

局部响应函数耦合特征匹配的图像拼接

张妮妮, 李旻园, 陈绥阳

(西安思源学院 电子信息工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:针对当前图像拼接机制对参数缺乏普遍适用性,且其以全局角点为对象展开拼接,导致拼接速度慢,以及难以消除伪角点等不足,文中选取最大局部范围 Harris 响应函数值为有效角点,并去除 Harris 响应函数值调节因子,设计了新的 Harris 角点检测算子。引入归一化互相关函数,考虑角点分布几何特性,耦合空间变换模型,设计了特征点精准匹配算法。最后提出了局部范围 Harris 响应函数耦合精准特征匹配的图像拼接机制,并借助仿真实验测试该机制。结果表明:与当前图像拼接机制相比,文中机制具有更高的拼接精度,缝合处完整,有效消除了伪角点,且拼接速度更高。

关键词:Harris 响应函数;归一化互相关函数;空间变换模型;精准特征匹配;图像拼接

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)05-0083-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.05.020

Image Mosaic of Local Response Function Coupling Feature Matching

ZHANG Wei-wei, LI Yang-yuan, CHEN Sui-yang

(College of Electric and Information Engineering, Xi'an Siyuan College, Xi'an 710038, China)

Abstract: In view of shortage that the current image mosaic mechanism is a lack of universal applicability for parameters, and the stitching is an object with the global angular point, leading to low speed of splicing and be difficult to eliminate the false corners, in this paper, select the largest local Harris response function value as the effective angular point and remove response function value adjustment factor, designing a new Harris corner detection operator. Introducing the normalized cross-correlation function, considering geometric angular point distribution features, coupling space transformation model, accurate feature point matching algorithm is designed. Finally propose the image splicing mechanism of precision coupling feature matching of local Harris response function, and test it with the help of simulation experiment. Experimental results show that compared with the current image splicing mechanism, the mechanism proposed has higher precision of mosaic, stitching is complete, effectively eliminating the false corners, and splicing speed is higher.

Key words: Harris response function; normalized cross-correlation function; spatial transformation model; accurate feature matching; image mosaic

0 引言

近年来,关于图像拼接的技术越来越引起人们的注意,取得了一定的科研成果^[1-2]。图像拼接技术作为高精密光学仪器的技术核心,给人们带来很多益处,并运用在各个领域:遥感、工业、医疗等^[3-4]。例如在工业中,超精密仪器的零件往往非常精细,以微米单位计算,对这类图像的拼接,在精度和速度上要求较高。提高图像拼接速度与精度是亟待解决的技术问题。

图像拼接增加了图像信息,并且将图像信息进行整合,有利于对图像的深度分析,其中图像拼接是各个领域图像信息分析的关键^[5-8]。图像拼接根据图像间重叠部分的相同特征,进行特征点检测、提取、匹配,

最后进行图像融合,将多帧图像拼接为一个大图像^[9-10]。那么采用具有图像拼接的成像系统来观察图像,既提高了工作效率,也提高了图像价值。

当前图像拼接机制中,由于特征点相近,往往存在特征点误配^[11-12]。在此情况下实现的图像拼接,不仅存在图像误拼漏拼,而且影响图像拼接的精度和质量。

基于以上情况,文中设计新的 Harris 角点检测算子;并耦合特征点精准匹配算法,构造了快速图像拼接机制。文中基于归一化互相关函数和角点分布几何特性,设计了精准特征点匹配算法,解决图像拼接速度慢、精度不够的问题。为达到准确的快速图像拼接的目的,须解决以下两个问题:(1)角点的准确检测;(2)

收稿日期:2014-06-06

修回日期:2014-09-09

网络出版时间:2015-02-23

基金项目:陕西省教育科研基金项目(11JK1062)

作者简介:张妮妮(1978-),女,硕士,讲师,研究方向为图像处理、计算机应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150223.1241.042.html>

