

基于 MATLAB 的图像配准方法

常学义¹, 孙秋冬², 任煜², 陈玮²

(1.上海第二工业大学成人与继续教育学院, 上海 200041;

2.上海第二工业大学电子电气工程学院, 上海 201209)

摘 要: 图像配准常常是作为其他图像处理应用的前处理步骤使用的, 往往用于图像的对准、目标识别与定位。介绍了在 MATLAB 系统中, 如何应用 MATLAB 的 IPT 函数对图像进行配准的方法: 首先用人机交互的方法在待配准图像与基准图像之间进行图像配准所必需的匹配控制点的选取, 然后用这些匹配控制点来计算两图像的某种空间几何变换关系, 最后利用这个空间几何变换关系对待配准图像进行几何变换, 获得配准结果。实验表明, 该方法实现容易, 且非常有效。

关键词: MATLAB; IPT 函数; 匹配控制点; 几何变换; 图像配准

中图分类号: TH123

文献标识码: B

0 引言

近年来, 图像配准技术已在军事、医学图像、地球遥感监测和天文学等领域有着广泛的应用。

图像配准常常是作为其他图像处理应用的前处理步骤使用的^[1]。例如, 可以用图像配准对地表卫星图像或核磁共振图像进行配准, 然后, 再对图像进行比较, 看大地如何迁移, 河流如何泛滥, 或者确定核磁共振图像上是否能看到肿瘤。但是, 我们常常会碰到这样的情况: 许多图像处理技术在实际应用中都要求有较高质量的输入图像, 但目前由于传感器的非线性和器件物理特性的限制, 我们只能得到原始物体在二维平面上投影图像的近似; 另一方面, 观察到的图像又会受到各种因素的影响, 如摄像机的角度、距离和方向、物体位置的移动以及其他因素, 往往会导致图像出现误差。这时, 我们就需要对图像进行配准。

图像配准主要分为几何配准和深度配准两种^[2]。本文主要介绍基于点映射的几何配准方法。该方法在待配准和基准两幅图像中选择控制点来确认图像中的相同特征和标志, 然后根据这些控制点的位置来推算某种空间映射的关系, 再用这种空间映射的关系对待配准图像进行几何变换, 获得配准结果。

本文所介绍的图像配准都是在 MATLAB 系统中进行的。MATLAB 的脚本简单明了, 且图像处理工具箱 (Image Processing Toolbox, 简称 IPT) 还提供了一些支持点映射的工具, 为算法的实现省却了大量时间和精力。

1 几何变换

几何变换可修改两幅图像中像素之间的空间联系。其作用是将一幅图像中的位置映射到另一幅图像中的新位置。确定使图像对准的空间几何变换参数, 对于图像配准来说是很关键的。

在数字图像处理中, 几何变换由两个基本操作组成: 1) 一个空间几何变换, 它定义了图像平面上像素的重新安排; 2) 灰度级 (表示某像素位置上亮暗程度的整数值) 插值, 它处理空间变换后图像中像素灰度级的赋值。

收稿日期: 2006-07-05; 修回日期: 2006-10-30

作者简介: 常学义(1958—), 男, 江苏人, 主要研究领域为电子技术。

1.1 空间几何变换^[3]

假设一幅定义在坐标系 (w, z) 上的图像 f , 经过几何变换 T 后产生了另一幅定义在坐标系 (x, y) 上图像 g , 那么这个变换可以表示为:

$$(x, y) = T\{(w, z)\} \quad (1)$$

例如, 如果 $(x, y) = T\{(w, z)\} = (w/2, z/2)$, 则变换后的图像只是简单地在两个空间方向上将 $f(w, z)$ 的尺寸收缩为一半。

空间变换的最常用形式是仿射变换, 它可以用如下矩阵形式表示:

$$\begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w & z & 1 \end{bmatrix} T = \begin{bmatrix} w & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

该变换可以做到按比例缩放、旋转、平移或者剪切等, 具体取决于 T 的元素的取值。

1.2 灰度级插值

对数字图像 f 和 g 而言, 根据式 (1) 的几何变换, 整数坐标 (x, y) 完全有可能由非整数坐标 (w, z) 变换所得, 某些对应 (x, y) 的原图像上的位置可能没有灰度定义, 所以有必要用基于整数坐标的灰度值去推断这些位置的灰度值。用于完成该任务的技术叫作灰度级插值。IPT 提供了如表 1 所示的三种插值方法^[1, 4]。

