

低灰度高光谱有损图像快速配准方法研究

张伟华¹,王海英¹,宋 斌²

(1 郑州成功财经学院,河南 郑州 451200;2 河南科技大学,河南 洛阳 471023)

摘 要: 提出一种基于 SIFT 的低灰度高光谱有损图像快速配准方法. 该方法先对基准低灰度高光谱有损图像和待配准低灰度高光谱有损图像进行降采样,对降采样的基准低灰度高光谱有损图像和待配准的低灰度高光谱有损图像分别提取 SIFT 特征点,通过对基准低灰度高光谱有损图像的同名特征点进行有效匹配,得到若干数量的低灰度高光谱有损图像的控制点,最终利用三角网对低灰度高光谱有损图像进行局部匹配,并且在三角网内重复进行低灰度高光谱有损图像的三角网匹配. 实验结果表明,所提方法不仅控制了特征点数量,还减少了图像配准的匹配时间,在有效提高图像匹配准确度的同时,也对特征匹配的效率有较大的提高.

关键词: 低灰度;高光谱;图像快速配准

中图分类号: TP751

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2017)04—0106—04

Research on Fast Registration Method for Low Gray and High Spectral Lossy Image

ZHANG Wei-hua¹, WANG Hai-ying¹, SONG Bin²

(1 Zhengzhou Chengong University of Finance and Economics, Zhengzhou 451200, China;

2 Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

Abstract: This paper presents a SIFT based low gray hyperspectral image lossy fast registration method. This method on the basis of low gray hyperspectral image lossy image registration and low gray hyperspectral image lossy down sampling, to reduce sampling benchmark Gray hyperspectral image lossy and to measure the low gray hyperspectral image lossy SIFT features are extracted, by Hyperspectral on the basis of low gray effectively matching feature points of image, get a certain number of low gray hyperspectral image control point loss, the final use of triangulation of low gray a hyperspectral image in local matching, and triangulation in repeated low gray hyperspectral triangulation image matching. The experimental results show that the proposed method not only control the number of the feature points, but also reduce the matching time of image registration, to effectively improve the image matching accuracy at the same time, also on the efficiency feature matching Have greater improvement.

Key words: low gray level; hyperspectral; image registration

1 引言

图像配准技术作为机器视觉和图像处理的基本问题及重要组成部分,被广泛的应用于图像重建、目标识别与跟踪等各个领域^[1-3]. 图像配准技术是将同一场景在不同的时间、不同的传感器以及不同条件下获取的两幅或多幅图像进行图像匹配和叠加的处

理过程,图像信息融合、目标定位以及高分辨率图像的重建等后续处理工作都离不开图像的精确配准,且处理结果的好坏将直接影响后续工作的质量^[4-6]. 因此,对低灰度高光谱有损图像进行快速配准方法的研究,完善与优化图像配准的精确度,提高图像配准的运算时间,是目前此领域的专家学者们主要研究的课题之一^[7-9].

文献[10]提出基于最小二乘的低灰度高光谱有损图像快速配准方法。该方法先提取低灰度高光谱有损图像的特征点并建立二进制描述符,然后结合单应性矩阵估计,剔除可能的错误匹配,利用最小二乘法估计单应性矩阵,并对待配准低灰度高光谱有损图像进行重采样。该方法较为简单、易于实现,但是对尺度以及视角变化比较敏感,且存在抗噪声能力差的问题。文献[11]提出基于特征点检测的低灰度高光谱有损图像快速配准方法。该方法先利用加速分割测试特征算子在低灰度高光谱有损图像金字塔上提取角点特征,通过计算出角点的主方向来建立 BRIEF 描述符,该方法不仅缩短了描述符的建立时间,还对光照变化具有较强的鲁棒性,但是存在运行时间长且特征点检测不具备尺度和旋转不变性等问题。

