

基于双向异步投票策略医学图像特征点匹配

王双玲¹, 龙成章¹, 刘辉¹, 邓振生²

1. 河南省计量科学研究院, 河南 郑州 450008; 2. 中南大学信息物理工程学院, 湖南 长沙 410083

【摘要】图像特征点匹配作为图像处理领域的一项基本技术,在临床医学图像处理中具有很重要的意义。本文根据医学图像的特点提出一种基于双向异步投票策略的特征点匹配方法。首先,利用改进的harris角点检测算子提取图像角点作为图像的特征点;其次,采用本文提出的基于双向异步的投票策略的角点匹配算法完成角点的粗匹配,使得拼接图像的特征点大致对应;最后利用RANSAC优化算法剔除误匹配,使特征点达到精确匹配。

【关键词】医学图像;特征点匹配;双向异步;投票策略;图像拼接

【中图分类号】R319

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)04-0423-04

Medical image feature point matching based on two-way asynchronous voting strategy

WANG Shuang-ling¹, LONG Cheng-zhang¹, LIU Hui¹, DENG Zhen-sheng²

1. He'nan Institute of Metrology, Zhengzhou 450008, China; 2. School of Info-physics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China

Abstract: Image feature point matching, a basic image processing technology, is significantly important in the clinical image processing. According to the characteristics of medical images, a feature point matching method based on two-way asynchronous voting strategy was proposed. Image corners, feature points of the image, were firstly extracted by the improved harris corner detection; the proposed corner matching algorithm based on two-way asynchronous voting strategy was applied to complete the rough matching of corner points, making the feature points of the stitching image roughly corresponding; finally, the false matching was eliminated by RANSAC optimization algorithm to accurately match the feature points.

Key words: medical image; feature point matching; two-way asynchronous; voting strategy; image stitching

前言

医学影像学是现代医学的主要组成部分之一,医学图像是医生用来诊断疾病和确定治疗方案的主要依据之一。医学图像配准、医学图像拼接及医学图像的三维重建等图像处理技术具有重要的临床应用价值。图像特征点不仅能反映图像的大致轮廓^[1-2],而且对噪声、角度、尺度等不敏感^[3],并能大大减少计算量,因此基于特征点的配准、拼接等技术应用较为广泛^[4-5]。但这些技术的关键在于如何提取图像特征点,以及如何使特征点达到精确匹配。

医学图像与其它图像相比,具有噪声大、图像细节多、对比度低等特点,本文采用对噪声、旋转不敏感的Harris改进算法^[6-8]提取图像的角点作为特征

点。另外,人体解剖结构存在相似性及对称性,因此采用一般的方法很难做到特征点的精确匹配,从而严重影响图像的后期处理。根据描述人体形态信息的医学解剖图像的空间几何变换属于刚体变换或近视为刚体变换^[9-10],如脊柱、骨骼以及颅骨固定的大脑等图像,本文提出一种基于双向异步投票策略的特征点匹配算法。

1 角点投票策略

1.1 投票策略

投票选举是生活中很常见的一种选举方法,属于社会选择理论,且取得了很大成效。由于两个特征空间内的角点匹配问题,从某种角度讲可以认为角点匹配就是待配准图像的角点之间按照某种规则进行一一选择。基于此,本文将投票策略应用于角点匹配当中,且算法的有效性已经得到Qian等^[9]的证明。具体思路如下:首先对投票选举进行角色分配,如表1所示。

【收稿日期】2015-11-17

【作者简介】王双玲(1984-),女,硕士,Tel:13526540799,E-mail:doubling00@126.com。

表1 投票策略角色分配表

Tab.1 Voting strategy role

Vote elements	Campaign positions	Candidates	Voting committee
Role assignment	Angular points in Feature Space A	Angular points in Feature Space B	Distance between angular points