特征点精准匹配。

1 文中图像拼接算法

文中首先设计新的 Harris 角点检测算子;然后提出精准特征匹配算法;继而构造了图像拼接机制,如图 1 所示。

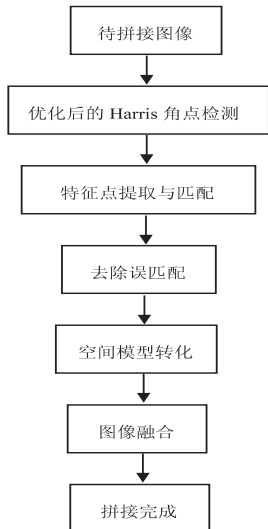


图 1 改进 Harris 角点检测耦合特征匹配的
快速图像拼接算法总体流程图

主要包括:

- (1)设计新的 Harris 角点检测算子,提取有效特征点;
- (2)构造特征点精准匹配算法,消除误匹配;
- (3)引入空间变换模型,完成图像拼接。

1.1 新 Harris 角点检测算子的设计

当前的 Harris 角点检测虽然稳定性高,精度也较高^[13],但受 Harris 响应函数(如式(1)和(2))中 k 值影响大。由于不同的图像,其特征、大小相差甚远,往往不能对多帧图像采用相同的参数;且传统的 Harris 角点检测往往有很多伪角点(如图 2(a)所示)。

$$R = D(\mathbf{M}) - kT^2(\mathbf{M}) \quad (1)$$

式中, R 表示 Harris 响应函数值; $D(\mathbf{M})$ 表示矩阵 \mathbf{M} 的行列表达式; $T(\mathbf{M})$ 为矩阵 \mathbf{M} 迹表达式; k 表示调节参数。矩阵 \mathbf{M} 如公式(2)所示。

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, I_x 为 x 轴方向梯度值; I_y 为 y 轴方向梯度值; \mathbf{M} 为 Harris 矩阵。

文中以 30×30 区域为图像内滑动窗口,计算窗口每个像素的 Harris 响应函数值,取最大值处的像素作为角点,有效规避了 Harris 响应函数阈值的影响;根据不同尺寸的图像,成比例划分不同大小的小范围区域,然后再计算 Harris 函数值,实现 Harris 响应函数值自

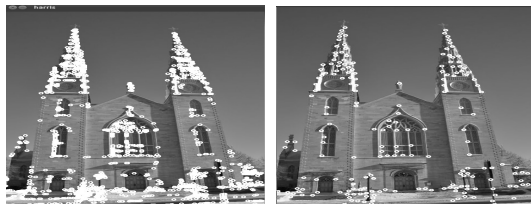
适应化;去除 Harris 响应函数值调节因子 k ,将 $\text{Det}(\mathbf{M})$ 与 $\text{Trace}(\mathbf{M})$ 存在的比较关系由原来的减法关系转为除法关系(如式(3)),且除法运算更能体现比例关系,可反映比较结果。文中提出了新 Harris 角点检测函数,如公式(4)所示,其检测结果更精确,如图 2(b)所示。

$$R = \text{Det}(\mathbf{M}) / k \text{Trace}^2(\mathbf{M}) \quad (3)$$

式中, R 为新 Harris 响应函数值; $\text{Det}(\mathbf{M})$ 为 \mathbf{M} 矩阵的行列式; $\text{Trace}(\mathbf{M})$ 为 \mathbf{M} 矩阵的迹; k 为 Harris 响应函数值调节参数。

