

基于轮廓特征匹配的数字人多模态图像配准

邵伟鹏¹, 栾 干², 岳建华³

(1. 安徽工业大学 计算机科学系, 安徽 马鞍山 243002;

2. 柯达医疗影像全球研发中心, 上海 201206;

3. 中国矿业大学 生物医学工程系, 江苏 徐州 221008)

摘 要:医学多模图像配准技术是实现非同源图像的信息融合的前提条件和关键步骤。数字人断层影像学的3种图像数据(彩色切片数据、CT和MRI数据)本质上都是医学图像。基于多模图像信息互补的思路,通过将数字人的两种源图像(彩色切片和MRI图像)进行统一分辨率、维数和去噪等预处理后,提取有效轮廓信息,计算图像的周长、质心和主轴作为配准参数,利用仿射模型实现数字人多模图像的配准,为信息融合工作提供准确的图像信息,解决了关键的技术难题。由实验结果可以看出,配准算法准确,实现处理速度快,图像特征精确,图像配准的目标已达到。

关键词:图像配准;医学多模图像;数字化虚拟人体

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2006)07-0186-03

Image Registration Among Multimodal Medical Based on Matching of Contour Characteristic

TAI Wei-peng¹, LUAN Gan², YUE Jian-hua³

(1. Computer Sci. Dept., Anhui Univ. of Tech., Ma'anshan 243002, China;

2. Health Group of Global R&D Center, Shanghai 201206, China;

3. Institute of Biomedicine Eng., China Univ. of Mining and Tech., Xuzhou 221008, China)

Abstract: The technique of registration is the precondition and the key step before image fusion. The three images data of VHP (virtual human project) is essential medical images. This paper has developed a serial of methods from time-frequency theory, such as wavelet transform, gray image fusion etc to enhance the image data and make the multimodal data suitable for image fusion. After turning the color slice image of virtual human to gray image, this study got the result of image registration between the two images from different data source (MRI and slice image) using a registration method based on the image edge and the eigenvalue of the edge. The conclusion can be made that this method is clear, effective and fast-speed. The objective of image registration has been accomplished, and the study has achieved a satisfied result.

Key words: image registration; multimodal medical image; digital virtual human

0 引言

数字人的研究为人类对自身奥秘的探索带来了更多更新的知识源,其彩色切片图像、CT断层图像、MRI断层图像都为人体研究带来了海量的新的全方位的素材,如何充分利用这些研究资料,也是一个值得众多科研工作者需要考虑的问题^[1~4]。非同源图像的信息融合便是解决此问题的有效途径之一。如果能将不同源信息进行综合分析,使各种图像对同一器官反映的信息达到融合,则对器官的信息表达能力将超过单个图像的表达能力和。而多模图像的配准技术是信息融合的前提条件和关键步

骤^[5]。

正是基于多模图像信息互补、综合解释的思路,文中对数字人的不同医学图像数据进行去噪、统一分辨率和维数等预处理后,采用基于轮廓的力矩主轴法提取配准参数^[6],利用仿射配准模型,在二维空间上实现了数字人彩色切片断层图像和MRI断层图像的空间配准。

1 实验材料

实验材料是由广州第一军医大学提供的女性的以数字人女一号的彩色切片和磁共振数据,其身高1.55m,体重46kg,死亡原因是食物中毒,生理器官保存完好。数字人的数据图像具有格式不统一、数据差异明显、数据尺寸不同等多项特点,但数字人的数据所反映的信息是相当详尽的。

收稿日期:2005-10-12

作者简介:邵伟鹏(1979-),男,安徽马鞍山人,硕士,讲师,研究方向为信号与图像处理;岳建华,博士,教授,博士生导师,研究方向为信号与图像处理。

2 实验方法

2.1 数字人多模态图像的预处理

生物系统是一个极其复杂的系统,因此生物医学信号本身具有变异性、随机性,并易受强干扰的影响。在获取配准参数前必须要进行预处理。这是指统一图像数据的格式、图像大小和分辨率,粗选有用信息,降低复杂度,消除噪声影响,提高信噪比,对图像数据进行增强等。

为了达到预处理的目的,得到有效的增强图像,设计数字人多模态图像预处理流程如图1所示。

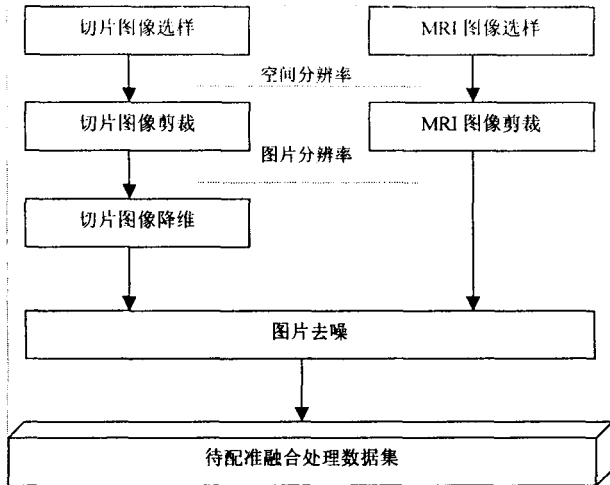


图1 数字人图像预处理流程

2.2 数字人多模态图像轮廓提取

通过去噪和增强等预处理后,图像上的边缘是灰度变化最剧烈的地方,因而很容易提取出来,再通过边缘强度的判断,从边缘图像中提取出配准轮廓信息。

预处理后的图像背景对应背景灰度级的峰值,而对象的灰度值对应于物体灰度级的峰值,这样,利用灰度门限法分割图像,设定门限 T 为谷底值,即可得到二值化的图像,效果理想。随后利用轮廓跟踪算法提取轮廓。

