

文章编号 1004-924X(2005)03-0354-10

# 基于传感器参数和目标轮廓 中心的自动配准算法研究

刘松涛,王学伟,周晓东,王成刚  
(海军航空工程学院 控制工程系, 山东 烟台 264001)

**摘要:**通过对光电成像型反舰导弹的成像过程分析,提出了一种自动配准算法。其基本思路是将图像变换模型分解,逐步简化。可见光和红外图像配准时的变换为仿射变换。首先,利用传感器参数的调整,消除图像间的比例变化,将仿射变换简化为刚体变换;然后,依赖图像信息,用形态学边缘检测的方法求取目标的轮廓中心,以此为控制点消除图像间的平移变化,实现图像的完全配准;最后,通过观察海天线是否重合以及利用均方根误差原则,对算法的配准效果做详细评估。仿真实验表明,该算法准确、快速,配准精度满足目标识别的要求,可以较好地解决异类传感器弱小目标图像配准的难题。

**关键词:**多传感器图像;图像配准;自动配准;变换模型;形态学边缘检测

**中图分类号:**TH391.4 **文献标识码:**A

## Automatic registration algorithm based on sensor parameters and target's contour centroid

LIU Song-tao, WANG Xue-wei, ZHOU Xiao-dong, WANG Cheng-gang

(*Department of Control Engineering, Naval Aeronautical Engineering  
Institute, Yantai 264001, China*)

**Abstract:** Based on the analysis of the imaging process of optoelectronic imaging anti-ship missile, an automatic registration algorithm is proposed, and its basic idea is to decompose the transform model and simplify it step by step. Originally, the distortion between infrared and visible images is affine. First, by adjusting sensor parameters, the scaling change between images is eliminated and the affine transform is simplified into rigid transform. Then depending on image information, the centroid of the target's contour is computed by morphological edge detection and chosen as control point, which is used to eliminate the translational change between images and achieve the complete alignment. Finally, the registration effect is assessed by judging whether the sea-sky-lines of the two registered images are superposed and using the rule of root mean square error. The simulation experiments convince that

收稿日期:2005-02-16;修订日期:2005-04-16.

基金项目:国防预研基金资助项目(No. 51403030604JB1401)

the algorithm is accurate, fast, and can meet the precision requirement for target recognition, providing a good way for solving the difficult registration problem of small target images with different sensors.

**Key words:** multi-sensor image; image registration; automatic registration; transform model; morphologic edge detection

## 1 引言

图像配准是图像融合的前提和关键,只有经过配准后的图像才能进行有效的融合。若融合前不进行图像配准,不但达不到信息互补的目的,反而会引入不必要的干扰信息。图像配准是对取自不同时间、不同传感器或者不同视角的同一场景的两幅或多幅图像匹配的过程<sup>[1]</sup>。本文研究内容是光电成像型导引头的图像配准问题,属于同一时刻不同传感器的图像配准。

传统的图像配准方法分为2种:基于像素灰度的配准方法和基于特征的配准方法<sup>[1-2]</sup>。随着图像配准研究的深入,这种分类方法已不太合适,作者将其分为四类进行研究,即基于像素灰度、结构、控制点和传感器参数的配准方法,前三类属于基于图像信息的配准方法。基于像素灰度的配准方法适用于同类传感器图像配准,常用的方法有:平均绝对差<sup>[3]</sup>、统计相关<sup>[4]</sup>、归一化互相关<sup>[5]</sup>、不变矩<sup>[6]</sup>和基于FFT频率域的频域相关<sup>[7]</sup>等。1995年,Viola<sup>[8-9]</sup>等人和Collignon<sup>[10]</sup>等人分别独立地把交互信息(mutual information)引入图像配准领域,为基于像素灰度的配准方法提出了一种新的思路。基于结构和控制点的配准方法比较复杂,实时性不好或者可靠性差,关键点是提取图像中共有的控制点或结构,诸如边缘点<sup>[11]</sup>、角点<sup>[12]</sup>、兴趣点<sup>[13]</sup>、边缘<sup>[14]</sup>、轮廓<sup>[15]</sup>等。基于传感器参数设计的算法,在传感器参数先验信息不太精确的情况下,精度较差,而且需辅助设备提供必要的建模信息<sup>[16]</sup>。

