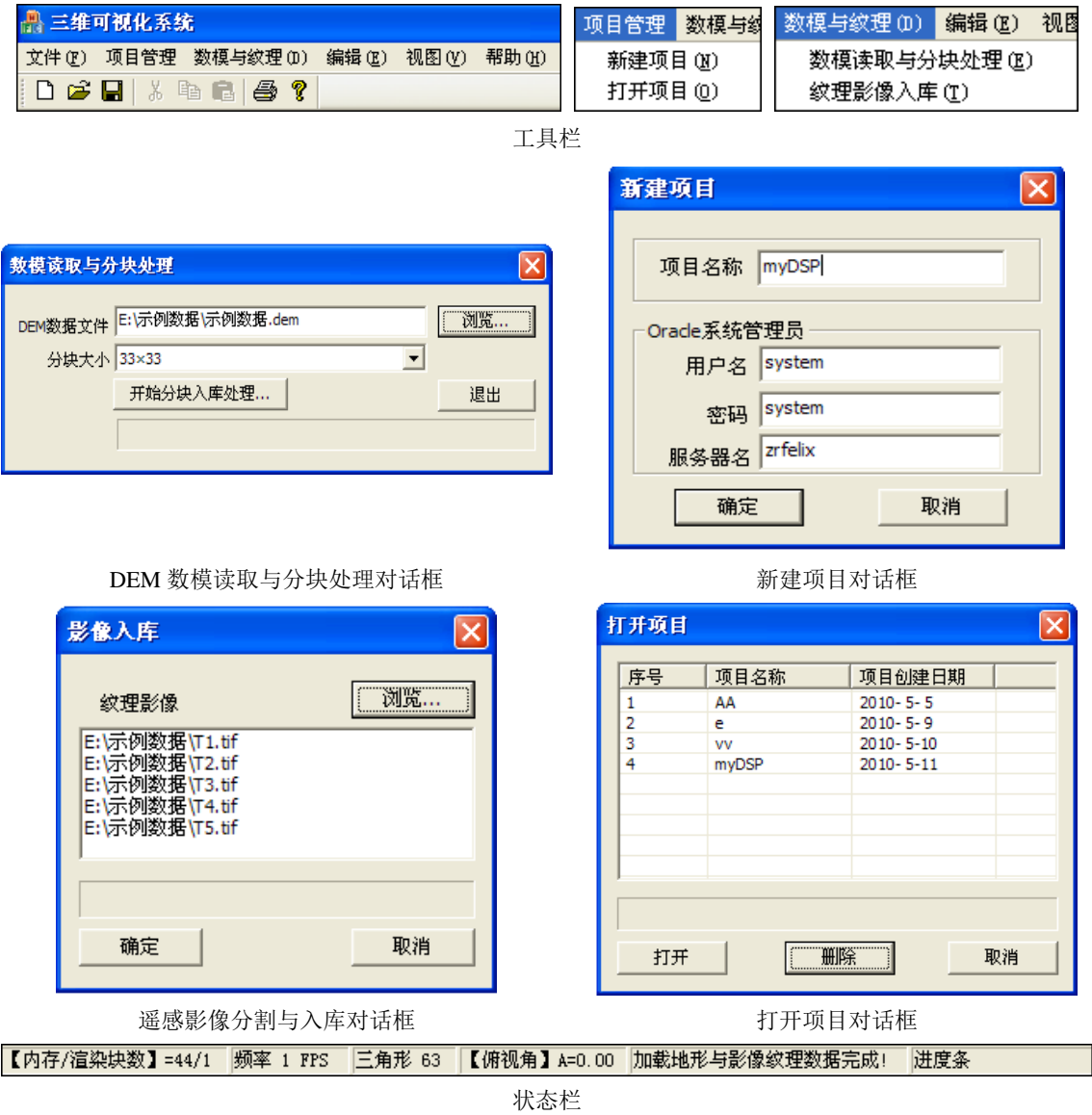


图 9. 系统应用中各功能模块对话框

Figure 9. Dialog Boxes for different functions in the 3D System

3.2 项目管理设计

与图 9 中“打开项目对话框”相对应，为了能够对三维可视化系统进行有效管理，采用项目管理的方式，即把每个项目下的所有数据（包括地形数据、影像数据等）统一存储在对应的项目下。用户可以通过“新建项目”和“打开项目”来

