

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2013 **6**
Vol.1 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2013 年 6 月 第 18 卷 第 6 期(总第 206 期)

目 次

综述

利用块效应特征的 JPEG 图像盲取证研究进展 赵洁, 郭继昌, 张艳(613)

图像处理和编码

可信度双三次插值的 PMD 距离信息和 RGB 图像数据融合 ... 胡良梅, 王竹萌, 高隼, 张旭东, 吴国松(621)

分数阶微分的 CIE $L^*a^*b^*$ 颜色空间边缘检测 汤慧梅, 赵跃进(628)

图像分析和识别

频谱预处理模糊运动方向鉴别的改进算法 孔勇奇, 卢敏, 潘志庚(637)

基于视频动态纹理的火灾检测 邵婧, 王冠香, 郭蔚(647)

医学图像处理

旋转不变的 X 线图像相关度拼接 赵宏, 赵凯, 江春花, 康雁(654)

心肌灌注核磁共振图像的非刚性配准 王建, 潘静薇, 杨新(661)

遥感图像处理

空间约束的无人机影像 SURF 特征点匹配 韩天庆, 赵银娣, 刘善磊, 白杨(669)

支持向量机和水平集的高分辨率遥感图像河流检测 于晓升, 吴成东, 陈东岳, 田子恒(677)

地理信息技术

影响域渐进扩展的居民地增量综合 许俊奎, 武芳(685)

“第 16 届全国图象图形学学术会议”专栏

场景切换视频自适应帧间码率控制 方志军, 高永彬, 舒雷, 袁非牛, 杨勇(692)

适用于 PACS 系统的医学图像近无损压缩 李萍, 蒋慧琴, 杨晓鹏, 刘玉敏(699)

用于视觉词语生成的概率预测器 史淼晶, 徐蕊鑫, 许超(706)

多特征融合的人体目标再识别 范彩霞, 朱虹, 蔺广逢, 罗磊(711)

G^2 连续的低次避障代数样条曲线 陈军(718)

自适应多特征融合的真实感地形快速绘制 曾艳阳, 康凤举, 杨惠珍(724)

第九届和谐人机环境联合学术会议(HHME2013)征稿通知 (730)

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 18 No. 6 June 2013

Contents

Review

Survey: blind forensic of JPEG forgeries based on blocking artifacts Zhao Jie, Guo Jichang, Zhang Yan(613)

Image Processing and Coding

PMD distance information and high resolution RGB image data fusion based on bicubic interpolation with credibility
..... Hu Liangmei, Wang Zhumeng, Gao Jun, Zhang Xudong, Wu Guosong(621)

Edge detection in CIE L*a*b* based on fractional differential Tang Huimei, Zhao Yuejin(628)

Image Analysis and Recognition

Motion blur direction detection based on pre-processing of spectrum image Kong Yongqi, Lu Min, Pan Zhigeng(637)

Fire detection based on video dynamic texture Shao Jing, Wang Guanxiang, Guo Wei(647)

Medical Image Processing

X-ray image mosaic based on rotation invariant correlation Zhao Hong, Zhao Kai, Jiang Chunhua, Kang Yan(654)

Non-rigid registration for myocardial perfusion MR image Wang Jian, Pan Jingwei, Yang Xin(661)

Remote Sensing Image Processing

Spatially constrained SURF feature point matching for UAV images Han Tianqing, Zhao Yindi, Liu Shanlei, Bai Yang(669)

Using support vector machine and level set for river detection in high resolution remote sensing image
..... Yu Xiaosheng, Wu Chengdong, Chen Dongyue, Tian Ziheng(677)

Geoinformatics

Expanding the influencing domain gradually for incremental generalization of settlement Xu Junkui, Wu Fang(685)

Issum of the 16th National Conference on Image and Graphics

Adaptive frame-layer rate control in scene change video Fang Zhijun, Gao Yongbin, Shu Lei, Yuan Feiniu, Yang Yong(692)

Near-lossless compression for medical image in PACS Li Ping, Jiang Huiqin, Yang Xiaopeng, Liu Yumin(699)

Probabilistic predictor for fast visual word generation Shi Miaojing, Xu Ruixin, Xu Chao(706)

Person re-identification based on multi-features Fan Caixia, Zhu Hong, Lin Guangfeng, Luo Lei(711)

Construction of low degree algebraic spline curve with G^2 continuity to avoid obstacles Chen Jun(718)

Fast rendering of realistic terrain based on adaptive multiple features fusion Zeng Yanyang, Kang Fengju, Yang Huizhen(724)

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)06-0654-07

论文引用格式: 赵宏, 赵凯, 江春花, 康雁. 旋转不变的X线图像相关度拼接[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(6): 654-660.

