

组网雷达点迹信息融合抗假目标干扰方法

赵珊珊, 张林让, 周宇, 刘楠

(西安电子科技大学雷达信号处理国家重点实验室 西安 710071)

【摘要】对欺骗式多假目标干扰, 单站雷达由于视角单一, 获取点迹数据有限, 对抗效果不理想。针对该问题, 提出一种基于集中式组网雷达系统的真假目标识别方法。该方法采用空间相关处理技术进行点迹融合, 并联合利用真目标的位置信息及速度信息。对通过最近邻关联得到的关联量测序列, 首先进行基于位置信息的点迹融合, 然后求取目标实际速度矢量, 并利用速度信息进行融合, 再次剔除假目标。在保证真目标识别概率的基础上, 进一步降低了组网雷达被欺骗概率。

关键词 集中式组网雷达; 位置和速度信息融合; 空间相关处理技术; 真假目标识别

中图分类号 TN97

文献标志码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2014.02.009

Measurement Fusion Method against False-Target Jamming for Radar Network

ZHAO Shan-shan, ZHANG Lin-rang, ZHOU Yu, and LIU Nan

(National Key Lab. of Radar Signal Processing, Xidian University Xi'an 710071)

Abstract In the presence of multi-false-target deception jamming, a single station radar has no perfect performance in anti-jamming with its angle of view single and the limitation of the number of measured dots. For this problem, a true or false target recognition method is proposed for concentrative radar network in this paper, which fuses the measurements by spatial-correlation processing technique based on the location and velocity of the measurements. For the association sequence of measurements, measurements fusion based on location is used first. Then, the velocity vector is calculated and applied to fusion, so as to eliminate false-target from the result of fusion based on location. The deceived probability of radar network is made lower without the decrease of recognition probability of the true target.

Key words concentrative radar network; location & velocity fusion; spatial-correlation processing; true or false target recognition

随着现代空袭兵器的日益多样化及多种电子战手段的应用, 防空武器系统面临的作战环境日益复杂。尤其是数字射频存储器(DRFM)——先进的转发式干扰机的出现, 使得有源欺骗式干扰系统^[1]可以快速精确地复制接收到的雷达信号, 在真目标附近产生多个电子假目标^[2]。多假目标会迷惑和扰乱雷达对真目标的检测和跟踪, 假目标虽不会妨碍雷达对真目标的检测, 但对于没有分辨能力的雷达, 将会把假目标作为真目标来处理, 会严重消耗雷达系统资源, 甚至造成雷达检测、跟踪和识别等信号处理电路的过载。因此欺骗式多假目标干扰的对抗对于雷达对真实目标的检测与识别具有重要意义^[3-4]。

对于欺骗式干扰, 单站雷达对抗方法的研究发展很快, 也有很多好的方法^[5-8]。但是, 由于单站雷

达视角单一, 很难达到理想的对抗效果, 其抗干扰能力有限。组网雷达是将不同体制、不同工作模式、不同频段的雷达的量测信息在融合中心进行融合^[9-10], 可充分发挥雷达集群的优势, 取长补短, 利用同一空域目标的相关性有效进行真假目标识别^[11]。而在组网雷达布站信息没有完全被获知的情况下, 转发式干扰机很难对各节点雷达形成协同欺骗, 产生位置信息吻合、速度信息一致的有源假目标, 即假目标不具备空间相关性。参考文献[3-4]提出了可用于集中式组网雷达中的基于位置信息的真假目标识别方法, 但在距离组网雷达较远区域, 假目标的区分性变差, 组网雷达被欺骗概率较高。

针对上述问题, 本文提出了一种联合利用点迹位置信息及速度信息, 通过数据融合进行真假目标

收稿日期: 2012-12-11; 修回日期: 2013-06-19

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(72115744); 国家自然科学基金(61001213)

作者简介: 赵珊珊(1989-), 女, 博士生, 主要从事组网雷达抗干扰方面的研究。

识别的方法,增强了组网雷达甄别假目标的能力,有效降低了组网雷达被欺骗概率。对最近邻关联得到的所有可能关联量测序列进行基于位置信息的点迹融合,然后利用速度信息进一步剔除假目标。