对各个不同的项目进行有效管理。其中“新建项目”的流程如表 3 所示：

表 3. 程序功能流程

Table 3. Flow of Programme Functions	
序号	具体步骤
1	信息初始化
2	链接 Oracle 数据库
3	创建存储所有项目名称的 Oracle 用户
4	根据项目名称创建 Oracle 新用户
5	数据表初始化
6	在项目名称创建的用户下创建数据表
7	将项目创建日期和时间写入 Project 表
8	重新连接根据项目名称创建的新用户
9	结束

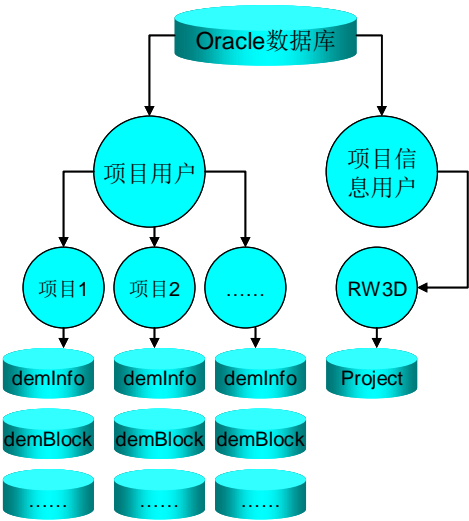


图 10. 系统用户关系

Figure 10. Relations Between System Users

3.3 运行显示效果

打开系统后，进行如下操作：新建项目->数模读取与分块处理->纹理影像入库->打开项目，便显示了如下图 11 所显示的系统运行显示效果。

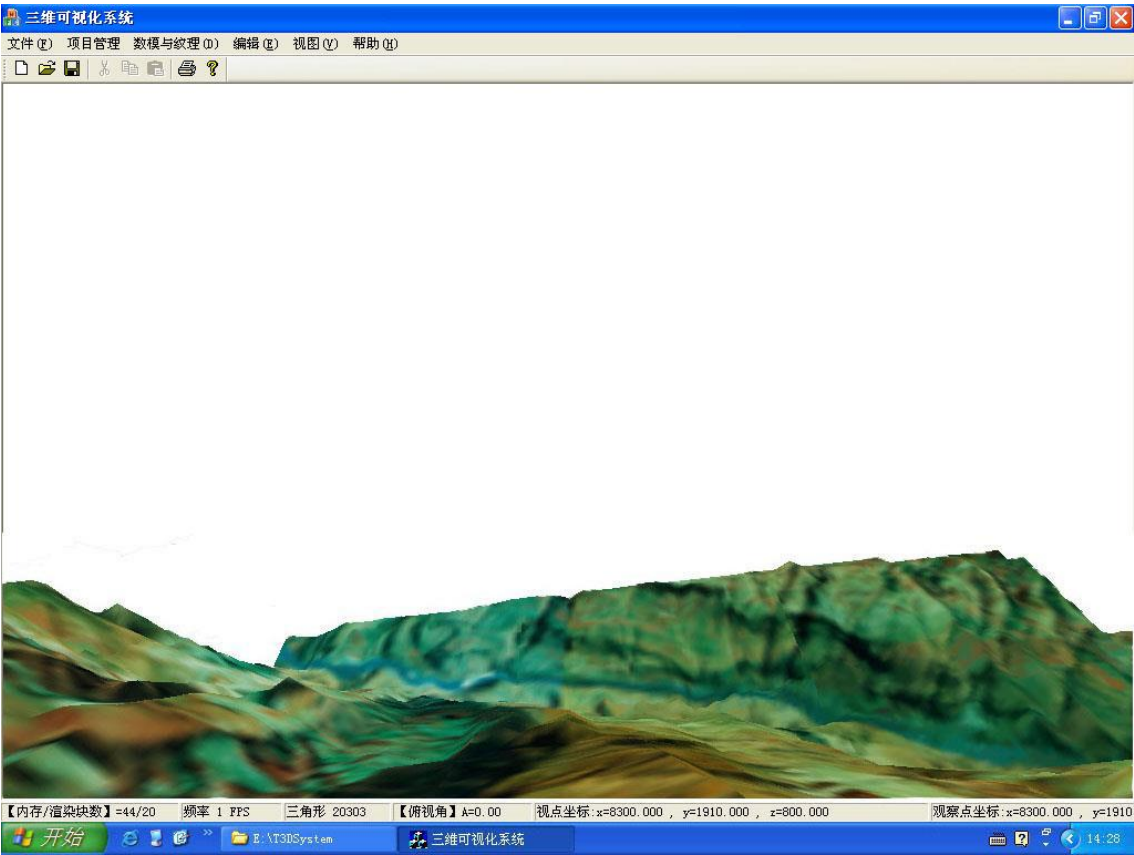


图 11. 三维可视化显示效果

Figure 11. Effect Drawing of 3D Visualization

4 结论与讨论

