

文章编号:1001-9081(2016)05-1232-04

DOI:10.11772/j.issn.1001-9081.2016.05.1232

分步的基于模糊聚类的多雷达航迹关联算法

张树斌*, 方洋旺, 雍霄驹, 彭维仕, 李伟

(空军工程大学 航空航天工程学院, 西安 710038)

(*通信作者电子邮箱 704301446@qq.com)

摘要:针对采用传递闭包模糊聚类的多雷达航迹关联算法运算量较大的问题,提出了分步的基于模糊聚类的多雷达航迹关联算法。首先基于欧氏距离对航迹进行预关联判断,然后通过模糊相似计算,简化了航迹相似矩阵,进而减少了相似计算与矩阵迭代的次数,最终达到了减小运算量的目的。仿真结果表明:所提算法在保证关联正确率的前提下,耗时减小了54%,有效地提高了多雷达航迹关联算法的效率。

关键词:信息融合;分步;目标跟踪;航迹关联;模糊聚类

中图分类号:TP274 **文献标志码:**A

Step-by-step multi-radar track correlation algorithm based on fuzzy clustering

ZHANG Shubin*, FANG Yangwang, YONG Xiaoju, PENG Weishi, LI Wei

(College of Aeronautics and Astronautics Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an Shaanxi 710038, China)

Abstract: Since the multi-radar track correlation algorithm based on transitive closure fuzzy clustering has high computational complexity, a step-by-step multi-radar track correlation algorithm based on fuzzy clustering was proposed. First, based on the Euclidean distance the track correlation was judged, and the track similar matrix was simplified through fuzzy similarity calculation. Furthermore, the calculation of the iterations was decreased. Finally, the computational demanding of the proposed algorithm was certainly reduced. The simulation results show that the proposed algorithm can determine targets' tracks accurately, saves 54% of time effectively with the high accuracy.

Key words: information fusion; step-by-step; target tracking; track correlation; fuzzy clustering

0 引言

现代战争中,传统的单雷达对目标的探测难以满足作战要求,必须运用多部雷达,多方位、多角度地对目标进行探测。因此,多雷达航迹融合是现代化战争的需要。在分布式多雷达的环境下,各雷达独立观测目标,得到大量目标的重复航迹信息。然而,航迹与航迹关联(或互联)问题就是判断不同系统的航迹是否代表同一个目标,以获取目标的正确信息^[1]。

航迹关联是多雷达数据融合的一个关键问题,也是实现多雷达航迹数据合成的前提,关联判定结果将直接影响到整个融合系统的性能^[2]。现有的主要方法有拓扑序列的方法^[3-5]、灰色理论的方法^[6]和神经网络的方法^[7]。拓扑序列方法虽然具有很高的关联成功率,但进行一次完整匹配过程的计算量很大,不适合大数量目标的航迹关联^[8];灰色理论虽然对样本量要求不高,但航迹关联判定准则是局部最优的^[6];神经网络虽然运算量较小,但对参数选择要求较高^[7]。而传统的航迹关联算法主要是基于统计学^[9-10]和模糊数学的方法^[1,11-14]。基于统计学的方法不能有效获得精确的目标航迹信息,当存在较大的误差干扰时,其航迹关联性能被削弱。针对上述问题,基于模糊数学的方法能有效解决实际关联过程中的模糊性。其中,采用传递闭包模糊聚类的多雷达

航迹关联算法^[15]为典型的基于模糊数学的航迹关联算法,面对目标密集、做机动的情况也能准确地进行关联判定,但当目标数量较大时,其运算量增大,很难将其应用到工程实践中^[16]。因此本文主要针对该算法存在的不足,提出了分步的基于模糊聚类的多雷达航迹关联算法。首先利用欧氏距离对航迹进行预关联判断,然后通过模糊相似计算,简化航迹相似矩阵,进而减少相似计算与矩阵迭代的次数,以期达到减小运算量的目的。