表 1 三种插值方法

Tab.1 Three interpolation methods

变量值	插值方法
'nearest'	最近邻插值法
'bilinear'	双线性插值
'bicubic'	双三次插值

1.3 空间几何变换的 MATLAB 实现方法

在 MATLAB 中, 用 IPT 函数 `imtransform` 来完成一般的二维空间变换。该函数的基本调用语法如下所示:

$$g = \text{imtransform}(f, \text{tform}, \text{interp})$$

其中的 f 为待变换的图像; `tform` 为一个指定变换类型的空间变换结构——TFORM 变量。创建一个 TFORM 结构有两种方法, 即使用 `maketform` 函数和 `cp2tform` 函数。`interp` 是一个字符串, 用来指明输入像素怎样插值来获得输出像素, 可以是 `nearest`, `bilinear` 或 `bicubic`。它可以省略, 这种情况下它默认为 `bilinear`。

2 图像配准

2.1 图像配准的原理

图像配准就是寻求两幅图像间一对一的映射的过程, 即将两幅图像中对应于空间同一位置的点联系起来。图像配准的关键问题是寻求图像之间的空间变换或几何变换。根据实际情况该空间变换可以做刚性变换, 也可以是较复杂的弹性变换。

若将几何变换理解为从一幅图像到另一幅图像之间的失真, 那么图像配准就是从失真图像到原图像的恢复。因此, 本质上图像配准就是那个产生失真的几何变换的反变换 $T' = T^{-1}$ 。

$$(w', z') = T^{-1}\{(x, y)\} = T'\{(x, y)\} \quad (3)$$

上式表示失真图像 g 经图像配准的几何变换 T' , 就能得到恢复图像 f' 。

2.2 图像配准的 MATLAB 实现

MATLAB 中的 IPT 支持以控制点为基础的点映射图像配准。一旦选出了足够的有效控制点 (见表 2), 就可以利用 IPT 函数来推导出实现某种映射关系的空间变换, 以便控制这些点。

使用点映射的图像配准包括以下步骤:

- 将图像读入到 MATLAB 的工作区;
- 指定图像中的成对控制点;
- 保存控制点对;
- 指定要使用的变换类型, 并根据控制点对推算出变换参数。
- 对待配准的图像进行空间几何变换, 使之对准。

2.2.1 配准的控制点选择

图像配准是通过几何变换对图像进行空间归一化的过程, 而进行图像配准的几何变换参数需根据图像的一些控制点来计算。可以说, 配准就是为了获得足够且精确的控制点, 即: 匹配控制点是配准的前提, 配准就是根据这些控制点做特定参数的几何变换运算。

所谓配准控制点就是待配准图像与基准图像上映射估计的对应点。选择时应遵循以下原则: 1) 两图像上的控制点必须特征一致, 一般是两幅图像中都能找到的标记, 比如道路的交叉口或者自然景物等; 2) 选择的点相对分散; 3) 控制点的数量需适中。控制点太少会影响估计精度, 太多则影响估计速度。

IPT 提供了一个称为控制点选择工具的交互工具 `cpselect` 函数, 可以利用它在两幅图像中选择成对的对应控制点。其调用格式为:

`cpselect(J, I, input_points, base_points)`

其中的 J 为待配准图像, I 为基准图像, `input_points` 和 `base_points` 分别为待配准图像与基准图像上的初始控制点集和最终控制点集的保存变量。

`cpselect` 函数是一个交互工具。它能同时显示如图 1 所示的待配准图像和如图 2 所示的基准图像^[3]的两个视图 (如图 3 所示, 概览窗口的右图为基准图像, 左图为待配准图像, 它是基准图像倾斜变形的结果), 且可以用鼠标对之进行点击, 选择两图中的控制点对。退出时它可以将变量 `input_points` 和 `base_points` 的值保存在系统的工作区 (Workspace) 中, 便于后续程序调用。

