

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2014.05.018

一种改进的拼接缝消除方法

龙永新, 吴金津, 文志强, 王鹏程

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 针对线性加权平滑法找到的拼接缝两边的灰度差异较大, 存在缝较明显的问题, 提出最佳拼接缝的线性加权平滑法。该算法首先从图像重叠部分的中间区域开始选择每行梯度和最小的像素作为最佳拼接点; 同时, 对于图像受噪声的影响, 以及存在多个像素点最小“梯度和”相等的问题, 利用散度量进一步检查最佳拼接点, 然后连接每行的最佳拼接点作为最佳拼接缝, 最后使用线性加权平滑法消除拼接缝。试验结果表明, 此方法使图像重叠区域能平滑自然过渡, 实现无缝拼接。

关键词: 最佳拼接缝; 线性加权平滑法; 梯度; 散度

中图分类号: TP751

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2014)05-0089-04

An Improved Seam-Line Removal Algorithm

Long Yongxin, Wu Jinjin, Wen Zhiqiang, Wang Pengcheng

(School of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: As the linear weighted smoothing method causes obvious seam-line due to large gray difference between the two images, a linear weighted smoothing algorithm for the optimal stitching-line removal is proposed. The algorithm first selects each line gradient and the smallest pixels from the middle of the overlapping area of the image as optimal stitching point, and as for the image affected by noise and the problems of multiple pixels minimum “gradient sum” equal, uses divergence metric to check the optimal stitching point, then connects optimal stitching point of each line as a best seam, at last applies linear weighted smoothing algorithm to remove stitching line. The experimental result shows that the proposed method achieves image overlap region smooth transition and seamless stitching.

Keywords: optimal seam-line; linear weighted smoothing algorithm; gradient; divergence

0 引言

拼接缝消除技术是图像融合中的关键技术。拼接缝是由于图像在获取过程中受到光照、拍摄时间、以及曝光差异等的影响, 造成拼接图像亮度在重叠区域左右两侧一定范围内不连续, 即出现一条特别明显的拼接缝^[1]。拼接缝的消除包括两部分: 一是寻

找最佳拼接缝, 二是消除拼接缝。

近年来, 学者们提出了多种寻找最佳拼接缝的方法, 如: 1) 基于灰度差和结构差的寻找最佳拼接缝法^[2]。该方法原理简单, 但算法的精度在很大程度上取决于配准算法的精度, 当配准误差大于2时, 缝合线较难找准确, 从而导致拼接效果不理想。2) 基于相关系数的遥感图像拼接线检测算法^[3]。其基本

收稿日期: 2014-08-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61170102), 湖南省科技发展基金资助项目(2011GK3145), 湖南省教育厅科学研究基金资助项目(12A039), 湖南省自然科学基金资助项目(12JJ2036)

作者简介: 龙永新(1966-), 男, 湖南益阳人, 湖南工业大学副教授, 硕士生导师, 博士, 主要从事智能信息处理和数字图像处理方面的教学与研究, E-mail: 1525127621@qq.com

思想是根据影像重叠区域内两幅影像对应像素的相关系数大小来判断其相关程度，并结合影像亮调的差异来选取最佳拼接缝。该方法对像素的精度要求较高，属于遍历式运算，计算速度较慢。3) 基于灰色理论的遥感图像寻找最佳拼接缝法^[4]。该方法原理简单，算法复杂度低，拼接图像具有良好的视觉效果，但易出现折线的情况。

拼接缝的消除是图像拼接过程中需要解决的重要问题之一。拼接缝消除效果的好坏会直接影响图像的视觉效果，甚至影响图像后期的应用。常见的消除重叠区域拼接缝的方法有线性加权平滑法和强制改正法^[5]。其中，线性加权平滑法是在寻找到一个最佳拼接点之后，就把这个拼接点所在的整列作为最佳拼接缝进行拼接，没有考虑到拼接缝两边的灰度差异仍然很大，此种方法虽然有一定的平滑作用，但缝仍然较明显^[6]，因此，本文提出了最佳拼接缝的线性加权平滑法。试验结果表明，本文方法能在一定程度上能满足最佳拼接缝两侧像素灰度差异尽量小的要求，使图像重叠区域平滑自然过渡，实现无缝拼接，提高图像的视觉效果。

1 寻找最佳拼接缝

图像梯度和散度都反映了图像灰度的变化^[7]。梯度表示图像中灰度变化的快慢。梯度值愈大，说明该区域灰度变化愈剧烈；梯度值愈小，则说明该区域灰度变化愈平缓，与周围像素的灰度值愈相近。散度描述了数据的特征显著性程度，即反映图像中灰度变化大小和变化方向的分散程度。本文将梯度和散度用于图像融合中，从图像重叠的中间区域开始，选取每行 3*3 邻域内梯度值之和最小的像素作为最佳拼接点；同时，考虑到图像受噪声的影响，以及存在像素点最小“梯度和”相等的情况，利用散度量对检测出来的最佳拼接点作进一步判定，即选择灰度变化较缓慢以及分散程度较小的像素点，由此得到的拼接缝的两侧灰度差异较小且分散较集中，最后用线性加权平滑法对拼接缝进行消除处理，能够得到更加符合人们视觉特性的融合图像。

