

文章编号:1005-0523(2009)03-0069-04

基于空间各向图像预处理及三维重构效率分析

许伦伦, 蒋先刚

(华东交通大学 基础科学学院, 江西 南昌 330013)

摘要:主要研究将二维图像预处理和二维种子填充方法向三维推广,并对三维图像预处理和三维种子填充的方法进行了重构效率的分析比较,探讨了三维种子填充中扫描方向、堆栈建立的合理性选择,由此得出最佳三维种子填充的程序实现方法,为细小组织的三维重构和器官切割仿真手术提供技术支撑。

关键词:三维空间;中值滤波;种子填充;三维重构技术

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

物体的三维重建建立在物体二维切片图像的基础之上,现有的图像预处理技术大多是针对水平切片展开的,这样处理后的三维重建物体在水平方向往往具有良好的平滑和分割效果,而在垂直方向效果则较差,例如重建的血管在水平切片方向一般无断离现象,而在垂直方向断离现象比较明显,因此需将通常的图像预处理方法拓展到三维空间去进行分析。

为了从二维切片组织中提取出感兴趣的三维器官,比如血管、神经等,可采取种子填充的思想。临床医生可依据经验选取切片上某器官组织的一点,由该点出发寻找到该器官组织的所有三维体素。本文验证和实现了三维中值滤波和三维种子填充的方法,进而获得了比较满意的三维重建效果。程序运行环境为 Windows Vista 操作系统、Delphi 7 软件开发平台,主机为 1.73 GHz,内存为 2.0 G,重建方法采用 March Cubes。

1 物体空间切片图像的各向中值滤波的实现与比较

图像信息在采集过程中不可避免地要受到各种噪声的干扰,需要用滤波方法对其进行平滑处理^[1]。本文将二维中值滤波推广到三维空间,用三维中值滤波对切片进行处理。考虑目标像素点 $X_{i,j,z}$ 所在切片 $\text{ViewPicture}[Z]$ 及其相邻两张切片 $\text{ViewPicture}[Z-1]$ 和 $\text{ViewPicture}[Z+1]$ 上 9 条扫描线共 27 个点,得到一个 $3 \times 3 \times 3$ 的滤波器窗口,最后用这 27 个点的中值来代替目标像素点的值。

三维中值滤波的基本思想为

考虑前一切片 $\text{ViewPicture}[Z-1]$ 上的 9 个点

$$Y_{z-1} = \{X_{i-1,j-1,z-1}, X_{i,j-1,z-1}, X_{i+1,j-1,z-1}, X_{i-1,j,z-1}, X_{i,j,z-1}, X_{i+1,j,z-1}, X_{i-1,j+1,z-1}, X_{i,j+1,z-1}, X_{i+1,j+1,z-1}\}$$

考虑当前切片 $\text{ViewPicture}[Z]$ 上的 9 个点

$$Y_z = \{X_{i-1,j-1,z}, X_{i,j-1,z}, X_{i+1,j-1,z}, X_{i-1,j,z}, X_{i,j,z}, X_{i+1,j,z}, X_{i-1,j+1,z}, X_{i,j+1,z}, X_{i+1,j+1,z}\}$$

考虑后一切片 $\text{ViewPicture}[Z+1]$ 上的 9 个点

$$Y_{z+1} = \{X_{i-1,j-1,z+1}, X_{i,j-1,z+1}, X_{i+1,j-1,z+1}, X_{i-1,j,z+1}, X_{i,j,z+1}, X_{i+1,j,z+1}, X_{i-1,j+1,z+1}, X_{i,j+1,z+1}, X_{i+1,j+1,z+1}\}$$

则三维中值滤波器的最终输出为 $X_{i,j,z} = \text{Med}\{Y_{z-1}, Y_z, Y_{z+1}\}$

收稿日期:2008-12-08

基金项目:江西省教育厅赣教高[2009]GJJ09212 号

作者简介:许伦伦(1981-),女,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为信息处理与软件技术。

三维中值滤波由于考虑了像素的空间相关性,使得图像的灰度更趋于均衡化,所以再次重构时要适当扩大灰度范围。本文中,根据切片的具体情况,图1和图2重构时,灰度值范围控制在100~255之间,而图3的灰度范围则在70~255之间。由图3可以看出,一些不满足重构要求的像素经三维中值滤波处理后被重新纳入了重构之列,Z向上连续性略有改观。