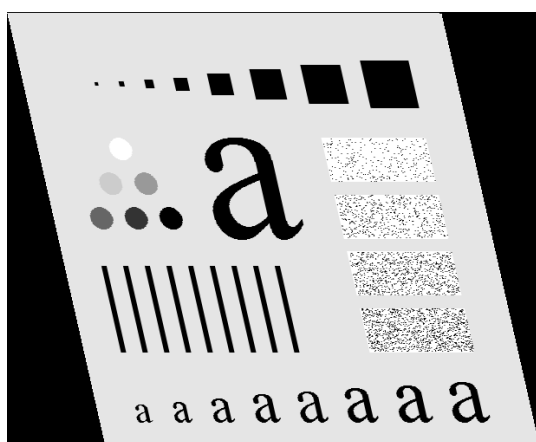


图 1 待配准的测试图像
Fig.1 Input test image

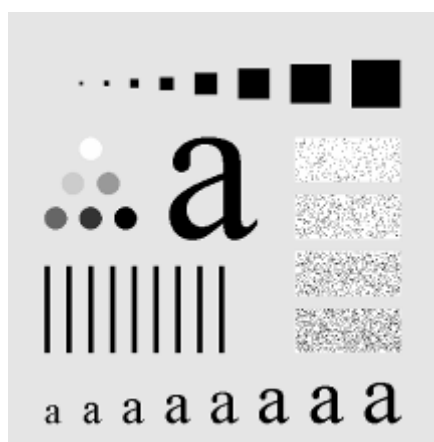


图 2 基准测试图像
Fig.2 Base test image

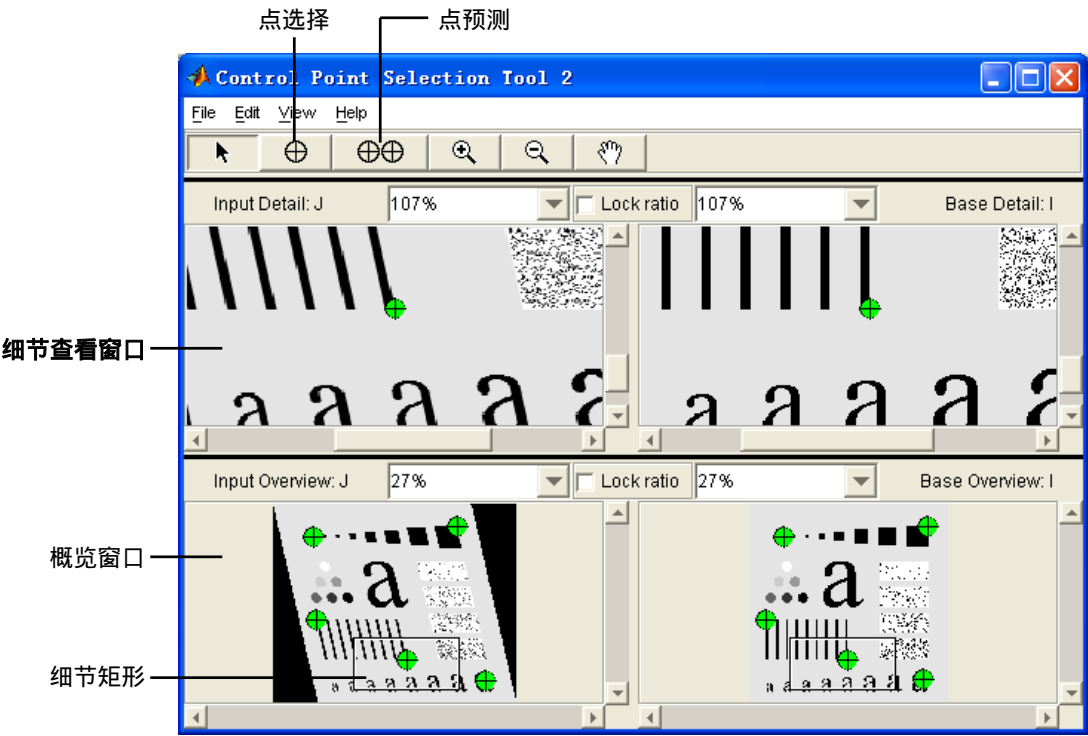


图 3 选择控制点的交互工具

Fig.3 The interactive interface of registering control point pairs selection

通过 cpselect 提供的如图 3 所示的选择控制点的交互工具，最终选择设置的五点控制点对为：

```
input_points=[104, 84 ; 465, 57 ; 110, 294 ; 338, 393 ; 536, 445]
base_points=[85, 83 ; 450, 56 ; 43, 293 ; 249, 392 ; 436, 442]
```

2.2.2 空间几何变换关系的导出

根据上面选择的控制点对，可以用 IPT 函数 cp2tform 来导出待配准图像与基准图像之间的几何变换关系。cp2tform 函数是一个数据拟合函数，其调用格式为：

```
tform = cp2tform(input_points, base_points, transformtype)
```

该函数将变换参数返回到类型为 TFORM 的几何变换结构变量 tform 中。transformtype 为变换类型，必须指定。具体类型见表 2^[1, 3, 5]。对如图 1 与图 2 所示的图像配准，选择的变换类型是'projective'。

表 2 六种变换类型及有关说明

Tab.2 The six transform types and their descriptions

变换类型	描述	最少控制点对数
'affine' (仿射)	当输入图像中的形状出现缩放、旋转、剪切和平移等的组合所产生的错切现象时使用本变换。变换后，直线仍保持为直线，平行线仍保持为平行线，但矩形变成了平行四边形	3 对
'linear conformal' (线性等角)	当输入图像中的形状没有改变，但图像经过缩放(在各方向上都相同)、	2 对