针对上述问题,本文提出基于 SIFT 的低灰度高光谱有损图像快速配准方法。

2 低灰度高光谱有损图像快速配准方法

2.1 低灰度高光谱有损图像特征点提取

在进行低灰度高光谱有损图像快速配准方法过程中,先对低灰度高光谱有损图像进行不同尺度的高斯平滑处理和降采样,得到低灰度高光谱有损图像的高斯尺度空间,结合低灰度高光谱有损图像卷积,确定低灰度高光谱有损图像尺度空间的局部特征点,最后通过计算低灰度高光谱有损图像像素点处的梯度模值和方向,使得低灰度高光谱有损图像具备旋转不变性,增强了低灰度高光谱有损图匹配的鲁棒性。具体过程如下所述:

先将原低灰度高光谱有损图像放大为原来的两倍,通过对低灰度高光谱有损图像进行不同尺度的高斯平滑处理和降采样,得到低灰度高光谱有损图像的高斯尺度空间,利用式(1)进行表示。

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) \cdot I(x, y) \quad (1)$$

式中, $G(x, y, \sigma)$ 代表可变高斯核函数; σ 代表可变核; $I(x, y)$ 代表输入的低灰度高光谱有损图像; (x, y) 代表低灰度高光谱有损图像空间坐标; $L(x, y, \sigma)$ 表示低灰度高光谱有损图像的尺度空间。

结合低灰度高光谱有损图像卷积生成的高斯差分尺度空间与不同尺度的高斯差分核对低灰度高光谱有损图像进行局部最大化检测,确定低灰度高光谱有损图像尺度空间的局部特征点,利用式(2)进行计算:

$$D(x, y, \sigma) = [G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)] \cdot I(x, y)$$

$$= L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \quad (2)$$

式中, k 代表固定系数,利用泰勒公式对特征点 $D(x, y, \sigma)$ 进行二次项展开,去除低灰度高光谱有损图像对比度低的特征点,提高抗噪能力,利用公式(3)进行表示:

$$D(X) = D + \left(\frac{\partial D}{\partial X}\right)^T X + \frac{1}{2} X^T \frac{\partial^2 D}{\partial X^2} X \quad (3)$$

式中, $X = (x, y, \sigma)^T$ 代表特征点的位置和尺度信息的向量, T 代表高斯差分尺度空间维度, D 代表低灰度高光谱有损图像高斯差分尺度空间的计算结果。通过对式(3)进行求导,得到低灰度高光谱有损图像的极值点以及对应的极值,在此基础上利用黑塞矩阵的主曲率来剔除低灰度高光谱有损图像不稳定的边缘响应点,利用式(4)进行表示:

$$\frac{tr(\mathbf{H})^2}{Det(\mathbf{H})} = \frac{(\alpha + \beta)^2}{\alpha\beta} = \frac{(r\beta + \beta)^2}{r\beta^2} = \frac{(r+1)^2}{r} \quad (4)$$

式中, $\mathbf{H}$ 代表黑塞矩阵; D_{xx}, D_{xy}, D_{yy} 代表黑塞矩阵空间域的迹和行列式系数, $tr(\mathbf{H}) = D_{xx} + D_{yy} = \alpha + \beta$, $Det(\mathbf{H}) = D_{xx}D_{yy} - (D_{xy})^2 = \alpha\beta$ 分别代表 $\mathbf{H}$ 的迹和行列式值; β 代表 $\mathbf{H}$ 的最小特征值; α 代表 $\mathbf{H}$ 的最大特征值,且 $\alpha = r\beta$, r 代表比例系数。

为保证低灰度高光谱有损图像具备旋转不变性,利用式(5)对低灰度高光谱有损图像像素点 (x, y) 处的梯度模值 $m(x, y)$ 和方向 $\theta(x, y)$ 进行计算:

$$\begin{cases} m(x, y) = \sqrt{[L(x+1, y) - L(x-1, y)]^2 + \\ \sqrt{[L(x, y+1) - L(x, y-1)]^2}} \\ \theta(x, y) = \arctan \left[\frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)} \right] \end{cases} \quad (5)$$