本论文实现了庐山的三维可视化,通过四叉树结构的多分辨率分层、海量地形和大影像的分割技术以及 OpenGL 显示列表,提高了数据的调用和读取效率。该系统为庐山三维可视化系统的进一步开发和完善奠定了基础。

目前,本论文对三维可视化的研究处于初步阶段,功能的实现只是数据的载入、分割、入库,项目管理和三维可视化显示。在今后的研究中,可以进一步进行诸如三维漫游、指北针显示、三维可视域分析、空间距离量算、背景动态显示等功能。

在三维可视化方面,多种方法的运用在一定程度上提高了系统的运行效率,但是由于结合 Oracle 数据库使用了 OCI 公共类,系统运行过程中对数据库调度的系统消耗较大。数据库存取方式方法的完善,系统的运行能够达到更理想的效果。

5 谢辞

感谢我的导师江南教授,您严谨细致、一丝不苟的作风一直是我工作、学习中的榜样。您对我论文的建设性意见使得我顺利完成了本科毕业论文,为我个本科学习画了一个圆满的句号。您在我专业发展方向、今后人生道路的选择的教导和建议让我受益匪浅。

感谢胡斌老师,这篇论文的每个实验细节和每个数据,都离不开您的悉心指导。而开朗的个性和宽容的态度,帮助我能够很快的融入我们这个新的实验室。

感谢几年以来汤国安老师给我的谆谆教导,您严谨的科研态度和您的可亲可敬让我受益终身;感谢张树亮老师给我暑期实践的专业实习指导;感谢沈婕老师在我研究生学校选择上给予的宝贵意见。