因图像经刚体变换后,点与点间的距离保持不变,所以在算法当中采用角点间的欧氏距离作为“投票委员会”(不变量)。表1中角点间的距离是指同一特征空间内的角点间的空间几何距离。投票标准:特征空间A中角点间距离与特征空间B中角点间距离相等的个数作为每个候选者针对每个竞争职位所得的票数,票数最多者为相应职位的胜出者。投票规则:采用黑盒式投票,即每个候选者均可参与全程职位竞争,且每个在1个职位竞争中胜出者仍可参与其它职位的竞争,即投票过程当中,不进行投票结果的揭露。

假设,特征空间A中角点个数为 N ,特征空间B中角点个数为 M ,先分别对两个特征空间内的角点按照角点在图像中的坐标位置的先后顺序进行排列。那么A中角点为 $P_i, i=1,2,3,\dots,N$;B中角点为 $\hat{P}_i, i=1,2,3,\dots,M$ 。相应地,A中各角点间的欧氏距离为 $r_{ij}, i,j=1,2,3,\dots,N$;B中各角点间的欧氏距离为 $d_{ij}, i,j=1,2,3,\dots,M$ 。根据文献[7],具体投票思想如图1所示。

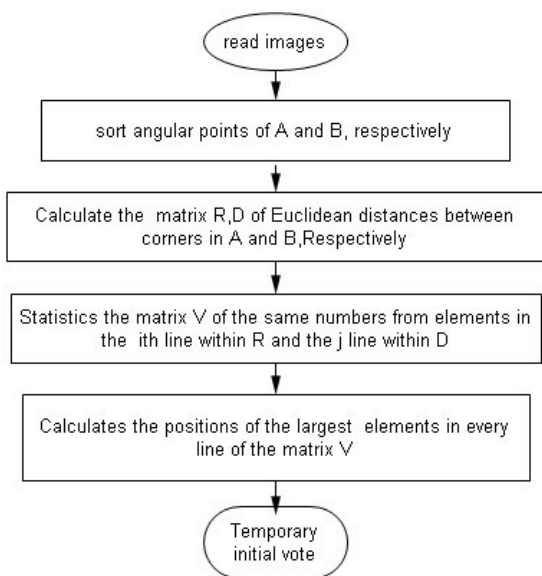


图1 角点投票匹配思想

Fig.1 Corner voting matching

当然,此种投票方式很可能出现“一对多”现象,并不能使各角点达到一一对应,也会严重影响优化最佳变换模型的速度。基于此问题,本文提出如下

的基于双向异步投票的思想进行角点匹配。

1.2 基于双向异步投票策略的角点匹配

所谓“双向”投票是指两个特征空间互相向对方投票选择,即当表1中的“候选者”与“竞选职位”可进行角色互换,彼此向对方进行竞选。若所有的成员都参与两轮竞选的话,尤其是孤立的特征点(没有与之匹配的角点)或者噪声点的参与,会严重影响角点匹配过程的计算速度。基于此问题,文中提出的“双向竞选”需建立在异步的基础上,即必须在第一轮竞选结束后,才能进行角色互换,并且在角色互换前应剔除一些已经筛选出来的孤立点和噪声点。异步双向投票的示意图如图2所示。

