

一种新的基于局部反射变换原理图像匹配算法研究^{*}

王惠荣

(广东工程职业技术学院, 广州 510095)

摘 要: 主要研究了采用一种新的基于局部反射变换原理来对图像进行配准处理。针对传统的图像配准算法效率和精度较低,提出了一种新的快速简便的图形局部反射变换不变性特性的关键点筛选和配准算法。算法首先利用尺度不变特征转换算法(SIFT)提取图像中的关键点,然后在关键点附近区域构造三角形区域,并根据仿射不变性原理,计算各三角形区域相对面积;以此相对面积的比例来确定最终的关键点并对其进行配准操作,方法简单高效。实验结果表明,提出的方法能快速地筛选图像中的关键点,并在保证准确性的前提下,获得尽可能多的关键点,充分保证了最终图像配准操作的准确性。

关键词: 形状匹配; 局部反射; 关键点提取; 尺度不变特征转换

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2012)03-1198-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.03.111

New image matching algorithm based on local reflection transformation principle

WANG Hui-rong

(Guangdong Polytechnic College, Guangzhou 510095, China)

Abstract: This paper presented a method to classify tentative feature matches as inliers or outliers to a transformation model. It was well known that ratios of areas of corresponding shapes were affine invariants. This algorithm used consistency of ratios of areas in pairs of images to classify matches as inliers or outliers. The method selected four matches within a region, and generated all possible corresponding triangles. It classified all matches as inliers or outliers based on the variance among the ratio of areas of the triangles. Used the selected inliers to compute a homography transformation. Experimental results show significant improvements over the baseline RANSAC algorithm for pairs of images in the database.

Key words: shape matching; local reflex; key point extract; scale invariant feature transform

对两个任意形状进行比较和匹配在计算机视觉领域具有极其重要的应用价值。例如在医学图像处理系统中,需要对具有形变的器官进行识别^[1];在工业零件检测领域,对所生产的零部件进行定位测量通常也是通过提取零件的外部轮廓来进行定位跟踪,并与设计数据进行比较^[2]。其他的基于物体形状的匹配算法也被广泛应用在人脸、人体识别等领域^[3]。对于两个任意形状的匹配算法,常用的方法通常是首先对于一幅图像在全局范围内提取某些特征,通常是以点或者线为基础的特征;然后将一个图形所对应的点或者线特征通过一组平移或者旋转变换,使其投影结果与另外的图形最为接近,再通过度量两者之间的相似度进行识别。该方法的一个缺陷是只能满足固定形状物体之间的匹配,无法实现形变物体,例如人体器官的比较。

其他制约形变物体匹配算法的精度和适用范围的因素包括对应关键点匹配的制约。在一个物体轮廓上,可以提取很多的关键点信息,如角点。但是,在众多的点特征中,要寻找出两个图形之间相互对应的关系常常制约了形状匹配算法的实现,这会导致出现大量无法匹配的关键点。所选用的图形变换方程对匹配结果起着至关重要的作用。如前所述,如果只选取刚性变换方程,则无法满足形变物体匹配的要求。在以往的算法中,大多考虑图形点集在全局范围内的最优解,即在统计意义上获得最优的匹配效果。但是这类方法会忽略图形在局部范围内的分

布特性,尤其针对形变物体而言,某些局部特征是识别物体的关键信息,要较其他部分对识别和匹配具有更重要的意义。

通常的基于关键点匹配算法的形状匹配模型会产生大量的点误匹配。因此使用点匹配的后续处理算法来滤除错误的点匹配结果,也对最终的图形匹配结果起着关键作用。本文针对形变图形配准和识别的难点,提出一种新的基于图形局部反射变换不变性特性的关键点筛选和配准运算方法。

1 局部仿射变换模型

图像的主要特征包括图像降采样率、颜色和方向。特征提取后,可以得到一个相应的特征图像,这个特征图像包含三个通道,每个通道对应着一组特征值。但是对不同场景的图像,其特征图像会具有不同的特性。例如具有强烈纹理特性的图像,其方向特征会较其他两个特征有更大的对比度;对于自然场景图像,其颜色和方向的对比度会比较大;对于建筑和人脸图像等,其亮度对比值和方向对比值较大。

