

文章编号:1001-9081(2005)02-0320-02

一种在三个医学解剖面上任意切面图像提取的有效方法

徐 鹏, 尧德中

(电子科技大学 生命科学与技术学院, 四川 成都 610054)

(leisure_xp@sina.com)

摘 要: 针对在三个正交医学图像切面上任意斜切面的提取问题, 通过空间几何知识, 把抽象的切面空间位置关系进行描述, 对不同的正交面上的提取切面采用相应的插值方式以获取较高质量的图片结果, 从而为医生的临床提供更多和有效的图像视角。通过提取结果对采用的方法和原理进行了验证。

关键词: 正交医学切面; 斜切面; 线面方程; 线性插值

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Effective method for the arbitrary clip plane extraction on the three medical anatomy planes

XU Peng, YAO De-zhong

(School of Life Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan 610054, China)

Abstract: Medical clip plane extraction on the three orthogonal medical planes is a key technique in the clinic diagnosis. In this paper, the complex spatial relations between these abstract planes were clearly discussed by the spatial geometry theory. For extracted clip sections on different orthogonal planes, corresponding interpolation method was adopted to gain clip images with high quality, which could provide extra and useful image perspective for the doctors. The results confirmed the method in the paper.

Key words: medical orthogonal plane; clip plane; line-plane equation; linear interpolation

0 引言

当前随着医学成像设备的发展, 可以获得多种包含不同信息的医学图像, 如: CT、MRI、PET 等^[1]。但是当前大多数获取的图像都是在横断面上的成像结果。而在临床应用中, 医生为了获得多方面的图像信息, 比如: 对肿瘤、器官位置的精确定位, 有必要得到在其他方向上的切片图像(包括冠状面和矢状面), 这些切片图像的获得要通过一些图像技术来处理。理论上, 我们可以获取任意方向上的切片图像, 但是这样获取的切片空间位置是很抽象的, 对临床诊断没有太大的意义。临床中一般只要获取在三个正交医学切面(横断面、冠状面、矢状面)上的斜切面就可以满足需要^[3]。在本文中, 主要介绍通过空间几何知识, 用线面方程把抽象的切面位置关系表示出来, 对不同的正交面采用相应的插值方式来获得提取的切面的方法^[4,5]。

1 原理和方法

1.1 在横切面上斜切面提取

横切面是医学图像的基本信息的载体, 事实上, 任何面上的斜切面的提取, 最终都要映射到横切面上, 通过插值等处理得到相应的切面。横断面和其上的斜切面的关系如图 1 所示。

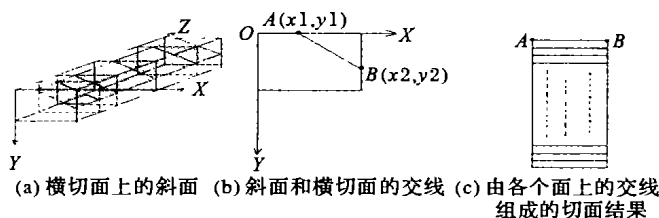


图 1 在横段面上的切面位置关系

设斜切面和和第一张截面图的交点为 $A(x_1, y_1)$ 和 $B(x_2, y_2)$, 可以发现在横断面上的斜切面是和 Z 轴平行的, 所以可以设其方程为:

$$ax + by + d = 0 \quad (1)$$

其中 a, b, d 为平面方程的系数, 将 A 和 B 点的坐标代入上式, 可以确定平面方程。

而对于每张横切面, 其方程为,

$$z = z_0 \quad (2)$$

式中 z_0 为当前横切面图相对于第一张的相对偏移(转化为像素)。

由(1)和(2), 可求得所有横切面和斜切面的交线, 但在这里是不必的, 仔细观察可以发现, 在不同的横切面和斜切面的交线上, x 和 y 坐标都是相同的, 所以只要求得第一张横切面上的交线段, 设为 AB , 其长为 $L =$

收稿日期: 2004-07-19; 修订日期: 2004-10-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90208003, 30200059); 国家 973 计划项目(2003CB716100); 教育部科学技术研究重点项目(02065); 高等学校博士学科点专项科研基金; 教育部青年教师奖励计划和四川省青年基金资助项目

作者简介: 徐鹏(1977-), 男, 云南玉溪人, 博士研究生, 主要研究方向: 生物图像、信号处理分析; 尧德中(1965-), 男, 重庆南川人, 博士生导师, 主要研究方向: 神经信息科学。