反舰导弹导引头末制导初始阶段探测的目标图像信息是比较微弱的,因此,无论是可见光还是红外图像,特征信息如边缘、角点等都非常不明显,这给配准工作带来了很大的难度,必须要根据具体对象设计实用的配准算法。本文通过对传感器成像过程的分析,将基于传感器参数的配准方法和基于图像信息的配准方法结合起来,提出了一种新的配准算法。该算法分为分辨率配准和平移配准两个步骤,(1)分辨率配准采用基于传感器参数的方法,(2)平移配准采用基于控制点的配准方法。其基本思路是将图像变换模型分解,逐步简化。在海天背景舰船目标图像中,不论是可见光图像还是红外图像,海天线是比较显著的特征,所以通过观察海天线是否重合,对配准效果做了初步评估,而更完善的评估则是采用了均方根误差原则。

## 2 算法概述

图像配准的核心是变换模型的确定,难点是如何找出估计模型参数所必须的匹配特征对。下面首先通过对可见光和红外传感器的配置分析,确定图像变换模型,然后给出本文算法的设计思路。

### 2.1 变换模型

可见光电视和红外传感器上下安装,距离很近。根据反舰导弹末制导初始阶段的成像特点,探测目标时,传感器与目标一般相距较远,此时可以认为光轴是平行的,同时目标和两个传感器之间的距离相同,如图1所示。电视和红外传感器的安装位置是平行的,但视场中心不重合,另外,成

像时所采用的镜头焦距一般是不相同的,所以可以认为图像间有  $x$ 、 $y$  方向平移和比例缩放,没有旋转变化,从而确定图像变换模型为仿射变换。

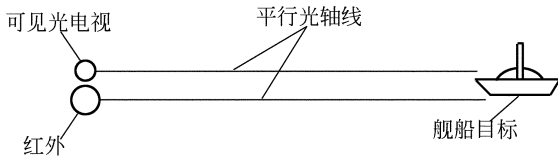


图 1 传感器成像的简化模型

Fig. 1 Simple model of sensor imaging

为了更清楚地说明图像间的变换,可以对经过预处理后的可见光图像(图 2)和红外图像(图 3)进行分析,预处理算法可参考文献[17]。



图 2 可见光图像的海天线

Fig. 2 Sea-sky-line of visible image



图 3 红外图像的海天线

Fig. 3 Sea-sky-line of IR image

通过分析图 2 和图 3 可以看出,由于电视和红外传感器的焦距不同,两幅图像中目标的大小不同,另外场景的内容也不同(红外图像右下方有干扰,而可见光图像则没有),这都说明图像间有比例缩放;海天线不重合,说明图像间有平移变化,而海天线平行,又说明图像间没有旋转变化。因此通过观察图像也可证实变换模型为仿射变换的结论。

## 2.2 研究思路

变换模型确定后,主要工作就是求取模型参数。然而,若要求取仿射变换模型的参数,至少需要在两幅图像之间寻找 3 组匹配控制点对,而可见光和红外图像边缘都比较模糊,传统的边缘点、角点或兴趣点的提取都非常困难,更不用说得到正确的匹配点对。本文另辟蹊径,将变换模型简化为刚体变换,而刚体变换仅需一组控制点对就可求取变换模型的参数。显然,可见光和红外目标的轮廓中心可以作为这组控制点对。

仿射变换简化为刚体的变换的实质就是将两幅图像的空间分辨率进行配准,通过传感器参数调整可以很容易实现空间分辨率配准。而目标轮廓中心的求取可以采用形态学边缘检测和投影法相结合的方法,然后利用目标轮廓中心作为控制点对,求取刚体变换参数即可实现可见光和红外图像的完全配准。

## 3 基于传感器参数的配准

由于可见光和红外传感器的焦距不同,导致了可见光和红外图像的空间分辨率不同,这里所指的空间分辨率是图像像素和实际物体空间之间的对应关系,即图像平面上的一个像素对应实际物体的空间范围。空间分辨率的配准就是对图像进行比例缩放和插值,其重点是比例因子的确定和插值方法的选择。利用传感器参数可以非常容易地实现空间分辨率的配准。

