

基于三维重建的医疗辅助平台研究与设计

饶华华 许芷晴 朱明艺 陈钊淇 陈锦煌

(广州新华学院信息与智能工程学院 广州 510520)

摘要 三维重建作为医学可视化领域的关键技术,其核心价值在于通过计算机将医学影像设备采集的二维图像数据转化为三维立体模型,并在屏幕上呈现,为医学专业人员提供直观、准确的诊断与治疗辅助。随着医学成像技术的进步,三维可视化技术已成为提高医疗规划准确性的研究焦点。文中旨在通过二维医学图像序列重建出精确的三维模型,并开发一个面向PC的三维医学图像可视化平台。系统以OpenGL为开发工具,实现了预处理、图像分割和配准算法的可视化,以及系统的体系结构设计。

关键词: 三维重建;医学图像可视化;OpenGL;系统设计;图像处理算法

中图分类号 TP391

Research and Design of A Medical Assistance Platform Utilizing 3D Reconstruction

RAO Huahua, XU Zhiqing, ZHU Mingyi, CHEN Zhaoqi and CHENJinhuang

(School of Information and Intelligent Engineering, Guangzhou Xinhua University, Guangzhou 510520, China)

Abstract As a key technology in the field of medical visualization, 3D reconstruction has the core value of converting two-dimensional image data collected by medical imaging equipment into three-dimensional models through computers, and presenting them on screens, providing medical professionals with intuitive and accurate diagnostic and treatment assistance. With the advancement of medical imaging technology, 3D visualization technology has become a research focus for improving the accuracy of medical planning. The aim of this paper is to reconstruct an accurate 3D model through a 2D medical image sequence and develop a PC oriented 3D medical image visualization platform. The system uses OpenGL as the development tool to visualize preprocessing, image segmentation, and registration algorithms, as well as to design the system architecture.

Key words 3D reconstruction, Medical image visualisation, OpenGL, System design, Image processing algorithms

0 引言

医学图像可视化技术已扩展到三维重建和图像配准融合等领域^[1],特别是在三维重建和图像配准融合方面^[2]。该技术融合医学、数字图像处理与计算机图形学,革新了医学图像获取与观察方式。当前,三维重建多依赖昂贵且复杂的设备,而基于PC的三维可视化系统成本效益高、操作便捷,成为临床急需的工具。本文探讨了其创新设计思路。

1 三维重建技术

三维重建技术是现代医学影像学的核心技术之一,通过精密的计算机算法将CT、MRI等二维医学图像精准转化

为三维模型,不仅克服了传统二维图像因主观想象导致的误差,还提供了科学、直观且准确的人体器官及病变组织再现,极大地增强了医疗决策的可靠性与精准度。该技术不仅能生成任意平面的虚拟切片,深入展现更多组织细节,还最大化地利用了图像信息。其重建流程涵盖图像获取、预处理、重建数据获取及最终的三维图像构建。在图像获取阶段,系统常基于DICOM标准接口接收数据^[3],通过调节窗位和窗宽优化图像亮度和对比度,确保图像质量。获取的医学体数据,如CT和MRI扫描图像,被处理为规则网格上的标量数据(体素),并压缩转换为8位图像格式的三维数组,以便存储与管理。图像预处理环节包括滤波降噪、图像校正、配准融合及分割等步骤^[4],旨在提升图像质量,消除噪声与失真,纠正采集与传输中的偏差,并通过深度学习与几何校正技术实现高精度图像配准与融合。医学图像分

基金项目:2023年广州新华学院大学生创新创业训练计划项目:基于三维技术在医疗辅助诊断的研究(202313902091)

作者简介:饶华华(2000—),本科生,研究方向为计算机程序语言;许芷晴(2003—),本科生,研究方向为计算机图像处理;朱明艺(2002—),本科生,研究方向为计算机视觉;陈锦煌(1988—),硕士,研究方向为智能控制,E-mail:chenjh223@mail2.sysu.edu.cn(通信作者);陈钊淇(1994—),本科,研究方向为嵌入式技术。