$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ 。最后所要做的就是层间进行插值,得到足够“密”的显示结果。为了防止最后的结果变形、扭曲,在这里的插值采用“后向”映射的方式,如图2所示。

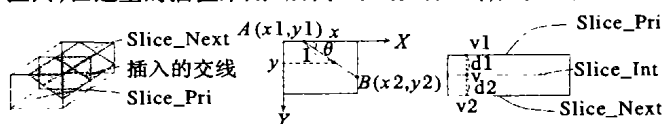


图2 在层间的一维线性插值

设交线和 X 轴的夹角为 θ , 则对于交线上长为 $l (l \leq L)$ 的端点, 其对应到的横断面上的像素坐标 (x, y) 可以通过下式确定:

$$x = x_1 + l \cos \theta, y = y_1 + l \sin \theta \quad (3)$$

设在前一张横切面 (Slice_Pri) 上, 点 (x, y) 对应的灰度值为 v_1 , 在后面一张 (Slice_Next) 上的为 v_2 , 按照一维线性插值可求的要插入的值 v 为:

$$v = v_1 + \frac{d_1}{(d_1 + d_2)}(v_2 - v_1) \quad (4)$$

在这里, 显然当 $\theta = 0$ 时, 斜切面结果就为冠状面; 当 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 时, 斜切面结果就为矢状面。设在插值处理后在 Z 轴方向有 n 张横截面图, 则最后的结果为 $L \times n$ 的图像。

1.2 在冠状面上斜切面提取

在冠状面上的斜切面和原始数据体的关系, 可以通过图3来表示。注意到在冠状面上, 取到的是坐标系中的 X 和 Z 分量 (在冠状面上 Y 坐标分量都是相同的)。

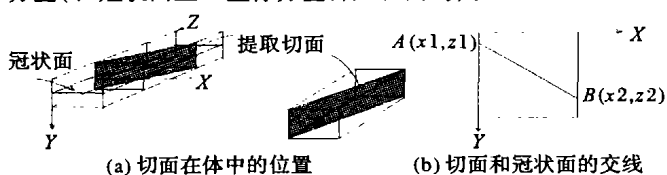


图3 在冠状面上的切面位置关系

设切面和冠状面的交线的端点分别为 $A(x_1, z_1)$ 和 $B(x_2, z_2)$, 由于提取切面和冠状面是垂直的, 所以可以把交线看作是切面在冠状面上的投影。这条投影直线可以按下面方式来确定。设直线方程为:

$$z = kx + b \quad (5)$$

将 A 和 B 点的坐标代入可以确定方程的参数 k 和 b 。在线段 AB 上, 每一个点对应着提取切面的一列像素, 这列像素在原来体原始数据中的位置可以由该点的坐标 (x, z) 来唯一确定, 其中 Z 分量确定横断面的位置, X 分量确定列像素的位置。在这里同样需要插值处理, 和前面的有些差别。插值同样是在层间来进行的。利用切面和冠状面的垂直特性, 可以知道对于提取截面的每一列图像像素, 采用一维线性插值时, 采用的权重系数是一定的, 可以按下面方式求取。

设夹在两横切面 (Slice_Pri , Slice_Next) 间的线段 MN 长度为 l_1 , 在插值点 M 点间的长度为 l_1 , 交线和 X 轴的夹角是 θ 。

同(4)式有,

$$v = v_1 + \frac{d_1}{(d_1 + d_2)}(v_2 - v_1), \text{代入上述的关系有:}$$

$$v = v_1 + \frac{l_1 \sin \theta}{(l_1 + l_2) \sin \theta}(v_2 - v_1) =$$

$$v_1 + \frac{l_1}{(l_1 + l_2)}(v_2 - v_1) \quad (6)$$

同理, 为防止切面的变形, 我们也采取后向映射的方式来

寻找插值点对应的横断面上所需要的像素灰度信息。设插值点到交点 A 的距离为 d , 则其后向映射的关系为:

$$x = x_1 + d \cos \theta, z = z_1 + d \sin \theta \quad (7)$$

可以根据 z 分量来确定所选用的插值层 (Slice_Pri 和 Slice_Next), 然后再根据 x 值来确定插值所选用的列。当对交线段的各个点处理完后, 就可以得到相应的切面图。这样获得的切面为一个宽为交线段的长, 高和横截面的高相等的图像。在冠状面上提取的斜切面和矢状面及横断面的关系为: 当 θ

$= 0$ 时, 切面为横断面, 当 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 时, 获得矢状面图。