1 问题描述

假设两部雷达对同一空域的目标进行探测,且认为同一雷达的不同航迹是不关联的。设两部雷达测得的航迹集合分别为:

$$X_j^1 \{x_{j1}^1, x_{j2}^1, \dots, x_{jk}^1\}; j = 1, 2, \dots, n_1$$

$$X_j^2 \{x_{j1}^2, x_{j2}^2, \dots, x_{jk}^2\}; j = 1, 2, \dots, n_2$$

其中: n_1 为雷达 1 测得的航迹数, n_2 为雷达 2 测得的航迹数; x_{jk}^1 表示雷达 1 测得航迹中第 j 条航迹的第 k 个航迹信息, x_{jk}^2 表示雷达 2 测得航迹中第 j 条航迹的第 k 个航迹信息。航迹信息可以为目标的位置、速度、加速度及其他在航迹关联中起作用的目标信息。

传递闭包模糊聚类的多雷达航迹算法以航迹信息为模糊

收稿日期:2015-10-19;修回日期:2015-12-26。

作者简介:张树斌(1991—),男,山西榆次人,硕士研究生,主要研究方向:信息融合、效能评估; 方洋旺(1966—),男,安徽安庆人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:信息融合、效能评估、随机最优控制; 雍霄驹(1987—),男,江苏南京人,博士,主要研究方向:信息融合; 彭维仕(1987—),男,广西全州人,讲师,博士,主要研究方向:效能评估; 李伟(1990—),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要研究方向:效能评估。

因子计算不同航迹的相似系数 r 构成相似矩阵,而后求得模糊等价矩阵 \mathbf{R} ,最终实现关联判定。算法的核心是计算模糊等价矩阵,虽然关联准确性较高,然而当目标数量增大时求解等价矩阵的运算量非常大。其原因主要是:1)等价矩阵的维数与目标数量有关;2)求解等价矩阵的迭代次数与矩阵维数有关。因此,算法面对大量目标时不能及时进行关联判定。

2 分步的模糊聚类多雷达航迹关联算法

2.1 算法描述

相比原算法,新算法增加了航迹的预关联判断,分步求解航迹间的相似系数,进而减少了求解模糊等价矩阵的运算量。

1)对航迹数据进行数据标准化后,计算航迹集合中所有航迹的欧氏距离 l ,设立一定的目标关联门限 θ 。当 $l \geq \theta$ 时,记 $f_{ij} = 1$;当 $l < \theta$ 时,记 $f_{ij} = 0$,则可得航迹分类矩阵 \mathbf{F} :

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

其中:当 $f_{ij} = 1$ 时,表示航迹集合中第 i 条航迹与第 j 条航迹预判断为关联;当 $f_{ij} = 0$ 时,表示航迹集合中第 i 条航迹与第 j 条航迹预判断为不关联。

2)根据航迹分类矩阵 \mathbf{F} ,计算预判断关联的航迹的相似系数,预判断不关联航迹间的相似系数赋值为 0,得到所有航迹间的相似系数。

3)由相似系数构成反映所有航迹相似关系的航迹相似矩阵 \mathbf{R}^* ,而后利用平方法将 \mathbf{R}^* 不断复合, $\mathbf{R}^{*2} = \mathbf{R}^* \circ \mathbf{R}^*$, $\mathbf{R}^{*4} = \mathbf{R}^{*2} \circ \mathbf{R}^{*2}$, … 直到得到自然数 k 使得 $\mathbf{R}^{*2k} = \mathbf{R}^{*k}$ 。 $\mathbf{R}^{*k} \circ \mathbf{R}^{*k}$ 便为一个等价矩阵,进而找出航迹关联对。

2.2 算法步骤

新算法具体步骤如下:

1)将来自不同雷达的航迹信息进行时间和空间对准,时间对准为同一时刻,空间坐标转换为同一坐标系下。

2)将目标的位置、速度及其他在航迹关联中起作用的信息作为模糊因子,所有模糊因子构成模糊因子集 X_j^i 。把雷达 1 的 n_1 条航迹与雷达 2 的 n_2 条航迹构成 n 条航迹的航迹集合 \mathbf{X} 。并假设前 n_1 条航迹来自雷达 1,后 n_2 条航迹来自雷达 2。

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11}^1 & x_{12}^1 & \cdots & x_{1k}^1 \\ x_{21}^1 & x_{22}^1 & \cdots & x_{2k}^1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n_11}^1 & x_{n_12}^1 & \cdots & x_{n_1k}^1 \\ x_{11}^2 & x_{12}^2 & \cdots & x_{1k}^2 \\ x_{21}^2 & x_{22}^2 & \cdots & x_{2k}^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n_21}^2 & x_{n_22}^2 & \cdots & x_{n_2k}^2 \end{bmatrix}_{n \times k} \quad (2)$$

