

## 基于点迹态势图像处理的数据关联新方法

吴中红, 石章松, 吴玲

(海军工程大学电子工程学院, 武汉 430033)

**摘要:** 密集杂波环境下, 传统的点迹融合方法进行点迹数据关联处理时, 运算量大、错误关联明显。针对这一问题, 提出一种基于点迹态势图像处理的数据关联方法。首先根据传感器探测性能与目标速度范围估计实现点迹量测的图像化, 生成点迹态势图像; 然后对图像进行邻域连通性判别等形态学处理, 实现杂波点迹的剔除。结合像素点对应点迹含有的时间信息进行连通域标记, 得到不同目标点迹的归类划分, 进而实现点迹数据的关联处理。仿真验证表明, 该方法从原理上避免了组合爆炸, 降低了运算量, 且能够很好地解决错误关联问题, 提高数据关联处理的准确性。

**关键词:** 数据关联; 多传感器探测; 点迹; 图像; 形态学处理

**中图分类号:** V271.4; TP911.73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2013)07-0045-04

## A New Method of Data Correlation Based on Point State Image Processing

WU Zhonghong, SHI Zhangsong, WU Ling

(College of Electronic Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of large calculation amount and obvious error association when traditional plot fusion methods are used for point data association processing in dense clutter environment, we proposed a new data association method based on point state image processing. Firstly, the imagination of the point measuring was implemented according to sensor detection performance and the estimated target speed range, and the image of point state was obtained. Secondly, the clutter points were eliminated by using image morphologic processing such as neighborhood connectivity discrimination and so on. Based on the time information included in the points corresponding to the pixel points, the classification of the points of different targets was realized by connected component labeling processing. Simulation result shows that the algorithm can avoid the combinatorial explosion in theory, reduce the amount of computation, solve the problem of error association, and improve the accuracy of the data association processing.

**Key words:** data association; multi-sensor detection; point; image; morphologic processing

### 0 引言

数据关联过程是确定传感器接收到的量测信息和目标源对应关系的过程<sup>[1]</sup>, 它是多传感器多目标跟踪系统中最核心且最重要的内容<sup>[2]</sup>。

所有的目标跟踪算法在进行数据处理时, 都是以正确的数据关联结果为基础的。数据关联的目的体现在以下两个方面: 实现真实目标与假目标的区分; 实现不同真实目标点迹间的区分, 将隶属于不同目标的点

迹划分到对应的序列中。

现有多目标数据关联方法可分为两类: 一类是极大似然类方法, 典型算法有联合极大似然算法; 另一类是贝叶斯类方法, 最新发展有基于粒子滤波(PF)和联合概率数据关联(JPDA)思想的多目标数据关联方法<sup>[3]</sup>, 该方法兼具求解非线性非 Gauss 问题的优势与 JPDA 的优点, 在数据关联领域应用广泛<sup>[4-5]</sup>。这两类方法都存在以下问题: 一是当目标批次过多和杂波密度过大时, 将会出现组合爆炸, 使得融合处理的实时性下降, 虽然可以通过统计分析进行杂波点的剔除处理, 但效果有限<sup>[6]</sup>; 二是由于跟踪门的设置问题, 会导致错误关联, 影响目标跟踪的准确性。

而在研究中发现, 考虑图像信息传递的直观性、丰

富性,将点迹量测信息标绘到图像上,则能够很清晰地观察到目标态势。因此,本文提出了一种基于点迹态势图像处理的数据关联的新方法,通过将点迹量测进行图像化,对得到的图像从宏观角度进行理解,通过邻域连通性判别、连通域标记等形态学处理方法,实现杂波点迹的剔除与不同目标点迹的归类,形成目标航迹,从而达到数据关联的目的。最后,利用某型两部传感器模拟器生成的模拟数据,通过数值仿真验证了方法的可行性与优越性。

