

# 基于 IDL 的医学图像三维可视化系统设计与实现

韩培友

(浙江工商大学计算机与信息工程学院, 杭州 310035)

**摘要:** 医务工作者常常通过观察和分析二维切片方式对病人进行诊断医疗, 难于想象“病灶”的三维信息, 这种方式效率低, 难度大、风险高; 针对这一问题, 利用第 4 代可视化语言 IDL 构建并实现了适合医务工作者需要的医学图像三维可视化及分析系统, 该系统根据医学图像(如 DICOM)的自身信息能够对断层序列切片进行快速精确重建, 进而可以对重建结果进行剖分、组织提取、窗宽窗位调节、任意方向切片提取等操作, 对病人的医疗诊断具有很高的使用价值。

**关键词:** IDL; 对象图形系统; 三维可视化; 医学图像

## Design and Implementation of 3D Visualization and Analysis System for Medial Images Based on IDL

HAN Peiyu

(College of Computer Science and Information Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035)

**【Abstract】** Conventional across section technology is widely used in modern medicine to detect cancer and provide help in clinic treatment, which is difficult to image 3D relation of the cancer. At the same time, mass screening based on across sectional images often leads to large number of images which makes the diagnosis time-consuming, difficult and highly dangerous to be used in clinic. Aiming at this problem, the paper designs and realizes the above-mentioned system based on the object graphic system using interactive data language(IDL), which is the forth generation language of visualization. The system can accurately and quickly reconstruct the volume data by information of the series images, such as DICOM, then the result of reconstruction can be dissected, adjusted windows width and windows level, extract organs and arbitrary orientation slices, and so on; and is applied value and great of significance to diagnosis and treatment.

**【Key words】** IDL; Object graphic system; 3D visualization; Medical image

### 1 概述

在医学领域, 医务工作者常常采用观察和分析二维切片方式对病人进行诊断医疗, 由于不能够直接观察到“病灶”的三维信息, 这种方式具有较大的主观性和随意性; 因此, 在观察和分析二维切片的同时, 充分利用断层序列切片的自身信息进行可视化, 不仅能够观察到组织器官的三维整体信息, 而且还可以对其内部进行观察和分析; 大大降低了诊断的难度, 提高了诊断的准确度。

断层序列图像可视化也就是医学图像三维重建, 就是由 CT、MRI 等数字化成像技术获得的人体信息在计算机上直观地表现为三维效果, 从而提供用传统手段无法获得的结构信息, 如图 1 所示。其任务是用计算机重建三维图像, 并在屏幕上形象逼真地显示人体器官的立体视觉, 通过人机交互, 医务工作者可以方便地对重建的图像进行诸如旋转、平移、剖分、开窗等操作, 使医务工作者能够更充分地了解病灶的性质及其周围组织的三维结构关系, 从而帮助医务工作者作出准确的诊断和制定正确的手术方案<sup>[1]</sup>。

近年来, IDL 作为第 4 代可视化语言在图像分析和三维可视化方面显示出独特的优势, 基于图形对象系统的编程技术和丰富的对象类大大提高了开发效率; 文献[2]很好地利用了 IDL 的优势对 CT 图像进行可视化, 但所绘制出的组织器官是基于等值面(ISO-Surface)的, 在重建的过程中丢失了人体组织内部的一些重要细节信息; 同时也不能对其进行灵活

的操作(如剖分、旋转、缩放、组织提取等), 这很难应用于临床诊断中。基于以上原因, 本文应用 IDL 语言基于图形对象系统的编程技术和面绘制和体绘制相结合的方法构建并实现了一个适合医务工作者需要的医学图像三维可视化及分析系统。