空间分辨率的差异表现在图像上是目标的大小不同,这是由传感器的视场角不同造成的,根据几何成像原理,目标在像平面上的成像大小  $L$  与视场角  $\theta$  有如下关系

$$L \propto \cot \frac{\theta}{2}, \quad (1)$$

则图像间的缩放因子可由下式确定

$$\begin{cases} k_H = \frac{W_{TV}}{W_{IR}} = \frac{\tan(\beta_H/2)}{\tan(\alpha_H/2)} \\ k_V = \frac{H_{TV}}{H_{IR}} = \frac{\tan(\beta_V/2)}{\tan(\alpha_V/2)}, \end{cases} \quad (2)$$

其中  $k_H$ —水平方向比例缩放因子;

$k_V$ —垂直方向比例缩放因子;

$W_{TV}$ —目标在电视传感器像平面水平方向上的成像宽度;

$W_{IR}$ —目标在红外传感器像平面水平方向上的成像宽度;

$H_{TV}$ —目标在电视传感器像平面垂直方向上的成像高度;

$H_{IR}$ —目标在红外传感器像平面垂直方向上的成像高度;

$\alpha_H$ —电视传感器的水平视场;

$\alpha_V$ —电视传感器的垂直视场;

$\beta_H$ —红外传感器的水平视场;

$\beta_V$ —红外传感器的垂直视场。

获取图像时,电视传感器的视场角小,因此图2中可见光图像的空间分辨率高,目标成像尺寸大;红外传感器的视场角大,因此图3中红外图像的空间分辨率低,目标成像尺寸小。考虑到图像配准是为了更好地图像融合,从而更加有利于目标检测和识别,配准时选取可见光图像为参考图像,红外图像为待配准图像。在空间分辨率配准时,将红外图像按照比例缩放因子分别进行水平和垂直方向上的插值放大,就可完成空间分辨率的配准。

插值的方法主要有:(1)最近邻域法;(2)线性插值法;(3)三次插值法。3种方法中的插值精度从低到高依次为:最近邻域,线性插值,三次插值,而运算速度则正好相反,折衷考虑以上两个因素,本文选用线性插值方法<sup>[18]</sup>。需要指出的是,给定一幅图像,它含有的信息量是固定的,所以不管采用什么插值方法,插值后的图像和原来的图像的信息量相同,只是由于所采用的方法不同,在视觉效果上有较大的区别。

空间分辨率配准以后,图像配准时的仿射变换模型就简化为刚体变换模型。

## 4 基于目标轮廓中心的配准

基于目标轮廓中心的配准是指:首先采用基于多结构元的形态学算子检测出目标大致轮廓,然后采用投影的方法确定轮廓中心,最后用模板匹配的思想消除偏移量,实现空间位置配准。

### 4.1 多结构元形态学边缘检测

对于单尺度形态梯度算子,其性能取决于结构元素  $B$  的大小。如果  $B$  足够大,这个梯度算子的输出即等于边缘高度,但是,大的结构元素会造成边缘间严重的相互影响,从而导致梯度极大值与边缘不一致。如果  $B$  过小,则梯度算子虽然有高的空间分辨率,但对边缘会产生一个很小的输出结果,难于检测出边缘。另外,对于常规的采用固定结构元素作为边缘检测算子的方法,虽然减少了对噪声的敏感性,但抗噪性能有限,而且单一的结构很难检测出各种几何形状的边缘。

物体的边缘通常是连续的,边缘点之间有一定的约束关系,而噪声是随机的,不存在明显的约束关系。任取一个边缘点,在该边缘点附近并沿其边缘方向总能找到另一个边缘点,而且这两个边缘点的灰度梯度和方向的变化都不会很大,但是,在一个噪声点附近很难找到与其灰度梯度和方向都相差不大的像素点。

边缘的方向可以由形态结构元素的形状确定,所以在边缘检测中,可以考虑用多方位的形态结构元素来提高对图像边缘的方向敏感性。文中构造了4个方向的结构元,对图像中任一点分别求4个方向结构元素的膨胀腐蚀差,差值最小的结构元素所对应的方向即认为是该点的方向,与其垂直方向结构元素的膨胀腐蚀差即认为是