制作为三维展示与分析的基础,采用先进的三维分割技术,充分考虑组织的三维形态与空间信息,实现更精准的边界划分,为组织可视化、手术模拟等医疗流程提供了强有力的支持。

2 可视化技术

2.1 基于移动立方体的面绘制算法

面绘制是体数据边界可视化的重要方法,其核心在于提取等值面。其中,移动立方体算法(也称行进立方体)因其高效的计算速度和良好的交互性能成为首选^[5]。该算法通过预处理二维切片数据,进行三维变换及体素化处理,提取出三维三角面片模型,并通过投影技术实现屏幕上的三维视图。通过比较每个小立方体的8个顶点的灰度值与预设阈值(σ),确定哪些立方体包含等值面。这些顶点的状态理论上共有256种组合,但由于对称性,实际上只有15种有效状态。对于包含等值面的立方体,使用线性插值法计算等值面与立方体边的交点,其中边的两个端点坐标和灰度值分别为 (x_1, y_1, z_1, g_1) 和 (x_2, y_2, z_2, g_2) 。最后,计算等值面的法线向量,法线向量垂直于等值面,并通过差分法求得立方体顶点的法线,再通过插值法求得交点的法线。使立方体某顶点的法线 $n=(n_x, n_y, n_z)$,采用差分法计算,如式(1)所示:

$$\begin{aligned} n_x &= [g(x+1, y, z) - g(x-1, y, z)] / 2 \\ n_y &= [g(x, y+1, z) - g(x, y-1, z)] / 2 \\ n_z &= [g(x, y, z+1) - g(x, y, z-1)] / 2 \end{aligned} \quad (1)$$

2.2 融合多模态图像信息的体绘制

融合多模态图像信息的体绘制是综合来自不同医学成像设备的图像信息以提升重建精确度和图像内容丰富性的关键技术^[6],该过程基于图像融合技术和体绘制算法。经典的图像融合算法如权重系数法、金字塔分解法各有优缺点,前者简单但可能丢失细节,后者则通过多尺度分析提取特征后整合,提高融合效果。基于复剪切波变换的图像融合算法进一步发展,不仅利用小波变换的多分辨率分析优势,还考虑了相位信息,通过结构相似性指数和全局-局部融合规则进行融合,确保了高品质的图像输出。在体绘制实现中,复剪切波体绘制结合多分辨率特征和全局-局部融合规则,对三维数据进行预处理,通过复剪切波分解获取不同分辨率子带,并在绘制过程中考虑视线方向和结构相似性优化融合,生成清晰准确的图像。此方法优于传统方法,保留了更多原图像信息,实现了更佳的综合效果。

3 医疗辅助平台的设计

3.1 系统架构

3.1.1 总体设计

系统的总体设计如图1所示,辅助平台主要包括Dicom

图像处理、面绘制和体绘制3个部分。Dicom图像处理涵盖读取写入、滤波校正、配准融合、分割操作等功能。面三维绘制是三维重建的关键,面绘制细分为阈值分割和移动立方体算法方法,体绘制则包含复剪切波变换和多态图像融合功能。

3.1.2 系统平台

本系统采用OT与C++开发,运行于Windows平台,底层为DirectX,图形库底层为Windows操作系统与GPU,其上接OpenGL图形接口及工具层^[7],工具包含处理Dicom格式医学图像的解析包,利用Windows API进行基本操作。核心为3D渲染模块,直接影响渲染性能,涵盖面绘制与体绘制技术,依赖下层接口确保系统扩展性与稳定性。顶层为应用层,由OT与C++构建,提供友好界面与用户交互,其交互功能依赖于高效的3D渲染,后者则受益于GPU的硬件支持。

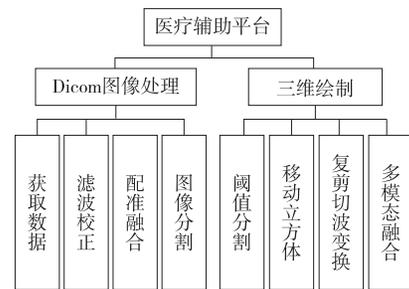


图1 系统整体设计

3.2 功能介绍

医疗辅助平台的核心功能包括二维图像预处理、二维图像的高级标注与测量、三维体数据的精细分割、三维重建和三维图像的展示。平台使用自动化工具快速处理大量切片数据,实现格式转换、图像校正、配准融合和智能分割,提高预处理效率,其提供了精准的标注工具,允许用户对感兴趣区域进行精确测量,并调整窗口和窗位设置,为后续分析提供基础。在三维空间中,使用高级分割算法识别和提取特定医学组织,确保关注区域的准确分离,应用高效算法对分割数据进行精细三维重建,清晰展示组织和病理细节,能帮助医生诊断。此外,平台创建灵活的三维交互环境,支持模型的自由旋转、缩放和平移,以便医生深入探究组织结构。系统由二维预处理和三维绘制组成,将原始切片数据转换为三维模型。平台主界面如图2所示。