## 1 基于点迹态势图像处理的数据关联方法原理

一个点迹,包含的信息包括编号、录取时间、径向距离、方位角、高低角(三坐标)等,对于一幅图像,其包含的最基本要素包括图像大小、图像分辨率和像素点坐标。点迹量测的图像化,就是根据传感器的探测性能确定图像的大小及分辨率,再通过一定的转换运算将点迹的距离、方位角信息转换为像素坐标信息的过程。

通过将点迹数据进行转换而构建的点迹图像,有以下两个特点:1) 真实目标点迹的积累性强,新的录取周期的点迹转换为像素标绘到图像中后,邻域连通性保持较好,图像特征明显;2) 虚假点迹多为孤立点,邻域连通性保持较差。利用以上两个特点,通过对图像的邻域连通性进行判断,同时结合  $m/n$  逻辑<sup>[7]</sup>,实现真假点迹的区分。

真假点迹区分之后,要实现不同真实目标间的点迹归类。对于多目标跟踪问题,目标在运动中不可避免地会出现航迹交叉态势,对于这种情况,若仅仅通过图像表现出来的特征进行处理,会将不同目标的点迹划分到一个连通区域中,出现关联错误。

但是通过点迹信息图像化得到的像素点,除了像素的坐标信息外,还包含了像素点的标绘时间,这是点迹信息图像化的一个优点。同时,属于同一目标的点迹信息具有邻域连通的点迹会随时间增长的特点。基于这一事实,可以实现不同目标点迹图像的分割,实现交叉航迹的点迹归属区分,从而实现点迹建航处理。

## 2 基于点迹态势图像处理的数据关联方法

### 2.1 点迹量测的图像化处理

实现点迹量测的图像化,确定图像的分辨率,是实现点迹量测图像化的第一步,在分辨率较大的情况下,点迹所对应的像素点之间的间隔大,难以使用图像处理方法达到数据关联的目的,同时会使得处理过程中占用的数据存储空间与计算时间过大;分辨率过小,则会出现多个点迹映射到一个像素上的情况,使得关联

结果中包含有较多的杂波点迹,降低处理的准确性。

因此在进行图像化处理时,需要考虑实现不同点迹的区分,同时还要考虑通过图形处理实现数据关联的可行性。步骤如下所述。

#### 1) 初始化态势图像。

令传感器的数据率为  $T$ ,探测距离为  $D$ ,距离精度为  $P_D$ ,方位精度为  $P_B$ ,则构建点迹态势图像为边长  $2D$  的正方形,在此前提下,图像的分辨率取决于单位像素所代表的距离  $D_{\text{pix}}$ 。

考虑到空中目标间、空中目标与海上目标间在速度上明显的差异性,采用多分辨率构图。空海在速度上可以分为3类:① 超高速目标,如导弹、超音速战斗机等;② 高速目标,如直升机等;③ 海上目标,包括各种舰艇等。因此采用三分辨率进行图像化处理。取3类目标的最大速度和最小速度分别为  $v_{1\text{max}}、v_{1\text{min}}、v_{2\text{max}}、v_{2\text{min}}、v_{3\text{max}}、v_{3\text{min}}$ ,考虑到高速目标的威胁更大,同时要保证图像的邻域连通性,则取3类目标速度为其最大速度,即

$$v_i = v_{i\text{max}}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

可得在传感器一个扫描周期内3类目标的运动距离为

$$D_i = v_i \cdot T, \quad i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

由此,得单位像素代表的3个距离分别为

$$D_{\text{pix}i} = D_i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

令图像分辨率为  $m_i \times n_i, i = 1, 2, 3$ , 则

$$m_i = n_i = \left\lceil \frac{2D}{D_{\text{pix}i}} \right\rceil, \quad i = 1, 2, 3 \quad (4)$$

构建  $m_p \times n_p, p = 1, 2, 3$  的图像矩阵  $P_{op}, p = 1, 2, 3$ , 矩阵各元素的初始值均为1(这里采用的是二值图像的存储模式,二值图像中,像素取值只能为0或1),即构建了一个分辨率为  $m_p \times n_p, p = 1, 2, 3$ , 各个像素值均为1的二值图像。