该点的形态梯度。

为了利用大结构元素和小结构元素的各自优点及多方位结构元素对边缘方向的敏感性,本文采用了一种基于多尺度多方位的形态梯度算法<sup>[19]</sup>,多尺度多方位梯度  $MG(f)$  定义为:

$$f_1(x, y) = \max\{(f(x, y) \oplus B_i) - (f(x, y) \ominus B_i)\} \quad i=1, 2, 3, 4$$

$$f_2(x, y) = \max\{(f_1(x, y) \oplus B_i) - (f_1(x, y) \ominus B_i)\} \quad i=5, 6, 7, 8$$

$$MG(f) = f_1 - f_2, \quad (3)$$

文中构造的多个结构元素形状如下(图 4)。

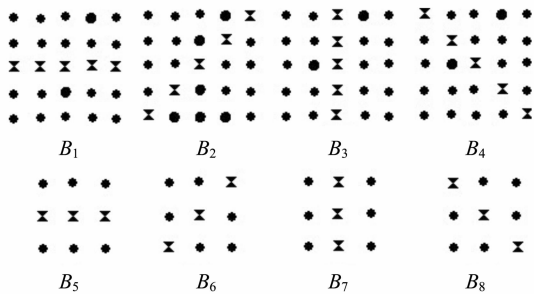


图 4 结构元素形状图(原点在中心位置)

Fig. 4 Shape of the structuring elements (the center is the origin)

多尺度多方位形态学梯度算子检测边缘具有以下优越性:(1)多尺度的结构元素不仅能检测到好的边缘细节,而且也具有较强的去噪能力;(2)多方位的形态学梯度边缘检测算子可以增加对图像边缘的敏感性。

通过各种方法的比较实验发现,对灰度边缘图像的分割,最小误差法<sup>[20]</sup>比较适合经边缘检测方法处理后得到的边缘图像。

基于上述分析,多尺度多方位形态学梯度算子的计算步骤概括为:

(1)用  $5 \times 5$  的结构元素求原始图像的梯度图像  $f_1$ ;

(2)用  $3 \times 3$  的结构元素求  $f_1$  的梯度图像  $f_2$ ;

(3)求  $f_1$  和  $f_2$  的差值图像,即为原始

图像的边缘图像;

(4)采用最小误差法对边缘图像进行分割。

形态学边缘检测的目的是为了得到轮廓中心,所以可以不必特别精确地跟踪轮廓的边缘,直接用投影法计算轮廓中心即可。

#### 4.2 投影法确定轮廓中心

轮廓中心的计算采用投影法<sup>[21]</sup>,该方法可以有效地去除孤立噪声点的影响。将所有可能的轮廓点在  $x$  轴上投影,忽略统计频数低于  $N$  的点(文中  $N$  取为 1),然后取有效点的中心坐标即为轮廓中心的  $x$  坐标,同理,可求得  $y$  坐标。

#### 4.3 消除平移量

获得了同一空间分辨率下可见光和红外图像的目标轮廓中心以后,下一步的工作是求出两图像间的  $x$ 、 $y$  偏移量,消除图像之间存在的平移变化,并对空间分辨率调整后的红外图像进行剪切,使其具有与可见光图像相同的尺寸,最终完成图像配准。

消除平移变化的核心思想是模板匹配。将仅包含目标轮廓中心的可见光图像为模板图像,相应地,仅包含目标轮廓中心的分辨率调整后的红外图像为输入图像。匹配的原则是模板图像和输入图像的绝对差之和最小。模板匹配以后,以满足匹配原则的点为关键点,以可见光图像的尺寸为标准,对空间分辨率调整后的红外图像进行剪切,结果图像即为配准后的红外图像。

## 5 仿真实验

图 5 和图 6 分别为预处理后的可见光和红外图像(和图 2、图 3 的区别之处在于没有描绘出海天线),配准时,可见光图像作为参考图像,红外图像作为待配准图像。首先利用传感器参数获得比例缩放因子,进行空间分辨率配准,结果见图 7。从图 7 可以看出,空间分辨率配准后,舰船目标的

大小与图5中舰船的大小相似,但图像的整体尺寸也增大了。接着,对可见光图像(图5)和空间分辨率调整后的红外图像(图7)进行形态学边缘检测,结果见图8和图9。从图8和图9可以看出,目标边缘不是很连续,但边缘检测的目的是为了求取轮廓中心,所以精度可满足要求。另外,边缘检测过程中,红外图像中右下角的干扰物可通过海天线区域的限制而消除。为了看清楚边缘检测的局部细节,有更好的视觉效果,将图8和图9中的目标区域局部放大,结果见图10和图11。