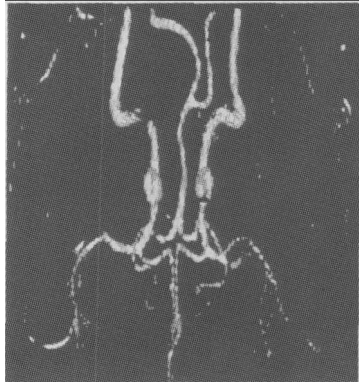


图1 水平切片的三维重构效果

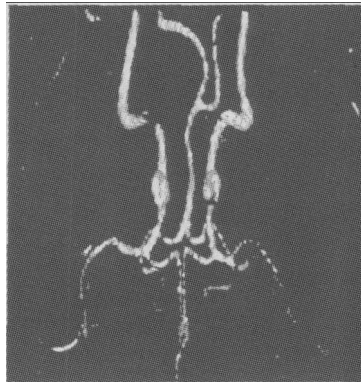


图2 经二维中值滤波处理的
的三维重构效果

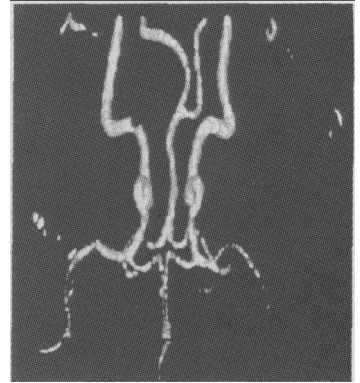


图3 经三维中值滤波处理
的三维重构效果

2 物体空间切片图像的各向种子填充

二维空间的种子填充方法比较经典的有简单种子填充和扫描线种子填充。简单种子填充是从封闭区域内某已知点出发,按照右、下、左、上的顺序搜索与其相邻且处于填充封闭区域内的所有点并将区域内部满足条件的点置成填充颜色的算法。这种算法思路简单但堆栈开销较大。扫描线种子填充则由一个种子点出发,首先搜索种子点所在扫描线上的点并将满足条件的点置为填充色,然后扫描相邻两条线上的点,并将最右边的点压入堆栈做为种子点,最后当栈为空时,满足条件的某封闭区域内的点就被置为填充色。因为每条扫描线上只保留一个种子点,所以该方法大大减小了堆栈的开销,并且填充速度也较快。因此,本文将二维扫描线种子填充方法推广到三维,实现了三维扫描线种子填充的方法。

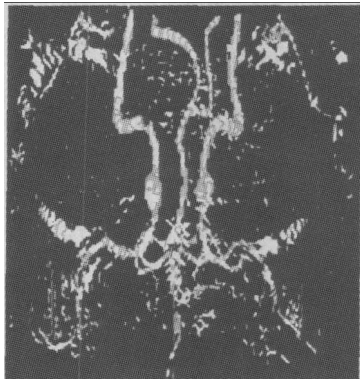


图4 二维种子填充后
的三维效果图

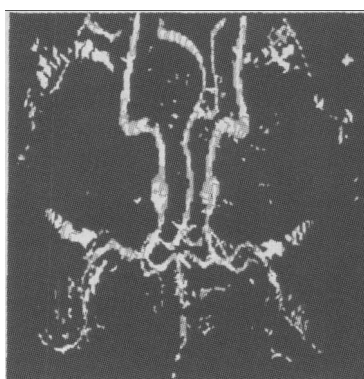


图5 二维中值滤波处理后又经二
维种子填充的三维效果图

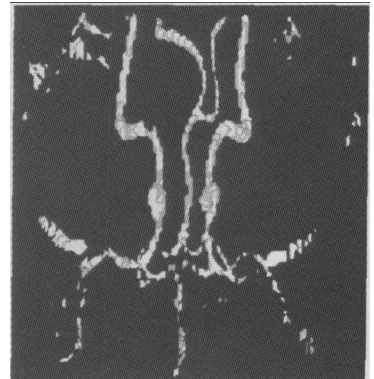


图6 三维中值滤波处理后的经二
维种子填充的三维效果图

三维扫描线种子填充的基本思想如下

- (1) 选取第 Z 张切片 $ViewPicture[Z]$ 上的灰度值满足要求的一个点 $(SeedX, SeedY)$ 做为种子点并将其压入堆栈 $XYZStack$;
- (2) 弹出栈顶体素并将其置为填充色;
- (3) 在 X 方向上以 $SeedX$ 为起点分别向左、向右搜索,对边界内满足填充条件的点进行填充;
- (4) 记录(3)得到的 X 方向最左和最右边点的坐标 X_{left} 和 X_{right} ;

(5) 分别测试与种子点邻接的4条扫描线上且位于区间 $[X_{left}, X_{right}]$ 的点,分别为ViewPicture $[Z]$ 上扫描线SeedY-1与SeedY+1上的点,ViewPicture $[Z-1]$ 切片上扫描线SeedY上的点和ViewPicture $[Z+1]$ 上扫描线SeedY上的点。搜索出每一区间满足填充条件且未被填充的最右边的点并把它推进栈,测试完4条扫描线后转(2),循环操作,直到栈为空。

由图6与图4、图5的比较可以看出,虽然经过三维中值滤波处理后种子填充效果有所改善,但是由于二维种子填充没有考虑像素在Z向的相关性,所以Z向连续性仍较差,存在空洞和断裂现象。需考虑将二维扫描线种子填充技术推广到三维空间,利用三维扫描线种子填充提取出大脑中的血管形状。