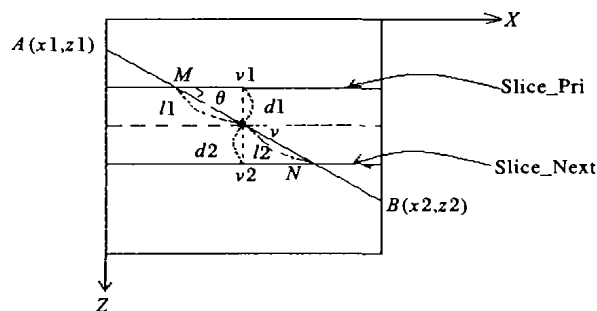


图4 插值权重的计算

1.3 在矢状面上斜切面提取

由于矢状面和冠状面是正交的, 在该面上对斜切面的提取和在冠状面上的斜切面提取有相似的过程。要提取的切面和冠状面及原始横断面的关系可以用下面的图来表示。

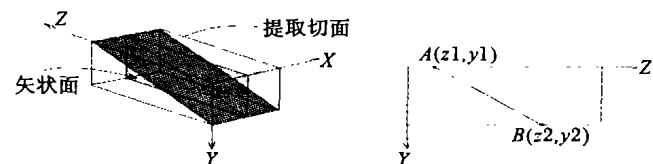


图5 在矢状面上的切面位置关系

在矢状面上, 保留的是 Z 和 Y 分量, 在同一个矢状面上 X 坐标是相同的。设切面和矢状面的交线的两端点为 $A(z_1, y_1)$ 和 $B(z_2, y_2)$, 由于提取切面和矢状面是垂直的, 可以把切面和矢状面的交线看做是切面在矢状面上的投影, 直线可按照下面的方法来求。设直线方程为:

$$y = kz + b \quad (8)$$

把 A 和 B 两点的坐标代入, 可以确定参数 k , b 。在线段 AB 上的每一个点, 可以看作是提取切面上的一行数据在矢状面上的投影。同冠状面上的提取切面相仿, 在切面上的每一行上的灰度数据来说, 其插值时的权重系数是相同的。其具体计算方法在这里省略。设交线段的长为 L , 扫描获得的横断面图像的宽为 W , 则最后的输出结果为一个 $L \times W$ 的图像数据。同理, 通过在矢状面上的斜切, 在一定条件下可以得到横断面和冠状面的图像。当 $\theta = 0$ 时, 切面为冠状面图像; 当 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 时, 切面为横断面图像。

2 结果

图6为用上面的计算方法获得的某些切面结果。提取结果显示了很好的柔和性, 截取切面有很好的质量效果。同时为了验证计算方法的正确性, 我们还分别从3个医学正交切面中的任意一个, 按照前面介绍的3个切面的对应关系, 来提取其他的两个截面, 提取结果也表明了上面方法的合理性。

(下转第325页)

这些点进行模板匹配的 RMS 误差统计。

根据这些点使用最小二乘法可以求出变换参数为 $A =$

$\{0.997079, 0.000994, -10.769968\}$, $B = \{0.002624, 1.010289, 10.001031\}$ 。然后根据公式(7)计算出 RSM 误差见表1。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a1 \times x_i + a2 \times y_i + a3 - x'_i)^2 + (b1 \times y_i + b2 \times x_i + b3 - y'_i)^2}{N}} \quad (5)$$

其中 $(a1, a2, a3)$ 和 $(b1, b2, b3)$ 分别为变换系数。

将匹配相似度较低的模板去掉,然后使用剩余的模板进行最小二乘法求解,再次筛选一些误差较大的模板。根据要配准图像的特点,我们选用了二元二次多项式来表示两个图像之间的转换关系。对两个图像进行配准后,检验两副配准图像的 RMS 误差为 0.8 个像元。

3 结语

本文提出的方法能够快速有效地实现相同传感器在不同时间拍摄的高分辨率影像的自动配准。在一定范围内的平移、旋转和比例尺变化以及季相变化,都具有较强的稳定性。

基于分层匹配的方法能有效地提高了模板的搜索和匹配速度,尤其是在模板匹配中使用的自适应方法可以成为模板匹配的搜索策略。最大相似度出现的位置即为模板匹配的位置的匹配策略也可以适用于大多数的模板匹配中,使匹配具有一定的弹性和模糊性,这符合高分辨率影像中信息丰富和复杂的特点。基于 SMCD 相似度的匹配具有一定的“鲁棒”性,由于在该算法中不是所有的像元都对相似度产生贡献,所以在一定程度上降低了噪声的干扰。当然,本文方法也具有一些弱点,尤其是地物的光谱特性发生变化时以及噪声和动态目标干扰太大时,该方法就不太适用。非居民区的模板在匹配时容易受到各种因素的干扰,地物的性质发生变化时,模板匹配误差都较大。所以这种分层多模板匹配的方法对于季相变化明显的图像区域进行匹配就有一定的局限性。