图5 可见光图像  
Fig.5 Visible image



图6 红外图像  
Fig.6 IR image



图7 空间分辨率配准后的红外图像  
Fig.7 IR image after resolution registration

图12和图13分别为采用投影法确定目标轮廓中心,构成供消除偏移量和红外图像剪切所用的控制点对。为了看清楚控

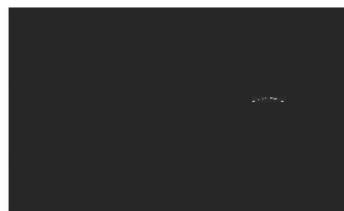


图8 可见光图像边缘检测  
Fig.8 Edge detection on visible image

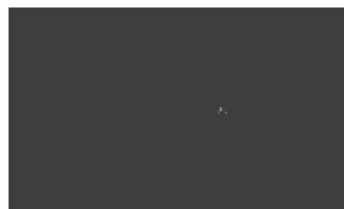


图9 分辨率调整后的红外图像边缘检测  
Fig.9 Edge detection on IR image after resolution registration



图10 可见光图像边缘检测局部放大  
Fig.10 Magnified target region of Fig.8

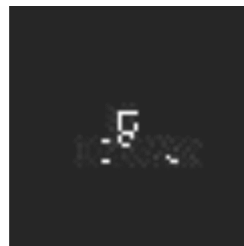


图11 红外图像边缘检测局部放大  
Fig.11 Magnified target region of Fig.9

制点的位置,这里显示的是局部放大后的目标轮廓中心图像,图像的大小和位置与图10和图11保持一致。

控制点对得到后,利用模板匹配的思想进行偏移量消除和图像剪切。图14为消除偏移量和剪切后的红外图像,同时也

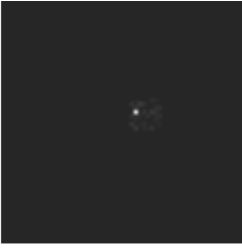


图 12 可见光图像目标轮廓中心

Fig. 12 Centroid of target contour in Fig. 10



图 13 红外图像目标轮廓中心

Fig. 13 Centroid of target contour in Fig. 11

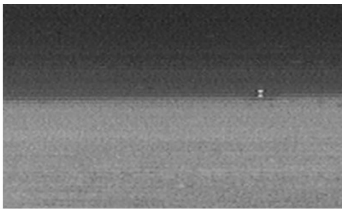


图 14 红外图像配准结果

Fig. 14 Aligned IR image

是最终配准图像。从图像中可以看出,由于空间分辨率调整和剪切的原因,图像中右下角的干扰物消失了。

对配准结果的评判,采用文献[17]提出的改进的直线拟合海天线提取方法,对配准后的可见光和红外图像分别提取其海天线,结果见图 15 和图 16。

从图 15 和图 16 可以看出,两幅图像的海天线基本上是重合的,这说明本文提出的配准算法有效地消除了原始图像间  $y$  方向上的偏差,达到了很好的效果。

值得说明的是,此处进行的海天线提取和本文 2.1 节的海天线提取是有区别的,主要表现在:



图 15 可见光图像的海天线

Fig. 15 Sea-sky-line of visible image

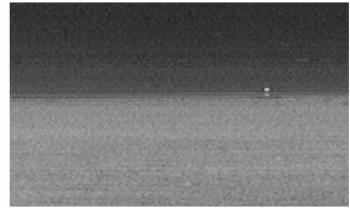


图 16 配准后红外图像的海天线

Fig. 16 Sea-sky-line of aligned IR image

(1)用途。2.1 节的海天线提取是为图像配准做准备的,根据海天线位置可以确定目标大致范围,从而可以有效地剔除形态学边缘检测时得到的干扰线段,而此处进行海天线提取是为了评估图像配准的结果,同时进一步确定配准后图像的有效目标区域。

(2)图像源。2.1 节的海天线提取中可见光和红外图像具有不同的空间分辨率和位置属性,而此处海天线提取时的图像源是配准后的图像,具有相同的空间分辨率和位置属性。

当然,通过判断两幅图像的海天线是否重合只能评价一个方向的偏差,并不能全面评价仿射变换的其他两个因子:比例缩放和水平方向的偏差。所以还需通过目前通用的均方根误差原则<sup>[15]</sup>对其进行全面评价。在配准后的红外图像和可见光图像上选取  $m$  对同名点集,计算它们之间的均方根误差。实验中, $m$  取为 10,其均方根误差值为 0.934 6。可见,配准精度达到了像素级水平,完全满足了图像融合的要求。

