

基于逻辑模型的雷达目标识别方法研究^{*}

杨峰, 赵鹏鹏, 李磊

(空军工程大学导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:文中定义了目标逻辑模型概念。根据目标逻辑模型,建立了目标属性分布函数和目标属性矩阵(MS矩阵),提出了基于逻辑模型的目标识别方法。以目标高度、目标速度和散射面积为目标逻辑模型参量,任意抽取三组目标参数样本对逻辑模型识别法进行了仿真,结果表明该方法具有原理简单、易于实现、可信度高等特点。

关键词:目标识别;逻辑模型;属性分布函数;属性矩阵

中图分类号:TN953 **文献标志码:**A

The Research on Radar Target Identification Based on Logical Model

YANG Feng, ZHAO Pengpeng, LI Lei

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Shaanxi Sanyuan 713800, China)

Abstract: The concept of target logical model was defined in this article. According to target logical model, the target attribute distribution function and the target attribute matrix were established, and the target identification method was proposed based on logical model. The parameters of the target logical model such as target height, target speed and RCS were used, and three groups of the target parameter sample were chosen for simulating logical model identification. The simulation results show that this method has many characteristics such as simple principle, easy realization, and high credibility and so on.

Keywords: target identification; logical model; attribute distribution function; attribute matrix

0 引言

防空导弹武器系统制导雷达正面临着各种欺骗干扰、电子诱饵、假目标和各种反辐射杀伤武器的严重威胁。面对复杂的高密度电磁背景和大量的真假目标环境^[1],防空导弹制导雷达不仅要发现目标存在和确定其位置,还要对所发现的各种真实目标、假目标和电子诱饵进行识别,从而确定目标的威胁程度,正确引导导弹攻击具有杀伤力的目标^[2-4]。

雷达目标反射信号携带有大量的关于目标的信息,这些信息不仅与目标的位置有关外,还与目标的各种特征密切相关。如目标的位置及其运动状态、目标的内部运动特性、目标的大小、形状、结构、材料等固有特性、目标相对于雷达视线的方向角、目标及环境的分布等。长期以来,人们通过研究提出了各种目标识别理论和目标识别技术,其中包括敌我识别、轨迹识别、速度识别、极化识别、极点识别、谐振识别、多频雷达识别、冲激雷达目标识别、谱估计目标识别和成像识别等^[5-6]。纵观以上所有目标识别方法均是

在某一方面为目标识别做出一定的贡献,能否寻求一种方法将所有可能利用的信息加以综合来有效提高目标识别准确率呢?文中提出的逻辑模型识别法就试图解决这一问题。

1 基于逻辑模型的目标识别

1.1 目标逻辑模型

没有记忆就没有识别。如果事先没有关于空中真实目标、雷达诱饵和各种欺骗干扰的空间位置分布规律、运动特性和几何特征的先验知识,就无法判断和识别大量多变的雷达信息是属于哪一类真实目标、雷达诱饵和各种欺骗干扰。

所谓逻辑模型是人们感知、认识、判断和识别事物外部特征、内部本质和属性规律的一种“记忆模型”,只要建立了有关空中真实目标、雷达诱饵和各种欺骗干扰的符合逻辑的记忆模型,即可根据人的经验进一步建立逻辑判断规则和专家系统,实现对模型样本的自动识别。

^{*} 收稿日期:2011-04-14

作者简介:杨峰(1960-),男,山东聊城人,教授,研究方向:雷达信息处理研究。

1.2 目标逻辑模型的建立

目标的逻辑模型由目标类、目标属性及属性值域组成。

1) 目标类。目标类是指不同目标的种类,包括目前可能出现的所有空中真实目标和欺骗目标。目标类的一种可能定义是 $M_1 \sim M_N$,并将已知的目标种类和型号赋予 $M_1 \sim M_N$ 。如 M_1 为战斗机 F16, M_2 为轰炸机 F117,等。

2) 目标属性。目标属性是指目标类所具有的特性或特征,用于分辨不同的目标类。目标的属性是多方面的,这里仅局限于讨论目标的雷达属性,即可以通过雷达探测而得到的那些目标属性,如位置特性、运动特性、敌我属性、散射特性、辐射特性和红外特性等。目标属性的一种可能定义是 $S_1 \sim S_N$,并将可能的目标属性赋予 $S_1 \sim S_N$ 。如 S_1 为目标俯仰角, S_4 为目标高度, S_7 为目标速度,等。

3) 属性分布函数。属性分布函数表示目标属性在取值范围内的概率分布(0 ~ 1),它由具体目标的特性或特征以及对该目标(类)属性的先验知识确定,是分析判断目标类的基本标准。每一类目标(或每一个目标)的每一个属性都存在一个确定的属性分布函数。

设属性分布函数为 $S_{ij}(x)$,其中 i 为属性序号, j 为目标类序号,变量 x 为属性的取值。根据先验知识,对于确定的 i 和 j ,在 x 取值范围内, $S_{ij}(x)$ 存在确定的分布值(0 ~ 1)。一个由径向速度确定的目标属性分布函数示意图如图 1 所示。