旋转不变的X线图像相关度拼接

赵宏^{1,2}, 赵凯¹, 江春花¹, 康雁¹

1. 东北大学, 沈阳 110004; 2. 国家数字化医学影像设备工程技术研究中心, 沈阳 110004

摘要: 针对现有X线图像拼接方法中分别存在的需要固定标志物、鲁棒性差及全景图像存在伪影等问题, 提出一种旋转不变的图像自动拼接方法。基于特征点配准, 结合改进的、旋转不变的相关度法进行特征匹配, 对图像重合度要求较低。在图像融合中则采用2维动态权值和平衡曝光度等策略。经实验验证, 本文配准算法在保证结果准确性的同时提高了鲁棒性; 本文融合算法可有效地平衡曝光度差异, 并避免拼接伪影, 极大地提高了全景图像质量。

关键词: 配准; 融合; 图像拼接; 图像相关度; X线图像

X-ray image mosaic based on rotation invariant correlation

Zhao Hong^{1,2}, Zhao Kai¹, Jiang Chunhua¹, Kang Yan¹

1. Northeastern University, Shenyang 110004, China;

2. National Engineering Research Center for Digital Medical Imaging Device, Shenyang 110004, China

Abstract: In order to solve the problems of traditional X-ray image mosaic methods, such as the demand for fixed signs, poor robustness, and artifacts in panoramic images, we propose an automatic rotation-independent image mosaic method. This method is based on feature point registration and an improved correlation which is invariant to rotation. It needs lower overlapping areas among images. Two-dimensional dynamic weight and balance exposure have been adopted in image-fusion. Our experiments show that the registration algorithm can improve the accuracy of the results as well as the robustness, and the fusion algorithm can effectively balance the exposure difference and eliminate the mosaic artifacts, greatly improving the quality of the panoramic images.

Key words: image registration; image fusion; image mosaic; image correlation; X-ray image

0 引言

图像拼接是生物医学、计算机视觉等领域的重要研究课题^[1]。在临床医学中, 对外伤和矫形的诊断主要依靠普及性较高、图像动态范围也较宽的X线图像。受成像系统的硬件规格限制, 对于脊椎和下肢骨等长骨目标只能分成多次采集。需要在采集后对多个图像进行配准拼接, 才能得到图像信息结

构完整、便于观察诊断的全景图像。因此, 针对X线图像的拼接技术对相关疾病的影像学诊断具有重要意义。

图像拼接的两个关键技术是图像配准和图像融合^[2]。现有图像拼接方法主要基于相位相关配准技术、特征点配准技术和对图像整体相似性测度(如相关度、互信息熵等)进行寻优的配准技术^[3-5], 但这些方法主要针对可见光反射成像模型的全景图拼接, 并不适合直接用于X光透视图像的拼接^[6]。

收稿日期: 2012-07-11; 修回日期: 2012-11-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(61071213)

第一作者简介: 赵宏(1954—), 男, 教授, 博士生导师, 1991年于东北大学获计算机应用技术专业博士学位, 主要研究方向为分布式多媒体信息处理、图像处理等。E-mail: zhaoh@neusoft.com

通讯作者: 康雁, E-mail: kangyan@bmie.neu.edu.cn

现有X线图像拼接方法还主要依靠手动配准,或借助外部参照物进行配准^[7-8]。虽然近年来陆续有基于改进的相位相关配准技术^[9]及基于特征点相关度配准技术^[10-11]的X线图像拼接方法被提出,但均对参考图像和浮动图像间重合度要求较高,只在重叠区大于50%的情况下有较好的成功率,这就增加了受检者辐射剂量,与X线图像拼接的实际需求不符。而使用智能部位识别与多尺度配准技术的X线图像拼接方法^[6]虽然在特定的实际应用中取得了较好的效果,但只能处理图像平移,对参考图像和浮动图像间存在明显旋转的情况不能适用。