式中, L 代表低灰度高光谱有损图像每个特征点各自所在的尺度。通过以特征点为中心的邻域窗口内低灰度高光谱有损图像像素点的梯度方向,形成梯度直方图。直方图的峰值代表该特征点的主方向,且每个特征点会被指定具有多个方向,这可以增强匹配的鲁棒性。

2.2 低灰度高光谱有损图像的特征点匹配

在进行低灰度高光谱有损图像快速配准过程中,以 2.1 节获得的低灰度高光谱有损图像像素点的梯度模值和方向为依据,进行低灰度高光谱有损图像的三角网匹配。具体过程如下所述:

假设 $R(P, Q)$ 代表 Q 中的每个低灰度高光谱有损图像的特征点与 Q 中的最近邻与次近邻的距离比率,当 $R(P, Q)$ 小于阈值 R_{th} 时,即为低灰度高光谱有损图像正确匹配点,否则抛弃,由此获得低灰

度高光谱有损图像正向匹配点构成集合为 F , 利用式(6) 进行表示:

$$F = \{(P, P') | R(P, Q') \leq R_{th1}\} \quad (6)$$

与正向低灰度高光谱有损图像匹配过程相同, 假设 $R(P, Q')$ 代表 Q' 中的每个低灰度高光谱有损图像的特征点与 Q' 中的最近邻与次近邻的距离比率, 当 $R(P', Q)$ 小于阈值 R_{th2} 时, 为正确的反向低灰度高光谱有损图像匹配点, 利用式(7) 表示反向低灰度高光谱有损图像匹配点的点集 H :

$$H = \{(P', P) | R(P', Q) \leq R_{th2}\} \quad (7)$$

假设 M 代表的低灰度高光谱有损图像的正向匹配点集与反向匹配点集的交集为低灰度高光谱有损图像的双向匹配结果, 即 $M = F \cap H$, 根据欧氏距离公式计算两个特征点之间的相似性:

$$D(x_i, y_i) = \sqrt{\sum_{i=0}^K (x_i - y_i)^2} \quad (8)$$

式中, K 代表两个特征点相似性判定阈值, x_i, y_i 代表两个特征描述子. 结合相似度理论, 以基准低灰度高光谱有损图像的特征点周围一个领域的窗口为模板, 求解与待配准低灰度高光谱有损图像相似度最大的窗口中心点, 此中心点为寻找的基准低灰度高光谱有损图像的同名特征点, 利用式(9) 进行表示.

$$R = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n P(x, y) P'(x, y)}{\sqrt{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n P(x, y)^2} \sqrt{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n P'(x, y)^2}} \quad (9)$$

式中, $P(x, y), P'(x, y)$ 分别代表基准低灰度高光谱有损图像和待配准低灰度高光谱有损图像, m, n 表示基准低灰度高光谱有损图像模板的尺寸. 通过对基准低灰度高光谱有损图像与待配准低灰度高光谱有损图像特征点的提取和同名像素点的匹配, 得到若干数量的控制点, 利用式(10) 进行表示:

$$\begin{cases} x = a_0x' + a_1y' + a_2 \\ y = b_0x' + b_1y' + b_2 \end{cases} \quad (10)$$

式中, $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ 代表 6 个仿射变换参数, x, y 分别代表基准低灰度高光谱有损图像的列、行坐标, x', y' 分别代表待配准低灰度高光谱有损图像的列、行坐标. 假设选取的控制点为已知点, 利用基准低灰度高光谱有损图像的同名特征点建立三角网, 对基准低灰度高光谱有损图像与待配准低灰度高光谱有损图像进行双相匹配, 利用式(11) 进行计算:

$$\begin{aligned} F' &= \{(P, P') | R(P', Q_i) \leq R_{th1}\} \\ H' &= \{(P', P) | R(P, Q'_i) \leq R_{th2}\} \\ M' &= F' \cap H' \end{aligned} \quad (11)$$