本文提出了一种利用图像或者图形局部仿射变换模型的方法来有效地对关键点进行配准操作,从而保证图形之间所得到的关键点对个数达到最大,确保了匹配和识别的准确性。

以往图像图形配准的方法大多利用某些迭代算法,试探性地对某个图形进行线性或者非线性的投影变换,以使得投影变换以后的图形与目标图形之间统计意义下差值最小。在经过

若干次迭代运算以后,算法趋于稳定,得到最终的图形投影结果和图形之间的相关度。这类方法的算法复杂度通常是 $O(mn)$, 其中 m 为图形个数, n 为配对个数。这类算法的典型例子是 RANSAC 算法^[4]。

与以往方法不同,本文利用局部仿射不变性特性以使得图形所占的区域面积保持不变,从而实现关键点的配准。在迭代算法中对每个关键局部区域采样四个关键点,然后利用这四个关键点所确定的三角形来计算区域面积。如果两个图形相应区域所对应关键点以及关键点所确定的面积比率保持不变,则认为这两个图形形状所对应的关键点配对成功。

仿射变换可以描述图像或者图形之间的多种变换模式,包括平移、旋转、缩放等。其数学模型包含六个自由变量,在标准坐标系中可用如下公式表示:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中: $(x, y, 1)^T$ 为给定图形中某关键点原始坐标, $(x', y', 1)^T$ 则为变换后所对应的关键点坐标。

仿射变换具有变换不变性,即变换前后原平行线依然保持平行,变换前后任意长度比率保持不变,以及任意面积比率保持不变。因此,可以利用这些变换不变信息来求取形状中关键点的所在位置以及多幅图形中的相对关系。与以往方法不同,考虑到形变物体整体形状的可变性,针对图形的局部进行仿射变换,在保证局部关键点匹配准确性的前提下,整体满足形变的要求。本文所述方法可以描述如下:

a) 对于任意给定的待测关键点,利用三角剖分法 (delau-
nay triangularization) 计算其周边三角区域。所采用的方法是先
计算待测点周围三个最邻近的关键点,然后由这四个点来计算
四个三角区域。如果任何三角形的锐角小于 10° , 则重新选取构
成该三角形的顶点,使得最终三角形的内角都大于 10° 。

b) 计算各个三角形之间的面积比例,并作归一化处理。
归一化的方法是将各面积比例除以比例最大者。如果归一化
处理后的最小比例值小于某个阈值 0.9, 则认为该组三角剖分
及其所对应的关键点为噪声点。

c) 对于噪声点,重新选取其周围三个非噪声关键点,并通
过计算仿射变换后的不变特性来确认是否最终为噪声点。

在最终确定的配准关键点基础上,采用 RANSAC 算法
进行图形的匹配运算,该算法的流程如图 1 所示。

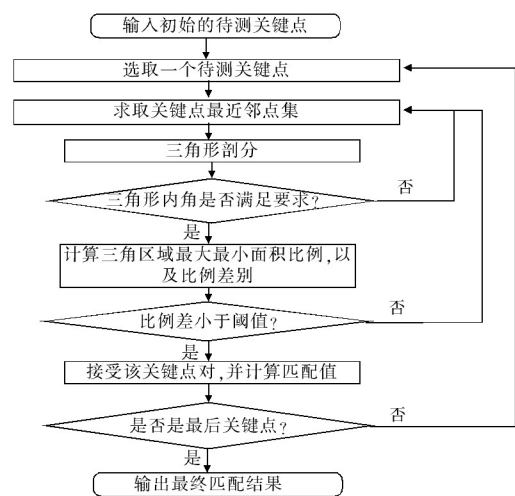


图 1 算法流程

2 局部反射变换原理关键点特征匹配提取

本文提出的基于局部反射变换算法的主要核心点在于,首先利用 SIFT 算法提取图像中的关键点,然后在关键点附近构造三角形区域,并根据仿射不变性计算各三角形区域相对面积。以此相对面积的比例来确定最终的关键点并对其进行配准操作,方法简单高效。在进行图形匹配之前,需要得到一组描述图形基本形状的特征点。在本文中,采用尺度不变算子 (SIFT) 来描述给定图形的轮廓形状。

SIFT 首先对图像进行高斯滤波并求取高斯差值,其计算公式为

$$f(x; \mu, \sigma_1, \sigma_2) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_1^2}\right) - \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_2^2}\right) \quad (2)$$

然后通过计算滤波后图像上的最大和最小峰值来确定图像的关键点。一般情况下, SIFT 所定位的关键点位于图像的边缘、角点等区域。图 2 显示了一幅人手图像中提取的 SIFT 关键点。