2.3 数字人多模态图像匹配的轮廓图像特征量的计算

数字人头部不同模态的轮廓图像的变换参数为缩放比例、水平位移、垂直位移和旋转角,则配准过程实际上是在求这4个参量。计算出图像的特征量后,根据已处理得到的二值轮廓,利用像素点就可以计算轮廓质心和中心矩。用 x_i, y_i 表述图像外围轮廓上的像素点,用 N 表示图像外围轮廓上像素点的总数。设计算参考图像为 $s'(x, y)$ 。

(1) 计算比例因子。

比例因子就是参考图像与配准图像的外围轮廓的周长之比。

① 根据公式 $L = n_e + n_o\sqrt{2}$, 可计算参考图像 $s'(x, y)$ 的轮廓周长 L_s 。其中, n_e 表示方向链中偶数码的数目, n_o 表示奇数码的数目;

② 同理计算测试图像 $t'(x, y)$ 的轮廓周长 L_t ;

③ 计算比例因子 $k = L_s/L_t$ 。

(2) 计算平移因子和旋转因子。

令 $g''(x, y) = \text{fill}(g'(x, y))$, 其中 fill 表示轮廓填充操作, 则得轮廓 $g'(x, y)$, 填充后的二值图像 $g''(x, y)$, 即:

$g''(x, y) = 0$, 当 (x, y) 不属于器官上的点, 即为背景;

$g''(x, y) = 1$, 当 (x, y) 属于器官上的点, 即为目标。

任意图像的质心可由其零阶与一阶矩确定, 所以二值图像 $g''(x, y)$ 的目标质心坐标可由下式求出:

$$\begin{cases} x_c = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n x_i g''(x_i, y_j)}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n g''(x_i, y_j)} \\ y_c = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n y_i g''(x_i, y_j)}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n g''(x_i, y_j)} \end{cases}$$

其中 (x_i, y_j) 是二值图像中像素的坐标, m 和 n 是图像的行数和列数。

① 根据上述公式计算参考图像 $s''(x, y)$ 的质心坐标 (x_s, y_s) ;

② 同理计算测试图像 $t''(x, y)$ 的质心坐标 (x_t, y_t) ;

③ 计算平移因子 $\Delta x = x_t - x_s, \Delta y = y_t - y_s$ 。

轮廓中心矩用来计算轮廓的偏转角, 公式如下:

$$M_{pq} = \sum \sum (x_i - \bar{x})^p (y_i - \bar{y})^q \quad (1)$$

于是就可利用公式 $\tan 2\theta = \frac{2m_{11}}{m_{20} - m_{02}}$ 求解图像偏转角。

偏转角确定了两幅图像的空间扭曲关系, 图像在配准时需要确定此特征值。此值的求解过程实际是利用图像的二阶矩和三阶矩求解惯性矩的过程。

确定偏转角后, 就已获得配准所需要的空间特征值。根据图像旋转和平移的空间坐标的关系, 即可推导出图像的坐标关系方程。

2.4 数字人多模态图像配准的实现

求出待图像的缩放比例、水平位移、垂直位移和旋转角后, 通过仿射变换模型得到相应的线性方程组, 从而实现数字人多模态图像的配准。

一个坐标点经过平移、旋转、缩放后的坐标可用仿射变换表示为:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = k \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \quad (2)$$

此模型中的参数 $k, \theta, \Delta x, \Delta y$ 为两图像的配准参数, 已经解出。代入式(2)中, 即可求得变换后的图像。

3 实验结果

表1列出了实验中计算出的三组图像的配准参数, 图2~图4显示了实验用图片配准前后的叠加图。

第一组: 如图2所示(其中, 左为未配准前叠加图, 右为配准后叠加图)。

表 1 三组图像的配准参数

切片图像基准	配准参数				
	平移因子 Δx	平移因子 Δy	旋转因子	比例因子 k	转角 θ
MRI 图像(1)变换	6	-1	0.063695	1.0338	1.8214
MRI 图像(2)变换	2	9	0.046563	0.99831	1.2208
MRI 图像(3)变换	-8	2	0.048364	0.94066	1.3484

