基于目标战略优先级与精度自适应 的效能函数的机载多传感器管理



杨海舟,刘妹琴*

浙江大学 电气工程学院,浙江 杭州 310027

摘 要: 传感器管理在数据融合系统中起着重要作用,机载多传感器系统通常面临着资源受限的状况,如传感器最大跟踪数 量小于目标数量,无法保证所有传感器拥有相同精度与参照系等。因此,本文提出了一种基于目标战略优先级与精度自适 应的效能函数的多传感器管理算法。首先,将空中目标的自身属性部分量化以得到目标战略优先级;再利用目标的跟踪精 度、传感器测量精度和期望的跟踪精度之间的关系,定义了精度预提升矩阵和精度缺乏矩阵。再将上述两部分结合构建目 标函数,运用整数线性规划的方法进行优化。最后,仿真试验设置了包括三个机载传感器对4个目标的跟踪任务,对比其他 文献中的结果,显示出本文算法更为合理、有效。

关键词:传感器管理,目标战略优先级,精度自适应,效能函数,融合滤波

中图分类号:TP273 文献标识码:A

多传感器数据融合是一种可以从多传感器获取、协调 和补充信息的系统。由于机载平台下的多传感器资源受 限,需通过传感器管理实现资源的合理分配。传感器管理 能够通过使用有限的传感器资源来提供辅助决策,是在对 目标的跟踪过程中对现有传感器资源的调度,以获得所有 评价指标的综合最优测量值,其核心问题是对传感器类型、 操作模式、参数的选择和对目标的资源分配做出决定。

目前,很多学者从事传感器管理的研究。参考文献[1]~ 参考文献[3]提出了一种基于跟踪过程中的滤波估计误差协 方差矩阵的传感器管理方法,该方法主要依据目标跟踪的精 度管理传感器的分配。但是,战场环境很复杂,只依据目标 跟踪的精度来管理传感器还不够。参考文献[4]提出了一种 判断跟踪目标威胁程度的方法,可以作为环境的参考。参考 文献[5]提出了一种基于传感器节点预测的方法,这种方法假 设预测的增益可以用于管理。在参考文献[6]~参考文献[8] 中,提出目标函数可以基于线性规划、动态规划、信息熵和统 计方法来设置。在参考文献[9]和参考文献[10]中,提出优化

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2019.04.011

方法可以从合成方法、遗传算法和信息论方法中选择。参考 文献[11]提出了一种基于效率和浪费的方法,效能函数可以 满足分布的要求,而废弃函数在判断优先级和配对权重时是 多余的,配对系数不是定量的,功能不适用于自适应。参考 文献[12]提出了一种修改效能函数,定义了目标优先级和配 对系数,而该配对系数并不能直接清楚地反映精度对传感器 资源分配的影响,也并不适用于自适应。

本文介绍的方法提供了对效能函数的进一步修改,使其 适用于机载环境。首先,根据各目标的速度、型号、位置等属性 计算出量化的目标战略优先级,再通过计算期望精度、传感器 测量精度和目标状态估计精度这三个量的大小关系,定义了 精度自适应系数矩阵,最后对构建完成的效能函数进行线性 优化得到多传感器对多目标的资源分配。此外,效能函数是 时变的,因此管理是自适应的,可以在动态环境中广泛使用。

1 异步异质传感器的融合滤波算法

本文中飞行器的运动模型可近似为常速运动

收稿日期:2019-01-31,退修日期:2019-02-11,录用日期:2019-03-16

基金项目: 航空科学基金(20172076003,2015ZC76006)

^{*}通信作者.Tel.: 0571-87951313 E-mail: liumeiqin@zju.edu.cn

引用格式: Yang Haizhou,Liu Meiqin.Airborne multi-sensor management based on target strategic priority and precision adaptive performance function[J].Aeronautical Science & Technology,2019,30(04):61-68.杨海舟,刘妹琴.基于目标战略优先级与精度自适应的效能函数的 机载多传感器管理[J].航空科学技术,2019,30(04):61-68.