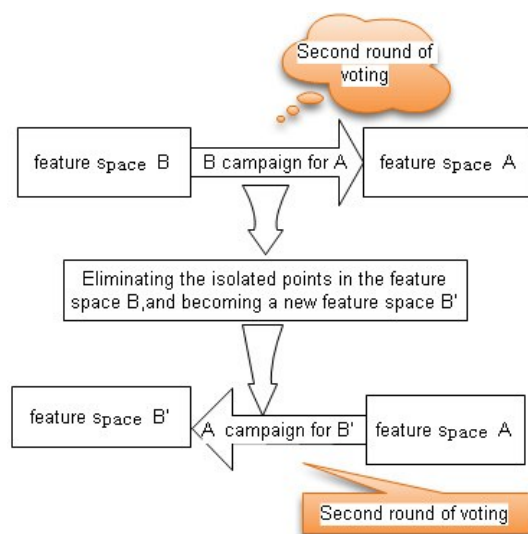


图2 双向异步投票竞选策略示意图

Fig.2 Sketch map of two-way asynchronous voting campaign strategy

具体实现步骤如下:(1)按照图1所示的投票竞选流程图进行第一轮投票竞选,并暂时保存第一轮“投票竞选”结果。(2)剔除特征空间B中的孤立点:因为是以A中所有点作为“竞选职位”进行投票,那么通过第一轮竞选后,B中未找到与之匹配的角点可认为是孤立点,剔除孤立点后的特征空间B另记为新的特征空间B',但要保留特征点原来的序号。(3)第二轮投票竞选,此轮投票可按照以下步骤进行:(a)重新分配投票当中的角色,将特征空间B'作为“竞选职位”,特征空间A为“候选者”,其他角色不变;(b)

计算特征空间 B' 内各个角点间的欧式距离矩阵 T ;
(c)扫描第一轮的投票结果,若显示 A 中 P_i 与 B 中 \hat{P}_j 匹配,那么就比较 R 中第 i 行与 T 中各行相等的元素个数,若 \hat{P}_j 所得票数最多,那么可以确定 P_i 与 \hat{P}_j 成功匹配,不再参与其他角点的匹配;若不成功,则进行其他点的投票匹配。(4)第二轮投票结束后,若还存在“一对多”现象,可剔除 A 中孤立点,将新的特征空间记为 A' ,然后按照步骤1到3进行二次投票。

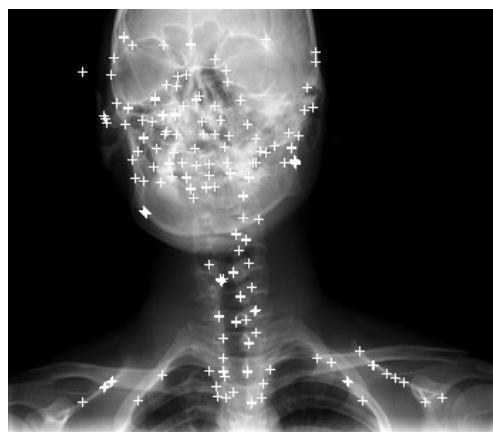
由于在角点提取时加入了区域因子和距离因

子,因此在实际的角点匹配当中,步骤3结束就会准确找出一一对应的匹配点。

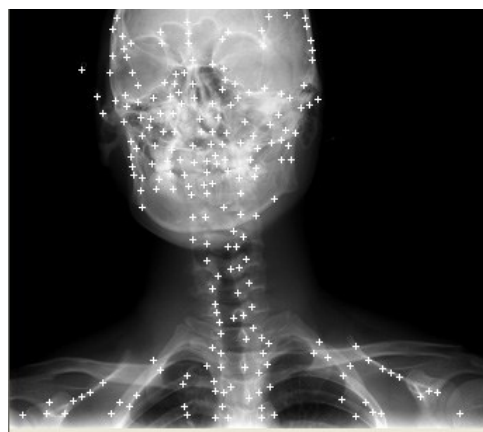
2 实验结果

2.1 角点检测结果

图3a采用基本harris角点检测算法^[6]进行角点检测,从检测结果可以看出该算法冗余信息较多,且丢失很多医学信息。图3b采用多尺度harris角点检测算法^[11-14]进行角点检测,从结果可以看出该算法角点分布较均匀,且更能反映原图像的大致轮廓及原有信息。



a: Corner detection result of harris



b: Corner detection result of multi-scale harris

图3 角点检测结果

Fig.3 Corner detection results

2.2 角点匹配结果

在多尺度harris算法提取角点的基础上,采用单向投票以及异步双向投票策略进行的角点匹配结果如图4所示。从图4可以明显看出,单向投票策略中的角点匹配出现很多“一对多”现象,原因在于本文采用点与点间的空间几何距离作为不变量,且是“多岗位”竞争进行投票。

