

多幅图像的高分辨率无缝快速拼接方法

马孝贺

(郑州财经学院 信息工程学院, 河南 郑州 450000)

摘 要: 提出一种基于特征不变描述的多幅图像的高分辨率无缝快速拼接方法. 采用仿射变换来校正多幅高分辨率图像各种畸变现象, 通过 Harris 角点检测算子对图像特征点进行提取, 在此基础上利用 SIFT 描述子进行处理, 使其具有旋转不变性, 采用基于图论中最短路径和最小误差原则选取基准图像, 选取配准图像之间的匹配特征的几何误差中值与匹配特征点的平均近似度的和作为边的权值进行图像配准, 最后利用加权平均融合方法进行多幅图像无缝平滑, 获得无缝拼接高分辨率图像. 实验结果验证了本文方法的高效性, 有效消除了拼接痕迹, 并保持了较高的分辨率.

关键词: 多幅图像; 高分辨率; 无缝拼接; A-KAZE 特征

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2018)09-0118-03

High Resolution Seamless Quick Splicing Method for Multiple Images

MA Xiao-he

(Department of information engineering college, Zhengzhou Institute of Finance and Economics, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: A fast and seamless high resolution splicing method based on feature invariant description is proposed. The affine transform is used to correct the distortion of multiple high resolution images. The feature points of the image are extracted by Harris corner detection operator, and the SIFT descriptor is used to process the feature points, which makes it rotation-invariant. Based on the principle of shortest path and minimum error in graph theory, the reference image is selected. The geometric error median of the matching feature and the average approximation of the matching feature point are taken as the weights of the edge for image registration. Finally, the weighted average fusion method is used for seamless smoothing of multiple images. The experimental results show that the proposed method is efficient and can effectively eliminate the stitching trace and maintain high resolution.

Key words: Multiple images; high resolution; seamless stitching; A-KAZE feature

1 引言

多幅图像无缝拼接主要有两类方法. 第一种是文献[1]提出的基于 A-KAZE 特征的高分辨率图像无缝拼接方法. 另一种是文献[2]提出的基于区域分块与尺度不变特征变换的多幅图像拼接方法. 该方法利用图像能量归一化相关系数分割出匹配图像与待匹配图像之间的近似区域, 采用 SIFT 算法在多幅图像重叠区域内搜索出可以用于匹配的特征点, 并根据这些特征点实现快速配准. 根据对多幅高分

分辨率图像进行几何调整和融合实现无缝拼接^[3-10]. 上述两种方法对于存在对比度差异较大的待拼接图像易产生拼接缝隙和模糊问题, 针对上述问题, 提出一种基于特征不变描述的多幅图像的高分辨率无缝拼接方法, 并通过实验验证了本文方法的综合有效性.

2 多幅图像的高分辨率无缝快速拼接方法

采用仿射变换来校正多幅高分辨率图像各种畸变现象, 通过 Harris 角点检测算子对图像特征点进行

行提取,在此基础上利用 SIFT 描述子进行处理,使其具有旋转不变性,采用基于图论中最短路径和最小误差原则选取基准高分辨率图像,选取配准图像之间的匹配特征的几何误差中值与匹配特征点的平均近似度的和作为边的权值进行图像配准,最后利用加权平均融合方法进行多幅图像无缝平滑,获得无缝拼接高分辨率图像。

2.1 图像畸变的校正及特征点描述

图像在成像过程中容易产生扭曲,会使多幅图像比例失调,采用仿射变换来校正多幅高分辨率图像各种畸变现象, $f(x,y)$ 表示原始图像,成像后可描述为 $F(x',y')$,将 $F(x',y')$ 恢复为 $f(x,y)$,需要找到 (x',y') 和 (x,y) 之间的坐标转换关系 $(x,y) = H(x',y')$, H 表示变换矩阵,仿射映射是由高分辨率图像线性变换矩阵加上一个平移矩阵构成,即 $(x,y) = A(x',y') + T$. 假设高分辨率图像线性变换矩阵 $A = \begin{bmatrix} ab \\ cd \end{bmatrix}$, $T = [ef]$ 表示高分辨率图像平移矩阵,则高分辨率图像仿射变换形式可描述为:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ab \\ cd \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix} \quad (1)$$

假设,高分辨率图像像素点的位置为 (α,β) ,则高分辨率图像像素点 $I(\alpha,\beta)$ 通过窗口平移 $[u,v]$ 后的灰度变化为:

$$E(u,v) = \sum_{\alpha,\beta} w(\alpha,\beta) [I(\alpha+u,\beta+v) - I(\alpha,\beta)] \quad (2)$$