现有的X线图像拼接方法中,多使用固定权值的图像融合技术^[7,11],这使全景图像存在两个问题:1)由原始图像边缘伪影造成的全景图像“拼缝”伪影问题;2)因为X线曝光时间等原因,在参考图像和浮动图像间存在曝光度差异,造成全景图像存在灰度不均匀问题。渐变权值的融合技术^[12-13]可以在一定程度上解决问题1);而拉普拉斯金字塔融合技术^[9]则仅适用于解决问题2);从原理上看,上述两种方法难以结合使用,同时也未见其他方法可以同时解决这两个问题。

提出一种旋转不变的X线图像相关度拼接法,本文方法包含一种全自动、无需外部参照物的配准算法,采用改进的特征点相关度技术,具有旋转不变、适应低重合度等特征;本文方法还包括一种基于能量归一化与2维渐变权值的融合算法,可以在全景图像中消除“拼缝”,并平衡曝光度差异,即同时解决上文中提出的两个融合问题。

1 旋转不变的特征点相关度配准

旋转不变的X线图像拼接方法中的配准过程基于特征点配准法的基本思想:首先在图像范围内检索特征点,然后使用一种改进的局部相关度的方法进行特征点的粗匹配,最后使用随机抽样一致性(RANSAC)算法进行特征点的精匹配,即可据此计算空间变换参数、完成配准过程。在融合过程中,则主要使用能量归一化法和2维渐变权值法,来实现全景图像的曝光度平衡与消除“拼缝”。旋转不变的X线图像拼接方法框图如图1所示。

1.1 特征点检索

特征点检索一般采用角点检索或边缘点间检索等。考虑到脊椎和下肢X线图像纹理较平滑,很多

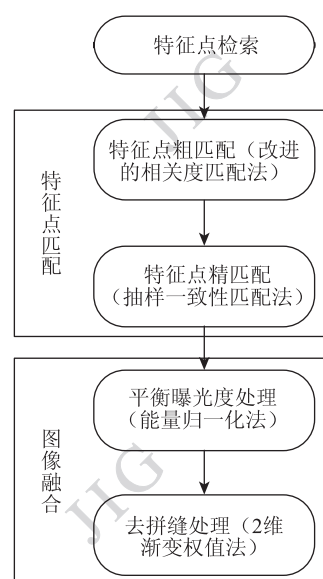


图1 X线图像拼接方法框图

Fig. 1 Scheme of X-ray image mosaic method

图像角点过少的特点,利用计算各像素梯度 G ,检索边缘点。

$$G = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中, $\frac{\partial f}{\partial x}$ 和 $\frac{\partial f}{\partial y}$ 使用Sobel算子在图像中卷积得到近似值。

使用此方法可在待拼接的两幅图像(分别定义为参考图像 I_A 和浮动图像 I_B)中分别检测出特征点的集合 $C_A = \{P_{A_1}, P_{A_2}, \dots, P_{A_n}\}$ 和特征点的集合 $C_B = \{P_{B_1}, P_{B_2}, \dots, P_{B_m}\}$ 。

1.2 改进的局部相关度匹配

采用计算特征点邻近小范围区域间相关度的方式,取代一般相关度配准方法中对整个图像相关度的计算,以期避免受两图像重合范围大小的影响。即对 C_A 中任意一特征点 $P_{A_i}(i \in \{1, \dots, n\})$ 计算其邻近区域与 C_B 中任意一特征点 $P_{B_j}(j \in \{1, \dots, m\})$ 的邻近区域之间的相关度。

为适应图像旋转,提出一种“环形区域对应相关法”来进行相关度的计算。

在一般的图像相关度计算方法中,将对应位置像素点(如图2(a)中的点 A_1 与点 B_1)的灰度值配对计算相关系数^[2]。但这种方法受两图像间旋转影响较大,当两图像有较大旋转时,即使特征点对 (P_{A_i}, P_{B_j}) 重合,实际对应的像素点也不能处于对应位置(如图2(b)中的点 A'_1 与点 B'_1)。而且,在完成

