

## 一种实用的小目标配准方法\*

陶冰洁<sup>1,2</sup>, 王敬儒<sup>1</sup>, 魏宇星<sup>1</sup>, 彭真明<sup>3</sup>

(1.中国科学院光电技术研究所, 四川 成都 610209; 2.中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3.电子科技大学光电信息学院, 四川 成都 610054)

**摘要:** 图像配准是图像融合技术的基本环节和首要问题, 只有经过配准后的图像才能进行有效的融合。其中, 小目标由于几乎无特征信息可以利用, 所以常规的配准方法都不适用。针对图像识别中小目标的配准问题, 分析了其配准特点, 创新性地提出了先配准目标视场, 再配准目标位置的方法, 提出了视场配准的概念。首先运用成像原理, 用焦距、分辨率和像元尺寸建立不同 CCD 之间的视场对应关系, 利用此关系完成目标视场的截取放大, 使不同 CCD 得到的图像视场一样大。然后在分析通常采用的最小平均绝对误差(MAD)相关匹配方法缺陷的基础上, 提出用最多近邻点距离(MCD)的匹配方法来对准目标位置, 完成目标质心的配准。实验结果表明, 此方法可以很好地配准小目标, 且误差不超过 2 个像素。由于其针对性强, 因而具有较强的实际应用价值。

**关键词:** 图像配准; 视场配准; 最多近邻点距离; 小目标; 多传感器

**中图分类号:** TP391    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-2276(2005)04-0474-04

## Applied method for small target registration\*

TAO Bing-jie<sup>1,2</sup>, WANG Jing-ru<sup>1</sup>, WEI Yu-xing<sup>1</sup>, PENG Zhen-ming<sup>3</sup>

(1. Institute of Optics and Electronics, the Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. School of Opto-Electronic Information, University of Electronic Science and Technology, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** The registration of multi-sensor images is a basic and key technique in image fusion processing, image fusion can be done effectively only after registration. Normal registration schemes are not suitable for small target because there are nearly no features can be used. Aiming to the characteristics of small target registration, a new method of completed the registration by two steps is presented, and the idea of FOV registration is brought forward. Firstly, using imaging principle, with focus, resolution and pixel dimension of CCD, the FOV corresponding relation between different CCD is established, and then it is used to complete FOV registration by cutting and zooming out the FOV of target. Secondly, based on analyzing the disadvantage of the common used Minimum Absolute Deviation(MAD) matching, the method using Maximum Close Distance (MCD) matching to register target position is proposed. The experimental result shows

收稿日期: 2004-09-10; 修订日期: 2004-10-20

\* 基金项目: 国家 863 高技术资助项目(2003AA823050)

作者简介: 陶冰洁(1977-), 女, 四川崇州人, 博士生, 主要研究方向为图像处理、数据融合等。

that the method can register small target well, and the error is not beyond two pixels. Because it's strong pertinence, it can be used in project.

**Key words:** Image registration; Field of view (FOV) registration; Maximum Close Distance (MCD); Small target; Multi-sensor

### 0 引言

现代防御系统要求在尽可能远的距离上检测、识别并跟踪目标,其中小目标的识别是难以解决而又必须解决的问题。仅靠传感器的一次报告所提供的信息来识别已经相当困难,人们正通过多传感器数据融合的方法来提高识别率。

图像配准是数据融合技术的基本环节和首要问题,只有经过配准后的图像才能进行有效的融合。否则,未经配准的传感器组合可能导致系统性能比单独使用一个传感器时还差,甚至导致严重判断错误。图像配准是对取自不同时间、传感器或不同视角的同一景物的两幅图像或多幅图像匹配、叠加的过程<sup>[1]</sup>。经过配准的多传感器图像可以在像素级直接融合形成融合图像,然后在此基础上完成特征提取和目标识别等操作。图像配准有两层含意,其一是指图像间空间几何上的配准<sup>[2,3]</sup>,其二是指图像间灰度的配准。本文讨论的是前者。