梯度是表示图像重叠区域 $T(x, y)$ 在像素点 (x, y) 的最大方向导数的方向，即

$$GradT(x, y) = [T_x, T_y] = \left[\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y} \right] \quad (1)$$

式中： T_x 为像素点 (x, y) 在 x 方向上的梯度；
 T_y 为像素点 (x, y) 在 y 方向上的梯度。
 像素点 (x, y) 的梯度模值为

$$\nabla T = |GradT| = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} \quad (2)$$

为了避免拼接缝出现上下两行拼接点的位置相差较远的情况，设定了阈值 K 来限制选取最佳拼接点的范围。阈值 K 一般取 1~5 之间，本文选取 $K=3$ 。

寻找最佳拼接线的步骤如下：从图像重叠区域的中间区域中，计算 3*3 邻域内的像素的梯度和（见图 1），选择梯度和最小点作为拼接缝的起始位置，设其位置为 j ，以后每行都以上一行或者下一行已经确定的位置 j 所在的列两侧的 K 个点中，寻找梯度和最小的像素点作为该行的拼接点，除起始行外，其余每行的拼接点都是从区域 K 内选择，以避免上下行之间灰度差异较大而造成新的裂缝；为解决由于图像受噪声的影响，容易将噪声点作为拼接点，以及同一行存在多个最小梯度和相等的问题，利用散度量对图像中的拼接点作进一步检测，即通过比较其散度量，取 3*3 邻域散度值之和最小的像素作为拼接点，若几个像素点的梯度和与散度和都相等，取距离上一行或下一行所在的列最近的点作为最佳拼接点；所有行的最佳拼接点找到后，连接这些拼接点作为最佳拼接缝，最后使用线性加权平滑法去除拼接缝。

$T(x, y)$ 在 (x, y) 的散度为

$$\nabla D = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (3)$$

式中： $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ 为 (x, y) 在 x 处的二阶偏导数；

$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$ 为 (x, y) 在 y 处的二阶偏导数。

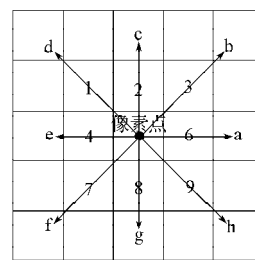


图1 像素点 3*3 邻域的 8 个方向图

Fig. 1 Diagram for eight directions of pixels 3*3 neighborhood

2 介绍线性加权平滑法

线性加权平滑法是图像融合的常用经典算法之一。因此，本文对图像重叠区域采用线性加权平滑法。该算法的思想是将重叠图像的左区域慢慢过渡到右区域，重叠后的像素点数值为

$$P = p * L_P + (1-p) * R_P \quad (4)$$

式中： p 为图像渐变系数，由 $p=i/d$ 得到，其中， d 为

图像重叠区域宽度, $i(0 < i < d-1)$ 为重叠区域对应的列序号, 因此 p 的取值范围为 $0 < p < 1$;

L_P 为左区域的某像素点的数值;

R_P 为 L_P 在右区域对应的像素点的数值。

图像的重叠部分由左边重叠区域渐进过渡到右边重叠区域, 如图2所示。图中, 阴影部分为图像的重叠区域, 图像1中某点 L_P 和图像2中对应的 R_P 经过融合之后其像素值为 P 。

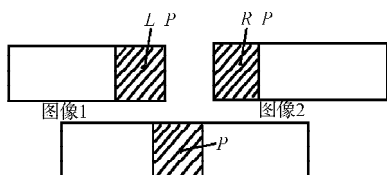


图2 图像平滑示意图

Fig. 2 Schematic diagram for image smooth

3 试验结果及分析

本试验平台的操作系统为 WIN 7 XI, CPU 为 AMD Athlon(tm) Dual-Core CPU T4400 @ 2.20 GHz, 内存为 2 G。编程环境为 MATLAB 7.0。