基于异步双向投票的角点匹配算法是在剔除孤立点之后进行一次反向投票,从图5以及匹配结果看出异步双向投票算法可以有效并避开了“一对多”现象。另外,本实验中异步双向投票策略角点匹配算法的运行时间仅需几毫秒(采用VC++6.0编程),并未因是双向投票而大大增加计算量。

在多尺度harris算法提取角点的基础上,采用单向投票及异步双向投票策略进行的角点匹配结果如图4所示。单向投票结束有57对匹配对,从图4可以看出,单向投票策略中的角点匹配出现很多“一对多”现象,原因在于我们采用点与点间的空间几何距离作为不变量,且是“多岗位”竞争进行投票;基于异

步双向投票的角点匹配算法是在剔除孤立点之后进行一次反向投票,反向投票后有33对匹配对,从图5可以看出异步双向投票算法可以有效并避开了“一对多”现象。另外,本实验中的异步双向投票策略角点匹配算法的运行时间仅需几毫秒(采用VC++6.0编程),并未因是双向投票而大大增加计算量。在完成基于双向异步投票策略方法的角点初始匹配基础上,采用RANSAC算法^[15-17]剔除误匹配,并优化估计出最佳变换模型,角点最终匹配结果如图6所示。

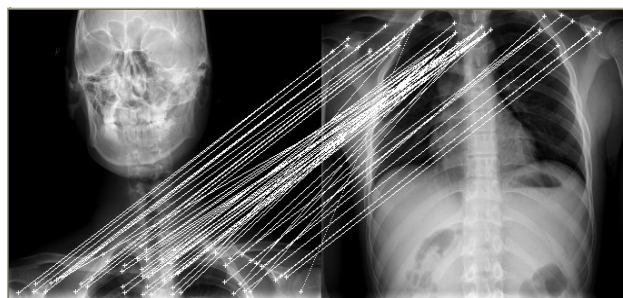


图4 单向投票角点匹配结果

Fig.4 Corner matching result based on one-way voting

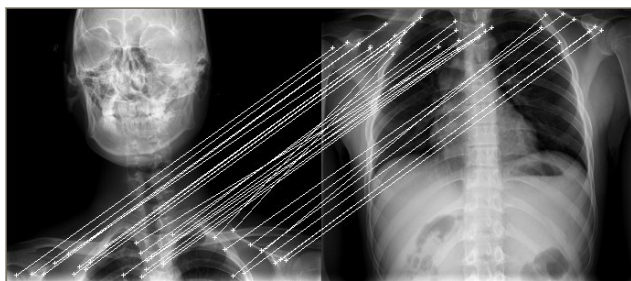


图5 基于异步双向投票策略的角点检测结果
Fig.5 Corner detection result based on two-way asynchronous voting strategy

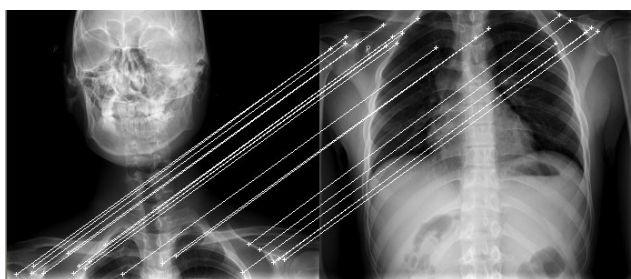


图6 角点最终匹配结果
Fig.6 Corner matching results

3 结论

文中根据医学图像的特点,提出的基于双向异步投票策略的角点匹配算法不仅能有效避免匹配当中的“一对多”现象,更能有效精确地找出匹配点。并且粗匹配的高精度也有效减少了优化算法的工作量,为图像拼接、图像三维重建做准备。