图像配准在图像领域中已成为不可避免的重要组成部分,并且应用越来越广泛,如:多元数据融合<sup>[4,5]</sup>、图像间时间校对<sup>[6]</sup>、图像镶嵌<sup>[7]</sup>、目标识别<sup>[8,9]</sup>等。

对于小目标,在识别过程中,需要将不同时间、条件下,来自不同传感器的图像进行匹配和对准,才能融合来自不同传感器的数据,达到增强小目标的效果。

### 1 小目标配准特点

在目标探测中,小目标定义为在视场中所占比例较小,但具有一定的面积,通常为几十个像素的一类目标<sup>[10]</sup>,其配准有一定的特殊性:

- (1) 目标可利用的几何形状、面积、纹理等特征量较少<sup>[11]</sup>;
  - (2) 一般情况下,目标信噪比和对比度都较低;
  - (3) 由于不均匀光照,目标灰度有一定的变化。
- 针对小目标配准的特点,结合目标识别跟踪系统

中的实际情况,创新性地提出先截取视场,再对准目标的配准方法。

### 2 目标视场的配准

目标识别跟踪系统中,不同 CCD 得到的视场大小一般是不一样的。视场指 CCD 通过光学系统能观察到的区域。视场的大小是由镜头至被摄取场景距离,镜头焦距及所要求的成像大小确定的,可以用线视场或角视场来描述。这里采用线视场的定义,即 CCD 能观察到的矩形区域的宽度和高度。其成像示意图如图 1 所示。

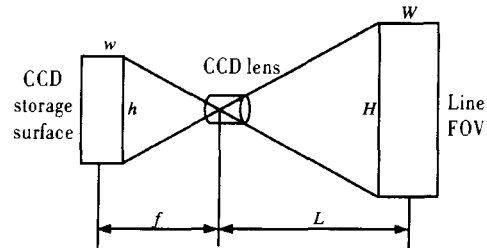


图 1 CCD 成像示意图

Fig.1 Sketch map of CCD imaging

图中,  $f$  为镜头焦距,  $L$  为线视场至镜头的距离,  $w$  为 CCD 靶面宽度,  $W$  为线视场宽度,  $h$  为 CCD 靶面高度,  $H$  为线视场高度。其关系可由下式表示:

$$\frac{f}{L} = \frac{w}{W}, \quad \frac{f}{L} = \frac{h}{H} \tag{1}$$

式中  $w, h$  由 CCD 的分辨率和像元尺寸来确定,则公式(1)可表示为:

$$\frac{f}{L} = \frac{D_a a}{W}, \quad \frac{f}{L} = \frac{D_b b}{H} \tag{2}$$

式中  $a, b$  分别为宽高方向上的像元尺寸;  $D_a, D_b$  分别为宽高方向上的像素数(分辨率)。线视场  $V$  可表示为:

$$V=W \cdot H=\frac{L \cdot D_a \cdot a}{f} \cdot \frac{L \cdot D_b \cdot b}{f}=\frac{L^2 \cdot D \cdot ab}{f^2} \quad (3)$$

当两个传感器距目标距离相同,即  $L$  相等时,两者线视场对应关系可表示为:

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{f_2^2}{f_1^2} \frac{D_1 a_1 b_1}{D_2 a_2 b_2} \quad (4)$$

利用公式(4)的结果,可以将不同 CCD 得到的图像进行视场配准,具体步骤如下:

- (1) 根据 CCD 的焦距、分辨率和像元尺寸算出各自的视场大小;
- (2) 将视场大的 CCD 采得的图像由中心截取,使两种 CCD 的视场一样大;
- (3) 将分辨率低的图像放大,使两者的分辨率相同。

这时,两幅不同焦距的图像已完成视场配准。由于只有目标处于镜头光轴上时,调节焦距才可假设目标位置基本不变,所以在上述步骤完成后,两幅图像还需进一步作目标位置的配准。

### 3 目标位置的配准

考虑到小目标仍具有一定的面积,所以用其中一幅图像作参考图,另一幅图像作实时图,用相关匹配来作目标位置的配准。

相关匹配一般采用最小平均绝对误差(MAD)的相似性准则:

$$MAD=\frac{1}{M \times N} \sum_{j=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{N-1} |R(i+m, j+n)-S(i, j)| \quad (5)$$