式中, $w(\alpha,\beta)$ 表示窗口函数; $I(\alpha+u,\beta+v)$ 为 (α,β) 的一阶泰勒展开式.在窗口具有较小平移时,高分辨率图像灰度变化可线性近似描述为:

$$E(u,v) \equiv \sum_{\alpha,\beta} w(\alpha,\beta) + \{M[I_a(\alpha,\beta), I_b(\alpha,\beta)]\} \quad (3)$$

式中, M 表示自相关矩阵,将该矩阵对角化可得

$$M = R^{-1} \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} R, R \text{ 表示高分辨率图像旋转因子, } \lambda_1$$

和 λ_2 表示变化分量.利用下式定义一个角点检测响应函数:

$$C = M - k^* (M)^2 \quad (4)$$

式中, C 的大小取决于矩阵 M ,当 C 值较大时像素点为角点,当 C 值为负值时像素点位于高分辨率图像的边缘, $k^* (M)^2$ 表示图像亮度值.虽然采用 Harris 角点检测是一种非常经典的角点检测方法^[9],但由于 M 的元素仅根据水平和垂直方向的

梯度获得,使得该算子并不具有旋转不变性,针对此不足,利用 SIFT 描述子对提取的图像关键点进行处理,给出高分辨率图像各个特征点给定一个局域图像特征的方向,高分辨率图像 $L(\varphi,\varphi)$ 在特征点 (φ,φ) 处的梯度幅值 $m(\varphi,\varphi)$ 和 $\theta(\varphi,\varphi)$ 的方向为:

$$m(\varphi,\varphi) =$$

$$\sqrt{L(\varphi+1,\varphi) - L(\varphi-1,\varphi) + L(\varphi,\varphi+1) - L(\varphi,\varphi-1)} \quad (5)$$

$$\theta(\varphi,\varphi) = \tan^{-1} \frac{L(\varphi,\varphi+1) - L(\varphi,\varphi-1)}{L(\varphi+1,\varphi) - L(\varphi-1,\varphi)} \quad (6)$$

至此,完成了对高分辨率图像特征点的描述.

2.2 图像特征点匹配

采用基于图论中最短路径和最小误差原则选取基准高分辨率图像 I_a ,其他高分辨率图像分别表示为 I_i ,选取配准高分辨率图像之间的匹配特征的几何误差中值 MRE 与匹配特征点的平均近似度 D_m 的和作为边的权值:

$$MRE = \sqrt{(\varphi - \varphi')^2 + (\varphi - \varphi')^2} \quad (7)$$

式中, $p = (\varphi\varphi')^T$ 和 $q = (\varphi'\varphi')^T$ 分别表示匹配高分辨率图像 I_i 和 I_j 中相应的匹配点.计算全部匹配高分辨率图像特征的 RE 后,计算高分辨率图像 $q = (\varphi'\varphi')^T$ 序列的均值 $MRE(\varphi,\varphi)$,则匹配高分辨率图像 I_i 和 I_j 之间的连接边的权重为:

$$w_e(\varphi,\varphi) = MRE(\varphi,\varphi) + \theta(\varphi,\varphi) \quad (8)$$

假设, I_m 和 I_n 表示多幅高分辨率图像配准对,当 I_m 和 I_n 都不是基准多幅高分辨率图像时, $\hat{\theta}_{m,a}$ 和 $\hat{\theta}_{n,a}$ 分别表示 I_m 和 I_n 与基准图像之间的变换参数矩阵,采用 $\hat{\theta}_{m,a}$ 和 $\hat{\theta}_{n,a}$ 将 $p_{m,\varphi}^n$ 和 $p_{n,\varphi}^m$ 映射至基准高分辨率图像的相同位置上,获得映射误差的间接约束关系:

$$ir = \| \hat{\theta}_{m,a} X(p_{m,\varphi}^n) - \hat{\theta}_{n,a} X(p_{n,\varphi}^m) \|^2 \quad (9)$$

根据直接约束与间接约束关系构建目标函数,即:

$$\eta(\theta_{N,a}) = w_{m,0} dir + w_{m,n} indir \quad (10)$$

式中, $w_{m,0} dir$ 表示将多幅高分辨率图像映射至基准图像时产生的误差影响因子; $w_{m,n} indir$ 表示包含非基准多幅高分辨率图像配准产生的间接误差影响因子.