文中基于双向异步投票策略的角点匹配算法,是采用像素点的欧氏距离作为投票标准,只能应用于图像的刚性变换。设想,利用仿射变换的性质(变换后平行关系不变),在文中投票算法中引入“方向一致性”或马氏距离作为投票标准,解决图像的仿射变换配准问题。

【参考文献】

- [1] 冯宇平,戴明,张威,等.一种用于图像序列拼接的角点检测算法[J].计算机科学,2009,36(24): 270-293.
FENG Y P, DAI M, ZHANG W, et al. Corner detection algorithm for image mosaic[J]. Computer Science, 2009, 36(24): 270-293.
- [2] 郭晓晶.图像角点检测方法的研究[D].青岛:青岛大学,2009: 1-10.

- GUO X G. Image corner detection method research[D]. Qingdao: Qingdao University, 2009: 1-10.
- [3] 王中杰.基于图像特征提取和特征点描述的匹配方法的研究[J].电子设计工程,2015(24): 173-174.
WANG Z J. The research of matching method based on image feature extraction and description of feature points[J]. Electronic Design Engineering, 2015(24): 173-174.
- [4] AGFA company. ADC compact full-leg/full-spine application software user manual[M]. Mortsel-Belgiun: Agfa-Gevaert, 1998: 11.
- [5] HAILI C, RANGARAJAN A. A new point matching algorithm for non-rigid registration[J]. Comput Vis Image Underst, 2003(89): 114-116.
- [6] HARRIS C, STEPHENS M. A combined corner and edge detector [M]//TAYLOR C J. Proceedings of the Alvey Vision Conference. 1988: 147-152.
- [7] 李博,杨丹,张小洪.基于Harris多尺度角点检测的图像配准新算法[J].计算机工程与应用,2006,35(42): 37-40
LI B, YANG D, ZHANG X H. Novel image registration based on Harris multi-scale corner detection algorithm[J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 35(42): 37-40.
- [8] LUO Y, WU C M, ZHANG Y. Facial expression recognition based on fusion feature of PCA and LBP with SVM [J]. Int J Light Electron Optics, 2013, 24(17): 2767-2770.
- [9] QIAN W, FU Z Z, LIU L Q, et al. Voting-strategy-based approach to image registration [J]. Opto-Electronic Engineering, 2008, 35 (10): 86-91.
- [10] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理(MATLAB版) [M]. 北京:电子工业出版社,2004: 134-139.
GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2004: 134-139
- [11] NEHRING K, PUPPE C. Efficient and strategy-proof voting rules: A characterization[J]. Games Econ Behav, 2007(59): 132-153.
- [12] 王双玲,邓振生.一种X线医学图像的增强及角点检测算法的研究[J].中国医学物理学杂志,2010,27(6): 2230-2232.
WANG S L, DENG Z S. An algorithm study used for enhancement and corner-detection of the X-ray medical image [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2010, 27(6): 2230-2232.
- [13] MIKOLAJCZYK K, SCHMID C. Scale and affine invariant interest point detectors[J]. Int J Comput Vis, 2004, 60(1): 63-86.
- [14] GUEGUEN L, PESARESI M. Multi scale Harris corner detector based on differential morphological decomposition [J]. Pattern Recognit Lett, 2009, 30(1): 544-557.
- [15] FISCHLER M A, BOLLES R C. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography[J]. CACM, 1981, 24(6): 381-395.
- [16] TORR P H, MURRAY D W. Development and comparison of robust methods for estimating the fundamental matrix [J]. Int J Comput Vis, 1997, 24(3): 271-300.
- [17] CAPEL D P. An effective bail-out test for RANSAC consensus scoring [C]//CLOCK SIN W, FITZGIBBON A, TORT P. Proceedings of Conference on British Machine Vision. Oxford: British Machine Vision Association, 2005: 629-638.

(编辑:黄开颜)