1 系统及数据模型

为论述方便,以由3部两坐标雷达组成的网络化雷达为例,其布站及真假目标信息如图1所示。设3部节点雷达的位置坐标分别为 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) 。存在一个真目标,其实际位置坐标为 (x_0, y_0) ,实际速度矢量为 $(v_{x,0}, v_{y,0})$ 。3部节点雷达对真目标的量测值为 (ρ_1, θ_1, v_1) 、 (ρ_2, θ_2, v_2) 、 (ρ_3, θ_3, v_3) ,其中, ρ_n 表示其目标距离信息, θ_n 表示其方位角信息, v_n 表示目标相对于节点雷达的径向速度信息(指向雷达方向为正), $n=1,2,3$ 。

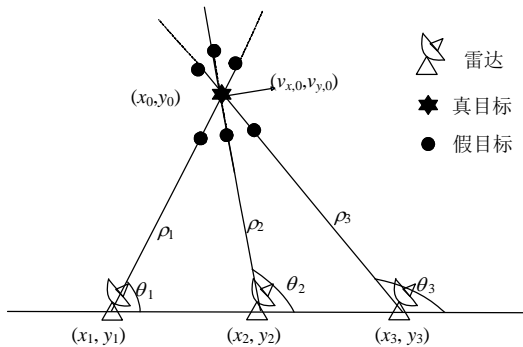


图1 组网雷达布站及真假目标信息图

假设组网雷达中的各节点雷达照射同一区域。但由于各节点雷达的采样间隔不同,目标回波的时间差及假目标回波的延时时间不同,导致了量测数据不同步^[2]。在进行点迹融合之前,需先进行时间对齐,可以通过外推的方法来实现,即按照目标运动状态方程,根据 t_1 时刻的目标滤波状态及滤波协方差,预测 t_2 ($t_2 \geq t_1$)时刻的滤波状态及滤波协方差,预测方法类似于跟踪滤波器^[2]。此外,各节点雷达对目标的量测是在以自身为原点的极坐标系中完成的,在数据融合中心进行点迹关联之前还需完成空间对准,即建立一个组网雷达统一的直角坐标系,并将各节点的量测值转换到该坐标系中。对模型中节点雷达 n ,其位置坐标为 (x_n, y_n) , $n=1,2,3$,设检测到目标的参数为 (ρ, θ, v) ,则变换到统一坐标系的坐标为 $\mathbf{Z} = (x, y)^T$ 。

$$\begin{cases} x = \rho \cos \theta + x_n \\ y = \rho \sin \theta + y_n \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中的空间坐标变换只用到了量测数据的距离及方位角信息。变换到直角坐标后,量测值的误

差协方差矩阵为 $\mathbf{P} = E[d\mathbf{Z}d\mathbf{Z}^T] = \mathbf{T} \mathbf{A} \mathbf{T}^T$,其中, $\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\rho \sin \theta \\ \sin \theta & \rho \cos \theta \end{bmatrix}$ 是转换矩阵,可通过对式(1)两边微分得到, $\mathbf{A} = \text{diag}(\sigma_{\rho,n}^2, \sigma_{\theta,n}^2)$, $\sigma_{\rho,n}$ 和 $\sigma_{\theta,n}$ 分别表示该雷达测距和测角精度^[12]。

在多假目标干扰情况下,由于假目标数目比较多,容易出现组合爆炸。为防止此类问题出现,需要通过最近邻关联的方法得到所有可能的关联量测序列^[3]。具体步骤为:首先选择检测到目标个数最少的节点雷达为参考雷达;其次对参考雷达检测到的每一个量测值,都与其他节点雷达的所有量测值逐一进行最近邻关联,即计算欧氏距离,认为最小距离对应的量测值与参考雷达的该量测值关联;最后将参考雷达的该量测值及成功关联到它的所有量测值组成一个可能的关联量测序列。最近邻关联是对组网雷达中各节点雷达的量测值进行匹配,最后得到组网雷达的关联量测序列的个数即为参考雷达中的检测到目标的个数。每一个关联量测序列对应于一个目标,但可能是真目标,也可能是假目标,需要进一步进行识别。