#### 2) 将点迹信息转换为像素坐标。

令  $O(x_o, y_o) = \left( \left\lceil \frac{m}{2} \right\rceil, \left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil \right)$  为传感器的像素坐标,记第  $i$  个录取周期的点迹包为  $P_{\text{pack}i}$ , 其第  $j$  个点迹  $P_{ij}$  为  $P_{ij}$ , 该点迹径向距离为  $D_{ij}$ 、方位角为  $B_{ij}$ , 可得以传感器位置为原点的点迹坐标  $L_{ij}(x_{ij}, y_{ij})$  为

$$\begin{cases} x_{ij} = D_{ij} \cdot \sin B_{ij} \\ y_{ij} = D_{ij} \cdot \cos B_{ij} \end{cases} \quad (5)$$

将对点迹坐标位置的像素值改为0,得到截至第  $i$  个录取周期点迹的3幅不同分辨率的图像及对应的数据矩阵  $P_p, p = 1, 2, 3$ 。一个周期的点迹转换处理后得到的图像相当于一个图像序列中的一张,一段时间内得到的图像相当于一个图像序列,通过将序列图像进行叠加、融合<sup>[8]</sup>,得到截至当前录取周期时刻的态势图像。

### 2.2 基于图像邻域连通性判别与逻辑的真假点迹区分

邻域连通<sup>[9]</sup>有4邻域、8邻域等,这里选择以8邻域为主进行连通性判别,设点迹对应像素坐标为( $x, y$ ),则其8邻域连通性如图1所示。

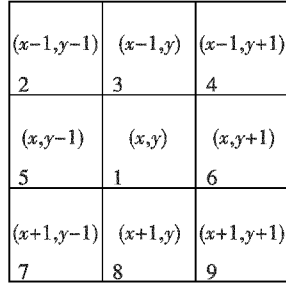


图1 8邻域连通示意图

Fig. 1 Neighborhood connection diagram

考虑到进行点迹信息转换为像素点的处理过程中会出现两个或两个以上的点迹变换为同一个像素点的现象,将图2中的像素点1也作为1个邻域,这样形成9邻域连通形式,在本文的后续处理中,均采用这种邻域连通表述形式。

$m/n$ 逻辑是指在 $n$ 次邻域连通性判别中,若连通次数达到一个特定值 $m$ 时,则认为组成这一系列连通域的像素所代表的点迹均为真实目标点迹<sup>[10]</sup>。借鉴文献[7,10]中论述,本文选用3/4逻辑。因此,判断一个点迹是否为真实点迹的判据如下。

#### 1) 真实点迹判据1。

对于录取周期 $i$ 中的非边缘像素点点迹 $j$ ,若其9邻域存在不少于两个的分别属于周期 $i-1, i-2$ 的连通像素点,则认为该像素点及其相应的连通点所对应的点迹为真实目标点迹。

#### 2) 真实点迹判据2。

对于录取周期 $i$ 中的非边缘像素点点迹 $j$ ,若其9邻域存在1个属于周期 $i-1, i-2$ 或 $i-3$ 的连通像素点,则如图2所示,只要网格区域(这里称其为16邻域)内存在至少1个与8邻域连通点迹所属周期相异的点迹,则这些点迹为真实目标点迹。