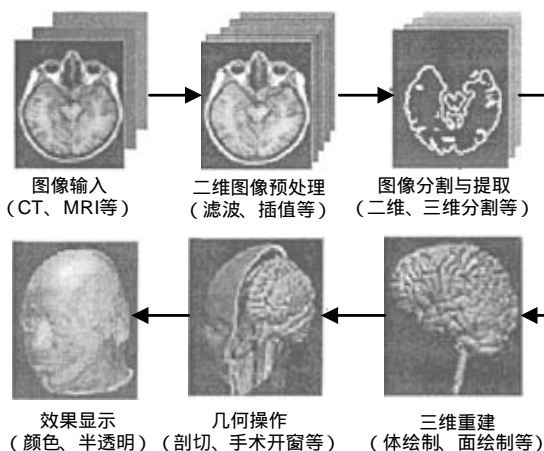


图 1 三维可视化流程

**作者简介:** 韩培友(1964 -), 男, 博士、副教授, 主研方向: 医学图像处理, 数据库系统及其应用

**收稿日期:** 2006-03-30 **E-mail:** tyun0619@163.com

## 2 IDL(Interactive Data Language)简介

### 2.1 IDL 环境

IDL是对科学数据进行获取、可视化显示、分析及应用开发的理想软件工具。作为面向矩阵的可视化语言,IDL致力于科学数据的可视化和分析,是跨平台应用开发的最佳选择。它集可视、交互分析、图像处理为一体,为用户提供完善、灵活、有效的开发环境。IDL语言具有如下特征:高级图像处理能力、交互式二维和三维图形技术、面向对象的编程方式、OpenGL图形加速、量化可视化表现、集成的数学和统计学算法、灵活的数据输入输出方式、跨平台图形用户界面工具包、连接ODBC兼容数据库存取及多种程序连接工具等。以上这些特征为医学图像可视化提供了方便<sup>[3]</sup>。

### 2.2 对象图形系统(Object Graphics System)

IDL 对象图形系统主要用来进行三维图像的交互分析,它集成了预先定义的对象类,每类都被封装在一个特定的可视化表示中,对象行为通过预先定义的行为函数能够被执行,这就表明一旦体数据(Volume)对象创建后,就可以对其进行操作(开窗、剖分等),从各个不同的视角观察体数据内部复杂的细节结构,而无需费时的反复重建;同时,二维图像也可以通过指定三维体数据的位置抽取出来。从而使医务工作者可以用更多的时间分析“病灶”。

### 2.3 对象图形系统的定义

对象图形系统至少需要目标对象和可视对象两个最基本的模块组成,目标对象通常指定为窗口,可视对象通常指定为窗口内的一个可视区域,需要绘制的三维物体就显示在该区域内;体数据对象属性能够运用函数 Set\_Property 进行改变。

对象图形的层次结构可以用如图 2 所示的对象图形树表示,一个对象图形树可以有多个分支,每个分支又可以有多个子分支节点。这种层次结构有利于对各个层级节点的管理和操作,如对一个模型对象的旋转,它将同时影响其结点的两个原子图形对象。最后通过调用窗口对象的 Draw 函数,能够将上述定义的对象图形在指定的窗口中绘制出来。

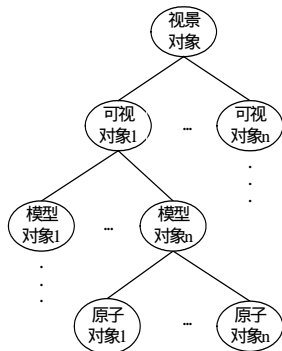


图 2 对象图形树

## 3 系统的构建

本文可视化系统是由图像的获取与输入、图像预处理、组织器官分割与提取、组织器官绘制和任意方向的切片提取等模块组成,如图 3 所示。

在导入图像后,通常需要根据医学图像(如 DICOM)所提供的自身信息进行层间插值,使其 3 个方向具有相同的分辨率;在插值的同时有时需要必要的滤波和体数据的封装。进而可对重建出的三维可视化几何模型进行缩放、旋转、剖切、手术开窗等操作;同时也可对体数据进行任意方向的切片提

取和伪彩色的添加等操作。为了提高速度,本文采用面绘制与体绘制相结合绘制方法和体数据切片快速提取算法。

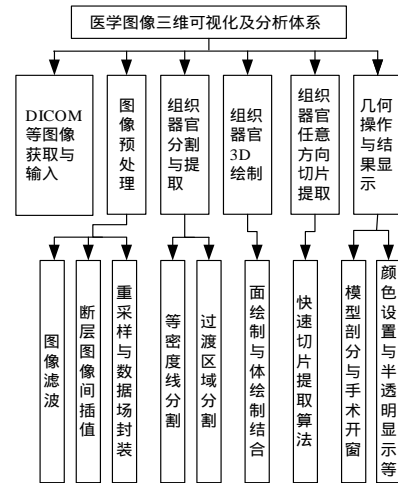


图 3 医学图像可视化及分析体系结构

### 3.1 体数据绘制

首先将若干相邻的二维切片数据  $A_k(i, j), k=0, \dots, p-1$ ,  $p$  为所用的切片数目通过式(1)转换为三维体数据矩阵  $V(i, j, k)$

$$V(i, j, k) = A_k(i, j) \quad k=0, \dots, p-1 \quad (1)$$

采用Marching Tetrahedra算法<sup>[4]</sup>将  $V(i, j, k)$  生成等值面模型,通过定义不同的阈值,提供层次结构的面对象模型和Phong光照模型进行面绘制;进而结合Ray-Casting算法<sup>[5]</sup>得到三维虚拟体或局部器官组织。