2 真假目标识别方法

对于真目标,由于其物理来源相同,各节点雷达产生的量测值转换到统一坐标系后必定是相同的,即使考虑测量误差的存在,各量测值也应是近似相等的,称为真目标的空间相关性,是假目标所不具备的,是进行点迹融合的依据。下面从位置和速度这两个方面进行点迹融合。

2.1 基于位置信息的点迹融合

真目标的空间相关性决定了它在所有节点雷达中产生的量测值转换到统一坐标下是相对“集中”的,集中的程度由各雷达量测误差决定;而对于假目标,由于干扰机对各节点雷达产生的假目标分布在雷达和目标所在的连线上,在没有准确获知组网雷达各节点雷达分布参数信息的情况下,其在各节点雷达产生的假目标在统一坐标下是相对“分散”的。所以,可以通过适当选择参考量进行假设检验,识别真假目标。

对模型中的第 n 个关联量测序列,设其为 $\mathbf{AZ}_n = \{\mathbf{Z}_1, \mathbf{Z}_2, \mathbf{Z}_3\}$ 。转换到统一直角坐标系后,各雷达的量测误差 $d\mathbf{Z}_n$ 近似服从零均值的高斯分布,即 $d\mathbf{Z}_n \sim N(0, \mathbf{P}_n)$,其中 \mathbf{P}_n 表示3个节点雷达在坐标转换后的误差协方差矩阵, $n=1,2,3$, $d(\cdot)$ 为微分符号。同时假设各雷达的测量误差是独立的,则在

该目标为真目标的假设 H_0 成立的条件下, 任两雷达量测值之差 $d\mathbf{Z}_n - d\mathbf{Z}_m \sim N(0, \boldsymbol{\Sigma}_{nm})$ 也近似服从零均值的高斯分布, $n, m = 1, 2, 3$ 。

$\boldsymbol{\Sigma}_{nm}$ 的定义为:

$$\boldsymbol{\Sigma}_{nm} = E[(d\mathbf{Z}_n - d\mathbf{Z}_m)(d\mathbf{Z}_n - d\mathbf{Z}_m)^T] = \mathbf{P}_n + \mathbf{P}_m \quad (2)$$

选择两雷达量测值之间的马氏距离作为假设检验量, 马氏距离 $d_{nm} = (\mathbf{Z}_n - \mathbf{Z}_m)^T \boldsymbol{\Sigma}_{nm}^{-1} (\mathbf{Z}_n - \mathbf{Z}_m) = [\mathbf{dx}, \mathbf{dy}]^T \boldsymbol{\Sigma}_{nm}^{-1} [\mathbf{dx}, \mathbf{dy}]$, 在 H_0 成立的条件下, 马氏距离服从 χ^2 分布。据此可对 H_0 进行假设检验, H_0 表示两量测值 \mathbf{Z}_n 和 \mathbf{Z}_m 对应于真目标, H_1 是其对立假设, 那么点迹融合的关联检验为:

$$\begin{cases} d_{nm} \leq \delta & \text{接受 } H_0 \\ d_{nm} > \delta & \text{接受 } H_1 \end{cases}$$

式中, 门限 δ 是由检验的显著性水平 α 决定的, 在高斯假设下, $\delta = \chi_{\varepsilon}^2(1 - \alpha)$, ε 为量测数据维数, 对本文提出的雷达网模型, $\varepsilon = 2$ 。

对关联量测序列中的量测值, 进行两两组合, 对每一个组合中的两个量测值均进行 χ^2 检验, 只有所有组合均通过假设检验, 才认为该量测序列对应于真目标, 同时剔除未通过假设检验的关联量测序列。

2.2 基于速度信息的点迹融合

基于位置信息的真假目标识别只对距离欺骗干扰有效, 对于角度欺骗, 尤其在欺骗角度较大的情况下, 组网雷达被欺骗概率将变大。同时, 在距离组网雷达较远的区域, 由于两雷达与目标连线的夹角变小, 真假目标空间位置的集中和分散程度变得难以判断, 仅利用位置信息进行真假目标识别, 组网雷达被欺骗概率也将变大。