3)为了避免较小数据的作用被减小,采用极差标准化法对模糊因子进行数据标准化。

$$x'_{ij} = \frac{x'_{ij} - x'_{j\min}}{x'_{j\max} - x'_{j\min}} \quad (3)$$

式中: $x'_{j\min} = \min(x'_{1j}, x'_{2j}, \dots, x'_{nj})$; $x'_{j\max} = \max(x'_{1j}, x'_{2j}, \dots, x'_{nj})$ 。

4)计算各航迹的欧氏距离 l ,并与门限 θ 比较,得到航迹分类矩阵 \mathbf{F} ,见式(1)。

5)由航迹分类矩阵 \mathbf{F} 计算航迹相似系数 r^* ,并建立由相似系数组成的航迹相似矩阵,用 \mathbf{R}^* 表示。其中,相似系数的计算采用夹角余弦算法,其计算公式为:

$$r_{ij}^* = \frac{\sum_{k=1}^6 (x_{ik} x_{jk})}{\sqrt{\sum_{k=1}^6 x_{ik}^2 \sum_{k=1}^6 x_{jk}^2}} \quad (4)$$

式中: $x_{il}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}, x_{i5}, x_{i6}, x_{j1}, x_{j2}, x_{j3}, x_{j4}, x_{j5}, x_{j6}$ 分别为航迹 i 与航迹 j 的距离、方位、仰角、 x 方向速度、 y 方向速度、 z 方向速度, r_{ij}^* 为航迹样本集中第 i 航迹样本与第 j 航迹样本的相似系数。航迹相似矩阵为:

$$\mathbf{R}^* = \begin{bmatrix} r_{11}^* & r_{12}^* & \cdots & r_{1n}^* \\ r_{21}^* & r_{22}^* & \cdots & r_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1}^* & r_{n2}^* & \cdots & r_{nn}^* \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (5)$$

6)利用平方法求航迹相似矩阵的航迹模糊等价矩阵,即航迹关联矩阵,用 \mathbf{R} 表示:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (6)$$

其中, r_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n_1, \dots, n_1 + n_2, \dots, n$) 表示航迹集合 \mathbf{X} 中第 i 条航迹与第 j 条航迹的关联系数,其大小反映了不同航迹的关联程度。

7)选取适当的 λ ($0 < \lambda < 0$) 值,当 $r_{ij} < \lambda$ 时,航迹 i 与航迹 j 判断为不关联。由此得到航迹关联 λ 截矩阵:

$$\mathbf{R}_\lambda = \begin{bmatrix} r_{11}^\lambda & r_{12}^\lambda & \cdots & r_{1n}^\lambda \\ r_{21}^\lambda & r_{22}^\lambda & \cdots & r_{2n}^\lambda \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1}^\lambda & r_{n2}^\lambda & \cdots & r_{nn}^\lambda \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (7)$$

其中 $r_{ij}^\lambda = \begin{cases} 0, & r_{ij} < \lambda; \\ r_{ij}, & r_{ij} \geq \lambda \end{cases}$; $i, j = 1, 2, \dots, n$;且根据相似系数计算表达式可知, \mathbf{R}_λ 满足 $r_{ij}^\lambda = r_{ji}^\lambda$ 为对称矩阵。

8)将航迹关联 λ 截矩阵分块,即:

$$\mathbf{R}_\lambda = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{11}^\lambda & \mathbf{R}_{12}^\lambda \\ \mathbf{R}_{21}^\lambda & \mathbf{R}_{22}^\lambda \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中 $\mathbf{R}_{21}^\lambda = \begin{bmatrix} r_{n_1+1,1}^\lambda & r_{n_1+1,2}^\lambda & \cdots & r_{n_1+1,n_1}^\lambda \\ r_{n_1+2,1}^\lambda & r_{n_1+2,2}^\lambda & \cdots & r_{n_1+2,n_1}^\lambda \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n_1,n_1}^\lambda & r_{n_1,n_2}^\lambda & \cdots & r_{n_1,n_1}^\lambda \end{bmatrix}_{n_2 \times n_1}$ 。易知,矩阵 \mathbf{R}_{21}^λ