将线性加权的图像拼接缝消除方法与本文所提的最佳拼接缝的线性加权平滑法进行对比试验。试验结果证明, 本方法实现了无缝拼接, 图像重叠区域能平滑过渡。

试验一是 2 幅从不同角度拍摄的湖南工业大学校门图像, 图像大小为 570×570 像素, 如图3所示。经 2 种算法处理后的效果图如图4所示。

试验二是从不同角度拍摄的 2 幅图像, 图像大小为 420×279 像素, 如图5所示。经 2 种算法处理后的效果图如图6所示。

从图 4a, 6a 两幅拼接图像可以看出, 利用线性加权的图像拼接方法对 2 幅图像进行拼接, 在重叠区域临界处会产生明显的拼接缝, 影响视觉效果。而本文针对此算法进行了改进, 从图 4b, 6b 可以看出, 利用最佳拼接缝的线性加权平滑法对 2 幅图像进行拼接, 不存在明显的拼接缝, 图像重叠区域能平滑过渡, 实现了无缝拼接, 达到了图像镶嵌的准则, 视觉效果良好。



a) 图像 1



b) 图像 2

图3 试验一的 2 幅待拼接图像

Fig. 3 Two stitching images of experiment one



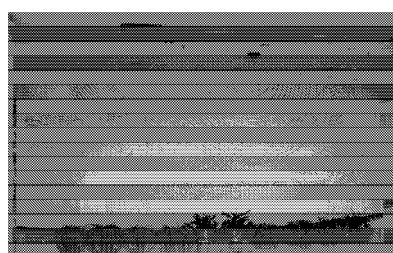
a) 线性加权平滑法



b) 最佳拼接缝的线性加权平滑法

图4 试验一的拼接效果对比图

Fig. 4 The comparison chart for stitched effect of experiment one



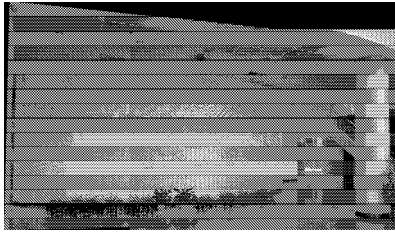
a) 图像 1



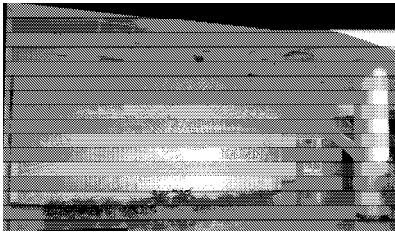
b) 图像 2

图5 试验二的 2 幅待拼接图像

Fig. 5 Two stitching images of experiment two



a) 线性加权平滑法



b) 最佳拼接缝的线性加权平滑法

图6 试验二的拼接效果对比图

Fig. 6 The comparison chart for stitched effect of experiment two

4 结语

通过对线性加权平滑法的深入研究,针对此方法在图像拼接容易形成拼接缝的问题,提出最佳拼接缝的线性加权平滑法。将线性加权平滑法与本文所提算法进行对比试验,试验结果表明:本算法能较好地消除拼接缝,得到符合人们视觉效果的拼接图像。

参考文献:

- [1] Hayat K, Puech W, Gesquiere G. Seamless Heterogeneous Tessellation via Smoothing and Mosaicking in the DWT Domain[C]//Proceeding of SPIE. San Jose: [s. n.], 2010: 1-8.
- [2] 方贤勇,潘志庚,徐丹.图像拼接的改进算法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2003,15(11):1362-1365.
- [3] Fang Xianyong, Pan Zhigeng, Xu Dan. An Improved Algorithm for Image Mosaics[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(11): 1362-1365.
- [4] 王军,朱宝山,朱述龙,等.基于相关系数的遥感图像拼接线检测算法[J].测绘与空间地理信息,2011,34(3):151-153.
- [5] Wang Jun, Zhu Baoshan, Zhu Shulong, et al. A Stitching Line Detection Algorithm of Remote Sensing Image Based on Correlation Coefficient[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2011, 34(3): 151-153.
- [6] 温红艳,周建中.基于灰色理论的遥感图像最佳镶嵌线检测[J].计算机工程与应用,2009,45(15):31-33.
- [7] Wen Hongyan, Zhou Jianzhong. Optimal Seam Line Detection Algorithm of Remote Sensing Image Mosaic Based on Gray System Theory[J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(15): 31-33.
- [8] 周春江,徐丽华.遥感影像镶嵌中拼接缝消除方法研究[J].西南大学学报:自然科学版,2010,32(9):136-140.
- [9] Zhou Chunjiang, Xu Lihua. Study on Seam-Line Removal Under Mosaicking of Remote Sensing Images[J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2010, 32(9): 136-140.
- [10] 史金霞,王铮.一种拼接缝消除方法[J].现代电子技术,2005(13):116-120.
- [11] Shi Jinxia, Wang Zheng. A Method of Seam-Line Elimination[J]. Modern Electronics Technique, 2005(13): 116-120.
- [12] 杨朝霞,逯峰,李岳生.图像梯度与散度计算及在边缘提取中的应用[J].中山大学学报:自然科学版,2002,41(6):6-9.
- [13] Yang Zhaoxia, Lu Feng, Li Yuesheng. Computation of Image Gradient and Divergence and Their Application to Edge Detection of Noisy Images[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2002, 41(6): 6-9.

(责任编辑:邓彬)