

# 一种新的航迹数据源质量评价指标

陈小伟, 林家骏, 张洁

(华东理工大学自动化研究所, 上海 200237)

**摘要:** 对多目标多传感器跟踪系统性能进行评估, 局部传感器跟踪性能和航迹融合性能固然重要, 数据源的质量同样有不可忽略的影响, 忽略数据源的质量就不能全面反映系统的性能。文章以多目标多传感器系统性能评估为前提, 提出了一种新的航迹数据源质量评价指标, 从目标数量、回波数量和质量及回波密度等几个方面对数据源质量进行评价。

**关键词:** 数据源; 质量评估; 信息融合

## New Quality Metrics of Track Data Source

CHEN Xiaowei, LIN Jiajun, ZHANG Jie

(Institute of Automation, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237)

**【Abstract】** The quality of data source plays an important role in MMT system performance evaluation. The performance of MMT can not be evaluated exactly without taking data source quality into consideration. This paper presents a new metrics of data source to evaluate data source from target numbers, echo number and quality and density of echo.

**【Key words】** Data source; Quality evaluation; Information fusion

多传感器信息融合学科不断发展, 其功能越来越完备, 各类型跟踪、融合算法也越来越多, 如何选择合适的算法和参数形成可靠、有效的多目标多传感器跟踪系统成为各方关注的问题。而选择的前提是必须对各算法的性能和适用性有充分的了解, 这就要求对算法的性能及适用性进行评估。要进行这一评估, 首先必须建立合理的评价指标。就多目标跟踪领域而言, 近年的研究大多集中在对系统的处理结果(一般为雷达跟踪处理后的航迹或融合中心输出的融合航迹)进行分析, 用黑盒测试的方法对系统的性能进行评估, 而对系统的输入则采用定性的描述(如目标比较稀疏、杂波较密集等), 缺乏定量、准确的描述, 也就无法对算法的性能和适用性进行准确、定量的评估。在公开文献中至今尚未发现有关这方面的研究。

本文针对此类问题, 以算法性能评估为前提, 对跟踪系统的输入(一般而言, 无论雷达跟踪系统采用何种结构, 一般处理的都是来自传感器的点迹信息, 本文称之为数据源)进行评估, 提出一种新的航迹数据源质量评价指标, 从目标数量、回波数量和质量及回波密度等几个方面对数据源质量进行定量评估。

### 1 影响数据源质量的因素

影响数据源质量的因素多种多样, 大体可以分为3类:

(1) 传感器本身性能

传感器误差是测量误差的主要来源, 也是影响数据源质量的主要因素。不同种类的传感器特性亦不相同, 雷达通常对距离比较敏感, 但方向性不好, 而红外传感器则正好相反, 具备较好的方向性, 但对距离测量的不确定性较大。不同型号的同种传感器, 其性能也不同。这样得到的测量报告中, 数据的精度、有效性就不同。

(2) 战场态势

战场战斗激烈必然空中目标密集, 反之则目标稀疏。目

标密集环境下必然导致跟踪误差增加, 进而影响到航迹融合质量。

(3) 外部环境因素

外部环境因素主要包括天气因素和敌方干扰。雷电和敌方的干扰信号都会影响传感器的测量精度, 使得目标测量报告中含有野值、杂波, 导致融合体系整体性能的下降。

### 2 数据源质量指标

综合考虑以上各种因素, 提出如图1所示的数据源质量指标。

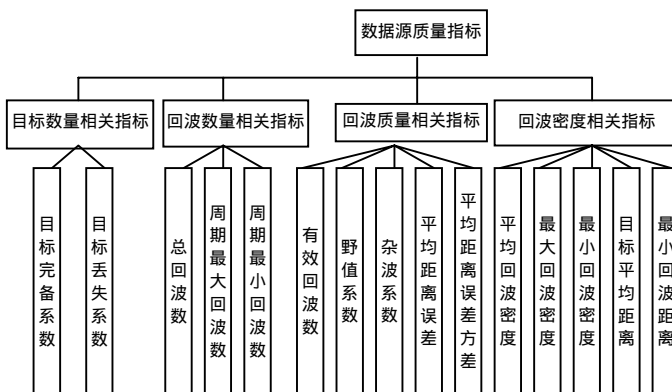


图1 数据源质量指标

(1) 目标数量相关指标

1) 目标完备系数  $P_{\text{detect}}$ : 传感器检测到的目标数量占实际目标总数的比例。

2) 目标丢失系数  $P_{\text{lost}}$ : 传感器未检测到的目标数量占实际

**基金项目:** “十五”国防预研项目

**作者简介:** 陈小伟(1977-), 男, 博士生, 主研方向: 信息融合技术, 信息安全技术; 林家骏, 教授、博导; 张洁, 硕士生

**收稿日期:** 2006-01-04 **E-mail:** chenxiaowei\_sh@163.com

目标总数的比例。

目标数量相关指标主要反映的是传感器本身的检测性能，目标完备系数越大，说明传感器检测到的真实目标数量越多，反映出传感器检测性能越好。

(2)回波数量相关指标

1)总回波数  $C_{total}$  : 数据源起止过程中回波总数量。

2)周期最大回波数  $C_{max}$  : 数据源起止过程中单个扫描周期内回波数量的最大值。

3)周期最小回波数  $C_{min}$  : 数据源起止过程中单个扫描周期内回波数量的最小值。

回波数量相关指标主要反映了数据源数据容量，总回波数越大，说明融合系统的需要处理的数据量越大；周期最大回波数和周期最小回波数主要说明了某一时刻系统所需处理数据的峰值和谷值。

