

·信号与信息处理·

基于误差阈值和最小二乘图像拼接关系矩阵的实现

赵秀影^{1,2}, 王洪玉¹, 杨子龙², 周海参²

(1. 大连理工大学 电子与信息工程学院, 辽宁 大连 116023; 2. 空军航空大学, 吉林 长春 130022)

摘要: 为了获得图像最佳拼接效果, 对相邻图像间变换矩阵的求解问题进行研究, 提出了一种全稳健的图像拼接算法。此算法采用SIFT进行特征点提取, 初步得到了特征点匹配的伪匹配集合, 并运用稳健的误差阈值法将伪匹配点集合划分为内点和外点, 在内点域上运用误差的最小二乘优化算法精确地估计出了图像间的点变换关系, 最后采用颜色插值对交接处进行颜色过渡。整个算法对有较大误差或错误的特征点数据迭代过滤, 并用提纯后的数据来做模型估计, 因而对图像噪声和特征点提取不准确有强健的承受能力。在参数估计时, 以特征点的坐标位置误差而不是亮度误差来构造优化函数, 克服了以往算法对光照的敏感性, 使算法更具有实用性。实验结果表明, 该算法拼接效果理想, 鲁棒性强, 具有较高的使用价值。

关键词: 特征点提取和匹配; 内点外点; 优化估计; 图像拼接

中图分类号: TP391.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2011)02-0061-03

Realization of Relationship Matrix Based on Error Threshold and Least Squares Method in Image Mosaic

ZHAO Xiu-ying^{1,2}, WANG Hong-yu¹, YANG Zi-long², ZHOU Hai-shen²

(1. Electronics and Information Engineering College, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China 2. Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to get the most mosaic effect, the transformation matrix between adjacent images be studied for solving the problem, a robust image mosaic algorithm is presented. In this algorithm, SIFT is used to extract feature points. Then, a pseudo-matching set is obtained by comparing local neighborhoods of features through intensity cross correlation method and these pseudo matches are divided into inliers and outliers using robust error threshold set to false matches. In the inliers, the use of the smallest squares optimization algorithm to accurately estimate the point transformation matrix between the two images. In the end, the image color of the overlapping band is smoothed with bilinear interpolation technique. The whole algorithm filters the noisy or wrong input data iteratively, estimates the model parameters through pure data, so it has strong error-tolerant capacity for the image noise and inaccuracy of feature extraction. When estimating the model parameters, the energy function is constructed based on the position errors of features instead of the features' intensity errors, which conquers the original methods' shortcoming of sensitivity to illuminating conditions and makes this algorithm more practical. Experimental results show that the image mosaic effect is wonderful and the algorithm is stable very much. It is high valuable in practice.

Key words: extracting and matching feature points; inliers and outliers; optimal estimating; image mosaic

收稿日期: 2011-01-18

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金

作者简介: 赵秀影(1972-), 女, 辽宁铁岭人, 讲师, 博士, 主要从事机械电子与信息处理研究; 王洪玉(1968-), 男, 吉林长春人, 教授, 博士生导师, 主要从事机械电子与信息处理研究。

图像拼接作为一种近年来兴起的图像绘制技术,在遥感图像处理、地理信息系统、计算机视觉以及医学图像处理等领域有着广泛的应用。图像拼接一般包括图像配准与图像拼接。图像配准的过程又可分为局部配准和全局配准。前者是求解相邻两幅图像之间的运动关系,即对应矩阵;后者是处理多幅图像拼接到一起的误差累积以实现多幅图像的精确拼接。图像拼接涉及到最佳拼接缝的选择、图像交接处的无缝过渡,图像之间的变换估计。文中针对相邻图像间变换矩阵的求解问题,在配准点间采用最小误差搜索算法。实验结果说明了文中算法的有效性。