2.3 图像无缝快速平滑

当多幅图像配准后,几乎图像之间的变换关系都可以确定,但是由于图像采集环境以及拍摄时间的不同,图像重叠部分明暗对比度差异较大,为了使拼接后的图像没有明显的拼接痕迹,采用加权平均

融合方法进行融合处理. 假设,待拼接的两幅图像可表示为 f_1 和 f_2 ,计算 f_1 和 f_2 的灰度平均值 $\bar{f}_1$ 和 $\bar{f}_2$,求得将两幅图像灰度平均值的比值 d 对 f_2 进行修正处理,使 f_2 的亮度与 f_1 相同,即:

$$\begin{cases} f_1(x,y) = f_1(x,y) \\ f_2'(x,y) = d \cdot f_2(x,y) = \bar{f}_1 / \bar{f}_2 \cdot f_2(x,y) \end{cases} \quad (15)$$

将多幅图像 $\bar{f}_1$ 和 $\bar{f}_2$ 在空间维度进行叠加,则多幅图像无缝平滑后的像素 f 为:

$$f'(x,y) = d_1 f_1'(x,y) + d_2 f_2'(x,y) \quad (16)$$

式中, d_1 和 d_2 分别表示权重值,通常与重叠区域的宽度相关,在图像重叠区域中 d_1 由 1 逐渐变成 0, d_2 由 0 逐渐变成 1,由此实现了多幅图像重叠范围内由 f_1 至 f_2 的平滑过渡.

3 实验结果与分析

为了验证本文提出的基于特征不变描述的多幅图像的高分辨率无缝快速拼接方法的综合有效性,进行仿真实验. 实验数据为采用三脚架旋转相机拍摄到的一组图像,以及 GO(800×640)和 BO(800×640)两组图像.

在两幅 GO 和 BO 基准图像下,将本文采用的 SIFT 图像特征匹配方法与传统的 SURF 方法进行对比,两组图像包含了拍摄视角以及高斯白噪声的添加. 实验中结合投影矩阵可以判定特征匹配点的正确性. 当两组图像特征点匹配距离误差小于 0.6 时,将匹配结果视为正确的结果. 通过统计多次实验结果,求解获得图像特征点匹配平均误差均为 0.4 左右,可以看出图像特征匹配方法的精度接近. 本文采用 SIFT 方法主要在于该方法运算效率较高,对比特征提取和匹配两个阶段的结果,结果用表 1 和表 2 进行表示. 表 1 中,TT 表示图像特征提取方法, ts 表示特征点数量,单位为个,用 r 进行表示,time 表示计算时间(s). 表 2 中,BT 表示不同匹配方法.

表 1 不同方法进行图像特征提取的时间

TT	ts/r		time/s	
	BO	GO	BO	GO
SURF	2 250	1 608	3. 899	2. 877
SIFT	2 258	1 576	1. 899	1. 987

表 2 不同匹配方法使用的时间

BT	GO	BO
SURF+Harris	72. 99s	93. 86s
A-KAZE	28. 87s	40. 34s
SIFT+Harris	13. 45s	21. 09s

由表 1 可以看出,在多幅图像特征点数量几乎相同的情况下,SIFT 方法所用时间比 SURF 方法所用时间较短. 由表 2 可以看出,采用 Harris 方法进行图像特征点匹配,有效减少了噪声影响,后续利用 SIFT 方法对特征点匹配结果进行再次处理较比 SURF 方法所用时间缩短很多,且本文方法采用 SIFT 方法对 Harris 方法进行改进后,提高了特征提取和匹配阶段的运算速率.

采用本文方法对某实验大楼的外景图像进行高分辨率无缝快速拼接,拼接结果显示消除了拼接痕迹,并保持了较高的分辨率.

4 结束语

本研究实现了一种基于特征不变描述的多幅图像的高分辨率无缝快速拼接方法. 通过 Harris 角点检测算子对图像特征点进行提取,在此基础上利用 SIFT 描述子进行处理,利用加权平均融合方法进行多幅图像无缝平滑,实现了多幅图像间的无缝拼接.

参考文献:

[1] 瞿中,卜玮,刘玲. 基于 A-KAZE 特征的图像无缝拼接算法[J]. 计算机工程与设计, 2017, 38(9): 2438-2442.

[2] 李玉峰,李广泽,谷绍湖,等. 基于区域分块与尺度不变特征变换的图像拼接算法[J]. 光学精密工程, 2016, 24(5):1197-1205.

[3] 燕飞. 一种仿生复眼系统的图像拼接算法研究[J]. 电子设计工程, 2017, 25(5):175-178.

[4] 朱庆辉,尚媛园,邵珠宏,等. 局部特征及视觉一致性的柱面全景拼接算法[J]. 中国图象图形学报, 2016, 21(11):1523-1529.

[5] 程争刚,张利. 一种基于无人机位姿信息的航拍图像拼接方法[J]. 测绘学报, 2016, 45(6):698-705.