### 3.2 快速切片提取

对于体数据中任意体素  $V(i, j, k)$ ,提取经过这个体素的切片  $S$ (如图 4 所示)的基本思想:首先确定经过这个体素并且与这个体素的方向矢量相垂直的平面,进而计算该平面与体数据的相交平面;最后通过对切片进行三线性插值保持体数据的物理结构。

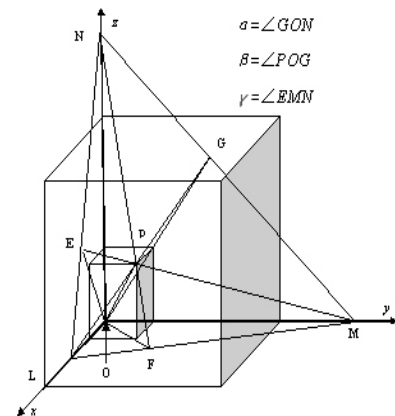


图 4 提取切片图像示意图

由图 4 可知,设体数据为  $V = \{x_{ijk}\}$ ,坐标原点  $O$  设在体数据的中心位置,则对于体数据中任意一个体素  $P = \{x_{ijk}\}$  的坐标位置为  $P = (a, b, c)$ ,经过体素  $P$  的切片,采用经过体素  $P$  并且与  $\overline{OP}$  相垂直的平面的方法来提取该切片。首先,选取坐标平面  $XOY (z=0)$ ,将该平面绕  $Z$  轴旋转  $\theta$  度,其中  $\theta$  为

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \arccos\left(\frac{n^2}{\sqrt{m^2 + n^2} + \sqrt{l^2 + n^2}}\right) \quad (2)$$

式(2)中  $l = (a^2 + b^2 + c^2)/a$  ,  $m = (a^2 + b^2 + c^2)/b$  ,  $n = (a^2 + b^2 + c^2)/c$  ; 将上述旋转后的平面先后绕 Y 轴、X 轴分别旋转  $\beta$ 、 $\alpha$  角度 :

$$\beta = \arccos\left(\frac{\sqrt{b^2 + c^2}}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}\right) \quad (3)$$

$$\alpha = -\arccos\left(\frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}\right)$$

最后再将上述旋转后的平面平移到 P 点, 从而可得最终切片平面 :

$$ax + by + cz + \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} = 0 \quad (4)$$

为了保持体数据的物理结构, 通常需要对式(4)所表示的平面进行三线性插值。

## 4 关键部分的 IDL 语言实现

### 4.1 DICOM 数据的读取

```

DicomFileName = FINDFILE( Path + '*.dcm', COUNT=
DicomFileNumber )
oImg = OBJ_NEW('IDLffDICOM')
; 创建 DICOM 对象类
var = oImg ->Read(DicomFileName[DicomFileNumber/2])
; 获取 DICOM 对象信息
DataPointer = oImg->GetValue('7FE0'x,'0010'x,/NO_COPY)
ImageXSizePointer = oImg->GetValue('0028'x,'0010'x,
/NO_COPY)
PixelSpacingPointer = oImg->GetValue('0028'x,'0030'x,
/NO_COPY)
...
Original3DRSVolume = INTARR( *ImageXSizePointer[0],
*ImageYSizePointer[0],
DicomFileNumber*SliceThickness/PSpacing[0] ) ; 初始化体数据

```

### 4.2 图形对象的创建

```

rWindow = OBJ_NEW('IDLgrWindow') ; 创建一窗口为目标对象
rModelArray = OBJARR(4)
rModelArray[0] = OBJ_NEW('IDLgrModel') ; 创建模型对象
...
rModelArray[0]->add, rModelArray[1] ; 将下一层的模型对象添加
到上一模型对象中
...
rView = OBJ_NEW('IDLgrView', PROJECTION=1, EYE=eyePos,
ZCLIP=zclip) ; 创建以可视对象
...
rVolume = OBJ_NEW('IDLgrVolume', ramblevolume, $
xcoord_conv=[ox, sx], $
ycoord_conv=[oy, sy], $
zcoord_conv=[oz, sz], /NO_COPY)
rVolume->SetProperty, /ZERO_OPACITY_SKIP, HIDE=1
rVolume->SetProperty,
/ZBUFFER ; 属性设置
最后, 通过函数 rWindow->Draw, rScene 绘制目标对象。