3 三维扫描线种子填充实验

将二维扫描线种子填充算法推广到三维物体的重构分割中,可以达到更好的重构效果。选择空间物体的1个平面切片上的点作为种子体素,可以填充出体数据中满足灰度差和几何约束的三维个体。Feng^[3]等提出的三维种子填充算法充分考虑了体素在X方向的相关性,大大减小了栈的开销。本文中,结合医学切片的特点,利用三维扫描线种子填充算法将满足一定灰度范围内的像素点置为填充色,最后提取出感兴趣的个体。

表1是包括三维种子填充在内的多种预处理及重构效率分析对照表。

表1 各种预处理方法及重构效率对照表

方法	二维中值滤波	三维中值滤波	二维种子填充	三维种子填充
三维重构耗时/ms	24 661	9 445	40 732	22 448
重构三角片数量/个	88 224	71 184	90 096	84 184
三维重构质量	杂质较多, 垂直向有断裂	基本无杂质, 组织清晰	垂直方向 连续性较差	各向连续性 较好

由图7~9可以看出,经三维中值滤波处理后继续用三维种子填充,对杂质的消除效果较好,血管在垂直方向基本没有空洞和断裂,连通性较好,而且血管显得非常饱满。值得一提的是,由于血管的特殊性并结合切片的实际情况,有时需选取一到多个种子点进行填充操作方能提取出满意的器官部位。

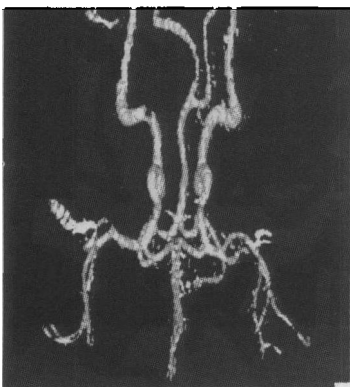


图7 未做预处理的三维种子填充图

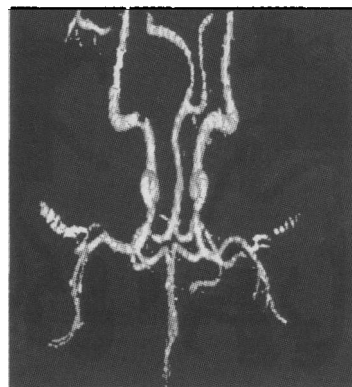


图8 经二维中值滤波处理的三维种子填充图

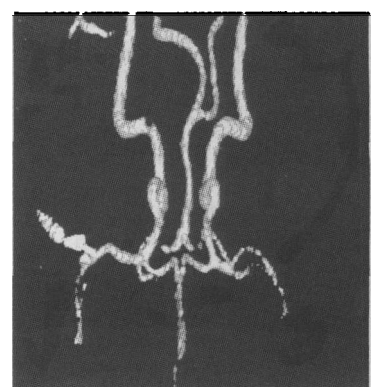


图9 经三维中值滤波处理的三维种子填充图

4 结束语

综上所述,在进行三维重构时应考虑体素在空间Z向的拓扑性和几何特性,这样重构出的形体才具有更好的连续性。中值滤波做为重要的预处理手段,推广到三维空间后使重构后的物体平滑效果更佳,体现出了比二维中值滤波的优越性。二维平面种子填充对提取三维重构后的物体中的某些区域也具有一定

的连通平滑作用,如考虑垂直方向的连续性,就在垂直方向投影平面再进行一次二维种子填充,但由于处理过程的串行方式,使得三维形体中某些点同时进行了水平和垂直方向的填充,这些区域将会“膨胀”,不符合物体的真实结构,同时处理过程的串行方式需要更多的处理时间。三维种子填充不但考虑了 Z 方向上的相关性,而且由于其方法是并行处理,所以既提高了效率又能够收到良好的重构效果。

参考文献:

- [1] 蒋先刚. 基于 Delphi 数字图像处理软件工程设计[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.5-7.
- [2] Oikarinen Jarkko. Using 2 and 2.5 dimensional seed filling in view lattice to accelerate volumetric rendering [J]. Computer & Graphics, 1998,22(6):745-757.
- [3] Feng L, Soon S H. An effective 3D seed fill algorithm [J]. Computer & Graphics, 1998,22(5):641-644.
- [4] 薛斌党,薛文芳,姜志国. 三维种子填充算法的改进[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2006,18(10):1 554-1 555.
- [5] 高鹏东,彭翔,田劲东,等. 三维人脸建模中面部特征轮廓线的提取[J]. 系统仿真学报,2006,18(18):2 106-2 107

3D Reconstruction Efficiency Analysis of Image Pre-processing Technology Based on All Spatial Direction

XU Lun-lun, JIANG Xian-gang

(School of Basic Sciences, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper mainly studies how to promote two dimension image pre-processing and seed filling method into three dimensions. It compares the reconstructing efficiency between 3D image pre-processing and 3D seed filling method, and reasonable choosing of the scanline direction and create stack when using 3D scanline seed filling. It also explores the best procedure of the 3D seed filling and offers technology of 3D reconstruction of tiny tissue and organ segmentation and operation simulation.

Key words: 3D space; median filter; seed filling; 3D reconstruction technology

(责任编辑:刘棉玲)