真目标的速度信息也具有类似的相关性。因此考虑联合利用速度信息, 对位置信息融合后的结果进行基于速度信息的点迹融合, 在保证真目标识别概率的条件下, 进一步剔除假目标。这里假设干扰机产生的假目标可以同时存在距离欺骗干扰, 角度欺骗干扰, 及速度欺骗干扰。

由于具有相关性的是真目标的实际速度, 而非雷达检测到的径向速度, 在进行速度信息融合之前, 需根据任意两个雷达测得的径向速度求得目标的实际速度。根据模型中设定的数据, 以两部雷达为例, 两雷达测得的目标量测数据为 (ρ_1, θ_1, v_1) 和 (ρ_2, θ_2, v_2) , 求取目标的实际速度需用到目标的方位角和径向速度, 可计算出此时目标实际速度矢量为:

$$\mathbf{V}_{12} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} = \frac{1}{\sin(\theta_2 - \theta_1)} \begin{bmatrix} -\sin \theta_2 & \sin \theta_1 \\ \cos \theta_2 & -\cos \theta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

对式(3)两边微分, 得到转换矩阵 $(\mathbf{T}_{12})_{2 \times 4}$, 进而可得目标实际速度矢量 \mathbf{V}_{12} 的误差协方差 \mathbf{P}_{12} :

$$\mathbf{P}_{12} = E[d\mathbf{V}_{12}d\mathbf{V}_{12}^T] = \mathbf{T}_{12} \mathbf{A}_{12} \mathbf{T}_{12}^T \quad (4)$$

式中,

$$\mathbf{T}_{12} = \begin{bmatrix} \frac{\partial v_x}{\partial \theta_1} & \frac{\partial v_x}{\partial \theta_2} & \frac{\partial v_x}{\partial v_1} & \frac{\partial v_x}{\partial v_2} \\ \frac{\partial v_y}{\partial \theta_1} & \frac{\partial v_y}{\partial \theta_2} & \frac{\partial v_y}{\partial v_1} & \frac{\partial v_y}{\partial v_2} \end{bmatrix} =$$

$$\xi_{12}^{-2} \begin{bmatrix} \xi_{21} \sin \theta_2 & \xi_{12} \sin \theta_1 & -\zeta_{12} \sin \theta_2 & \zeta_{12} \sin \theta_1 \\ -\xi_{21} \cos \theta_2 & -\xi_{12} \cos \theta_1 & \zeta_{12} \cos \theta_2 & -\zeta_{12} \cos \theta_1 \end{bmatrix}$$

$\xi_{nm} = v_n - \cos(\theta_m - \theta_n)v_m$; $\zeta_{nm} = \sin(\theta_m - \theta_n)$; $\mathbf{A}_{12} = \text{diag}(\sigma_{\theta,1}^2, \sigma_{\theta,2}^2, \sigma_{v,1}^2, \sigma_{v,2}^2)$; $\sigma_{\theta,1}$ 、 $\sigma_{\theta,2}$ 、 $\sigma_{v,1}$ 、 $\sigma_{v,2}$ 分别为两雷达测角及测速误差。

真目标的实际速度是一定的, 用任意两个雷达的量测值得目标的实际速度都应近似相等, 据此可类似建立假设检验模型。使用第1节给出的组网雷达系统及数据模型, 对2.1节方法处理后的所有关联量测序列, 任意组合序列中两雷达的量测数据计算目标实际速度矢量, 并对求得的速度矢量, 两两进行速度信息的融合。这里选择实际速度 \mathbf{V}_{12} 和 \mathbf{V}_{23} 为例, 说明融合方法, 选择两者之间的马氏距离为假设检验量。此时求的两个实际速度矢量是相关的, 即求解时均用到雷达2的量测数据。则求解两速度矢量差 $\Delta \mathbf{V} = \mathbf{V}_{12} - \mathbf{V}_{23}$ 的误差协方差矩阵 $\boldsymbol{\Sigma}$ 时, 需考虑这种相关性的影响^[13]:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\Sigma} &= E[(d\mathbf{V}_{12} - d\mathbf{V}_{23})(d\mathbf{V}_{12} - d\mathbf{V}_{23})^T] = \\ &= E[d\mathbf{V}_{12}d\mathbf{V}_{12}^T] + E[d\mathbf{V}_{23}d\mathbf{V}_{23}^T] - \\ &= E[d\mathbf{V}_{12}d\mathbf{V}_{23}^T] - E[d\mathbf{V}_{23}d\mathbf{V}_{12}^T] \end{aligned} \quad (5)$$