空间变换参数的计算之前此旋转角度是未知的。

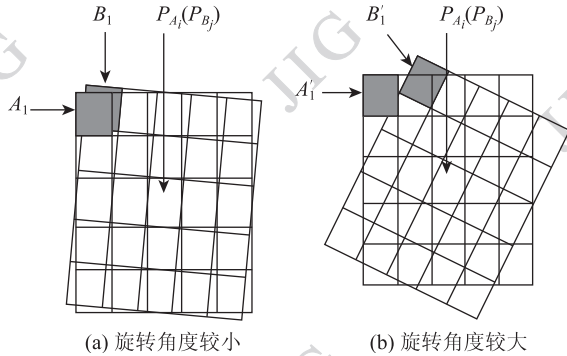


图 2 传统相关度计算方法原理图

Fig. 2 The schematic diagram of calculation relevance with old method

而在“环形区域对应相关法”中,不单独考察各像素点的灰度,而是考察以特征点为圆心的环形区域序列(个数为定值 Q),将对应环形区域(如图 3 中的环形 A_1 与环形 B_1)内的平均灰度值配对计算相关系数,即

$$R = \frac{\sum_{k=1}^Q (H_{A_k} - \bar{H}_A)(H_{B_k} - \bar{H}_B)}{\sqrt{\sum_{k=1}^Q (H_{A_k} - \bar{H}_A)^2 \times \sum_{k=1}^Q (H_{B_k} - \bar{H}_B)^2}} \quad (2)$$

式中, H_{A_k} 和 H_{B_k} 分别为环形 A_k 和环形 B_k 内的平均灰度值, $\bar{H}_A$ 为 $H_{A_k} (k \in \{1, \dots, Q\})$ 的均值, $\bar{H}_B$ 为 $H_{B_k} (k \in \{1, \dots, Q\})$ 的均值。

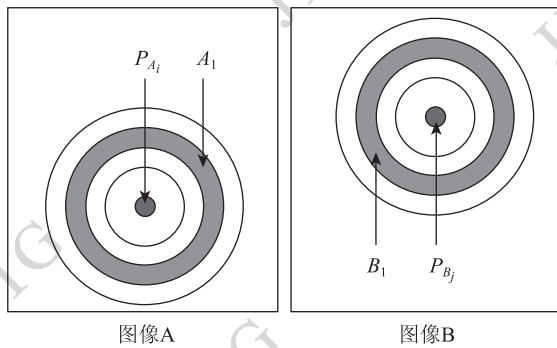


图 3 本文相关度计算方法原理图

Fig. 3 The schematic diagram of calculation relevance with the proposed method

对 C_A 和 C_B 的笛卡儿积中任一点对 (P_{A_i}, P_{B_j}) , 计算其相关度 $R(I, J)$ 。则 (P_{A_i}, P_{B_j}) 作为粗匹配特征点对的充要条件为: 条件 1, 相关度 $R(I, J)$ 大于固定阈值 T_R ; 条件 2, 在 $R(I, j) (j \in \{1, \dots, m\})$ 中, $R(I, J)$ 最大, 即 P_{B_j} 为 P_{A_i} 的最相关点;

3, 在 $R(i, J) (i \in \{1, \dots, n\})$ 中, $R(I, J)$ 最大, 即 P_{A_i} 为 P_{B_j} 的最相关点。其中, 阈值 T_R 由相关系数本身统计学意义决定, 根据环形个数 Q (参考原图像像素点尺寸, 取 12) 和所选置信度 (取 99%) 查表即可得到 ($T_R = 0.71$)。

1.3 抽样一致性匹配

粗匹配得到的特征点对中有较多伪点对存在, 使用统计学中的 RANSAC 算法^[14] 去除伪点。此算法被认为是最有效的 Robust 估计算法之一, 对错误率超过 50% 的数据仍然能够处理。

将 1.2 节中粗匹配所得的所有点对 (设共有 L 对) 重新定义为点对的集合 $\{(P_1, P'_1), (P_2, P'_2), \dots, (P_L, P'_L)\}$ 。因为计算两图像之间的刚性变换参数需要两个点对, 所以将任意相邻点对 (P_k, P'_k) 和 $(P_{k+1}, P'_{k+1}) (k \in \{1, \dots, L-1\}, \text{且 } k \text{ 为奇数})$ 分为一组。