(Constant Velocity, CV)或常加速运动(Constant Acceleration, CA)模型且在机载平台上使用了多种异步异质的传感器以观测目标运动,传感器或传感器组则使用序贯融合滤波估计的方法来完成目标跟踪。考虑传感器组对单个目标进行目标跟踪与估计,单目标j的状态转移方程可以表示为:

$$\mathbf{x}^{j}(k) = \mathbf{F}^{j}(T_{k})\mathbf{x}^{j}(k-1) + \mathbf{G}^{j}(T_{k})\omega^{j}(k-1), j = 1, 2, \cdots, n_{t}$$
(1)

而传感器i对目标跟踪的量测方程可以表示为:

$$z_{i}^{j}(k) = h_{i} [x^{j}(k)] + v_{i}^{j}(k), \ i = 1, 2, \cdots, n_{s}$$
⁽²⁾

在式(1)和式(2)中, $x^{i}(k)$ 代表目标*j*在时间*t*时的状态 真值, F^{j} 和G'为系统转移矩阵。 $\omega^{i}(k-1) = v^{i}_{i}(k)$ 是过程噪 声与观测噪声,并且它们是零均值的高斯白噪声序列,协方 差分别为 $Q^{i}(k-1) = P_{m_{ij}}(k)$ 。 T_{k} 是采样间隔。 $z^{i}_{i}(k)$ 代表了 目标*j*被传感器*i*量测所得的量测值。 h_{i} 代表着传感器观测 方程。当包含K个单传感器的传感器组正在跟踪目标*j*的 运动时,序贯融合滤波估计算法如下^[13]($S = 2, \dots, K$)。

状态更新方程为:

$$\begin{bmatrix} x^{i}(k|k) \end{bmatrix}^{i} = x^{i}(k|k-1) + \begin{bmatrix} K^{i}(k) \end{bmatrix}^{i} \left\{ z_{1}^{i}(k) - h_{1} \begin{bmatrix} x^{i}(k|k-1) \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} x^{i}(k|k) \end{bmatrix}^{s} = \begin{bmatrix} x^{i}(k|k) \end{bmatrix}^{s-1} + (3) \begin{bmatrix} K^{i}(k) \end{bmatrix}^{s} \left\{ z_{s}^{i}(k) - h_{s} \begin{bmatrix} x^{i}(k|k-1) \end{bmatrix} \right\} x^{i}(k|k) = \begin{bmatrix} x^{i}(k|k) \end{bmatrix}^{k} m m j \pi H ontower definition of the set of the$$

式中:[•][°]代表量测数据已被S个传感器处理过。

在传感器分配算法中,需要用到传感器或传感器组的 联合观测噪声的数值以得到下一时刻传感器或传感器组对 多个目标的资源分配的一个影响因子,故使用最小二乘法 计算得到传感器组的联合观测噪声。

考虑两个传感器组成的传感器组。传感器a,b的量测 周期定义为T_a,T_b,并且使得T_a:T_b = n。由于两传感器的量 测周期之比为整数,可知当传感器b在任意两个相邻采样 时刻得到两个相邻量测数据时,在相同时间段中,传感器a 能够获得n + 1个量测数据。而通过使用最小二乘法则可 以对传感器a在这个时间段获得的除第一个量测数据外的 n个量测数据进行时间校准,使这n个量测数据校准至传感 器b在最后一个时刻的量测数据,从而有效地去除因为量 测周期的差异导致的时间偏差。

最小二乘法的算法及原理可见参考文献[14],具体的 计算方法为:

$$\begin{cases} \tilde{z}_{k} = -\frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n} z_{i} + \frac{6}{n(n+1)} \sum_{i=1}^{n} i \cdot z_{i} \\ \operatorname{var}\left[\tilde{z}_{k}\right] = \frac{2\sigma_{r}^{2}(2n+1)}{n(n+1)} \end{cases}$$
(7)