$$E[d\mathbf{V}_{12}d\mathbf{V}_{23}^T] = E \left[\mathbf{T}_{12} \begin{bmatrix} d\theta_1 \\ d\theta_2 \\ dv_1 \\ dv_2 \end{bmatrix} [d\theta_2 \quad d\theta_3 \quad dv_2 \quad dv_3] \mathbf{T}_{23}^T \right] =$$

$$\mathbf{T}_{12} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sigma_{\theta,2}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{v,2}^2 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{T}_{23}^T$$

式中, $E[d\mathbf{V}_{12}d\mathbf{V}_{12}^T] = \mathbf{P}_{12}$; $E[d\mathbf{V}_{23}d\mathbf{V}_{23}^T] = \mathbf{P}_{23}$; $E[d\mathbf{V}_{23}d\mathbf{V}_{12}^T]$ 的计算与 $E[d\mathbf{V}_{12}d\mathbf{V}_{23}^T]$ 类似。

根据速度差的误差协方差矩阵 $\boldsymbol{\Sigma}$, 可以求得其马氏距离 $d_v = \Delta \mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \Delta \mathbf{V}$, 在 H_0 成立的条件下, d_v 近似服从 χ^2 分布, 据此对 H_0 进行假设检验, 剔

除假目标信息。

本文讨论的真假目标识别方法是以3部节点雷达为例进行介绍的。实际上，对雷达个数 $N > 3$ 的情况下，该方法仍然适用。当雷达个数 $N > 3$ 时，各关联量测序列组合计算出的速度矢量可能会出现不相关(计算过程中没有用到同一雷达的量测数据)的情况，此时速度差的误差协方差矩阵 Σ 为两个速度矢量的误差协方差矩阵之和。

3 真假目标识别模型的建立与仿真

3.1 真假目标识别模型

根据上述基于位置和速度信息融合的抗假目标干扰的原理，可以得到完整的组网雷达进行真假目标识别的流程图，如图2所示。

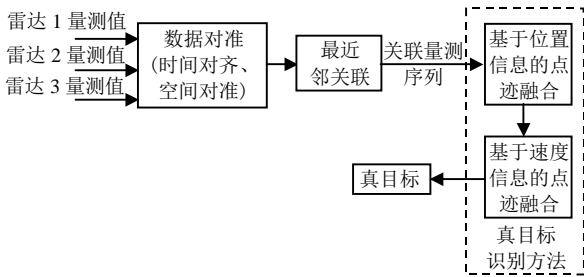


图2 组网雷达进行真假目标识别的流程图

3.2 真假目标识别仿真

根据本文第1节给出的组网雷达系统及数据模型进行仿真，设空间中真目标个数为1，欺骗式假目标个数为15。在该场景下，使用本文方法进行真假目标识别。其中，3个节点雷达的信息如表1所示。

表1 各节点雷达参数信息表

节点雷达编号	位置坐标 /km	测距精度 /m	测角精度 /rad	测速精度 /m·s ⁻¹
1	(0,0)	50	0.001	5
2	(50,0)	50	0.001	8
3	(100,0)	50	0.001	10

最接近真目标的假目标的距离欺骗值为300 m，真目标的实际速度矢量为(100,50) m/s。由于融合后真目标的识别概率(真目标被成功检测出来的概率)和组网雷达被欺骗概率(假目标被误判为真目标的概率)的变化是与目标位置有关的，考虑让真目标的位置在一定区域范围内连续变化，变化范围为： x 轴坐标从-50~150 km， y 轴坐标从20~110 km。对区域内的所有位置点均进行1 000次Monte Carlo仿真实验，计算出不同位置的真目标的识别概率以及组网雷达被欺骗概率。假设检验模型中显著性水平 $\alpha = 0.01$ ，检测门限 $\delta = 9.21$ 。图3和图4分别是在基