1 相邻重叠图像间特征点变换的关系矩阵

相邻数字图像之间的变换可分为平移、旋转、缩放、仿射、投影、非线性变换。配准点 X_i 和 X_i' 间的变换可总结为

(1) 以齐次坐标表示

$$k \begin{bmatrix} x_i' \\ y_i' \\ w_i' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ w_i \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)的向量形式为: $kX_i' = HX_i$ 。根据齐次坐标的性质 h_{33} 可以归一化为1,则 H 改写为仍用 h_{ij} 表示

$$H = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{pmatrix}$$

式中, H 的自由度为8,其中 $h_{11}, h_{12}, h_{21}, h_{22}$ 是缩放、旋转因子; h_{13}, h_{23} 分别是水平、垂直方向的平移因子; h_{31}, h_{32} 是仿射变换因子。图像变换模型参数见表1。这里, k 是比例因子。理论上选择至少4对特征点就可以估计出 H 。

表1 图像变换模型参数

透视变换	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{21}	h_{22}	h_{23}	h_{31}	h_{32}
平移变换	1	0	x_0	0	1	y_0	0	0
旋转变换	$\cos\theta$	$-\sin\theta$	0	$\sin\theta$	$\cos\theta$	0	0	0
刚性变换	$\cos\theta$	$-\sin\theta$	x_0	$\sin\theta$	$\cos\theta$	y_0	0	0
相似变换	$r\cos\theta$	$-r\sin\theta$	x_0	$r\sin\theta$	$r\cos\theta$	y_0	0	0
仿射变换	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{21}	h_{22}	h_{23}	0	0

2 变换矩阵的估计与求解

通过叉积消去式(1)中比例因子 k ,得 $X_i' \times HX_i = 0$ 。令, h_j^T 表示 H 的 j 行,那么对每一对

匹配点,可以得到2个独立的线性方程组

$$\begin{bmatrix} 0 & -w_i'X_i & y_i'X_i \\ w_i'X_i & 0 & -x_i'X_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1^T \\ h_2^T \\ h_3^T \end{bmatrix} = 0 \quad (2)$$

式(2)解得的 H 就一一对应地把一幅图像的点映射到另一幅图像上了。由于特征点检测的误差和选取的4点中有3点可能共线,这种线性解法的结果往往很不稳定,必须要通过一定数量的匹配特征点集合来进行非线性优化。这里以对称投影位置误差最小化来优化估计 H ,其误差函数为

$$\sum_i (d(X_i, H^{-1}X_i')^2 + d(X_i', HX_i)^2) \quad (3)$$

式中, d 表示距离。一般地,设特征点提取误差符合高斯分布,确定一个过滤噪声的阈值,并定义

$$d_v = d(X_i, H^{-1}X_i')^2 \quad (4)$$

或

$$d_v = d(X_i', HX_i)^2 \quad (5)$$

小于等于阈值的特征点对为 H 的内点,将被保留,大于阈值则为外点,这样的特征点将被剔除掉。很明显只有内点才适合做点变换估计,通过对提纯后的特征点(内点),用误差函数式(3)的最小二乘算法的设计来达到变换矩阵的优化,这种算法容错能力很强。