式中, Q_i 和 Q'_i 分别代表基准低灰度高光谱有损图像与待配准低灰度高光谱有损图像的三角网内特征点集合, $R(P, Q'_i)$ 代表 Q'_i 中的每个低灰度高光谱有损图像的特征点与 Q_i 中的最近邻与次近邻的距离比率, $R(P', Q_i)$ 代表 Q_i 中的每个低灰度高光谱有损图像的三角网内特征点与 Q'_i 中的最近邻与次近邻的距离比率, F', H', M' 分别代表低灰度高光谱有损图像正向匹配、反向匹配以及上相匹配的结果. 通过低灰度高光谱有损图像同名特征点建立的三角网, 在每个三角形完成匹配后分别在每个三角网内接着采用三角网进行低灰度高光谱有损图像小面元的精确匹配, 从而实现低灰度高光谱有损图像的精确匹配.

3 实验结果与分析

为了证明提出的基于 SIFT 的低灰度高光谱有损图像快速配准方法的有效性, 需要进行一次实验. 实验数据选用 80 对从不同角度拍摄的具有不同旋转角度、不同放缩比例以及视角变化的相同场景图像. 分别利用 SIFT 方法和 SURF 方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准实验, 将不同方法下匹配效率(%)、特征点数目(个)和匹配时间(s)进行了比较. 用表 1 进行表示.

表 1 不同方法的图像配准综合效果比较

方法	特征点数/ 个	匹配时间/ s	花费时间/ s	匹配效率/ %
SURF 方法	689	2.965 1	3.659 4	81.0
SIFT 方法	635	1.866 5	2.014 6	92.6

对表 1 进行分析后可知, 利用 SIFT 方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准的综合效果要优于 SURF 方法, 在特征点数较少的情况下, 其匹配时间、花费时间、匹配效率均要优于 SURF 方法, 具有一定的优势.

以表 1 给出的统计结果为基础, 分别利用 SIFT 方法和 SURF 方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准实验, 将不同方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准的运算时间(s)进行对比, 对比结果如图 1 所示.

由图 1 可知, 利用 SURF 方法进行的低灰度高光谱有损图像快速配准的运算时间要短于 SIFT 方法, 随着特征点数的增加, SURF 方法的运算时间上升趋势较小, 具有一定的优势.

分别利用 SIFT 方法和 SURF 方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准实验, 利用不同方法进行

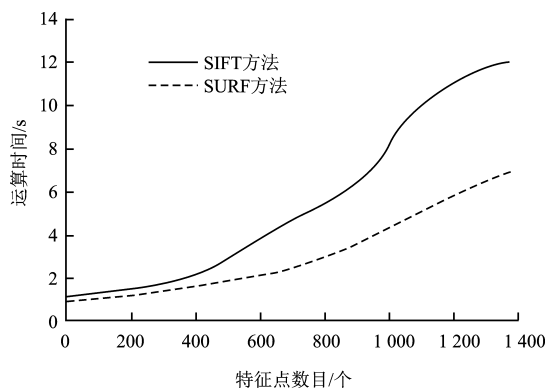


图1 不同方法的运算时间对比曲线

匹配时,一些无匹配区域提取了错误的特征点,出现了误匹配的发生. 误匹配率(%)可由公式求出,即 $W_{ratio} = Nu_w / Nu_t$, 式中, Nu_w 代表低灰度高光谱有损图像的错误匹配图像对, Nu_t 代表总的低灰度高光谱有损图像对. 将不同方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准的误匹配率(%)进行对比,对比结果如图2所示.