按顺序对各组进行考察, 当取得第 $(K+1)/2$ 组时, 使用 (P_K, P'_K) 和 (P_{K+1}, P'_{K+1}) 两个点对计算出一组刚性变换参数 (平移量 $\Delta x, \Delta y$ 和绕点 P'_K 旋转量 $\Delta \alpha$), 并将此组刚性变换参数应用于点对 (P_{K+2}, P'_{K+2}) 至 (P_L, P'_L) 。如果对于其中 50% 以上的点对, 变换后两点重合, 则认为 (P_K, P'_K) 和 (P_{K+1}, P'_{K+1}) 两个点对均为真, 并结束运算; 否则认为其中至少有一对为假, 舍弃第 $(K+1)/2$ 组, 再按同样方法继续考察下一组。

当得到一组全为真的点对并结束计算后, 所计算出的刚性变换参数即可作为配准结果。

2 能量归一化的 X 线图像融合

由于采集时曝光时间等因素, 参考图像和浮动图像间的曝光度存在差异。这就会造成在最后的拼接图像中, 相似的人体组织灰度不同, 影响其观察效果。为了解决此问题, 在融合前对浮动图像进行预处理, 使其曝光度与参考图像接近。

用线性的能量归一化法平衡两图像灰度, 即将浮动图像 I_B 变换, 生成新浮动图像 I'_B , 即

$$I'_B(x, y) = s \times I_B(x, y) + d \quad (3)$$

则此问题简化为确定一组合理的参数 s, d 。

根据配准得到的刚性变换参数, 很容易求得两图像的重合区域。分别计算参考图像 I_A 和浮动图像 I_B 在此区域内的灰度均值、灰度标准差, 记为 M_A, SD_A 和 M_B, SD_B 。设新浮动图像 I'_B 在此区域内

的灰度均值 M'_B 、灰度标准差 SD'_B 表示为

$$M'_B = s \times M_B + d \quad (4)$$

$$SD'_B = s \times SD_B \quad (5)$$

如果新浮动图像 I'_B 与参考图像 I_A 的曝光度相同,则

$$\begin{cases} M_A = M'_B \\ SD_A = SD'_B \end{cases} \quad (6)$$

联立式(4)~(6)即可计算出一组线性变换参数的估计值 $\hat{s}$ 、 $\hat{d}$,并最终得到新浮动图像 I'_B 。

拼接生成的全景图像 I_F 为

$$I_F(x, y) = \delta(x, y) \times I_A(x, y) + [1 - \delta(x, y)] \times I'_B(x, y) \quad (7)$$

由于噪声或采集设备等原因,两幅待拼接的X线图像和边缘可能存在失真,这易导致融合图像中出现“拼缝”。现有技术中用于消除“拼缝”的渐变权值法^[12-13]使权值 $\delta(x, y)$ 在一个方向上变化,即只考虑两图像相对位置的主要方向(这里以参考图像在浮动图像上方为例,只考虑 y 方向),则

$$\delta(x, y) = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \quad (8)$$

式中, $y_{\max}$ 表示重合区域上边缘位置, $y_{\min}$ 表示重合区域下边缘位置。这种方法不考虑次要方向,在两幅图像采集条件不理想的情况下可能在次要方向的边缘产生“拼缝”。

为解决上述问题,提出一种改进的渐变权值法来消除“拼缝”,改善图像质量。取两图像中心连线与X轴的夹角 θ (如图4所示),计算权值即

$$\delta(x, y) = \frac{\cos(\theta) \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + \sin(\theta) \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}}{\cos(\theta) + \sin(\theta)} \quad (9)$$

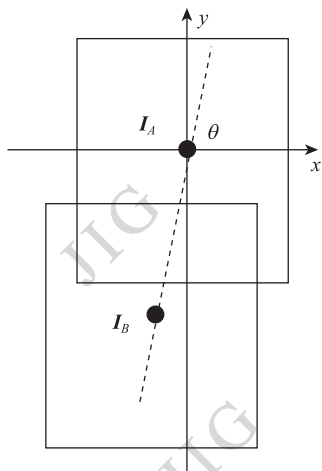


图4 权值计算原理图

Fig. 4 The schematic diagram of calculation weight

以此来调整 X 、 Y 两方向因素对权值的决定程度。然后将 $\delta(x, y)$ 代入式(7), 计算重合区域各点, 最终得到全景图像 I_F 。

3 实验与分析

3.1 实验方法

1) 配准方法的旋转鲁棒性实验。取脊椎和下肢X线图像共5幅, 人为将原有完整图像分为上下两个半幅图像(分别作为参考图像和浮动图像), 其中两幅图像的重合部分面积占原图像总面积的10%。首先将浮动图像分别按多个固定角度进行人为旋转(15° 、 30° 、 60° 、 90°)。然后使用两种方法分别进行配准: 方法1为对比方法, 采用现有特征点相关度技术^[10-11], 在两考察点邻域分别取矩形窗, 用两窗内对应位置像素点灰度配对计算相关系数, 作为两考察点相关度; 方法2为本文配准方法, 采用“环形区域对应相关法”来进行相关度的计算。因为两图像间理论平移距离和旋转角度已知, 所以当配准成功时可计算两种方法的配准误差。