式中:在校正之前传感器*a*获得的后*n*个量测数据的序列为 $Z_n = [z_1, z_2, \dots, z_n]^T$,量测噪声的方差记为 σ_r^2, \tilde{z}_k 为校准后的 量测数据,var $[\tilde{z}_k]$ 为校准后的量测噪声的方差。

2 基于目标战略优先级与精度自适应的效能 函数

假设机载平台在多目标跟踪中配备了数据融合系统, 并且包括三个传感器:相控阵雷达(PAR)、红外传感器 (IRST)和电子支持措施(ESM)。ESM的测量和状态融合 模型的估计是管理模块的基础。在本节中,定义了目标战 略优先级和精度自适应系数,给出了测量精度的转换的计 算方法,建立基于目标战略优先级与精度自适应的效能函 数,并通过约束条件求解传感器管理的最优分配算法。

2.1 目标的战略优先级

本文研究了单机载平台多目标的多传感器的观测和管 理。因此,应该在自主模式下建立目标优先级的功能。有 许多因素可以影响目标战略优先级,并且它们在不同的指 定任务中发生变化。而目标的战略优先级则影响着目标在 传感器资源分配中的权重,目标战略优先级越高,在传感器 资源分配中获得的权重则相应也越高。在本文中将考虑以 下因素并将其量化: (1)身份信息(ID):身份信息是目标的敌我标志信息,ID = 1为敌方目标,ID=0为友方目标。

(2)型号信息(IM):型号信息是通过ESM量测获得的, 可以得到目标的类型与型号(如轰炸机、预警机),反映威胁 程度。该值取决于目标的类型,值越大则代表威胁程度越 大,并且该值是预先确定的。

(3)距离(DT):距离表示从目标到传感器的范围。该 值由融合滤波中心在上一时刻的最优估计得到。距离越 短,则目标的战略优先级越高。该值取决于相对距离的 倒数。

(4)速度(VL):速度是指目标相对于传感器的速度。 该值由融合滤波中心在上一时刻的最优估计求模后得到。 该值取决于速度矢量的大小。

基于以上4种因素的影响,可建立目标j的战略优先级的排序系数函数 $p_j(ID,IM,DT,VL)$,定义 p_j 为上述4种量化因素的加权和:

 $p_j(ID,IM,DT,VL) = \alpha \cdot ID \cdot IM + \beta \cdot DT + \gamma \cdot VL$ (8) 式中: α,β,γ 是取值在[0,1]的权重系数,代表着目标的型 号、距离和速度分别对战略优先级的影响程度,并且须满足 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。

在实际对ID, IM, DT, VL取值的过程中,需要考虑4种 影响因素量化后的数值大小的不同。在这个问题中,由于 *p*_j取值范围是[0,1],引入线性归一化的方法处理原始量化 数据,将其投影到[0,1]中。具体计算方法为:

$$NOR(n) = \frac{n - n_{\min}}{n_{\max} - n_{\min}}$$
(9)

式中:n代表一组待处理的数据;n_{min},n_{max}分别表示这组数据 中最小与最大的两个数据。

2.2 精度自适应系数

本文对于三种异质传感器 PAR、IRST 和 ESM,将对其 跟踪精度的评价纳入传感器的管理方案中作为影响因素也 有助于更好地发挥它们的性能。精度自适应系数包含两个 部分:(1)对各种可能的传感器组的使用是对当前精度提升 或降低程度的估计,记为精度预提升矩阵 U_{ij};(2)表示经过 滤波估计的结果的精度超过期望精度的程度,记为精度缺 乏矩阵 G_{ij}。对于 U_{ij}和 G_{ij},矩阵中每个元素的计算方法 如下:

$$\begin{cases} \boldsymbol{U}_{ij} = tr(\boldsymbol{P}_m) - tr(\boldsymbol{P}_e) \\ \boldsymbol{G}_{ij} = tr(\boldsymbol{P}_e) - tr(\boldsymbol{P}_d) \end{cases}$$
(10)