为雷达 1 与雷达 2 航迹间的关联系数矩阵,反映了各航迹的关联程度。

9)比较航迹关联性,找出航迹关联对。

①找出 \mathbf{R}_{21}^λ 中的最大值元素,并假设最大值元素在第 i 行第 j 列,则雷达 1 的第 i 条航迹与雷达 2 的第 j 条航迹为同一目标的航迹,建立航迹关联对;

②假设同一个雷达的不同航迹互不关联,故同一雷达的

不同航迹为不同的目标,且航迹间的关联系数应为零。所以将 R_{21}^A 的第 i 行和第 j 列的所有元素改为零;如果 R_{21}^A 中存在非零元素,则表示判断未结束,继续重复①~②,直至 R_{21}^A 中所有元素为零,此时结束关联判断。

3 仿真分析

下面将通过数值仿真验证新算法的有效性。假定两部雷达探测同一空域中的 20 个目标,分别采用新算法和原算法对其进行航迹关联,比较两种算法在相同的空域环境中算法的关联正确率及运算时间,验证本文算法能否在保证正确率的前提下减小运算时间,然后改变目标关联门限值进行多次仿真实验,分析其对正确关联率的影响。

3.1 目标运动模型

设目标的 x 坐标、 y 坐标、 x 方向速度、 y 方向速度、 x 方向加速度和 y 方向加速度为模糊因子。20 个目标的初始运动参数如表 1 所示。

表 1 目标运动参数

序号	x 坐标/m	y 坐标/m	x 方向速度/ $(m \cdot s^{-1})$	y 方向速度/ $(m \cdot s^{-1})$	x 方向加速度/ $(m \cdot s^{-2})$	y 方向加速度/ $(m \cdot s^{-2})$
1	27 000	7 000	200	40	-0.7	-1.2
2	25 700	9 000	190	50	-0.2	-0.9
3	24 000	110 000	100	-300	0.3	0.3
4	27 500	9 000	200	40	-0.7	-1.2
5	24 700	9 800	190	50	-0.2	-0.9
6	-67 000	7 000	200	40	0.7	-1.2
7	-65 700	9 000	190	50	0.2	-0.9
8	-54 000	60 000	200	-300	0.3	0.3
9	-67 500	9 000	200	40	0.7	-1.2
10	-64 700	9 800	190	50	0.2	-0.9
11	-47 000	-7 000	200	40	-0.5	1.6
12	-45 700	-9 000	190	50	-0.2	-0.9
13	-64 000	0	190	-300	0.1	0.3
14	-47 500	-9 000	200	40	-0.9	1.5
15	-44 700	-98 000	190	50	-1.8	-0.9
16	27 000	-7 000	-200	-40	-0.7	-1.2
17	25 700	-9 000	-190	-50	-0.2	0.9
18	24 000	-110 000	100	40	-0.7	-1.2
19	27 500	-9 000	200	40	-0.7	-1.2
20	24 700	9 800	190	50	-0.2	-0.9

仿真目标的运动轨迹航迹图 1。下面基于建立的目标运动模型进行仿真计算,验证本文算法的有效性。

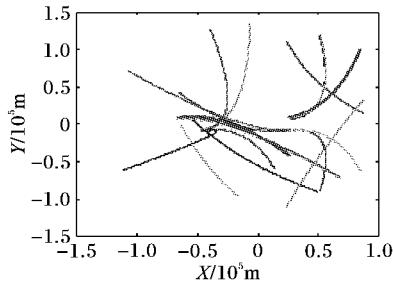


图 1 仿真目标轨迹

3.2 仿真验证

这里只考虑不同雷达的航迹关联问题,不考虑同一雷达对不同目标的航迹关联问题,并假设同一雷达的不同目标的

航迹互不关联。设有两部雷达,以信息融合中心为坐标原点,采用直角坐标系,雷达坐标分别为(50 000, 0)与(0, 0),单位为 m,同时跟踪空域中的 20 个目标,探测周期均为 2 s,探测时长为 400 s,忽略系统误差。假定雷达 1 的距离测量误差为 100 m,角度误差为 0.15°;雷达 2 的距离测量误差为 50 m,角度误差为 0.1°。融合中心对航迹信息进行融合并判断航迹关联性。