```

## 5 结果

根据以上原理我们应用 IDL 构建并实现了三维医学图像可视化系统, 其部分功能如图 5 所示。图 5(a)是大脑的三维重建后剖分后的结果 ;图 5(b)是美国 VHP 女性数据集重建剖分结果 ;图 5(c)是 145 幅胸部 512 × 512 矩阵的 DICOM 切片图像的重建结果 ; 图 5(d)是由图 5(c)任意指定位置的切片提取结果 ; 该系统的功能不仅仅如此, 它几乎具备医务工作者进行常规医疗诊断所需所有功能。

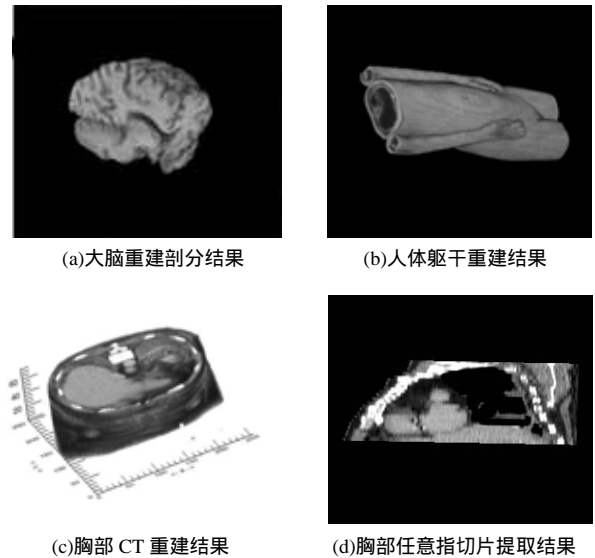


图 5 三维医学图像可视化及分析系统部分功能

图 6 是本文组织提取结果与文献[3]中结果的对比, 图 6(a)、图 6(b)分别是图 5(c)体数据的肺组织和骨组织的提取结果, 图 6(c)、图 6(d)是本文算法的提取结果, 由于本文面绘制与体绘制的有效结合, 因此绘制出的结果不仅仅有较好的表面信息, 而且组织器官的内部细节信息也得到了有效的保护 ; 而文献[3]所绘制出的结果图 6(a)、图 6(b)仅仅是肺和骨组织的表面信息, 组织内部基本不含任何信息。

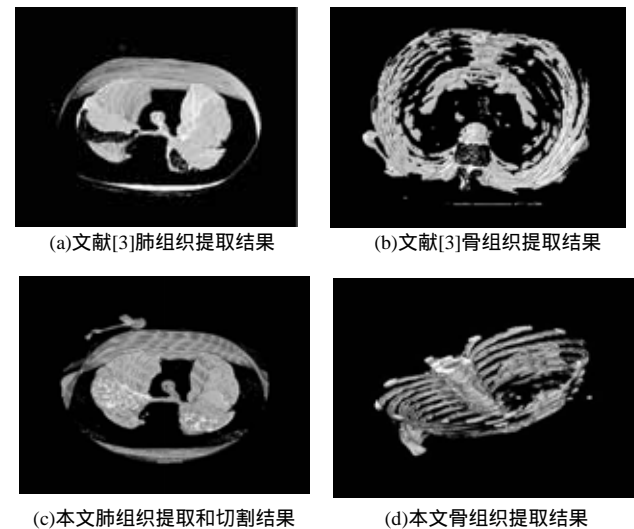


图 6 本文与文献[3]组织提取结果对比

## 6 讨论

二维序列断层切片图像可视化能够使得医务工作者在无需阅读大量的断层切片的情况下, 能够迅速确定“病灶”的准确信息, 从而作出正确的诊断。本文给出了在 IDL 环境下实现了断层序列切片图像的可视化过程, 该系统能够方便地、多角度地对体数据进行任意方向的剖分、旋转、缩放等操作, 精确提取感兴趣区域 ; 同时还可以对二维切片进行窗宽窗位调整等功能。该文提出的快速切片提取方法和采用体绘制与面绘制相结合技术, 使得在保证绘制速度的前提下, 图像信息得到了充分的保护和利用 ; 但如何对层厚较大的 DICOM 图像进行插值预处理将是下一步研究的重点。

(下转第 279 页)