式中:P。表示经过融合滤波估计之后得到的上一时刻的目

标估计误差协方差; P_m 表示传感器或传感器组的量测误差协方差, P_m 是基于极坐标系的、在计算中必须将其转化为笛卡尔坐标系下的协方差矩阵(坐标系转换方法见2.3节内容); P_d 表示期望精度,是允许的最大跟踪误差。

最后,在依次计算完成U_{ii}与G_{ii}后,对两矩阵进行线性 归一化处理,使其纳入传感器管理的影响因子。因此最终 可得到精度自适应系数矩阵的计算方法为:

$$\boldsymbol{m}_{ij} \left(\boldsymbol{P}_{m}, \boldsymbol{P}_{e}, \boldsymbol{P}_{d} \right) = \boldsymbol{\varepsilon} \cdot \operatorname{NOR} \left(\boldsymbol{u}_{ij} \right) + \boldsymbol{\zeta} \cdot \boldsymbol{I} \cdot \operatorname{NOR} \left(\boldsymbol{g}_{ij} \right)$$

$$\boldsymbol{i} = 1, 2, \cdots, n_{s}, \boldsymbol{j} = 1, 2, \cdots, n_{t}$$
(11)

式中: m_{ij} 表示精度自适应系数矩阵,I表示一个7×1的全1 矩阵。因为三种传感器的可能组合共有7种,所以需要对 两个维度不同的矩阵做一定处理以适合效能函数的优化计 算。 ε_{ij} 则表示两个取值范围为[0,1]的权重系数,且满足 $\varepsilon + \zeta = 1$ 。式(11)表明,若某个目标在上一时刻的精度缺 乏越大,且对于某传感器组在这一时刻的精度预提升越大, 则 m_{ij} 越大,表示该目标对该传感器组的需求越大。

2.3 传感器量测误差协方差矩阵的坐标系转换

为了比较三个协方差值*P_m*,*P_e*,*P_d*,需要把*P_m*转换到笛 卡尔坐标系下,以便于三者之间的计算。转换计算方法^[15] 如下。假设传感器方位角、倾斜角与距离这三个维度上的 量测为:

$$P_{m_{ij}}' = \begin{bmatrix} R_{ij}^{11} & R_{ij}^{12} & R_{ij}^{13} \\ R_{ij}^{12} & R_{ij}^{22} & R_{ij}^{23} \\ R_{ij}^{13} & R_{ij}^{23} & R_{ij}^{33} \end{bmatrix}$$
(13)

其中,对角线上的三个元素的计算方法为:

$$R_{ij}^{11} = \operatorname{var}\left(\tilde{x}_{ij} \middle| \theta_{j}, \phi_{j}, r_{j}\right) = -r_{j}^{2} \cos^{2} \phi_{j} \cos^{2} \theta_{j} e^{-\sigma_{\theta j}^{2} - \sigma_{\phi j}^{2}} + \frac{1}{4} \left(r_{j}^{2} + \sigma_{r,i}^{2}\right) \cdot (14)$$

$$(\cos 2\phi_{j} \cos 2\theta_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\theta j}^{2} - 2\sigma_{\phi j}^{2}} + \cos 2\theta_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\theta j}^{2}} + 1)$$

$$R_{ij}^{22} = \operatorname{var}\left(\tilde{y}_{ij} \middle| \theta_{j}, \phi_{j}, r_{j}\right) = -r_{j}^{2} \cos^{2} \phi_{j} \sin^{2} \theta_{j} e^{-\sigma_{\theta j}^{2} - \sigma_{\phi j}^{2}} - \frac{1}{4} \left(r_{j}^{2} + \sigma_{r,i}^{2}\right) \cdot (\cos 2\phi_{j} \cos 2\theta_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\theta j}^{2} - 2\sigma_{\phi j}^{2}} - \cos 2\phi_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\phi j}^{2}} + \cos 2\theta_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\phi j}^{2}} + \cos 2\theta_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\phi j}^{2}} + \cos 2\theta_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\phi j}^{2}} - 1)$$