于位置信息融合以及联合利用位置和速度信息进行融合的情况下，真目标的识别概率以及组网雷达被欺骗概率的区域变化图(图中*号表示雷达位置)。

从图3中可以看到，仅利用点迹位置信息融合进行真假目标识别，真目标的识别概率很高，组网雷达被欺骗概率在靠近组网雷达的区域是可以接受的，但在离雷达较远区域，组网雷达被欺骗概率过高，最高可达39%。从图4中可以看到，进一步利用目标速度信息进行点迹融合后，在真目标的识别概率基本不变的情况下，组网雷达被欺骗概率明显降低，尤其是在基线以外及离雷达较远区域，使得组网雷达被欺骗概率均降至5%以下。由此，验证了本方法对抗欺骗式假目标的有效性。

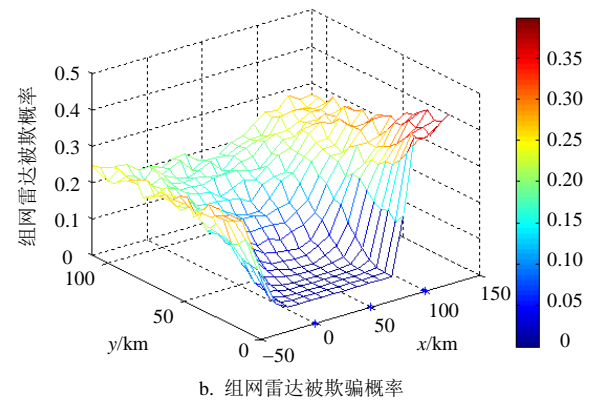
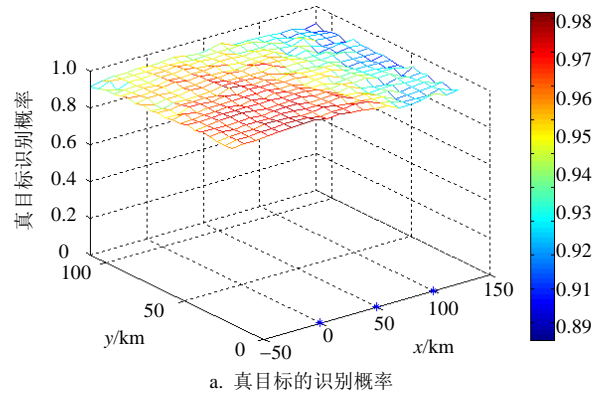
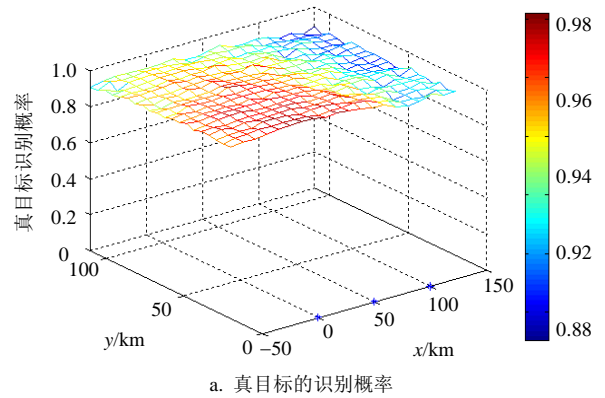