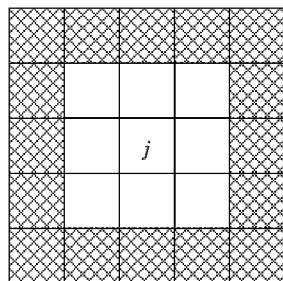


图2 判据2原理图

Fig. 2 The principle diagram of the second criterion

#### 3) 真实点迹判据3。

对于录取周期 $i$ 中的非边缘像素点点迹 $j$ ,若其在8邻域或16邻域内与3个录取周期内的真实点迹连通,则该点迹为真实点迹。

将被判定结果为真实的点迹按照时间顺序以一定的数据结构进行存储,则结合真实目标点迹判据,进行点迹区分与点迹归类的流程如图3所示。

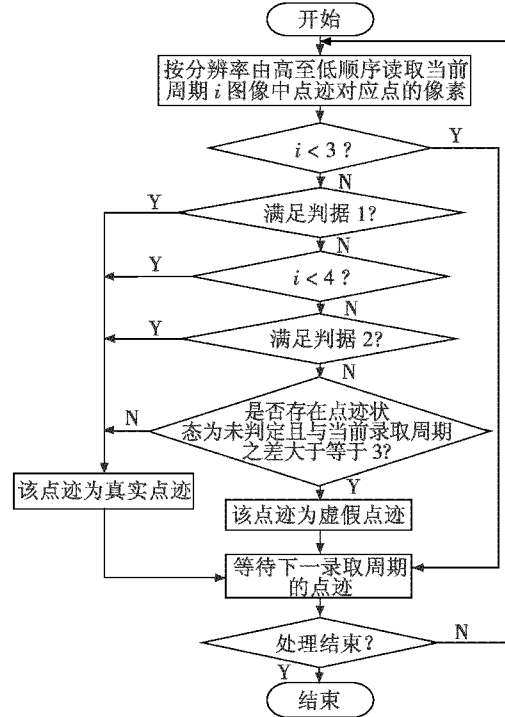


图3 真假点迹区分处理流程

Fig. 3 True and false point distinguishing process

通过这一处理,得到截至第 $i$ 个录取周期的真实目标点迹与3个周期内的未判定点迹集合。

### 2.3 基于连通域标记与连通点迹时间步进性判别的点迹归类

来自同一个目标的点迹构成图像上的一个连通域,通过连通域标记处理可以得到对应目标的点迹集合。而考虑航迹交叉,对于二维图像而言,仅通过连通域标记则会将航迹交叉的点迹归为一类,导致错误关联。但组成某一连通域的像素点还含有对应点迹的录取时间信息,而某一目标的连通域所对应的点迹集合是随时间增长的,因此,可以通过判断时间上是否存在突变来区分航迹交叉点区域的点迹。

基于连通域标记与连通点迹时间步进性判别的点迹归类处理流程如图4所示。

经过上述处理,得到不同点迹数据的归属区分,为后续进行点迹建航与目标运动状态估计提供了有力的辅助信息。从算法的处理步骤及每一步所得结果分析,上述处理过程从原理上避免了海量点迹情况下的