第二组:如图 3 所示(其中,左为未配准前叠加图,右为配准后叠加图)。

第三组:如图 4 所示(其中,左为未配准前叠加图,右为配准后叠加图)。

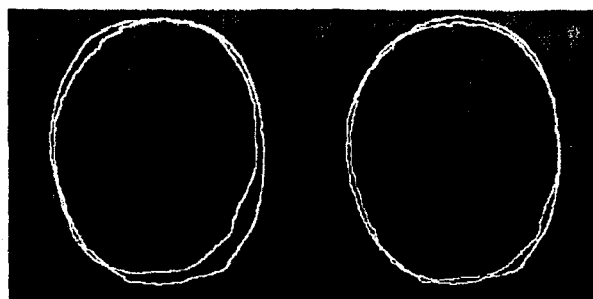


图2 第一组切片图像配准前后叠加图对比

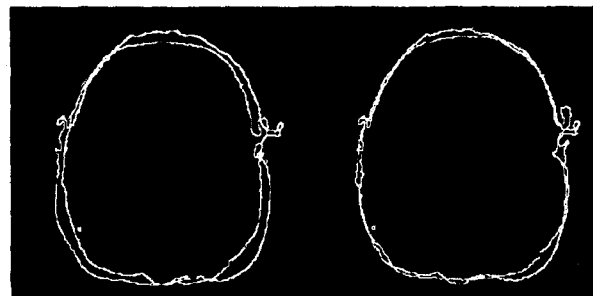


图3 第二组切片图像配准前后叠加图对比

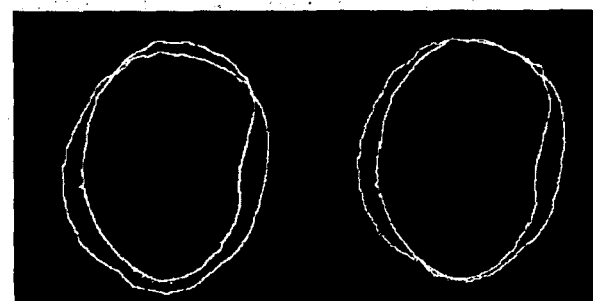


图4 第三组切片图像配准前后叠加图对比

4 结 论

对数字人脑部多模图像进行基于轮廓的几何特征的配准能够实现,且此算法配准速度快、效果明显。对现有

数字人头部图像的配准结果基本令人满意,其结果可以作为后期图像融合工作的依据。

但是,在对实验的处理过程中发现此配准方法中,仍存在需要改进的方面:

1)由于数字人不同图像的成像原理和图像采集过程不同,CT/MRI 图像与数字人图像的切面明显存在着倾角,使得在配准时如何定位同一层面不同模态图像和如何修正图像平面间的夹角成为一个必须考虑的问题。

2)数字人切片图像的采集和 MRI 断层图像的采集在物理过程上不属于同一时间段和物理过程。其结果就是数字人切片图像的头部轮廓与同层面 MRI 断层图像的头部轮廓存在型变。如何对该形变进行修正也是笔者后续研究的方向。

3)由于求轮廓几何特征进行配准的方法强烈依赖于两幅待配准图像感兴趣区域的轮廓特征,因此图像轮廓的不均匀或轮廓的不连续将直接影像几何特征的求取。也就是说,使用该方法对图像进行配准时,求取不同轮廓的过程需要尽量保证两幅图像轮廓的几何特征(如有效像素点)的相近。

参考文献:

- [1] 钟世镇,李 华,罗述谦,等. 中国数字化虚拟人研究[A]. 香山科学会议第 174 次学术讨论会文集:“中国数字化虚拟人体的科技问题”[C]. 北京:[出版者不详],2001.4-12.
- [2] 钟世镇. 数字化虚拟人体在医学应用上的前景[J]. 中华实用医学,2002,4(9):1-3.
- [3] 钟世镇,牛憨笨,李 华,等. 中国数字化虚拟人体研究的发展与应用[A]. 香山科学会议第 208 次学术讨论会文集:“中国数字化虚拟人体研究的发展与应用”[C]. 北京:[出版者不详],2003.5-11.
- [4] Lee Y S, Chung M S, Hwang W S, et al. Visible Korean Human: Another Trial for Making Serially - Sectioned Images [A]. Proceedings of The Fourth China - Japan - Korea Joint Symposium on Medical Informatics [C]. Beijing: [s. n.], 2002.168-174.
- [5] 罗述谦. 医学图像配准技术[J]. 国外医学生物医学工程分册,1999,22(1):1-7.
- [6] 吴 锋,钱宗才,杭治时,等. 基于轮廓的力矩主轴法在医学图像配准中的应用[J]. 第四军医大学学报,2001,22(6):567-569.

(上接第 116 页)

- [2] Rodriguez - Martinez M, Roussopoulos N. Automatic Deployment of Application - Specific Metadata and Code in MOCHA [R]. UMIACS - TR 2000 - 05, CS - TR 4105. MD, USA: University of Maryland, 2000.
- [3] Rodriguez - Martinez M, Roussopoulos N. MOCHA: A Self - Extensible Database Middleware System for Distributed Data Sources [R]. UMIACS - TR 98 - 67, CS - TR3955. MD,

USA: University of Maryland, 1998.

- [4] 莫里斯奥·利诺埃. Oracle9i SQL 程序设计[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [5] Lassila O, Nokia Research Center, Swick R R. World Wide Web Consortium [EB/OL]. <http://www.w3.org/Archives/Public/www-rdf-comments>, 1999-02-22.