图2 医疗辅助平台主界面图

3.3 辅助平台的操作流程

平台的操作流程如图3所示。

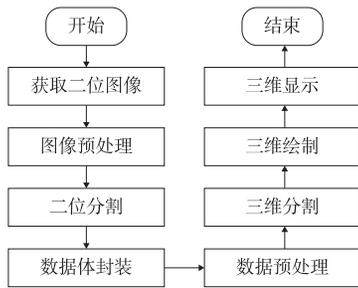


图3 操作流程图

3.4 二维预处理模块

二维图像预处理模块具备强大的图像展示、编辑、分析及处理能力,兼容8-bit、16-bit和32-bit的图像格式。它支持Dicom格式的读取,并实现了这些格式间的转换功能,提升了图像处理与存档的灵活性。此模块还允许用户自定义区域,进行面积计算以及距离的测量,满足复杂图像分析需求。在图像处理方面,模块集成了对比度调整、锐化、平滑、边缘检测、滤波、配准融合、分割等基础功能,并支持图像的缩放、旋转等几何形变操作,全方位满足用户的图像处理需求。

3.5 三维绘制模块

系统集成基于移动立方体和多模态图像融合的三维重建算法,这些算法为三维绘制功能提供了强大的表现力。该模块接受预处理后的二维图像序列或三维体数据作为输入,通过三维绘制技术在三维画布上清晰逼真地再现医学图像的三维结构。系统支持实时交互操作,如旋转、平移和缩放,提升了用户体验。三维绘制主界面如图3所示。

左侧面板用于设置可视化参数,包括渲染图元的类型选择和光照参数调整,以及个性化背景设置。右侧界面展示渲染结果,包括体数据的矢状面、轴状面与冠状面视图,以及面绘制结果的核心展示区,允许用户通过交互操作探索数据内部结构。这样的优化与集成使得面绘制主界面不仅提升了用户体验,还为用户在三维数据可视化与分析领

域提供了强有力的支持。

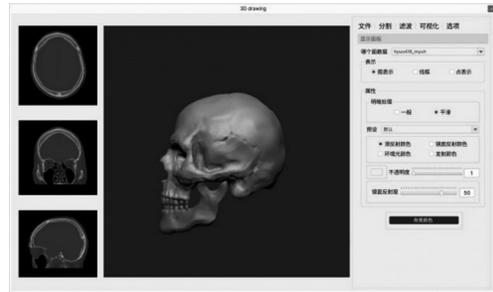


图3 三维绘制主界面

4 结语

基于三维重建的医疗辅助平台通过集成多种先进的图像处理与可视化技术,成功构建了直观、准确的三维医学图像展示与分析系统。医疗辅助平台不仅提升了医学图像处理的效率与精度,还为医疗专业人员提供了强有力的诊断与治疗辅助工具。随着技术的不断进步,医疗辅助平台将持续优化与扩展,为医学领域带来更多的创新与发展机遇。

参考文献

- [1] 叶世阳, 赖丹, 游涛, 等. CT三维可视化技术辅助脑动脉瘤介入治疗脑动脉瘤的临床效果[J]. 中国当代医药, 2024, 31(2): 49-52.
- [2] 张铭柱, 琚俊, 刘厚诚. 基于机器视觉的三维重建技术在蔬菜上的应用综述[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(9): 27-35.
- [3] 关豪然, 宋卫东, 王志杰, 等. 标准DICOM图像快速读取和显示方法研究[J]. 计算机与数字工程, 2023, 51(8): 1832-1838.
- [4] 左振宇. 基于机器学习的医学图像分割、配准、融合及去噪[J]. 电子设计工程, 2019, 27(17): 135-139.
- [5] 毛涵杨, 彭晨, 李晨, 等. 面向开放表面的神经移动立方体算法[J]. 浙江大学学报(理学版), 2023, 50(6): 692-700, 710.
- [6] 刘通, 高思洁, 聂为之. 基于多模态信息融合的多目标检测算法[J]. 激光与光电子学进展, 2022, 59(8): 329-338.
- [7] 徐风雪. OpenGL中三维图形的显示过程[J]. 电子技术与软件工程, 2020(2): 66-6.