$$R_{ij}^{33} = \operatorname{var}\left(\tilde{z}_{ij} \middle| \theta_{j}, \phi_{j}, r_{j}\right) = -r_{j}^{2} \sin^{2} \phi_{j} e^{-\sigma_{\phi,i}^{2}} - \frac{1}{2} \left(r_{j}^{2} + \sigma_{r,i}^{2}\right) \cdot \left(\cos 2\phi_{j} \cdot e^{-2\sigma_{\phi,i}^{2}} - 1\right)$$
(16)

当方位角、倾斜角和距离的真值未知时,状态估计得到的值可以用来近似 θ_i , ϕ_i 与 r_i 。

2.4 效能函数的构建与优化

当得到*p_{ij}与m_{ij}后*,可以定义效能函数*e_{ij}*,表示传感器*i* 对目标*j*的配对效能系数:

$$e_{ij}(p_j, m_{ij}) = \lambda \cdot p_j + \xi \cdot m_{ij} \tag{17}$$

式中: λ 与 ξ 是两个权重系数,代表着战略优先级和精度自适应系数的不同影响权重,并且 λ + ξ =1。

假设有m个传感器, n_i 个目标,则传感器的组合最多有 2^m - 1种。假设X是传感器分配矩阵,其中 x_{ij} = 1表示传感 器j被分配给了目标i。优化的规则是合成的效能值取到 最大:

$$E(X) = \sum_{i=1}^{n_s} \sum_{j=1}^{n_i} (e_{ij} \cdot x_{ij}), \bar{X} = \operatorname{argmax}(E(X))$$
(18)

其中,一个传感器可以分配给多个目标,但数量有限。 一个目标也可以被多个传感器观测,但至少被一个传感器 观测。设包含传感器*i*的传感器组合的编号集合为*D*(*i*),传 感器*i*最大观测目标数为*J*_i。可得优化的约束条件为:

$$\sum_{i \in D(i)} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = J_i$$
(19)

$$\sum_{i=1}^{n_s} x_{ij} \ge 1 \tag{20}$$

式中: $i = 1, ..., n_s, j = 1, ..., n_i$ 。对上述优化函数与约束条件运用整数线性规划的方法,可以得到 \bar{X} 是所求的最优传感器分配方案。

3 仿真与分析

假设机载平台运动速度不变。从某时刻起,三个目标 (A,B为敌方目标,C为友方目标)进入传感器量测范围内, 令这一段时间为0~40s。然后目标D进入该区域,且在这一 时刻机载平台改变运动方向,但仍以相同速度运动。令这 一段时间为41~100s。其中目标A,B,C做匀速运动,D做匀 加速运动。4个目标以及机载平台的运动轨迹如图1所示, 相对运动轨迹如图2所示。仿真任务中用到的三种传感器 的量测噪声与最大跟踪数量见表1。

传感器组的联合量测噪声用最小二乘法可以求得。两 个传感器的组合与三个传感器的组合的计算方法为:

表1 传感器参数表

Table	1	Sensor	parameter
-------	---	--------	-----------

传感器(编号)	方位角 观测噪声 $\sigma_ heta/\mathrm{rad}$	俯仰角 观测噪声 $\sigma_{ heta}$ /rad	距离观 测噪声 σ_r/m	跟踪能力 J_i
PAR(1)	0.010	0.010	5	2
IRST(2)	0.002	0.002	20	3
ESM(3)	0.020	0.020	30	4