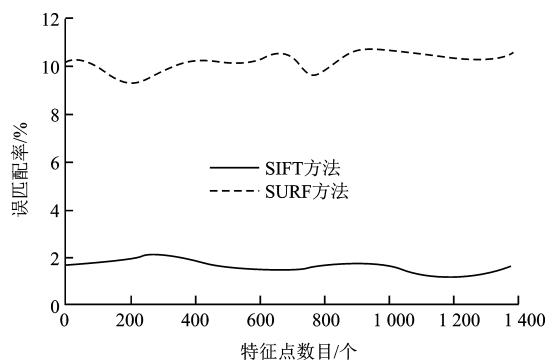


图2 不同方法的误匹配率对比曲线

对图2进行分析后可知,利用SIFT方法进行的低灰度高光谱有损图像快速配准的误匹配率要小于SURF方法,这主要是因为利用SIFT方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准的过程中,结合低灰度高光谱有损图像卷积,建立基准低灰度高光谱有损图像与待配准低灰度高光谱有损图像之间的变换关系,利用SIFT方法进行低灰度高光谱有损图像快速配准的误匹配率较小.

4 结束语

当前方法对低灰度高光谱有损图像进行配准时,难以获取基准低灰度高光谱有损图像的同名特征点,且存在图像特征点提取数目大、运算时间长且图像配准点精度不高的问题. 为此,提出一种基于

SIFT算法的低灰度高光谱有损图像快速配准方法. 实验结果表明,所提方法不仅控制了特征点数量,还减少了图像匹配时间,在有效提高图像匹配准确度的同时,也对特征匹配的效率有较大的提高.

参考文献:

- [1] 余婷. 基于典型面元特征的全色与高光谱图像自动配准算法[J]. 电脑知识与技术, 2016, 12(14): 170-173.
- [2] 刘琼, 严由嵘, 张旭, 等. 基于动态小波亚像素配准的战场遥感识别仿真[J]. 计算机仿真, 2015, 32(9): 1-4.
- [3] 张艳超, 肖宇钊, 庄载椿, 等. 基于小波分解的油菜多光谱图像与深度图像数据融合方法[J]. 农业工程学报, 2016, 32(16): 143-150.
- [4] 王春萌, 韩焱, 刘宾. 一种基于投影曲线的印刷电路板图像配准方法[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(2): 262-265.
- [5] 刘桥, 向夏芸, 王密, 等. 基于几何定位一致性的星载多光谱影像配准精度分析[J]. 航天返回与遥感, 2015, 36(6): 64-71.
- [6] 李奇峻, 范大昭, 雷蓉, 等. 资源三号多光谱影像谱段间相对内参关系标定及高精度配准[J]. 测绘学报, 2016, 45(6): 685-690.
- [7] 周恋玲, 张静. PCB板缺陷检测中图像配准技术研究[J]. 电子设计工程, 2016, 24(3): 166-168.
- [8] 谢征, 崔少辉. 基于BRISK特征匹配航拍图像自动配准方法[J]. 半导体光电, 2016, 37(2): 289-293.
- [9] 唐祚, 闫德勤, 刘彩凤. 基于小波变换的脑部医学 Demons 图像配准[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(7): 2515-2517.
- [10] 陈昭, 谢勤岚. 结合形状特征点和灰度信息的心脏 DSCT 图像配准[J]. 计算机与数字工程, 2016, 44(9): 1801-1805.
- [11] 陈克寒, 杨华民. 利用光线投射法虚拟 X 光线图片进行基于灰度的 2D/3D 配准算法研究[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2016, 39(2): 103-106.

作者简介:

张伟华 男, (1980-), 硕士, 讲师. 研究方向为云计算、计算机图形图像处理等.

王海英(通讯作者) 女, (1982-), 硕士, 讲师. 研究方向为云计算、计算机图形图像处理、数据库理论等.

E-mail: 496414322@qq.com.

宋 斌 男, (1978-), 博士, 讲师. 研究方向为图像处理和模式识别.