3 实验过程与结果

采用2组相互有重叠758×568和758×568的8位bmp图像如图1和图2所示,先用SIFT(the scale

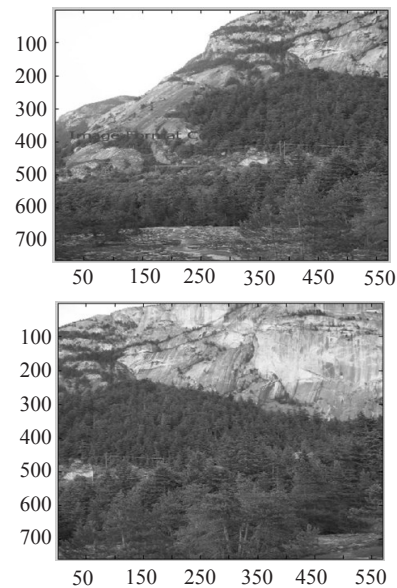


图1 第一组原始图像

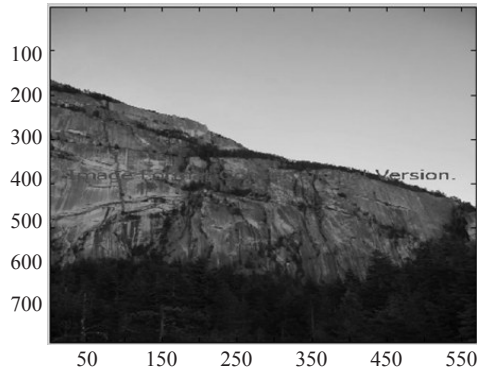
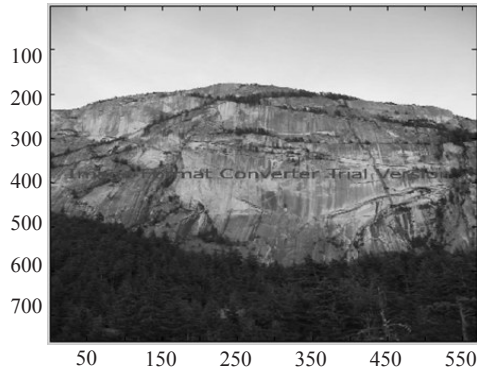


图2 第二组原始图像

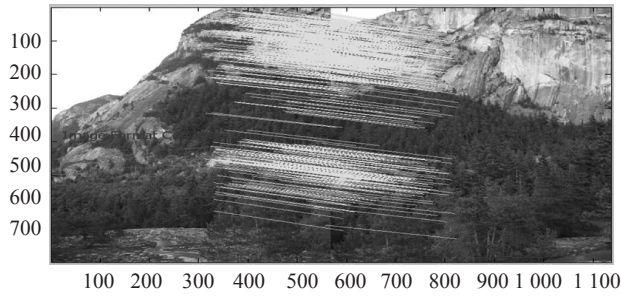


图3 基于SIFT的稳定特征点匹配

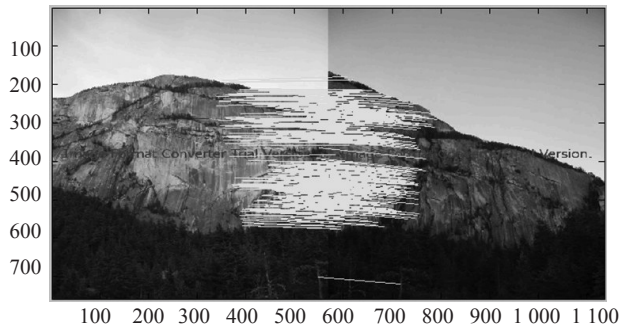


图4 基于SIFT的稳定特征点匹配

表2 图1中两幅图像的匹配矩阵

系数(1.0e+004)	第1列	第2列	第3列
第1行	-0.000 3	0.000 0	0.094 7
第2行	0.018 8	-0.000 1	-4.380 1
第3行	0.000 0	-0.000 0	0.000 1

表3 图2中两幅图像的匹配矩阵

系数(1.0e+003)	第1列	第2列	第3列
第1行	0.000 7	-0.000 0	0.068 1
第2行	0.024 7	-0.000 3	-6.894 9
第3行	0	0.000 0	0.001 0



图5 图1中两幅图像的拼接图像

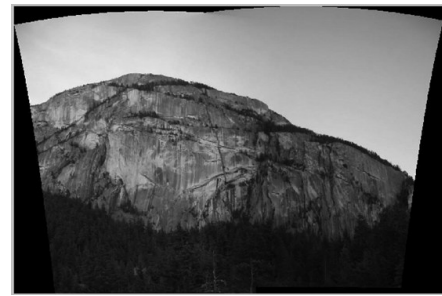


图6 图2中两幅图像的拼接图像

invariant feature transform)算法找寻相邻图像间尺度不变特征点对,在图1中两幅图像中分别得到特征点3 559个和4 147个,最后能够匹配上的有541对,如图3。在图2中两幅图像中分别得到特征点2 085个和1 848个,最后能够匹配上的有356对,如图4所示。再用文中方法对特征点对进行误差阈值筛选,再用最小二乘误差(式(3)),内点距离阈值为 $t=1.25$ 像素,对划分为内点的特征点对进行最优矩阵进行求解,求解 H 的结果如表2和表3所示。实验表明此算法可以快速得到准确的变换矩阵 H 。一旦准确地求得了图像间的点变换关系 H ,就可以确定图像间交叠的准确位置,并对两幅图像进行重采样,注册到一幅新的空白图像中形成一幅融合图像。如图5和图6所示。

4 结 论

提出了一种全自动图像拼接融合算法,此算法有以下特点:采用SIFT检测算子提取的特征点精度
(下转第79页)

参考文献

- [1] 程云长,王莉莉,陈立力,等.可编程逻辑器件与VHDL语言[M].北京:科学出版社,2005:42-46.
- [2] 谭会生.EDA技术综合应用实例与分析[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004:43-44.
- [3] U Tietze, Ch Schenk. Electronics Circuits —Design and

Application[M]. Springer-Verlag, 1991.