组合爆炸问题,相比于贝叶斯类方法,有效降低了算法的复杂度与计算量,且易于工程实现。

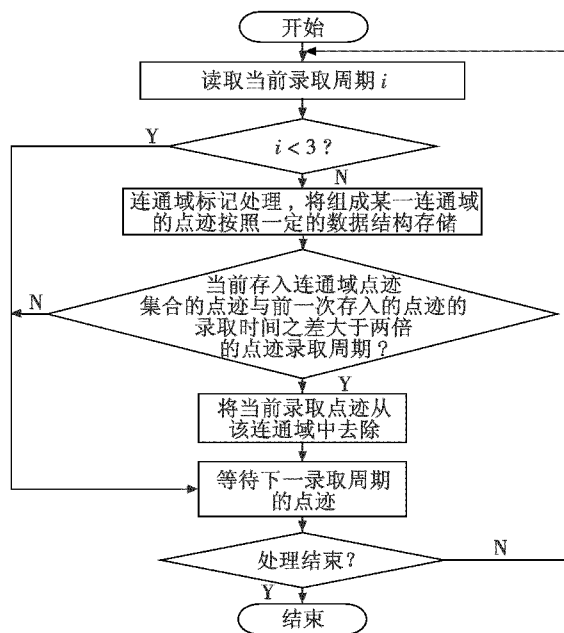


图4 点迹建航处理

Fig. 4 Point track building

### 3 仿真示例

对来自某型两部雷达模拟器生成的模拟点迹数据进行转换,得到对应的像素点坐标,将标绘像素点到点迹态势图像上,生成如图5所示的未经处理的原始点迹态势图像。

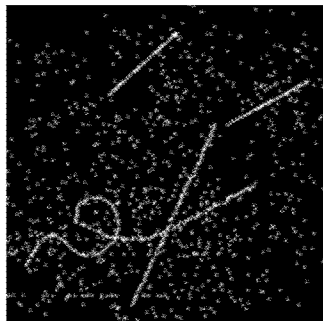


图5 完整的原始点迹图像

Fig. 5 The complete original point image

对原始的点迹态势图像进行基于图像邻域连通性判别和逻辑的真假点迹区分处理,并将虚假点迹进行剔除,得到如图6所示的真实目标点迹态势图像,从图中可以清晰看出,当前态势中共有4个目标。

在真假点迹区分处理的基础上,采用连通域标记与连通点迹时间步进性判别,得到点迹数据的归属区分,如图7所示,对于存在航迹交叉的目标也能很好地进行区分,达到了数据关联的目的。

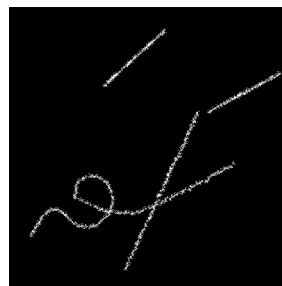


图6 真假点迹区分与虚假点迹剔除处理结果  
Fig. 6 Result of true and false points distinguishing and false points elimination

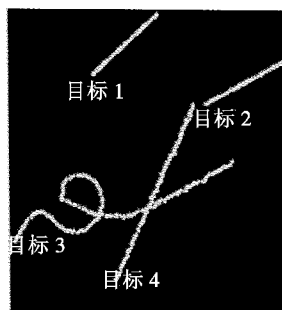


图7 点迹归类(点迹建航)处理  
Fig. 7 Result of point track building

### 4 结束语

本文针对传统数据关联方法存在的数据运算量大,且错误关联问题较为突出的现象,从图像处理的角度出发,通过点迹态势图像构建、真假点迹区分处理、基于时间与连通域标记的点迹归属判断处理,提出了一种点迹数据关联方法,该方法从宏观上对点迹态势进行理解,去除了虚假点迹的干扰,提高了关联处理的准确性,并且从原理上避免了组合爆炸问题,降低了运算量,在目标跟踪算法研究中具有潜在的应用价值。

#### 参考文献

- [1] 石章松,刘忠. 目标跟踪与数据融合理论及方法[M]. 北京:国防工业出版社,2010:246-296.
- [2] 韩崇昭,朱红艳,段战胜. 多源信息融合[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2010:320-365.
- [3] SCHULTZ D, BURGARD W, FOX D, et al. Tracking multiple moving targets with a mobile robot using particle filters and statistical data association[J]. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2001, 2:1665-1670.
- [4] HUE C, CADRE J P L, PEREZ P. Tracking multiple objects with particle filtering[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2002, 38(3):791-812.
- [5] FRANK O, NIETO J, GUIVANT J, et al. Multiple target tracking using sequential Monte Carlo methods and statistical data association[C]//IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2003, 3:2718-2723.

(下转第61页)

表2 PD-18 显示器技术指标  
Table 2 The display index of PD-18

视场/(°)	分辨率/像素	出瞳孔径/ mm <sup>2</sup>	出瞳距/ mm	使用区域 透过率/%
27	SVGA 800 × 600	∅ 20	>23	>70
非使用区域 透过率/%	颜色显示	重量(显示 模块)/g	LOE 厚 度/mm	亮度/fL
>92	全彩色	<70	2.3	>400