$$R = \frac{I_x^2 * I_y^2 - (I_x I_y)^2}{I_x^2 + I_y^2} \quad (4)$$

式中, R 为新的 Harris 响应函数值; I_x 为 x 轴方向梯度值; I_y 为 y 轴方向梯度值。



(a) 传统聚焦机制

(b) 文中机制

图 2 不同聚焦机制的自动选择有效聚焦点
改进的 Harris 角点检测部分关键代码如下:

```

class Harris
{
private:
cv::Mat cornerStrength;
cv::Mat cornerTh; //cornerStrength 阈值化的结果
cv::Mat localMax; //局部最大值结果
int neighbourhood; //邻域窗口大小
int aperture; //sobel 边缘检测窗口大小
double k;
double maxStrength; //角点响应函数最大值
double threshold; //阈值除去响应小的值
int nonMaxSize; //这里采用默认的 3
cv::Mat kernel;
public:
void setLocalMaxWindowSize(int nonMaxSize) {
this->nonMaxSize = nonMaxSize; };
//计算角点响应函数以及非最大值抑制
void detect(const cv::Mat &image) {
double minStrength;
cv::Mat dilated;
cv::dilate( cornerStrength, dilated, cv::Mat());
cv::compare( cornerStrength, dilated, localMax, cv::CMP_
EQ); }
//获取角点图
cv::Mat getCornerMap(double qualityLevel) {
cv::Mat cornerMap;
threshold = qualityLevel * maxStrength;
cv::threshold( cornerStrength, cornerTh,

```

```

threshold,255,cv::THRESH_BINARY);
cornerTh.convertTo(cornerMap,CV_8U);
cv::bitwise_and(cornerMap,localMax,cornerMap);
return cornerMap; }

void getCorners(std::vector<cv::Point>&points,double qualityLevel) {
    cv::Mat cornerMap= getCornerMap(qualityLevel);
    getCorners(points, cornerMap); }
//遍历全图,获得角点
void getCorners(std::vector<cv::Point> &points,
    const cv::Mat& cornerMap) {
    for(int y=0;y<cornerMap.rows;y++) {
        const uchar * rowPtr=cornerMap.ptr<uchar>(y);
        for(int x=0;x<cornerMap.cols;x++) {if(rowPtr[x]) {
            points.push_back(cv::Point(x,y));
        }}}
    };
}

```

1.2 特征点准确匹配与空间模型变换

基于以上改进的 Harris 角点检测算法找出角点;并嵌入归一化互相关函数,实现特征点的配对:

$$N(i,j) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (I_1(i,j) - I_1)(I_2(i,j) - I_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (I_1(i,j) - I_1)^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (I_2(i,j) - I_2)^2}} \quad (5)$$

式中, $N(i,j) \in [-1,1]$ 为归一化自相关函数值,越接近1,两个特征点越相关; $I_1(i,j)$ 为图像 I_1 在坐标 (i,j) 的灰度值; $I_2(i,j)$ 为图像 I_2 在坐标 (i,j) 的灰度值; I_1 为图像 I_1 灰度平均值; I_2 为图像 I_2 灰度平均值。

然后根据式(6),去除误配点。

$$\left| \frac{x_1 - x_1^1}{y_1 - y_1^1} \right| = \left| \frac{x_2 - x_2^1}{y_2 - y_2^1} \right| \quad (6)$$

式中, $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 分别为图像 I_1, I_2 的一对配准特征点; $(x_1^1, y_1^1), (x_2^1, y_2^1)$ 分别为图像 I_1, I_2 的一对配准特征点。

根据式(5),计算归一化互相关值。对两幅图的每个角点进行归一化互相关计算,根据相似程度两两配对。

由于基于归一化互相关计算的两两配对,难免存在误配。根据角点几何分布特性:两对特征点的坐标,存在一个规律(如式(5)),如果不符合,则存在误配,应予以剔除。

采用空间模型转换(如式(7)),将所有小图的坐标转换到大图中,图像重采样后,即完成图像拼接。

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{M} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

式中, $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 分别为图像 I_1, I_2 的一对配准特征点;矩阵 \mathbf{M} 为空间模型转换矩阵。

采用空间模型转换,将所有小图的坐标转换到大图中,按照转换模型得到的大图各区域坐标,将对应的待拼接的小图读入相应坐标区域,即完成图像拼接。由于 \mathbf{M} 有8个自由度,故取4对特征点易得矩阵 \mathbf{M} 。