[6] 陈月,赵岩,王世刚. 基于 SIFT 特征矢量图的快速图像拼接方法[J]. 吉林大学学报:理学版, 2017, 55(1):116-122.

[7] 张勇,王志锋,马忍. 基于改进 SIFT 和 Contourlet 变换的图像拼接方法研究[J]. 微电子学与计算机, 2016, 33(10):134-138.

[8] 朱宁宁. 柱面全景图像拼接方法的仿真分析[J]. 测绘学报, 2017, 46(4):487-497.

[9] 魏利胜,甘泉. 基于小波变换的新型 SURF 图像拼接方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2017, 31(5): 766-772.

在本文中,经过黄金分割法后,确定隐含层结点数 为 12,图 4 为去噪模型基本结构.

5 实验

5.1 参数设置

采用 MatlabR2012b 平台进行实验仿真,相关参数设置:BP 学习率 $lr=0.05$ 、训练次数 $epochs=500$ 、训练目标 $goal=0.0001$,训练算法采用的是 $trainlm$;PSO 算法种群规模 $n=30$,学习因子 $c_1=c_2=1.5$,速度 $V_{max}=1,V_{min}=-1$,迭代次数 $N_{max}=100$;BA 算法种群数量 $n=25$,响度 $A=0.25$,速率 $r=0.5$,频率 $f_{max}=2,f_{min}=-2$,迭代次数 $N_{max}=100$.

5.2 结果分析

采用 150×150 的 Cameraman 图和 Brain 图的含高斯噪声图像作为测试样本,分别采用 Wiener 滤波,BP,PSO-BP 及本文提出的 BA-BP 模型进行图像去噪处理实验.表 1 给出了基于这两个评价函数的评价结果.从表中可以看出本文所提出的去噪模型无论在结构相似度还是峰值信噪比都是最大的,也就说起去噪效果是最好的.

表 1 不同算法去噪效果对比

去噪算法	Brain 图		Cameraman 图	
	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR
Wiener 滤波	0.844 8	22.772 7	0.823 0	23.828 4
BP	0.970 8	27.658 2	0.945 7	30.665 8
PSO-BP	0.976 3	29.680 7	0.959 7	31.168 0
BA-BP	0.978 3	30.091 7	0.961 4	31.429 5

6 结束语

针对模糊图像去噪提出一种基于蝙蝠算法的 BP 神经网络去噪算法,相比遗传算法、粒子群算法等群智能算法,蝙蝠算法可以动态控制全局搜索和局部搜索间的相互转换过程,可以在一定程度上避免优化算法陷入局部最优解,具有更好的收敛性.实

验结果表明,本文提出的基于 BA-BP 算法的图像去噪模型具有一定可行性,模型去噪效果明显好于 Wiener 滤波,BP,PSO-BP 模型.同时对模型相关参数进行一定修改,也可将本文提出的 BA-BP 算法应用到其他图像处理研究领域,算法具有推广研究价值.

参考文献:

[1] 王辉,杨杰,黎明.一种基于神经网络的图像复原方法[J]红外与激光工程,2006,35(s4):121-125.
[2] 裴松年,杨秋翔,刘忠宝.基于信度的 BP 神经网络[J]微电子学与计算机,2015,32(9):148-152.
[3] Yang X S. A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm[J]Computer Knowledge & Technology, 2010, 284:65-74.
[4] 马祥丽,张惠珍,马良.蝙蝠算法在物流配送车辆路径优化问题中的应用[J]数学的实践与认识,2015,45(24):80-86
[5] 王文.布谷鸟搜索算法与蝙蝠优化算法的改进研究[D]广西民族大学,2014,15-16
[6] 靳蕃.神经网络智能基础[M]西南交通大学出版社,2000:136-136
[7] 邓伟康,刘锋,朱二周.基于新型 PSO 算法优化 BP 神经网络的软件缺陷预测方法研究[J]微电子学与计算机,2017,34(4):39-43.
[8] 夏克文,李昌彪,沈钧毅.前向神经网络隐含层节点数的一种优化算法[J]计算机科学,2005,32(10):143-145.

作者简介:

王海军 男,(1982-),硕士,高级工程师.研究方向为人工智能算法应用. E-mail:wanghaijun11249@126.com.
门克内木乐 女,(1980-),博士,教授.研究方向为光信息技术.
金涛 女,(1978-),硕士,副教授.研究方向为计算机应用技术

(上接第 120 页)

[10] 孙红岩.基于多特征融合的遥感图像特征提取方法[J].计算机仿真,2016,33(10):334-337.

作者简介:

马孝贺 男,(1980-),讲师,研究方向:计算机应用、图像处理. E-mail:suhma@163.com.