## 6 结 论

异类传感器图像配准是一个棘手的问题,特别是军事领域中的红外和可见光图像配准,由于图像对比度差,缺乏一致性特征,技术难度更大。本文以光电成像型导引头的图像配准问题为研究内容,通过对传感器成像过程的分析,提出了一种基于传感器参数和目标轮廓中心的自动配准算法,其核心思想是将变换模型分解,逐步简化,从而将复杂问题简单化。首先,利用传感器参数,消除图像间的比例变化,将仿射变换简化为刚体变换。然后,选取目标的轮廓中心为控制点,消除图像间的平移变化,实现图像的完全对齐。最后,通过判断两幅图像的海天线是否重合以及利用均方根误差原则来评判配准的效果。算法的整个实现过程不需要人工参与,也不涉及复杂的运算,所以算法是自动的、快速的,而

目标轮廓中心的计算对图像的质量要求不高,所以算法也是鲁棒的。文末的仿真实验也表明,本文算法可以实现快速、有效的配准,较好地解决异类传感器弱小目标图像配准的难题,为图像融合奠定了良好的基础。

不可否认,成像时的传感器参数有时是未知的,只有图像信息可以供设计算法利用,这种情况下,本文算法就失效了。基于互信息的配准方法可以较好地解决异类传感器的图像配准问题。近年来,互信息法引起了研究者的广泛关注<sup>[22-23]</sup>,但文献[24]认为互信息法在图像之间差异太大时将失效,所以在配准从MTI(Multi-spectral thermal imager)获得的多光谱图像时,将互信息做了多变量推广。可见,如何将互信息配准方法有效地应用在可见光与红外图像配准中还需做进一步的研究工作,这也正是我们下一步的研究方向。

## 参考文献:

- [1] BROWN L. A survey of image registration techniques[J]. *ACM Computing Surveys*, 1992, 24(4): 325-376.
- [2] ZITOVA B, FLUSSER J. Image registration methods: a survey[J]. *Image and Vision Computing*, 2003, 21: 977-1000.
- [3] 罗诗途, 王艳玲, 张玘, 等. 车载图像跟踪系统中电子稳像算法的研究[J]. *光学精密工程*, 2005, 13(1): 95-103.  
LUO SH T, WANG Y L, ZHANG Q, *et al.* Electronic image stabilizing algorithm for image tracking system on vehicle [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2005, 13(1): 95-103. (in Chinese)
- [4] BERNEA D I. A class of algorithms for fast digital image registration[J]. *IEEE Transactions on Computer*, 1972, 21(2): 179-186.
- [5] 徐瑞鑫, 刘伟宁. 基于自适应模板的实时跟踪算法[J]. *光学精密工程*, 2002, 10(4): 365-369.  
XU R X, LIU W N. Adaptive model-based real time tracking algorithm[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2002, 10(4): 365-369. (in Chinese)
- [6] DAI X L, KHORRAM S. A feature-based image registration algorithm using improved chain-code representation combined with invariant moments[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1999, 37(5): 2351-2362.
- [7] REDDY B S, CHATTERJI B N. An FFT-based technique for translation, rotation, and scale in