快速图像拼接部分代码如下:

```

function D=mosaic(image_1,image_2,i,j)
[ra,ca,a]=size(image_1);
[rb,cb,b]=size(image_2);
Xa=image_1;Ya=image_2;
dis=i;
EXa=zeros(abs(dis),ca,3)+255;
EXb=zeros(abs(dis),cb,3)+255;
if dis>1
    Xa=[EXa;Xa];
    Ya=[Ya;EXb];
else if dis<-1
    Xa=[Xa;EXa];
    Ya=[EXb;Ya];
end
dm=j;%%拼缝宽度,在此处限定宽度不超过50pel
A=Xa(:,1:(ca-dm-1),:);
B1=Xa(:,(ca-dm):ca,:);
B2=Ya(:,1:dm,:);
B=imagefusion02(B1,B2);%%部分叠加(融合)
C=Ya(:,(dm+1):cb,:);%%剪裁出第二图的剩余部分
D=[A,B,C];%%聚合,实现拼接
[r,c]=size(D);
if dis>1
    D=D(1:(r-dis),:,:);
else if dis<-1
    D=D((abs(dis)+1):r,:,:);
end

```

2 实验结果与分析

借助 MATLAB 7.12 软件来测试文中拼接算法的性能。仿真环境为:英特尔 I7,2.3 GHz 双核 CPU,500 GB 硬盘,4 GB 内存,操作系统为 Windows 7.0。为了体现文中机制的优越性,设立对照组:文献[4]。待拼接的图像,如图3所示。基于 MATLAB,实现文中提出的拼接算法,拼接结果如图4所示。

如图3所示,等待拼接的图像,利用文中机制对特征点准确匹配,实现图像的优质拼接,见图4。从图中可知,文中机制拼接图像缝合处完好,无漏拼现象。

如图5所示,经过文献[4]的算法拼接后,得到图像存在明显误拼和漏拼。由于文献[4]采用了传统的 Harris 响应函数,其受 k 值影响大,往往不能对多帧图

像采用相同的参数;且传统的 Harris 角点检测往往有很多伪角点,严重影响了其拼接精度。通过图 5、图 6 的比较,对照组算法的拼接效果明显没有文中准确。

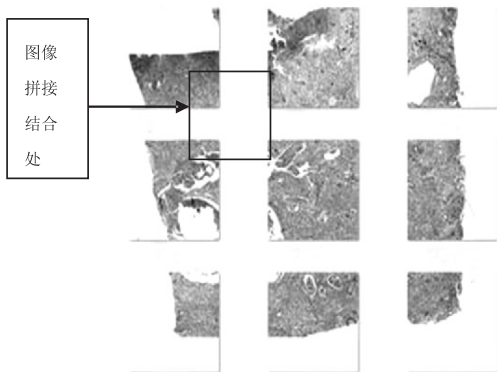


图 3 待拼接图像

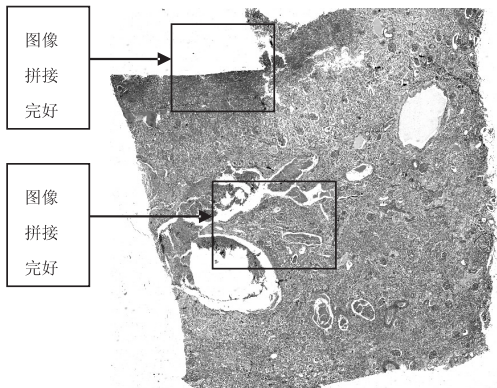


图 4 基于文中快速拼接算法拼接完成图像

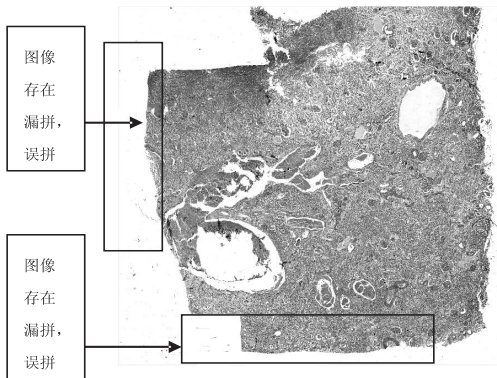


图 5 文献[4]拼接算法拼接完成图像

由于文中是基于有效角点展开聚焦工作,有效避免了以全局角点为对象展开拼接,减小了计算量,提高了拼接速度,见图 6(a);而对照组拼接算法基于全局角点(包含很多伪角点)展开拼接工作,增加了不必要的计算量,使其时耗严重,见图 6(b)。由对比可见,文中拼接算法效率优于传统拼接算法。