- [4] 姜立东.VHDL语言程序设计及应用[M].北京:北京邮电大学出版社,2004:119-123.
- [5] Susan A R Garrod, Robert J Borns. Digital Logic—Analysis, Application & Design[M]. Holt Rinehart and Winston, Inc, 1991.

(上接第55页)

- interference into a photo-polymerizable resin[J]. Applied Physics Letters, 2000, 76(19):2668-2670.
- [3] 程阳.一维全息光子晶体的带隙结构研究[J].量子光学学报,2009,15(3):264-267.
- [4] 段晓峰,牛燕雄.一维光子晶体的光学传输特性分析[J].

光子学报,2003,32(9):1086-1089.

- [5] 王辉,李永平.用特征矩阵法计算光子晶体的带隙结构[J].物理学报,2001,50(11):2172-2178.
- [6] 程阳,王兆娜.光在一维全息光子晶体中的传播[J].北京师范大学学报(自然科学版),2010,46(2):136-138.

(上接第63页)

高;误差阈值把特征点分成内点和外点的策略被理论地定量化,为图像的自动拼接融合提供了强有力的保证;算法对数据层层过滤提纯数据的过程非常稳健;最小二乘算法估计图像间点变换的域得到了优化,保证了算法的精确估计和快速收敛。整个算法无论是对输入数据本身还是图像的外部复杂光照条件都有很强的容错能力,是一种稳健有效的实用算法。

参考文献

- [1] 杨占龙.基于特征点的图像配准与拼接技术研究[D].西安:西安电子科技大学,2008.
- [2] 赵向阳,杜利民.一种全自动稳健的图像拼接融合算法[J].中国图像图形学报,2004,9(4):417-422.
- [3] 崔汉国,陈军,王天宇.鱼眼图像校正及拼接的研究与实现[J].计算机工程,2007,33(10):190-192.

- [4] 黎俊,彭启民,范植华.亚像素级图像配准算法研究[J].中国图象图形学报,2008,13(11):2070-2075.
- [5] 曾庆业,唐娉.使用仿射不变特征的遥感图像自动配准[J].计算机工程,2009,35(1):192-194.
- [6] 刘小军,杨杰,孙坚伟,等.基于SIFT的图像配准方法[J].红外与激光工程,2008,37(1):156-160.
- [7] 冷晓艳,薛模根,韩裕生,等.基于区域特征与灰度交叉相关的序列图像拼接[J].红外与激光工程,2005,34(5):602-605.
- [8] SCHMID C, MOHR R, BAUCKHAGE C. Evaluation of interest point detectors [J]. International Journal of Computer Vision, 2000,37(2):151-172.
- [9] LOWE D G. Distinctive image features from scale ! invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2):91-110.
- [10] Yves Dufournaud, Cordelia Schmid, Radu Horaud. Image matching with scale adjustment [J]. Computer Vision and Image Understanding, 2004,93(2):175-194.

欢迎使用《光电技术应用》期刊网站

为了满足读者对《光电技术应用》期刊文章的快速、方便的查询及阅读浏览需求,《光电技术应用》期刊网站(网址为:<http://www.gdjsyy.com>),为读者提供了《光电技术应用》期刊2009、2010全年和2011年已发表文章的查询及阅读浏览。读者可在过刊及当年期刊目录下,浏览2009、2010全年及2011年已发表期刊目录,点击文章题目,阅读文章摘要或浏览全文。欢迎广大读者登陆期刊网站,利用查询与阅读浏览功能,及时了解《光电技术应用》期刊已发表文章的最新信息。

《光电技术应用》编辑部