图2 目标和传感器的相对位置



$$\sigma_{\theta_{a,b}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\theta_a^2} \sigma_{\theta_b^2}}{\sigma_{\theta_a^2} + \sigma_{\theta_b^2}}}$$
(21)

$$\sigma_{\phi_{a,b}} = \sqrt{\frac{\phi_{\theta_a^2} \phi_{\theta_b^2}}{\sigma_{\phi_a^2} + \sigma_{\phi_b^2}}}$$
(22)

$$\sigma_{r_{a,b}} = \sqrt{\frac{\sigma_{r_a}^2 \sigma_{r_b}^2}{\sigma_{r^2} + \sigma_{r^2}}}$$
(23)

$$\sigma_{\theta_{a,b,c}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\theta_a^2} \sigma_{\theta_a^2} \sigma_{\theta_c^2}}{\sigma_{\theta_c^2} \sigma_{\theta_c^2} + \sigma_{\theta_c^2} \sigma_{\theta_c^2} + \sigma_{\theta_c^2} \sigma_{\theta_c^2}}}$$
(24)

$$\sigma_{\phi_{ab,c}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\phi_a^2} \sigma_{\phi_b^2} \sigma_{\phi_c^2}}{\sigma_{\phi_a^2} \sigma_{\phi_b^2} + \sigma_{\phi_b^2} \sigma_{\phi_c^2} + \sigma_{\phi_a^2} \sigma_{\phi_c^2}}}$$
(25)

$$\sigma_{r_{a,b,c}} = \sqrt{\frac{\sigma_{r_a}^2 \sigma_{r_b}^2 \sigma_{r_c}^2}{\sigma_{r_a}^2 \sigma_{r_b}^2 + \sigma_{r_c}^2 \sigma_{r_c}^2 + \sigma_{r_a}^2 \sigma_{r_c}^2}}$$
(26)

设计在前40s三个目标的期望精度分别为 $P_{d1}=P_{d2}=P_{d3}=$ diag(30, 30, 30),在41~100s这4个目标的期望精度分别为 $P_{d1}=$ diag(30, 30, 30), $P_{d2}=$ diag(10, 10, 10), $P_{d3}=$ diag(30, 30, 30), $P_{d2}=$ diag(10, 10, 10), $P_{d3}=$ diag(30, 30, 30), $P_{d4}=$ diag(10, 10, 10)。这4个目标的型号信息,即威胁度的量化信息为IM_A = 0.719, IM_B = 0.556, IM_C = 0.104, IM_D = 0.898。

图3和图4展示了在该设计环境下使用本文设计的传 感器调度方法后得到的分配结果。在图3中,纵轴中数字1 表示PAR被分配给该目标进行跟踪,数字2表示IRST被分 配给该目标进行跟踪,数字3表示ESM被分配给该目标。 在图4中,纵轴表示该目标得到的传感器跟踪的数量。





从图3和图4可以看出:在前40s内,由于目标A、B都 为敌机且型号威胁度较高,都被分配到最多的三个传感器 跟踪;而目标C由于是友方目标,战略优先级较低,被分配 到一个传感器跟踪。但为了满足期望精度,选择在大部分 时间使用精度较低的ESM,并在某些时刻使用测角精度最



高的IRST,以达到预期跟踪精度与节约传感器资源的平 衡。在41~100s内,出现新目标D,该目标型号威胁度最大, 日初速较快,并作匀加速运动靠近,所以目标D拥有最高的 战略优先级并且优先级系数将变得越来越高,被分配到最 多的三个传感器的资源且始终保持三个传感器联合跟踪的 状态。但传感器的最大跟踪目标数有限,在目标D占用了 三个传感器资源联合跟踪,目标C在绝大部分时间只占用 一个传感器资源的情况下,目标A和目标B并不能都获得 三个传感器的联合跟踪观测。对于A、B来说,此时威胁度 较高的A由于运动方向的原因距离原点越来越近,因此优 先级已经高于B,所以在41~100s中,大部分时间由B让出 传感器1的资源。但由于B在41~100s这个时间段的期望 精度提高,所以在其中一些时刻,在A的滤波估计精度超过 期望精度与B精度有一定提升需求的情况下,A、B所获得 的传感器资源短暂交换。图5~图8显示了4个目标的估计 误差协方差在x轴分量上随时间的变化,与方案中的目标 传感器数量变化趋势相符合。