3 结束语

文中针对传统拼接速度慢、精度不够等难题,提出了改进 Harris 角点检测算子和特征点精准匹配算法,设计了快速图像拼接算法。文中改进 Harris 响应函



(a) 文中方法所用时间

(b) 对照组方法所用时间

图 6 文中方法与对照组方法运行时间对比数,规避 k 值的影响,提高角点检测精度。基于归一化互相关函数和角点分布几何特性,设计了精准特征点匹配算法,解决了图像拼接速度慢、精度不够的问题。经过实验验证,文中提出的拼接算法的精度和效率优于普通拼接算法。

参考文献:

[1] 尚明妹. 基于特征点约束关系的图像拼接算法[J]. 电视技术, 2012, 36(13): 64-67.

[2] 王丁禾, 牛照东, 汤 达, 等. 旋转扫描序列图像的投影矩阵和拼接应用[J]. 电视技术, 2012, 36(19): 155-158.

[3] 梁玉敏, 蔡晓东, 张学敏. 基于图像校正与相位相关的视频拼接算法[J]. 电视技术, 2013, 37(17): 151-154.

[4] 李欢欢, 黄 山, 张洪斌. 基于 Harris 与 SIFT 算法的自动图像拼接[J]. 计算机工程与科学, 2012, 34(11): 104-108.

[5] Xu Xiangyang, Xu Shengzhou, Jin Lianghai, et al. Characteristic analysis of otsu threshold and its applications[J]. Pattern Recognition Letters, 2011, 32(7): 956-961.

[6] Mat-Isa N A, Mashor M Y, Othman N H. An automated cervical pre-cancerous diagnostic system[J]. Artificial Intelligence in Medicine, 2008, 42(1): 1-11.

[7] 党建武, 宗 岩, 王阳萍. 基于 SIFT 特征检测的图像拼接优化算法研究[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(1): 329-332.

[8] Plissiti M E, Nidou C, Charchanti A. Watershed-based segmentation of cell nuclei boundaries on Pap smear images [C]//Proc of 10th IEEE international conference on information technology and applications in biomedicine. [s. l.]: [s. n.], 2011: 145-149.

[9] 郭一汉, 史美萍, 吴 涛. 基于 GPU 的实时图像拼接[J]. 计算机科学, 2012, 39(7): 257-261.

[10] Mao S, Chan Y, Chu Y. Edge enhancement nucleus and cytoplasm contour detector of cervical smear images [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 2008, 38(2): 353-366.

[11] 吴福虎, 罗 斌, 汤 进, 等. 基于边缘相关的红外热像配准[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(7): 88-90.

[12] 杨云涛, 冯 莹, 曹 毓, 等. 基于 SURF 的序列图像快速拼接方法[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(3): 6-9.

[13] Fathima A A, Karthik R, Vaidehi V. Image stitching with combined moment invariants and sift features[J]. Procedia Computer Science, 2013, 19(10): 420-427.

局部响应函数耦合特征匹配的图像拼接

作者：[张妮妮](#)，[李旸园](#)，[陈绥阳](#)，[ZHANG Wei-wei](#)，[LI Yang-yuan](#)，[CHEN Sui-yang](#)
作者单位：[西安思源学院 电子信息工程学院, 陕西 西安, 710038](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2015(5)

引用本文格式：[张妮妮](#). [李旸园](#). [陈绥阳](#). [ZHANG Wei-wei](#). [LI Yang-yuan](#). [CHEN Sui-yang](#) [局部响应函数耦合特征匹配的图像拼接](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(5)