仿真一 将目标分类门限设为,分别采用原算法与本文所提算法进行 100 次蒙特卡罗仿真,比较仿真的平均正确关联率、平均用时,以及平均每个探测周期内的相似计算次数和模糊等价矩阵的迭代次数,结果如表 2 所示。

表 2 关联正确率比较

航迹对	原算法		新算法	
	正确关联次数	正确关联率/%	正确关联次数	正确关联率/%
1-21	199	99.5	196	98
2-22	197	98.5	193	96.5
3-23	200	100	200	100
4-24	198	99	193	96.5
5-25	194	97	190	95
6-26	199	99.5	198	99
7-27	199	99.5	197	98.5
8-28	200	100	200	100
9-29	195	97.5	198	99
10-30	198	99	200	100
11-31	200	100	200	100
12-32	200	100	199	99.5
13-33	200	100	200	100
14-34	200	100	200	100
15-35	200	100	200	100
16-36	200	100	199	100
17-37	200	100	200	100
18-38	200	100	200	100
19-39	200	100	200	100
20-40	200	100	200	100

表 3 计算量比较

算法	相似计算次数	迭代次数	用时/s
原算法	1 600	4.020	8.0028
新算法	89.50	1.730	3.6963

分析仿真结果,新算法较原算法运算量大为减少,相同条件下运算时间节约了 54% ($1 - (3.6963 / 8.0028)$),且保持了相当的准确率。

仿真二 改变目标分类门限 θ 的值,分别进行 100 次的蒙特卡洛仿真,比较不同 θ 时 20 个航迹对的平均正确关联率及运算时间。仿真结果如图 2、3 所示。从图 2 可知,当 $\theta \geq 0.01$ 时,正确关联率较高;当 $\theta < 0.01$ 时,正确关联率降低,分析原因为:门限过小造成不同雷达由同一目标得到的不同航迹间欧氏距离大于门限值,直接判断为不关联,导致漏相关的发生,降低了正确关联率。从图 3 可知,当 θ 越小,运算时间越短,分析原因为:较小的门限使得预判断效率提高,相似矩阵更为简化,运算量得以减少。实际中要综合考虑正确关联率与实时性的要求,选择合适的门限值以满足航迹关联的需求。

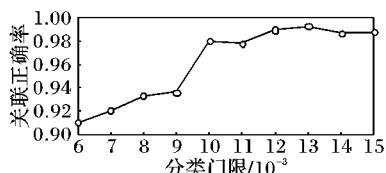


图2 关联正确率曲线

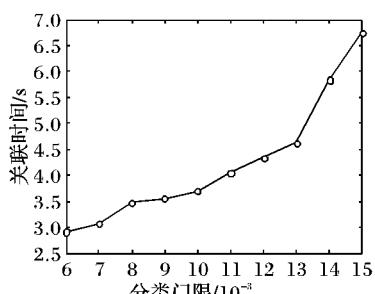


图3 关联时间曲线

4 结语

本文提出了分步的基于模糊聚类的多雷达航迹关联算法,解决了采用传递闭包模糊聚类的多雷达航迹关联算法运算量较大的问题。该算法基于航迹间的欧氏距离对航迹进行预关联判断,通过简化航迹相似矩阵,减少相似计算以及矩阵迭代的次数,达到了减少运算量的目的。仿真结果表明:选择合适的目标分类门限,分步的基于模糊聚类的多雷达航迹关联算法在保证关联正确率的前提下,耗时减小了54%,有效提高了多雷达航迹关联算法的效率。

参考文献:

- [1] 何友,王国宏,陆大金,等.多传感器信息融合及应用[M].北京:电子工业出版社,2000: 114–115. (HE Y, WANG G H, LU D J, et al. Multi-sensor Information Fusion with Application [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2000: 114 – 115.)
- [2] 韩崇昭,朱洪艳,段战胜,等.多源信息融合[M].北京:清华大学出版社,2006: 290–291. (HAN C Z, ZHU H Y, DUAN Z S, et al. Multi Source Information Fusion [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 290 – 291.)
- [3] 吴泽明,任姝婕,刘熹.基于拓扑序列的航迹关联算法研究[J].航空学报,2009,30(10): 1937–1942. (WU Z M, REN S J, LIU X. Topology sequence based track correlation algorithm [J]. Acta Aeronautica ET Astronautica Sinica, 2009, 30(10): 1937 – 1942.)
- [4] WU Z M. A novel track correlation algorithm for radar data fusion [C]// Proceedings of the 7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Piscataway, NJ: IEEE, 2011: 1 – 4.
- [5] 董凯,王海鹏,刘瑜.基于拓扑统计距离的航迹抗差关联算法[J].电子与信息学报,2015,37(1): 50–55. (DONG K, WANG H P, LIU Y. Anti-bias track association algorithm based on topology statistical distance [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2015, 37(1): 50 – 55.)
- [6] 董凯,关欣,王海鹏,等.基于序贯修正灰关联度的全局最优航迹关联算法[J].电子与信息学报,2014,36(8): 1940–1945. (DONG K, GUAN X, WANG H P, et al. Global optimal track association algorithm based on sequential modified grey association degree [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2014, 36 (8): 1940 – 1945.)
- [7] DUAN M, LIU J H. Track correlation algorithm based on neural network[C]// Proceedings of the 2009 2nd International Symposium on Computational Intelligence and Design. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009: 181 – 185.
- [8] 吴泽明,蒋叶金,任姝婕.拓扑序列航迹关联的高效修正算法[J].西安电子科技大学学报,2011,38(2): 180 – 186. (WU Z M, JIANG Y J, REN S J. Effectively modified topology sequence track correlation algorithm [J]. Journal of Xidian University, 2009, 35 (6): 986 – 991.)
- [9] SINGER R A, KANYUCK A J. Computer control of multiple-site track correlation[J]. Automation, 1971, 7(3): 455 – 463.
- [10] BAR-SHALOM Y. On the sequential track correlation algorithm in multisensor data fusion system[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2008, 44(1): 396 – 396.
- [11] 李亮群,姬红兵.基于最大熵模糊聚类的快速数据关联算法[J].西安电子科技大学学报(自然科学版),2006,33(2): 251 – 256. (LI L Q, JI H B. Fast data association algorithm based on maximum entropy fuzzy clustering [J]. Journal of Xidian University (Natural Science), 2006, 33(2): 251 – 256.)
- [12] ZHANG G, LIU Y, SHAN K F. An improvement of track correlation for distributed fusion system[J]. International Journal of Digital Content Technology and Its Applications, 2012, 6(14): 306 – 313.
- [13] 范恩,谢维信,刘宗香.基于子航迹Hough变换的模糊航迹关联[J].深圳大学学报(理工版),2013,30(6): 551 – 556. (FAN E, XIE W X, LIU Z X. Fuzzy track association using tracklet-based Hough transform [J]. Journal of Shenzhen University (Science & Engineering), 2013, 30(6): 551 – 556.)
- [14] HUANG Y, LI L, ZHOU Y. A heterogeneous sensors track-to-track correlation algorithm based on fuzzy numbers similarity degree [C]// Proceedings of the 2nd International Conference on Information and Computing Science. Piscataway, NJ: IEEE, 2009: 191 – 194.
- [15] 黄友澎.多传感器多目标航迹关联与数据合成若干关键技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2009: 33 – 40. (HUANG Y P. Research on several key techniques of multi-sensor multi-target track correlation and data combination [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2009: 33 – 40.)
- [16] BAI J, WANG G H, KONG M. A regional track correlation method for multi-radar multi-track in distributed radar network[C]// CIE 2006: International Conference on Radar. Piscataway, NJ: IEEE, 2006: 1 – 3.

Background

ZHANG Shubin, born in 1991, M. S. candidate. His research interests include information fusion, effectiveness evaluation.

FANG Yangwang, born in 1966, Ph. D, professor. His research interests include information fusion, effectiveness evaluation, stochastic optimal control.

YONG Xiaoju, born in 1987, Ph. D.. His research interests include information fusion.

PENG Weishi, born in 1987, Ph. D., lecturer. His research interests include effectiveness evaluation.

LI Wei, born in 1990, M. S. candidate. His research interests include effectiveness evaluation.