2) 配准方法的低重合度鲁棒性实验。取脊椎和下肢可拼接X线图像共20套(每套包括同期采集的两幅图像), 原始图像中重合区域面积占单幅图像面积的28%~60%。首先对图像进行裁剪, 减少重合区域面积, 得到20套裁剪图像, 在裁剪图像中, 重合区域面积占单幅图像面积均比例小于10%。然后使用本文方法分别对原始图像和裁剪图像进行拼接, 考察配准方法的成功率。

3) 拼接质量评估实验。取脊椎和下肢可拼接X线图像共20套(每套包括同期采集的两幅图像), 其中CR图像10套、DR图像10套。使用两种方法分别进行拼接: 方法1为对比方法, 使用重合部分取两图像均值的方法进行融合; 方法2使用本文方法进行融合; 但两方法均基于本文所述配准过程的结果。分别观察两种方法最终所生成的融合图像质量。

3.2 实验结果

1) 在配准方法的旋转鲁棒性实验中, 得到的两种方法成功配准比例如表1所示, 成功配准情况下的平均误差值如表2所示。其中平移误差取参考图像重心在配准结果中位置与其理想位置的距离, 旋转误差取配准结果中旋转角度的误差。

表 1 成功率对照表
Table 1 Comparison between the success rates of the two methods

方法	0°	15°	30°	60°	90°
方法 1	100	60	0	0	0
方法 2	100	100	100	100	100

表 2 误差对照表
Table 2 Comparison between the errors of the two methods

	方法	0°	15°	30°	60°	90°
平移误差/mm	方法 1	0.28	1.03	—	—	—
	方法 2	0.28	0.51	0.57	0.63	0.20
旋转误差/(°)	方法 1	0.02	0.11	—	—	—
	方法 2	0.02	0.07	0.11	0.12	0.02

2) 在配准方法的低重合度鲁棒性实验中,对全部的 20 套原始图像和 20 套裁剪图像均能实现成功配准,并完成拼接,表明本文方法对低重合度具有良好的鲁棒性,典型结果如图 5 所示。

3) 在拼接质量评估实验中,20 套图像均可被方法 2 成功拼接,且其融合图像经目测观察,均过渡平滑,灰度均匀,无明显拼缝、重影现象。而在使用方法 1 进行拼接时,对于大部分图像(19 套),拼接结

果均有“拼缝”伪影和灰度不均匀现象,明显差于方法 2 结果,图 6 为典型结果对比图;少数图像(1 套)拼接结果较好,与方法 2 结果无显著差异。

3.3 讨论

1) 在配准方法的旋转鲁棒性实验中,本文方法因采用了“环形区域对应相关法”,几乎不受旋转影响,对所有实验图像均可成功配准;而对比方法因其原理本身的限制,在旋转角度较大时完全失效。

实验中还发现,在旋转角度不同的情况下,本文方法检测得到的特征点基本一致。但因为特征点的顺序改变和图像旋转中插值产生的影响,造成误差值小幅波动,但平移误差均不差超过 1 mm,旋转误差不超过 0.2°;在对比方法可以成功配准的情况下(实验中人为旋转小于等于 15°时),两种方法的平移和旋转误差非常接近。

可见本文拼接方法在配准中具有不受旋转影响的优势,在不增大误差的前提下,成功率明显高于传统方法。同时,本文方法在旋转鲁棒性上也优于其他一些为解决图像拼接中旋转问题而提出的改进性配准技术,如特征点旋转归一化(IPNR)法和感兴趣区域寻优法等,前者在旋转角度大于 30°时能保证 40%~70% 的成功率^[15];后者在旋转角度较小的前提下可保证 92% 的成功率^[16]。