感谢我的爸爸妈妈,你们的养育之恩,我无以回报。你们永远健康快乐是我最大的心愿。我会端正做人、好好做事,回报我的父母。

6 参考文献

- [1]常河.罗志清,潘萍.三维可视化展示系统在数字小区中的设计与应用[J].辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2008,27(增刊):46-47.
- [2]邱棚星.GoogleSketchUp 与 IMA GIS 在校园三维可视化建模中的应用[J].测绘工程,2008,17(2):58-61.
- [3]刘仁义,刘南.ArcGIS 开发宝典——从入门到精通[M].北京:科学出版社,2006.
- [4]Cai,G.,Wang,H.,MacEachren,A.M.,Fuhrmann,S.(2005)'Natural Conversational Interfaces to Geospatial Databases'. Transactions in GIS.9(2):199-221.
- [5]Pan,Z.,Cheok,A.,Yang,H.:Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. Computers & Graphics (2005).
- [6]Brenner.: City models-automation in research and practice.Photogrammetric(2000):149-150.
- [7]吕希奎.实战 OpenGL 三维可视化系统开发与源码精解[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [8]高俊.地理空间数据的可视化[J].测绘工程,2000,9(3):1-7.
- [9]Kraak,M.-J.(2006)'Beyond Geovisualization'.IEEE Computer Graphics and Applications.26(4):6-9.
- [10]Whyte,J.,Bouchlaghem,N.,Thorpe,A.,McCaffer.R.:Automation in construction.45(2000).
- [11]Thomas,J.J.Cook,K.A.,eds.Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics.2005,National Visualization and Analytics Centre.

- [12]江辉仙. 数字校园三维仿真系统设计与应用[J]. 福建师范大学学报:自然科学版, 2008, 24(4):86-90.
- [13]朱高龙. 三维可视化技术在城市景观规划中的应用——以福州滨江景观规划为例[J]. 闽江学院学报, 2008, 29(2):122-126.
- [14]Buckley, A., Gahegan, M., Clarke, K. (2000) *Geographic Visualization*. 2000, University Consortium for Geographic Information Science.
- [15]汪成为, 高文, 王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论, 实现及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [16] Peachey D R. Modeling waves and surfaces[J]. Computer Graphics:1986, 4:65-74.
- [17] 徐迎庆. 基于物理模型的流水及波浪模拟[J]. 计算机学报:1996, 19:153-163.
- [3] David FRogers(美), 石教英, 等译. 计算机图形学的算法[M]. 机械工业出版社, 2002.
- [4] Mason Woo, 等. OpenGL 编程权威指南[M]. 中国电力出版社, 2001. [5] 廖中石, 杨化超. 基于 OpenGL 的三维地形实时动态交互显示. 现代测绘, 第 27 卷第 3 期: 43-44
- [6] 张俊霞. 三维地形可视化及其实时显示方法概论. 北京测绘, 2001 年第 2 期: 6-9
- [7] 徐青. 地形三维可视化技术[M]. 北京: 测绘出版社, 2000: 141-150
- [8] 韩样. 基于 OpenGL 的三维地形可视化方法研究. 车辆与动力技术, 2003 年第 2 期: 11-15
- [9] 李权国, 刘鸿福. OpenGL 在三维地形模型中的应用. 太原理工大学学报, 第 35 卷第 1 期: 36-38、42
- [10] 靳海亮, 高井祥. 三维地形可视化技术进展研究. 测绘科学, 2006 年第 6 期: 162-164
- [11] 林琿, 龚建华. 论虚拟地理环境[J]. 测绘学报, 2002, 31(1):1-6
- [8] 龚建华, 林琿. 虚拟地理环境——在线虚拟现实的地理学透视[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [9] 林琿, 龚建华, 施晶晶. 从地图到地理信息系统与虚拟地理环境——试论地理学语言的演变[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(4):18-23.
- [10] 林琿, 朱庆. 虚拟地理环境的地理学语言特征[J]. 遥感学报, 2005, 9(2):158-165.
- [11] LIN H, GONGJ H. Exploring virtual geographic environments [J]. Geographic Information Sciences, 2001, 7(1):1-7.
- [12] LIN H, GONGJ H. Distributed virtual environments for managing country parks in Hong Kong: A case study of the Shing Mun Country Park [J]. Photogram metric Engineering & Remote Sensing, 2002, 68(4):369-377.
- [13] LIN H, GONGJ H, TSOU J Y. VGE: A new communications platform for the general public [A]. Proceedings of the Third International Conference on Web Information Systems Engineering, 2002.
- 【27】龚建华, 林琿, 张健挺. 面向地学过程的计算可视化研究——以洪水演进模型为例[J], 地理学报(增刊), 2002(57): 037-043.