式中  $M \times N$  为参考图大小; $m, n$  的变化限制于参考图范围; $i, j$  为实时图像中的坐标位置; $S(i, j)$  和  $R(i, j)$  分别为实时图像和参考图在点  $(i, j)$  处的像素灰度值。

MAD 匹配的缺陷是模板图像和目标图像对匹配(或相关)结果的贡献是一样的,使算法的性能受到个别噪声点、变形及突变的影响,从而造成失配。

这里采用 MCD 相关匹配,即综合最小绝对差和 Hausdorff 距离,称之为最多近邻点距离的匹配方法,找到匹配点。这种方法能克服 MAD 匹配的缺陷。

假设参考图  $R$  的大小为  $M \times N$ , 那么它和任意一个同样大小的图像区域  $S$  的 MCD 距离定义为<sup>[2]</sup>:

$$D(R, S)=\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \rho(R_{ij}, S_{ij}) \quad (6)$$

其中

$$\rho(R_{ij}, S_{ij})=\begin{cases} 1 & |R_{ij}-S_{ij}| < T \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

式中  $\rho$  只能取 0 和 1 两个值; $T$  为一个预先给定的阈值; $D$  相当于一个计数器。首先比较待配准的两幅图像的灰度绝对差,如果这个绝对值小于阈值  $T$ ,就可认为这两点近似。然后统计整幅图像区域中,对应点像素绝对差小于阈值  $T$  的所有像素数目,就可以确定两幅图像的相似程度了。这个数目就是  $D$ ,即 MCD 距离,这个距离越大,说明两幅图像越相似。

其具体步骤和物理意义如下:

- (1) 求出所有对应点(共  $m \times n$  个点)的灰度绝对差;
- (2) 统计绝对差小于给定阈值(对 256 色灰度图像,可在 8~15 范围内取值)的点个数(共  $M \times N$  个),即求出 MCD 距离;
- (3) 找出  $M \times N$  个 MCD 距离中最大的那个距离,最大距离对应的位置就是两幅图像相似性最好的。其示意图如图 2 所示。

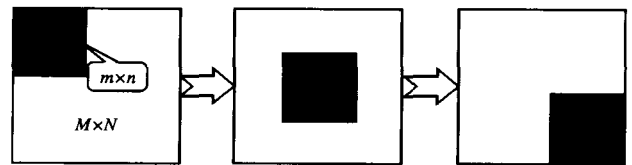


图 2 MCD 相关匹配示意图

Fig.2 Sketch map of MCD correlation matching

### 4 实验结果与分析

图 3 为实验室用两档焦距( $f=50 \text{ mm}$  和  $f=100 \text{ mm}$ ) 的电视 CCD 对白纸蒙着的发光二极管采得的两幅图像,图 4 为图 3(a)经过截取放大(即目标视场配准)后的图像,图 5 为采用 MCD 相关匹配进行目标位置配准后的图像(其中图 3(b)作为参考图,图 4 作为实时图)。

通过计算图中目标的位置和大小来检验配准效果。实验数据如表 1 所示。

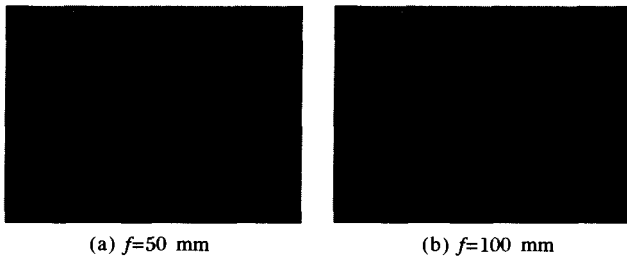


图 3 两档焦距 CCD 采得的原始图像

Fig.3 Original images obtained by CCD of two focus

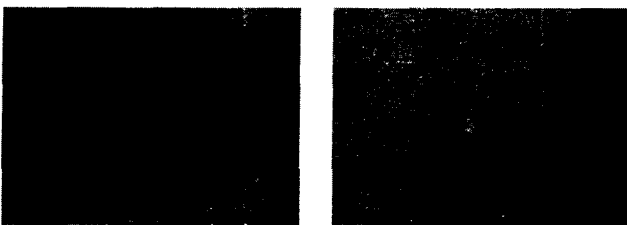


图 4 图 3(a)经过截取放大后的图像

Fig.4 Cut and zoomed image for Fig.3(a)