3.2 民用产品

Lumus 公司推出的 Video Eyeglasses 系列产品,如图 9 所示。



图9 Lumus Video Eyeglasses 系列产品  
Fig.9 Series of Lumus Video Eyeglasses

在 2010 年下半年投入销售市场。Video Eyeglass 是一款娱乐型显示产品,采用虚拟显示技术。系统由两个显示像源与两块 LOE 透镜组成,图像源产生的图像通过 LOE 透镜成像;用户可在眼前看到放大的显示画面,效果相当于在 3 m 远的地方观看 60" 的显示屏,使用者相当于将一台电视带在身边。用户可通过此产品看视频,减轻因观看过小的显示画面(如 MP4、PSP 等)而产生的眼疲劳。图 10 给出了该产品的典型画面。

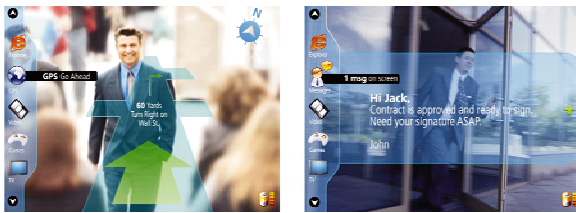


图 10 Lumus Video Eyeglasses 产品的显示画面  
Fig.10 Display frame of Lumus Video Eyeglasses

Video Eyeglasses 系列产品的性能指标如表 3 所示。

表3 Video Eyeglasses 系列产品的性能指标  
Table 3 The display index of seris of Video Eyeglasses

分辨率/像素	视场/(°)	出瞳孔径/mm <sup>2</sup>	颜色显示	透过率/%
VGA 640 × 480	27.5	10 × 10	全彩色	>70
亮度/fL	对比度	出瞳距/mm	重量/g	LOE 厚度/mm
>400	>100:1	22	<100	2

由于采用了扩展出瞳和增大视场技术,因此其显示范围和观察范围比仅采用单个反光棱镜的谷歌眼镜大得多,显示质量也高很多。

4 结论

头盔显示器系统是一项涵盖和涉及多个学科的高技术含量的综合系统工程,任何一款头盔显示器都是各类先进技术成果的结晶。目前普遍采用目镜与护目镜组合的光学系统结构,由于占据较大空间和系统重量,严重制约了头盔显示器朝着轻型化、小型化发展。

LOE 显示技术是未来发展的趋势,可以实现小型化、轻型化和全彩色显示,通过结构改进可以消除鬼像,增加视场、降低厚度。尽管目前技术还不够成熟,但是随着科学技术的发展以及科研工作者的努力,一定能够实现显示系统的小型化、轻型化、高亮度、高透过率、大视场、低成本等目标,成为透射式头盔显示器未来发展的主流。

参考文献

[1] AMITAI Y. Substrate-guided optical beam expander[P]. United States Patent, 2004, US 6829095 B2.

[2] AMITAI Y. Light guide optical device[P]. United States Patent, 2008, US 7457040 B2.

[3] AMITAI Y. Optical device for light coupling[P]. United States Patent, 2009, US 7577326 B2.

[4] AMITAI Y. Substrate-guided optical device with wide aperture[P]. United States Patent, 2010, US 7643214 B2.

[5] ATAC R. Low-cost helmet-mounted cueing system for A-10C[J]. Proceeding of SPIE, 2009, 7326:732608.

[6] 杨鹏. 改进的数学形态学小波图像融合算法[J]. 计算机仿真, 2011, 28(2): 288-291.

[7] 秦襄培. MATLAB 图像处理与界面编程宝典[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 264-273.

[8] KRAMER J D, REID W S. Track-before-detect processing for a range-ambiguous radar[C]//IEEE National Radar Conference, New York, NY, 20-22, April, 1993, 0-7803-0934-0, 4595885:113-116.

(上接第 48 页)

[6] WU Z H, SHI Z S, SHI Z M, et al. An simulation method of sensor clutter plots elimination using statistical characteristics analysis[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 170-173:3345-3348.

[7] 王国宏, 苏峰, 何友, 等. 三维空间中基于 Hough 变换和逻辑的航迹起始[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(10): 2198-2220.