将本文的传感器管理方法与参考文献[12]的方法在相同的场景下进行了仿真比较。在参考文献[12]中同样使用了对效能函数的整数线性规划的方法以求得最优的传感器调度方案,但是在参考文献[12]中待优化的效能函数并不包括本文中的对传感器量测精度、滤波估计精度和外部期望精度的计算。图9与图10展示了在相同场景下,运用参考文献[12]所述方法实现的传感器调度方案。分别比较图3和图9,以及图4和图10,两者最大的不同在于对目标C和目标D的传感器资源分配。相比较之下,本文所述方法对于友方目标C





the target A in the x-axis direction



of the target B in the x-axis direction

分配了更少的传感器资源而对威胁最大的敌方目标D分配了 更多的传感器资源,很显然这样的分配更为合理。在仿真试 验的后半段50~100s中,相较参考文献[12]的结果,本文所述 方法的调度结果为对滤波估计精度小于期望精度的目标A倾 斜了更多的传感器资源,而不是对威胁度仅仅略高的目标B倾 斜更多资源,这是精度自适应系数对效能函数的影响造成的。 由于参考文献[12]中所使用的效能函数只包括了目标优先级 的内容,所以使得该方法自适应能力弱。而本文的方法结合 目标战略优先级与精度自适应系数,自适应能力更强,最终分









Fig.8 The component of the estimated error covariance of the target D in the *x*-axis direction

配结果也更为合理。

该仿真结果表明,本文设计的基于目标战略优先级与精 度自适应的效能函数的传感器调度方法能够实现在变化的复 杂环境下对多目标进行稳定调度资源与跟踪,并可以及时对 任务目标的变化、环境的变化做出自适应与调整。并且相比 其他同类方法,传感器分配结果更为合理,效果更为优秀。

4 结论

本文研究了机载平台复杂环境下多传感器多目标跟踪



图9 传感器对目标的分配结果(2) Fig.9 The result of sensor assignment to targets





系统的管理和调度。所提的基于目标战略优先级和精度自 适应的效能函数综合考虑了传感器资源的分布问题(存在 于目标检测、观测精度和跟踪能力中)、目标优先级(识别、 行进方向和相对距离),以及跟踪时的自适应能力。效能函 数能够实现传感器分布的调度,并且通过引入协方差的迹, 使其能够满足人工干预和优先配对功能的自动更新。仿真 结果表明,该算法能够在有限的资源下分配传感器,并在优 先级和期望跟踪精度变化的情况下自适应调整。相比于其 他同类算法,该算法对传感器的调度管理更为合理。

AST

- [9] 夏元清,付梦印,邓志红,等. 滑模控制和自抗扰控制的研究 进展[J]. 控制理论与应用,2013,30(2):137-147.
 Xia Yuanqing, Fu Mengyin, Deng Zhihong, et al. Recent developments in sliding mode control and active disturbance rejection control [J]. Control Theory & Applications, 2013, 30 (2): 137-147. (in Chinese)
- [10] Zhang Yu, Jiao Liang, Liu Jie. Optimization design of ADRC for oxygen content in flue gas based on chaos particle swarm optimization algorithm[C]// 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information