图3 基于位置信息点迹融合的仿真结果



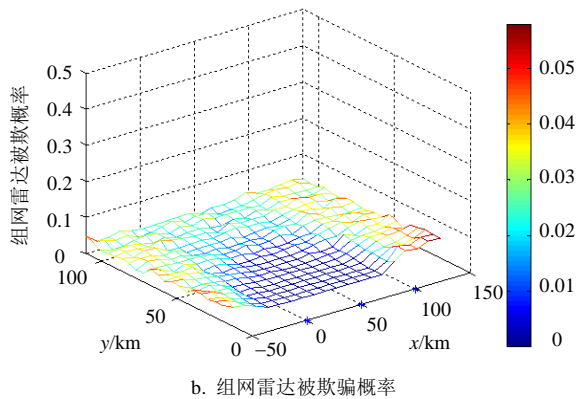


图4 联合利用位置和速度信息进行点迹融合后的仿真结果

4 结束语

本文论述了一种可用于集中式组网雷达的基于点迹信息融合的抗欺骗式多假目标方法。该方法联合利用了真目标的位置信息及速度信息的空间相关性, 建立假设检验模型, 可有效识别出欺骗式假目标。在基于位置信息的点迹融合的基础上, 进一步增加融合信息, 进行速度信息的融合, 明显增强了组网雷达对假目标的甄别能力。通过仿真实验, 结果表明, 该方法可在保证真目标的识别概率的情况下, 有效降低了组网雷达被欺骗概率。

参 考 文 献

- [1] STAVROULAKIS P, FARSARIS N, XENOS T D. Anti-jamming transmitter independent radar networks[C]//International Conference on Signal processing, Communications and Networking. Chennai: IEEE, 2008: 269-273.
- [2] 赵艳丽, 陈永光, 蒙洁, 等. 分布式组网雷达抗多假目标欺骗干扰处理方法[J]. 电光与控制, 2011, 18(3): 25-30.
ZHAO Yan-li, CHEN Yong-guang, MENG Jie, et al. A data processing method against multi-false-target deception jamming for distributed radar network[J]. Electronics Optics & Control, 2011, 18(3): 25-30.
- [3] 赵艳丽, 王雪松, 王国玉, 等. 多假目标欺骗干扰下组网雷达跟踪技术[J]. 电子学报, 2007, 35(3): 454-458.
ZHAO Yan-li, WANG Xue-song, WANG Guo-yu, et al. Tracking technique for radar network in the presence of multi-range-false-target deception jamming[J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(3): 454-458.
- [4] 杨林, 徐晖, 孙仲康. T/R-R型双基地系统识别欺骗式假目标[J]. 国防科技大学学报, 1997, 19(5): 1-7.
YANG Lin, XU Hui, SUN Zhong-kang. Identification method of false-targets in T/R-R bistatic radar system[J]. Journal of National University of Defense Technology, 1997, 19(5): 1-7.
- [5] LU Gang, TANG Bin, GUI Guan. Deception ECM signals cancellation processor with joint time-frequency pulse diversity[J]. IEICE Electronics Express, 2011, 8(19): 1608-1613.
- [6] 卢刚, 罗双才, 唐斌. LFM雷达中DRFM假目标自适应对消方法[J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33(8): 1760-1764.
LU Gang, LUO Shuang-cai, TANG Bin. Adaptive cancellation of DRFM false targets for LFM radar[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011, 33(8): 1760-1764.
- [7] BANDIERA F, FARINA A, ORLANDO D, et al. Detection algorithms to discriminate between radar targets and ECM signals[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2010, 58(12): 5984-5993.
- [8] 李建勋, 唐斌, 吕强. 双谱特征提取在欺骗式干扰方式识别中的应用[J]. 电子科学大学学报, 2009, 38(3): 329-332.
LI Jian-xun, TANG Bin, LÜ Qiang. Bispectrum feature extraction used in deceptive jamming modes recognition[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2009, 38(3): 329-332.
- [9] 姜秋喜. 网络雷达对抗系统导论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.
JIANG Qiu-xi. Netted radar countermeasures system introduction[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2010.
- [10] GRIFFITHS H. Multistatic, MIMO and networked radar: the future of radar sensors?[C]//Proceeding of the 7th European Radar Conference. Paris: IEEE, 2010: 81-84.
- [11] SCHUERGER J, GARMATYUK D. Deception jamming modeling in radar sensor networks[C]//Military Communications Conference. San Diego: IEEE, 2008: 1-7.
- [12] 孙仲康. 单多基地有源无源定位技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.
SUN Zhong-kang. Active/passive positioning technology for monostatic/multistatic radar[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1996.
- [13] SOYSAL G, EFE M. Data fusion in a multistatic radar network using covariance intersection and particle filtering[C]//Proceedings of the 14th International Conference on Information Fusion. Chicago: IEEE, 2011: 1-7.

编辑 税红