3 实验设置与结果分析

在 Windows 操作系统下, 本文所有的实验都是在 PC P4 T2310 1.86 GHz, 2 GB RAM, Intel 82865G 显卡的计算机上进行, 实验环境为 MATLAB 7.0。

选取了 300 幅图像对进行测试。这组图像包含房屋、飞行器、工具等不同形状的物体。首先对于图像, 使用维纳滤波器对其进行去噪, 以消除部分椒盐噪声和高斯白噪声; 然后使用 SIFT 特征点提取方法, 求取每幅图像中的关键点; 再采用本文所提出的基于局部特性的特征关键点筛选方法, 得到最终的匹配点对。

对于两幅图像或者图形的匹配, 在获得的匹配点对基础上, 利用归一化线性变换算法^[5] 对其进行投影变换和比较。最终两幅图形之间的相关度利用如下公式计算:

$$R = \sum_j \sqrt{(\bar{x}_1^j - x_1^j)^2 + (\bar{x}_2^j - x_2^j)^2} \quad (3)$$

其中: $\bar{x}^j$ 为经过投影变换后的关键点, x^j 为所对应的匹配到的关键点。

图 3 显示了使用本文方法进行关键点删选和匹配以后的结果与 RANSAC 算法结果的对比。从图中可以看到, 使用本文方法能提取更多的关键点对, 使得最终的有效关键点数量远远多于常规 RANSAC 算法所获得的关键点数量。这样能保证两个形状之间的匹配更为准确。

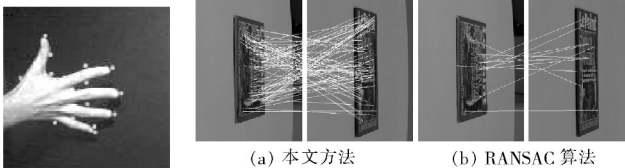


图 3 关键点筛选和匹配对比

图 4 显示了对于整个数据集中, 采用本文方法所获得的关键点对数与 RANSAC 算法获得的关键点对数的对比。图中的纵坐标表示对于给定图像, RANSAC 算法所求得的匹配关键点对数, 而横坐标表示对于相同图像, 本文算法所得到的匹配关键点对数的数量。可以发现, 图中对于相同的图像对, 本文方

法能获得更多的关键点匹配对,使得图 4 中多数点位于对角线下方。

为了比较本文算法与 RANSAC 算法的运算效率,在图 5 中对比显示针对每个图像对采用两种方法所需要的时间对比,其单位为 s。从图 5 中可以看到,对于相同的图像对,采用本文方法所需要的运算时间远远低于采用 RANSAC,使得图 5 中的点都位于对角线以上。所以实验验证了本文算法的有效性,比传统的算法复杂度更低。

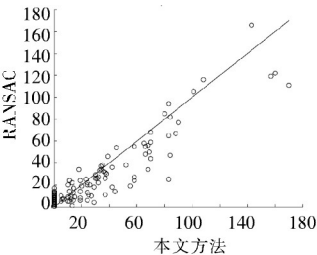


图 4 关键点匹配对数量对比

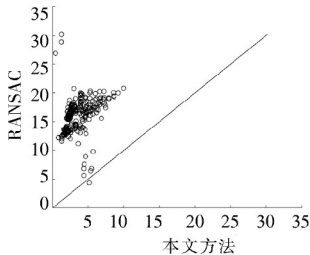


图 5 算法效率对比

在表 1 中,详细显示了采用 RANSAC 和本文算法所用时间对比结果。可以发现,无论图像中所提取的关键点个数为多少,本文算法的效率都远远高于 RANSAC 算法。

表 1 算法效率对比分析结果

关键点个数	RANSAC		本文方法	
	均值	方差	均值	方差
< 20	17.3	3.01	2.5	1.32
(20,50]	16.4	2.32	3.4	1.52
(50,100]	15.28	5.05	4.84	1.67

4 结束语

在本文中,提出了一种利用局部仿射不变性原理对图像图

(上接第 1171 页)从表 1~4 可以看出,本文算法分割结果图 4 (e)和图 5(e)的空间矩阵中,对角线元素均大于模拟退火遗传算法分割结果图 4(f)和图 5(f)的空间矩阵的对角线元素。说明本文算法得到了更完整的分割结果。