- variant image registration[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1996, 5(8): 1266-1271.
- [8] VIOLA P A, WELLS W M. Alignment by maximization of mutual information[C]. *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conf. Computer Vision, Boston, MA*, 1995:16-23.
- [9] VIOLA P A, WELLS W M. Alignment by maximization of mutual information[J]. *International Journal of Computer Vision*, 1997, 24(2): 137-154.
- [10] COLLIGNON A, MAES F, DELAERE D, *et al.* Automated multimodality image registration based on information theory[C]. *Proc. Information Processing in Medical Imaging Conference, Norwell, MA, Kluwer*, 1995:263-274.
- [11] 钮永胜, 倪国强. 基于小波分析的可见光图像自动配准方法研究[J]. *高技术通讯*, 1999, 9(9):24-27.  
NIU Y SH, NI G Q. Research on automated image registration technique for visual image based on wavelet analysis[J]. *High Technique Communication*, 1999, 9(9):24-27. (in Chinese)
- [12] 张泽旭, 李金宗, 李冬冬. 基于光流场分析的红外图像自动配准方法研究[J]. *红外与毫米波学报*, 2003, 22(4): 307-312.  
ZHANG Z X, LI J Z, LI D D. Research of automated image registration technique for infrared images based on optical flow field analysis[J]. *Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 2003, 22(4): 307-312. (in Chinese)
- [13] JUNG I K, LACROIX S. A robust interest points matching algorithm[C]. *Proceedings of Eighth IEEE International Conference on Computer Vision, Vancouver, BC, Canada*, 2001, 2: 538-543.
- [14] 湛安军, 陈炜, 毛士艺. 一种基于边缘的图像配准方法[J]. *电子与信息学报*, 2004, 26(5): 679-684.  
ZHAN A J, CHEN W, MAO S Y. An image edge based algorithm for multisensor image registration[J]. *Journal of Electronics and Information Technology*, 2004, 26(5): 679-684. (in Chinese)
- [15] LI H, MANJUNATH B S. A contour based approach to multi-sensor image registration[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1995, 4(3): 320-334.
- [16] TRASK D, CANNATA R, HACKETT J K. Automated model-based image registration for tactical image exploitation[J]. *SPIE*, 2000, 4054:19-29.
- [17] 刘松涛, 沈同圣, 韩艳丽, 等. 舰船目标海天线提取方法研究[J]. *激光与红外*, 2003, 33(1):51-53.  
LIU S T, SHEN T S, HAN Y L, *et al.* Research on locating the horizontal region of ship target[J]. *Laser and Infrared*, 2003, 33(1): 51-53. (in Chinese)
- [18] LEHMANN T M, GONNER C, SPITZER K. Survey: interpolation methods in medical image processing[J]. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 1999, 18(11): 1049-1075.
- [19] 徐东燕, 付忠良, 阮波. 一种基于多结构元的弱对比度图像的边缘检测方法[J]. *计算机应用*, 2004, 24(6): 108-110.  
XU D Y, FU ZH L, RUAN B. An approach of low contrast image edge detection based on multi morphological structuring elements[J]. *Computer Applications*, 2004, 24(6): 108-110. (in Chinese)
- [20] SAHOO P K, SOLTANI S, WONG A K C. A survey of thresholding techniques[J]. *Computer Vision Graphics Image Process*, 1988, 41:223-260.
- [21] 丘江, 杨静, 刘波. 基于 TMS320C50 的图像目标分割系统[J]. *电子技术应用*, 2001, 12:62-64.  
QIU J, YANG J, LIU B. Image target segmentation system based on TMS320C50[J]. *Elec-*

*tronic Technique Application*, 2001, (12): 62-64. (in Chinese)

- [22] THEVENAZ P, RUTTIMANN U E, UNSER M. A pyramid approach to subpixel registration based on intensity[J]. *IEEE Trans. Image Processing*, 1998, 7: 27-41.
- [23] THEVENAZ P, UNSER M. Optimization of mutual information for multiresolution image registration[J]. *IEEE Trans. Image Processing*, 2000, 9: 2083-2099.
- [24] KERN J P. Reliable band-to-band registration of multi-spectral thermal image data using multivariate mutual information and cyclic consistency[J]. *SPIE*, 2004, 5558: 57-68.

作者简介:刘松涛(1978—),男,河南孟津人,博士研究生。主要从事图像融合、目标识别、成像跟踪、DSP开发等研究工作。Email:navylst@sohu.com

---

## 中国仪器仪表学会正式开展 测量控制与仪器仪表工程师资格认证

经中国科学技术协会批准,中国仪器仪表学会从2005年起正式开展测量控制与仪器仪表工程师资格认证工作。

由中介学术团体开展专业技术资格认证,是为了适应我国工程师制度的改革和政府职能的转移,以及从国内认证到国际互认的转变,是人才工作的大事,也符合国际惯例,具有深远的意义和影响。

为了顺利开展此项工作,中国仪器仪表学会在全国委托授权清华大学等15所知名高校建立了培训考试中心,申报资格认证6月中旬开始报名。有关工程师资格认证的详细资料,请查阅中国仪器仪表学会网站,网址:www.cis.org.cn