(3)回波质量相关指标

1)有效回波系数  $P_{valid}$  : 有效回波数所占总回波数的比例。

2)野值系数  $P_{wrong}$  : 野值所占总回波数的比例。

3)杂波系数  $P_{noise}$  : 杂波数所占总回波数的比例。

4)平均距离误差  $\overline{noise}$  : 设数据源中有  $n$  个回波来自真实目标，平均距离误差指每个回波位置与其真实回波位置之间偏差的平均值(单位: km)。

5)平均距离误差方差  $d_{noise}$  : 平均距离误差的方差。

回波质量相关指标反映的是数据源提供的信息量。有效回波系数越大，说明数据源所含有效信息越多；相反，野值系数和杂波系数越大，说明数据源含有效信息越少，可能会导致跟踪质量和融合质量的下降。影响回波质量相关指标的因素主要是雷达自身的性能以及外部环境因素。平均距离误差和平均距离误差方差主要衡量的是系统的测量精度，即系统测量的空中目标准确性和系统测量噪声水平。显然，同空中目标的真实位置相比，误差的平均值和方差越小，系统掌握空中目标的精度越高，所提供的信息的可靠性也越高。

(4)回波密度相关指标

以边长为 10km 正方形区域将数据源覆盖区域分为网格状，计算每个单位子区域中的回波数量。设覆盖区域被分隔为  $M$  块，记第  $t$  个扫描周期落入第  $k$  块中的有效回波数量为  $c_{tk}$ 。

1)平均回波密度  $\overline{Den}$  : 数据源单位区域中所含有效回波数量(单位: 个/10km<sup>2</sup>)。

$$\overline{Den} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N Den(t) \quad Den(t) = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M c_{tk}$$

2)最大回波密度  $Den_{max}$  : 单位子区域中含有最多有效回波的数量,  $Den_{max} = MAX(c_{tk})$ 。

3)最小回波密度  $Den_{min}$  : 单位子区域中含有最少有效回波的数量,  $Den_{min} = MIN(c_{tk})$ 。

4)目标平均回波距离  $\overline{dis}_{ij}$  : 不同目标  $i, j$  的平均回波距离。

$$\overline{dis}_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T dis_{ij}(t)$$

式中,  $dis_{ij}(t)$  为来自不同目标  $i, j$  在第  $t$  个周期的回波距离。

5)最小回波距离  $dis_{min}$  : 不同目标  $i, j$  的回波距离最小值,  $dis_{min} = MIN(dis_{ij}(t))$ 。

回波密度相关指标主要衡量的是每个扫描周期中有效回波的密度和距离。因为在目标密集环境下，目标航迹的起始

和跟踪维持都需要采用更复杂的算法，以减少密集目标跟踪过程中的误差。本文提出的回波密度相关指标通过计算平均回波密度、最大回波密度及最小回波距离等指标，定量地对目标的稀疏程度进行了描述。

平均回波密度  $\overline{Den}$  反映的是数据源总体的回波密度水平,  $\overline{Den}$  越小, 则跟踪难度越小。最大回波密度  $Den_{max}$  和最小回波密度  $Den_{min}$  之间的差越小, 说明数据源覆盖区域内的目标分布越均匀。  $\overline{Den}$  越接近  $Den_{max}$ , 说明数据源覆盖的大部分区域目标都较密集, 反之,  $\overline{Den}$  越接近  $Den_{min}$ , 说明数据源覆盖的大部分区域目标都较稀疏。目标平均回波距离  $\overline{dis}_{ij}$  和最小回波距离  $dis_{min}$  直观地反映了两两目标之间的距离关系, 可以用于评判目标  $i, j$  因为相互干扰会产生误跟踪的可能性。

### 3 实例分析

为验证数据源质量在多目标多传感器跟踪系统性能评估中所起作用, 采用某军用仿真环境生成两组不同的数据源, 并计算各自的数据源质量指标。数据源 1 和数据源 2 的剧情如图 2 所示, 数据源 1 由 2 个空中目标的飞行轨迹组成, 数据源 2 由 6 个空中目标的飞行轨迹组成。

用同一雷达模拟器进行检测, 对雷达模拟器输出的点迹文件即数据源进行各项质量指标的计算, 其结果如表 1 所示。



(a)数据源 1 (b)数据源 2

图 2 数据源 1 和数据源 2 的剧情

表 1 数据源质量对比

质量指标	数据源 1	数据源 2
实际目标数	2	6
检测目标数	2	6
目标丢失系数	0	0
总回波数	193	401
周期最大回波数	2	5
周期最小回波数	1	1
有效回波系数	0.595 855	0.498 778
杂波系数	0.357 513	0.356 633
野值系数	0.046 632	0.164 589
距离误差平均值(m)	0.440 521	0.362 278
距离误差方差(m <sup>2</sup> )	11.433 213	12.676 435
平均回波密度(个/10km <sup>2</sup> )	0.008 297	0.014 895
局部最大回波密度	1	2
局部最小回波密度	0	0
平均回波距离(m)	59.389 304	55.6107 62
最小回波距离(m)	59.575 975	1.9149 48

由表 1 可知, 本文提出的数据源评价指标基本能真实地反映数据源的属性。对比 2 个数据源的目标数量相关指标和回波数量相关指标可看出数据源 2 的指标数值均大于数据源 1, 这和数据源中的目标数量是相关的; 对比 2 个数据源的回波质量指标, 可看出 2 个数据源回波质量很接近, 这是因为在仿真中使用同一雷达模拟器进行的目标探测; 对比它们的回波密度指标可知数据源 2 的回波密度大于数据源 1, 其平

(下转第 250 页)