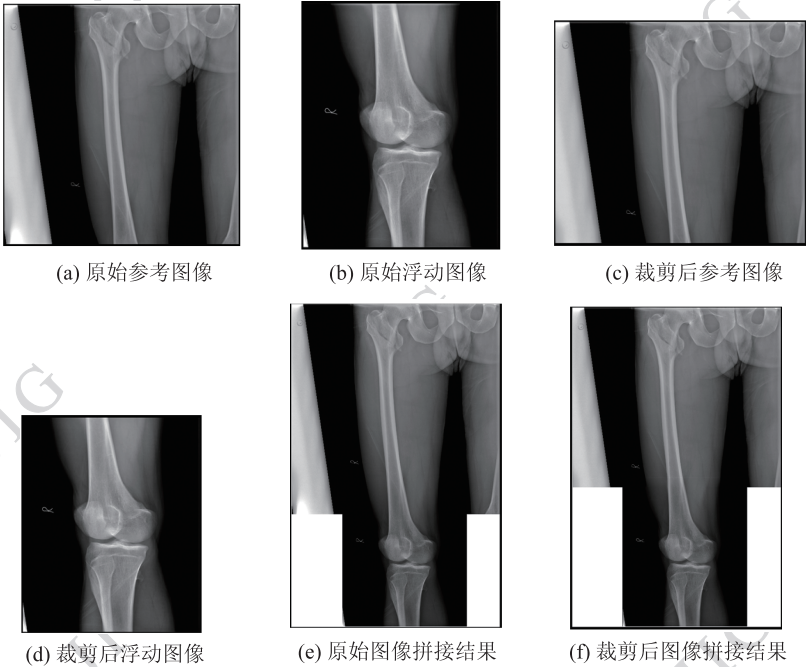


图 5 典型拼接结果图

Fig. 5 Typical mosaic result

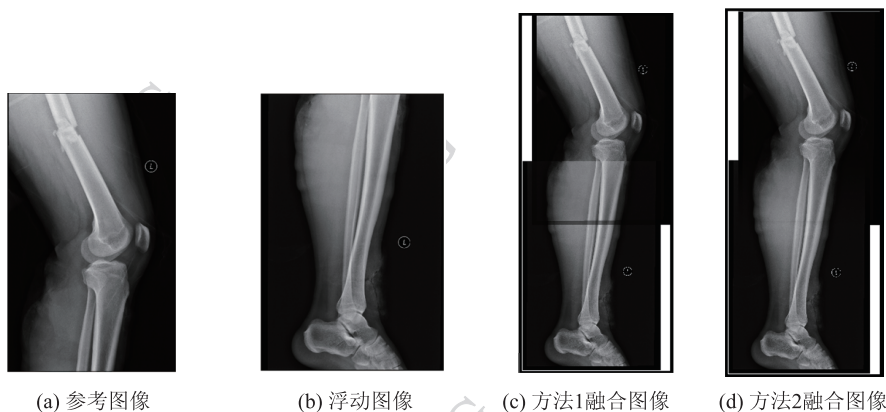


图6 典型拼接结果对比图

Fig. 6 Comparison of two methods

2)从特征点配准的基本原理来看,在最坏的情况下,即使只有两对真点对存在,配准也能成功,所以此类方法从原理上对低重合度不敏感。但现有类似方法对低重合度鲁棒性低的根本原因是:其匹配算法不适合医学图像特点,造成假点对过多(在面积更大的实际非重合区域上产生了大量假点对),最终难以对真、假点对进行区分。在配准方法的低重合度鲁棒性实验中,本文方法因有效改进了匹配算法,减少了假点对的出现,却不损失真点对,进而提高了方法的鲁棒性。

3)在拼接质量评估实验中,在使用的配准方法相同,即空间变换结果一致的情况下,对比方法不仅存在“拼缝”伪影,而且全景图像上下半幅之间存在明显灰度差异;而本文方法采用了能量归一化和2维渐变权值等融合策略,不存在这些缺陷,全景图像完整、无明显拼接痕迹。可见本文融合方法优于传统方法,效果可以满足实际应用中X线图像融合的需要。

4 结 论

针对X线图像拼接中存在的原图像间重合度小、拍摄目标易发生旋转运动和曝光度差异等问题,提出了一种自动化的X线图像拼接方法。在结合了特征点配准与相关度配准优势的同时,又因采用“环形区域对应相关法”而具有旋转不变的特性,较传统方法有更好的鲁棒性和准确性;而其融合算法则成功避免了“拼缝”伪影和曝光度差异造成的图像失真。