参考文献

- Wu Wei, Wang Guohong, Liu Yi. Airborne radar/IRST/ESM synergistic tracking and management [J]. Systems Engineering & Electronics, 2011, 33(7): 1517-1522.
- [2] Tong Jun, Shang Ganlin. Modeling and solution of task oriented multi-sensor resources preallocation [J]. Systems Engineering & Electronics, 2012, 34(10): 2036-2044.
- [3] Katsilieris F, Driessen H, Yarovoy A. Threat-based sensor management for target tracking [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2015, 51(4): 2772-2785.
- [4] 王越,赵凯,翟二宁,等.信息熵和主观偏好综合的空袭目标 威胁评估[J]. 火炮发射与控制学报,2013(1):85-88.
 Wang Yue, Zhao Kai, Zhai Erning, et al. Aerial target threat evaluation method based on information entropy and subjective preference synthesis[J]. Journal of Gun Launch & Control, 2013(1): 85-88. (in Chinese)
- [5] Yan Dongmei. Sensor scheduling in target tracking[C]// Intelligent Control and Automation, 2015: 2023-2025.
- [6] Chen Huimin, Chen Genshe, Shen Dan. Orbital evasive target tracking and sensor management [M]. New York: Dynamics of Information Systems, Springer, 2010.
- [7] 侯虹,王龙,李建军.一种变参数的复合自抗扰舵机控制设计
 [J]. 航空兵器,2012,16(4):16-23.
 Hou Hong, Wang Long, Li Jianjun. A variable parameter complex active-disturbance rejection servo controller design
 [J]. Aero Weaponry, 2012, 16(4): 16-23. (in Chinese)
- [8] Moran B, Howard S D, Cochran D. An information-geometric approach to sensor management[C]//IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. IEEE, 2012: 5261-5264.

Technology, 2011: 4832-4837.

- [11] Huang Hai, Zhang Jing, Ran Xiaomin, et al. Modified ant colony optimization algorithm for the multi-sensor dynamic scheduling[J]. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2013, 254(3): 65-73.
- [12] Liu Meiqin, Zhang Yue, Fan Zhen, et al. Airborne self-adaptive multi-sensor management[C]// International Conference on Cognitive Systems and Signal Processing, 2016: 509-520.
- [13] Wang Jiongqi, He Zhangmin, Zhou Haiyin, et al. Optimal Weight and Parameter Estimation of multi-structure and unequal-precision data fusion[J]. Chinese Journal of Electronics, 2017, 26(6): 1245-1253
- [14] Geng Hang, Wang Zidong, Liang Yan, et al. State estimation for asynchronous sensor systems with markov jumps and multipli -

cative noises[J]. Information Sciences, 2017, 417: 1-19.

[15] Zhou Gongjian, Li Keyi, Chen Xi, et al. State estimation with a destination constraint using pseudo-measurements[J]. Signal Processing, 2018, 145: 155-166.

作者简介

杨海舟(1995-) 男,博士研究生。主要研究方向:信息融 合和海洋信息技术。 Tel: 18867110657 E-mail:yangfred@zju.edu.cn 刘妹琴(1972-) 女,博士,教授。主要研究方向:信息融 合、海洋信息技术和人工智能理论与应用。 Tel: 0571-87951313 E-mail:liumeiqin@zju.edu.cn

Airborne Multi-sensor Management Based on Target Strategic Priority and Precision Adaptive Performance Function

Yang Haizhou, Liu Meiqin*

College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

Abstract: Sensor management is an important part in data fusion systems, and the airborne multi-sensor systems often face the lack of resources. Therefore, a multi-sensor management algorithm based on target strategy priority and precision adaptive performance function is proposed. First, the air target's own attribute portion is quantified to get the target strategic priority. Then use the relationship between the tracking accuracy of the target, the accuracy of the sensor measurement and the desired tracking accuracy to define the precision pre-emphasis matrix and the precision lack matrix. The objective function is established based on the above two. Finally, the tactical task including three airborne sensors and four targets is set up. The simulation results show the algorithm is useful and reliable.

Key Words: sensor management; target strategy priority; precision adaptation; performance function; fusion filter