图 5 图 4 与图 3(b)配准后的图像

Fig.5 Image Fig.4 registered with Fig.3(b)

表 1 小目标配准结果数据

Tab.1 Testing results obtained with registration of small target

Image	Coordinate of target center	Abscissa range	Ordinate range
Fig.3(a)	(378,317)	372-385	311-324
Fig.3(b)	(355,322)	346-367	316-334
Fig.4	(377,336)	365-386	325-346
Fig.5	(356,323)	346-368	315-335

从实验结果可以看出,两幅图从目标位置到目标大小都很好地配准在一起。经过多次实验发现误差不会超过 2 个像素。

## 5 结论

针对小目标配准的特点,考虑到实际工程中的应用场景,创新性地提出了先配准目标视场,再配准目

标位置的方法,首次提出了视场配准的概念。首先用 CCD 的焦距、分辨率和像元尺寸建立了不同 CCD 之间的视场对应关系,运用此关系,通过视场的缩放切割完成视场的配准;然后提出将 MCD 相关匹配用于小目标位置的配准。实验结果表明,此方法是有效的,可以很好地消除不同 CCD 图像中目标的视场大小与目标位置的差异,误差在 1~2 个像素内,精度达到了工程应用的要求,具有一定的可行性。

## 参考文献:

- [1] WANG Yi-feng,ZHANG Hai-lian,LI Can-wen,et al.A survey of registration techniques in multisensor data fusion [J]. Infrared and Laser Engineering (王忆锋,张海联,李灿文,等.多传感器数据融合中的配准技术.红外与激光工程),1998,27(1):38-41.
- [2] LI Hong,ZHENG Cheng-yong,GAO Jing-li.Detecting small moving object based on wavelet multi-scale image registration [J]. Infrared and Laser Engineering(李红,郑成勇,高景丽.基于小波多尺度图像配准的运动小目标检测.红外与激光工程),2003,32(3):267-270.
- [3] QIANG Zan-xia, PENG Jia-xiong, WANG Hong-qun. Remote sensing image registration algorithm based on FFT[J].Infrared and Laser Engineering (强赞霞,彭嘉雄,王洪群.基于傅里叶变换的遥感图像配准算法.红外与激光工程),2004,33(4):385-387.
- [4] Dai X, Khorram S. A hierarchical methodology framework for multisource data fusion in vegetation classification[J].Int J Remote Sensing,1998,19(18): 3697-3701.
- [5] CHEN Hong-bo, WANG Qiang, ZHANG Xiao-fei, et al.Image fusion based on neighborhood features of wavelet coefficients[J]. Optics and Precision Engineering (陈洪波,王强,张孝飞,等.基于小波系数邻域特征的图像融合.光学精密工程),2003,11(5): 516-521.
- [6] Dai X,Khorram S.The effects of image misregistration on the accuracy of remotely sensed change detection[J].IEEE Trans Geosci Remote Sensing, 1998,36(5):1566-1577.
- [7] Tanaka M S,Tamura S,Tanaka K.On assembling subpictures into a mosaic picture[J].IEEE Trans Syst Man Cybern,1977, SMC-7: 42-48.
- [8] FEND Zhi-qing,YANG Ying-hui,GUO Jing-fu,et al.Fusion recognition of dot target multi-spectrum data based on ANN [J].Optics and Precision Engineering (冯志庆,杨英慧,郭景富,等.基于神经

(下转第 494 页)