本文方法可有效提高X线图像拼接质量,借助

图像后处理技术改善临床诊断条件,因此对脊椎和下肢矫形等疾病的影像学诊断具有重要意义。

参考文献(References)

- [1] Loewke K E, Camarillo D B, Piyawattanametha W, et al. In vivo micro-image mosaicing [J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2011, 58(1): 159-171.
- [2] Wei L F, Pan L, Zheng B K, et al. Optimization method for multi-retinal image mosaic [J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(12): 2175-2182. [魏丽芳,潘林,郑炳锐,等.优化的多幅眼底图像拼接算法[J].中国图象图形学报,2011,16(12):2175-2182.]
- [3] Zitova B, Flusser J. Image registration methods: a survey [J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(11): 977-1000.
- [4] Qiu P, Nguyen T. On image registration in magnetic resonance imaging [C]//Proceedings of BioMedical Engineering and Informatics. Sanya: IEEE, 2008: 753-757.
- [5] Mellor M, Brady M. Phase mutual as a similarity measure for registration [J]. Medical Image Analysis, 2005, 9(4): 330-343.
- [6] Kong G, Dai D Q, Zou L M. Multiscale automatic seamless stitching algorithm for human X-ray fluoroscopy Images [J]. China Medical Equipment, 2008, 23(7): 12-15. [孔刚,戴道清,邹鲁民.多尺度X射线透视人体自动融合拼接[J].中国医疗设备,2008,23(7):12-15.]
- [7] Wang L, Traub J, Weidert S, et al. Parallax-free long bone X-ray image stitching [C]//Proceedings of Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Berlin: Springer-Verlag, 2009: 173-180.
- [8] Yaniv Z, Joskovicz L. Long bone panoramas form fluoroscopic X-ray images [J]. IEEE Transactions on Medical Image, 2004, 23(1): 26-35.
- [9] Luo X, Wang Y, Deng Z S. Research and implementation of automatic X-ray image enhancement and stitching technology [J].

- Chinese Journal of Medical Physics, 2009, 26(4): 1281-1284. [罗香, 王邴, 邓振生. X 光图像自动增强拼接技术的研究和实现[J]. 中国医学物理学杂志, 2009, 26(4): 1281-1284.]
- [10] Yi W J, Heo M S, Lee S S, et al. Automatic noise robust registration of radiographs for subtraction using strategic local correlation: an application to radiographs of dental implants [J]. Computer in Biology and Medicine, 2005, 35(3): 247-258.
- [11] Zhang X F, Yan Z Z, Wanigasekara N R, et al. Medical panorama from X-ray images based on mosaicing technique [J]. Space Medicine & Medical Engineering, 2005, 18(5): 360-364. [张旭峰, 严壮志, Wanigasekara N R, 等. 基于拼接技术的 X 光片全景成像[J]. 航天医学与医学工程, 2005, 18(5): 360-364.]
- [12] Meng X, Deng Z S, Guo X. Spinal sequence automatic stitching based on biorthogonal wavelet transform and feature matching [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2010, 27(2): 1726-1730. [孟雪, 邓振生, 郭新. 基于双正交小波变换与特征匹配的脊柱序列自动拼接[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(2): 1726-1730.]
- [13] Vela J G, Bhaya A, Monteiro A M V. Low-cost digitalization of X-ray films using a scanner and an image stitching algorithm [J]. Radiologia Brasileira, 2011, 44(4): 1731-1739.
- [14] Raguram R, Frahm J M, Pollefeys M. A comparative analysis of RANSAC techniques leading to adaptive real-time random sample consensus [C]//Proceedings of European Conference on Computer Vision. Berlin: Springer-Verlag, 2008: 500-513.
- [15] Yang Z L, Guo B L. Image registration using rotation normalized feature points [C]//Intelligent Systems Design and Applications. Kaohsiung: IEEE, 2008: 237-241.
- [16] Wang Y, He X C, Liu Q H, et al. An automatic mosaic algorithm for region of interest search [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2009, 31(2): 261-264. [王勇, 何晓川, 刘清华, 等. 一种感兴趣区域寻优搜索的全自动图像拼接算法[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(2): 261-264.]