	旋转和平移等组合变换后发生失真时使用本变换。变换后, 直线仍然是直线, 平行线仍然保持平行。它是仿射变换的子集	
'lwm'(局部加权平均)	当变形有局部性的变化, 但分段线性的条件不够充分时使用本变换	6 对(推荐 12 对)
'piecewise linear' (分段线性)	当图像中的变形现象具有分段线性时使用本变换	4 对
'polynomial' (多项式)	当变形发生弯曲时使用本变换。多项式的阶数越高, 拟合的效果越好, 但生成的图像比基准图像包含更多的曲线	6 对(2 阶) 10 对(3 阶) 16 对(4 阶)
'projective' (投影)	当变形显得倾斜时使用本变换。变换后, 直线仍保持为直线, 但平行线不再平行, 将收敛于消失点	4 对

2.2.3 利用几何变换进行图像配准

利用第 2 节介绍的几何变换函数 `imtransform` 和上面分析出的变换参数 `tform` 变换输入的待配准图像, 使之与基准图像对准。函数中的插值类型选用默认值。函数返回变换后的配准结果如图 4 所示。



图 4 图 1 与图 2 配准后的结果
Fig.4 Registration result of Fig.1 and Fig.2

比较图 4 与图 3, 可以看出两幅图像几乎是一样的。

2.3 航空照片配准实例

图 5(a)是一幅数字航空照片, 由于拍摄时存在角度偏差, 造成无法与如图(b)所示的基准图像进行对准(两图的公路存在明显的方向偏差)。现利用上面介绍的图像配准方法, 选择控制点对:

```
input_points=[315 83 ; 33 367 ; 342 329 ; 28 34]
base_points=[348 132 ; 37 339 ; 325 353 ; 98 43]
```

和变换方法 `'projective'`, 进行图像配准。结果如图(c)所示。很明显, 配准后的图像与基准图像的方向取得一致。

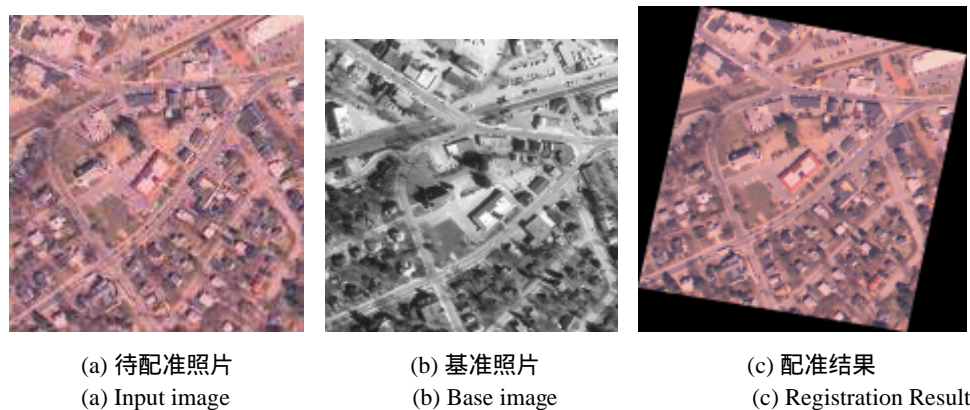


图 5 航空照片配准实例

Fig.5 The example of airscapes registration

4 结束语

利用 MATLAB 进行图像配准,方法简单,实现容易,且能进行有效的配准。

目前,很多领域都采用图像配准技术来完成自己所预想的结果。图像配准的效果好坏与配准控制点的选择有很大关系。但由于 MATLAB 中配准控制点的选择是通过人机交互来实现的,因此存在精度不够稳定的缺点,会对配准结果造成一定的影响。

参考文献:

- [1] 苏金明, 王永利. MATLAB 图形图像[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 林晓梅, 魏巍, 李璠. 多模态医学图像配准技术的研究[J/OL]. [2006-06-08]. 中国科技论文在线(<http://www.paper.edu.cn>).
- [3] (美)冈萨雷斯著; 阮秋琦译. 数字图像处理(MATLAB 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] (美)卡斯尔曼著; 朱志刚译. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [5] (美)冈萨雷斯著; 阮秋琦等译. 数字图像处理(第二版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.

An Approach of Image Registration Based on MATLAB

CHANG Xue-yi¹, SUN Qiu-dong², REN Yu², CHEN Wei²

(1. School of Adult and Continuing Education, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 200041, P.R.China;

2. School of Electronic and Electrical Engineering, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, P.R.China)

Abstract : As a preprocessing step of image processing, image registration is applied to image comparison, object recognition and its orientation. A practical approach based on using the IPT functions in MATLAB is introduced in this paper. At first, the registering control point pairs between input image and base image are chosen by using of man-machine interactive interface. Then the space geometry transformation is calculated with the registering control point pairs. Finally, the input image is transformed and registered with the space geometry transformation. The easiness to be implemented and efficiency of the image registration approach described in this paper are proved in practice.

Key words : MATLAB; IPT functions; registering control points; geometry transformation; image registration