量,提高算法的实时性是在工程应用中的关键问题。对此,可以采用沿时间轴投影变换的方法<sup>[3]</sup>,即先将三维图像序列映射到二维组合图像中,再在组合图像上进行二维搜索检测。这样,在组合帧内,可能存在的轨迹数有  $C_0^k$  种,从而大大减少计算量,有利于实时实现。

表 1 理想算法和文中算法检测性能上的异同点

Tab.1 Differences and similarities between ideal and presented algorithm

	Ideal algorithm	Presented algorithm
Probabilistic distribution of the statistic	Gaussian distribution	$t$ -distribution
Storage	$K(\text{frame})$	$K(\text{frame})$
Computational complexity ( $O(\cdot)$ is the operator)	$O((M \times N)^k)$	$O((M \times N)^k)$
Required terms	Background clutter must be suppressed and whitened; Mean value of target intensity and variance of noise must be foreknown; Exhaustive search required for target trajectory.	Background clutter must be suppressed and whitened; No need to foreknown the mean value of target intensity and variance of noise, but those are estimated from the raw data; Exhaustive search required for target trajectory.

(上接第 477 页)

网络的点目标多光谱信息融合识别方法.光学精密工程), 2003,11(4):412-415.

- [9] Fonseca L M G, Manjunath B S. Registration techniques for multi-sensor remotely sensed imagery[J]. Photogramm Eng Remote Sensing, 1996, 62(9):1049-1056.
- [10] ZHANG Kun-hua. Technologies of recognizing and tracking extended target in complex environment[D]. Chengdu: Institute of Optics and Electronics, Chinese Academy of Sciences(张坤华. 复杂背景下扩展目标识别与跟踪技术研究. 成都:中国科学院光电技术研究所), 2003.

#### 参考文献:

- [1] POHLIG S C. Spatial-temporal detection of electro-optic moving targets[J]. IEEE Trans on Aerospace and Electronic System, 1995, 31(2):608-616.
- [2] Blostein S D, Huang T S. Detecting small, moving objects in image sequences using sequential hypothesis testing[J]. IEEE Trans On Signal Processing, 1991, 39(7):1611-1629.
- [3] Askar, LI Zai-ming. A dim moving point target detection technique based on distribution function transform method[J]. Systems Engineering and Electronic(艾斯卡尔,李在铭. 最优分布变换与微弱微弱点状运动目标检测技术. 系统工程与电子技术), 2003, 25(1):103-106.
- [4] WEI P, KU W. Analysis of multi-frame target detection using pixel statistics[J]. IEEE Trans on Aerospace and Electronic System, 1995, 31(1):238-246.
- [5] LI Zhi-yong, SHEN Zhen-kang, YANG Wei-ping, et al. Dynamic Image Analysis[M]. Beijing: National Defence Industry Press(李智勇, 沈振康, 杨卫平, 等. 动态图像分析. 北京:国防工业出版社), 1999. 151-165.
- [6] CHEN Ying, LI Zai-ming. Detection and tracking of dim moving point targets in IR image sequences[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China(陈颖, 李在铭. 图像序列中微弱点状运动目标检测与跟踪技术研究. 成都:电子科技大学), 2002.
- [7] LIU Zhi-gang, LU Huan-zhang, CHEN Hui-huang. Point target detection algorithm based on multistage velocity matching[J]. Infrared and Laser Engineering(刘志刚, 卢焕章, 陈辉煌. 基于分段复合速度匹配的点目标检测算法. 红外与激光工程), 2004, 33(4):366-370.
- [11] HUANG Lin-mei, ZHANG Gui-lin, WANG Xin-yu. Detecting of small infrared moving object based on dynamic programming algorithm [J]. Infrared and Laser Engineering(黄林梅, 张桂林, 王新余. 基于动态规划的红外运动小目标检测算法. 红外与激光工程), 2004, 33(3):302-306.
- [12] PENG Zhen-ming. Study on the effective method for dynamic target detection and tracking with faint imaging in clutter[D]. Chengdu: Institute of Optics and Electronics, Chinese Academy of Sciences(彭真明. 强杂波、弱信息动态成像目标检测与稳定跟踪技术研究. 成都:中国科学院光电技术研究所), 2003.