表 1 图 4(e)的空间矩阵

	class ₁	class ₂
class ₁	0.922 2	0.077 8
class ₂	0.136 8	0.863 2

表 3 图 5(e)的空间矩阵

	class ₁	class ₂
class ₁	0.958 8	0.041 2
class ₂	0.060 4	0.939 6

表 2 图 4(f)的空间矩阵

	class ₁	class ₂
class ₁	0.891 8	0.108 2
class ₂	0.309 3	0.867 0

表 4 图 5(f)的空间矩阵

	class ₁	class ₂
class ₁	0.866 1	0.133 9
class ₂	0.047 0	0.690 7

5 结束语

本文将描述方法用于 SAR 图像分割,得到了较好的分割效果,特别是在分割的同时很好地去除了噪声。但由于此方法假设前提为区域像素值恒定,使得方法的应用有一定局限性,更适用于农田、湖泊、机场跑道等区域像素值趋于一致的 SAR 图像。下一步需要研究能否直接对 SAR 图像乘性噪声直接建立描述模型,以及应用描述方法与其他分割方法(如区域分割法等)结合使用进行 SAR 图像分割^[12]。

参考文献:

[1] LEE J S, JURKEVICH I. Segmentation of sar images[J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1989, 27(6): 674-680.
[2] DU G, YEO T S. A novel launarity estimation method applied to SAR

形关键点进行筛选和配准的快速算法。针对具有形变特性的图形进行识别和匹配的难点,充分利用其局部结构特性。该方法具有以下优点:a)运算效率高,使用简单的三角形剖分法能有效地保证局部结构的稳定,并获得最优的算法效率;b)在全局范围内允许形变的发生,可以通过使用不同的能量函数或者配准函数来描述物体形状的变化和投影。该算法具有效率高、准确性好的特点,能广泛地应用在图像配准、医学图像处理等领域中。

参考文献:

[1] 谭志国,刘腾冲,孙即祥,等.一种非刚性医学图像点匹配方法[J]. 武汉大学学报:理学版,2007,53(6):759-764.
[2] TANG Min, PENG Xu-jun, ZHANG Zu-xuan, et al. 3D pose estimation by matching CAD data to single image[C]//Proc of SPIE. 2010:423-429.
[3] 刘晓宁,董卫军,周明全,等.基于轮廓线的三维人脸识别的改进算法[J]. 计算机工程,2008,34(11):46-48.
[4] FISCHLER M A, BOLLES R C. Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography[J]. Commun ACM, 2011, 24(6): 381-395.
[5] 苏士美,赵峰,周兵.外点不敏感的快速图像配准算法[J]. 计算机应用研究,2007,24(2):178-190.
[6] 张二虎,卞正中.基于最大熵和互信息最大化的特征点配准算法[J]. 计算机研究与发展,2004,41(7):1194-1199.
[7] 李登高,泰开怀.基于随机轮廓匹配的快速图像配准算法[J]. 清华大学学报:自然科学版,2009,46(1):111-114.
[8] 赵训坡,胡占义.一种实用的基于证据积累的图像曲线粗匹配方法[J]. 计算机学报,2010,28(3):357-367.

image segmentation[J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(12): 2687-2691.
[3] FJØRTOFT R, MARTON P, LOPES A, et al. An optimal multiedge detector for SAR image segmentation [J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1998, 36(3): 793-802.
[4] ZHU S C, YUILLE A. Region competition: unifying snakes, region growing, and Bayes/MDL for multiband image segmentation [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996, 13(9): 884-900.
[5] SMITS P C, DELLEPIANE S G. Discontinuity-adaptive Markov random field model for the segmentation of intensity SAR images[J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1999, 37(1): 793-802.
[6] RISSANEN J. Stochastic complexity in statistica inquiry [M]. Singapore: World Scientific, 1989: 223-239.
[7] SHANNON C E. A mathematical theory of communication [J]. Bell System Technical Journal, 1948, 27(7): 379-656.
[8] OLIVER C, QUEGAN S. Understanding synthetic aperture radar image [M]. Boston: Arrech House, 1998: 130.
[9] LECLERC Y G. Constructing simple stable descriptions for image partitioning [J]. International Journal of Computer Vision, 1989, 3(1): 73-102.
[10] VACHON P W. Spectral estimation techniques for multilook SAR image of oceanwaves [J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1992, 30(3): 568-577.
[11] 薄华,马缚龙,焦李成.基于免疫算法的 SAR 图像分割方法研究[J]. 电子与信息学报,2007,29(2): 375-378.
[12] GALLAND F, BERTAUX N, RÉFRÉGER P. Minimum description length synthetic aperture radar image segmentation [J]. IEEE Trans on Image Process, 2003, 12(9): 995-1006.