参考文献:

- [1] BHATTI A, NAHAVANDI S, ZHENG H. Image Matching using TI Multi-Wavelet Transform[A]. Proc VIIth Digital Image Computing: Techniques and Applications, SUN C, TALBOT H, OURSELIN S,

- et al. (Eds)[C], 2003. 10 - 12.
- [2] FONSECA LMG, MANJUNATH BS. Registration techniques for multisensor remotely sensed imagery[J]. PE& RS, 1996, 56(2) : 1049 - 1056.
- [3] DARE P, DOWMAN I. An Improved Model for Automatic Feature-Based Registration of SAR and SPOT Images[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2001, 56 : 13 - 28.
- [4] LI H, MANJUNATH BS, MITRA SK. A contour based approach to multisensor image registration[J]. IEEE Trans Image Processing, 1995, 4(3) : 320 - 334.
- [5] 陈东, 李飏, 沈振康, 等. SAR 与可见光图像匹配方法的研究[J]. 中国图像图形学报, 2001, 6(3) : 223 - 227.
- [6] RIGNOT E. Automated multisensor registration : Requirments and Techniques[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1991, 57(8) : 1029 - 1038.
- [7] HSIEH J, LIAO H, FAN K, et al. Image Registration Using a New Edge-Based Approach[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1997, 67(2) : 112 - 130.
- [8] 钟家强, 王润生. 基于边缘的图像配准改进算法[J]. 计算机工程与科学, 2001, 23(6) : 25 - 29.
- [9] 刘臻. 基于对象相似度的高分辨率影像自动变化检测方法研究[D]. 北京: 北京师范大学, 2004. 6.
- [10] MALLAT SG. A Theory for Multi-resolution Signal Approach[J]. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1993, 59(5) : 645 - 653.
- [11] MAHDI H, FARAG AA. Image Registration in Multispectral Data Sets[A]. In: Rochester, NY: IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'2002)[C], 2002. 369 - 372.
- [12] CHALERMWAT P. High Performance Automatic Image Registration for Remote Sensing[D]. George Mason University, 1999.

(上接第 321 页)

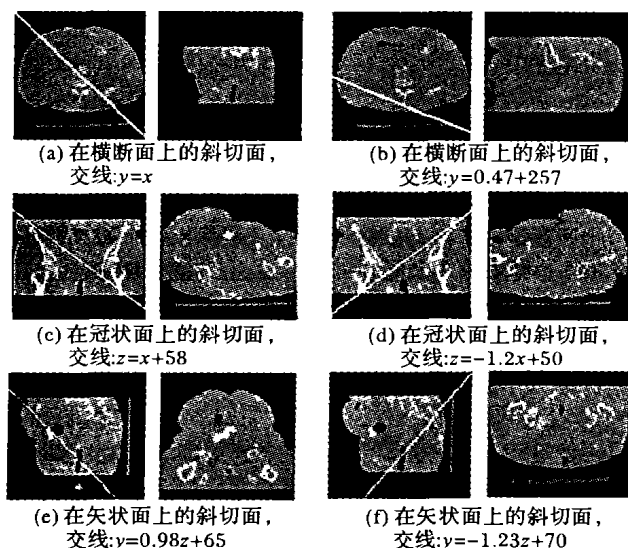


图6 在三个正交面上的斜切面提取结果

通过上面的方法,可以为医生提供较高质量的斜切面提取结果,从而为临床提供额外的“视角”,以有效地获取需要的信息。

参考文献:

- [1] 唐孝威. 脑功能成像[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1999.
- [2] GAO QH, YIN FF. Two-Dimensional Direction-Based Interpolation with Local Centered Moments[J]. Graphical Models and Image Processing, 1999, 61(6) : 323 - 339.
- [3] BLANK M, KALENDER WA. Medical volume exploration: gaining insights virtually[J], 2000. 33(3) : 161 - 169.
- [4] HEARN D, BAKER P. M. 计算机图形学(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002. : 467 - 487.
- [5] 谢云荪, 李正良. 线性代数与空间解析几何[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1999. : 106 - 146.