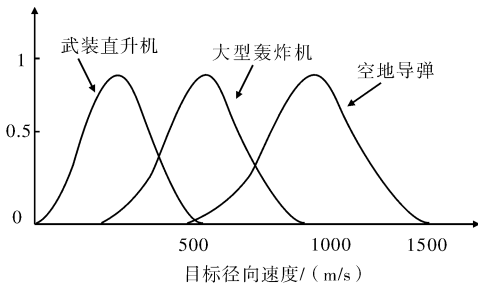


图 1 目标径向速度分布函数示意图

4) 目标属性分布矩阵。在确定了全部属性分布函数的基础之上,只要雷达给出某一未知目标的所有(或部分)属性的取值,就可以根据属性分布函数的取值,得到一个确定的目标属性分布矩阵——**MS** 矩阵:

$$MS = \begin{bmatrix} S_{1,1} & S_{1,2} & \cdots & S_{1,j} \\ S_{2,1} & & & \vdots \\ \vdots & & S_{i,j} & \\ S_{i,1} & \cdots & S_{I_{\max}, J_{\max}} \end{bmatrix}$$

其中,行元素表示某一属性对应不同目标类别的概率;列元素表示某一目标类别在不同属性上获得的概率。在获得 **MS** 矩阵基础上,分别求出每列元素的总和(总积分),并取其中的最大值所对应的列,即可确定目标类别。

$$J = j : MAX \left\{ \sum_{i=1}^{I_{\max}} S_{i,j}, j = 1, 2, \dots, J_{\max} \right\}$$

于是,根据目标逻辑模型识别目标的一般步骤是:

- 1) 根据雷达测量的目标属性数据和已知的目标属性分布函数确定目标属性分布矩阵;
- 2) 根据目标属性分布矩阵求解列向量元素和,并求解最大值;
- 3) 目标属性分布矩阵最大列向量元素和对应的目标类就是所求目标类型。

2 基于逻辑模型的目标识别仿真

根据不同目标飞行的高度、速度以及不同目标的雷达截面积等目标逻辑模型参量及其分布规律能够识别目标的类型或型号,目标逻辑模型参量及其分布规律事先掌握的越多越详实,识别的结果就越可靠。在仿真实验中,选取了 6 个不同典型目标,其逻辑模型参量包括飞行高度、飞行速度和目标几何尺寸等。

根据目标飞行高度、飞行速度和目标几何尺寸等逻辑模型参量及其分布规律能够形成某一属性的目标逻辑模型。由于篇幅限制,这里仅给出目标高度逻辑模型、目标速度逻辑模型和目标散射面积逻辑模型,分别如图 2、图 3 和图 4 所示。

在逻辑模型参量中任意选取 3 组参数进行仿真运算,其中,第一组为: $h=25; v=180; s=5$; 第二组为: $h=45; v=130; s=1.5$; 第三组为: $h=10; v=150; s=15$; 计算结果如表 1 所示。可以看出,第一组识别结果为:目标类型 M_4 的概率累加总和最大,为 2.4331; 第二组识别结果为:目标类型 M_2 的概率累加总和最大,为 1.9030; 第三组识别结果为:目标类型 M_5 的概率累加总和最大,为 2.1158; 被确认目标类型的概率累加总和明显高于其它目标类型的概率累加总和。

表 1 基于逻辑模型的典型目标识别仿真结果

M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
1.9985	0.0234	0.0000	2.4331	0.3756	0.2421
0.2666	1.9030	0.0000	0.0875	0.1543	0.0012
0.3520	0.7605	0.0323	0.1080	2.1158	0.9000

2) 当识别框架中焦元个数 ≥ 4 时,修正 D-S 算法中的 k 很容易就达到设定阈值 δ 。且在此情况下,融合的结果精度比 D-S 理论相去甚远;

3) 当 λ 越大时,新算法最终合成的结果精度越高。当 $\lambda = 3$ 时,新算法结果基本上与 D-S 理论一致。

3 结论

通过大量的仿真运算可以得知,新算法在战场要求条件下完全可行。它既能解决证据严重冲突情况下 D-S 理论的不足,又能在提高融合精度的条件下,大大减少运算时间,满足实时性的要求。需要说明的一点是虽然随着 λ 的增大融合精度会提高,但是这也会增加运算的时间。如在上面几例中, $\lambda = 3$ 就已经足够满足要求了。实际应用中, λ 应该跟传感器数目和目标类型数量有关系。当然新算法对于焦元交叉情况下的融合并不适用,或者需要做相应的修正。但在组网作战条件下识别焦元不重合,该算法是没有问题的,从

数学理论和矢量角度上看也合情合理。

对于极化矩阵、图像颜色、轮廓等非数值特征属性,可以按照一定的方式进行编码使他们变成一个标量值,然后用上述的方法进行融合。

参考文献:

[1] Bogler PL. Shafer-Dempster reasoning with applications to multisensor target identification systems [J]. IEEE Trans Syst, Man, Cybern, SMC 1987, 17 (6): 968—977.

[2] 李向莉,吕建平. DS 证据理论在多传感器信息融合中的改进[J]. 现代电子技术,2005,28(16):16—18.

[3] Shafer G. A mathematical theory of evidence [M]. Princeton: Princeton University Press, 1976.

[4] 何友,王国宏,陆大经,等. 多传感器信息融合及应用 [M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2007.

[5] 孙即祥. 现代模式识别 [M]. 长沙:国防科技大学出版社,2001.

(上接第 200 页)

3 结束语

雷达目标识别的基本概念和理论不断发展和完善。基于目标逻辑模型的目标识别方法是根据各种不同目标的逻辑模型,感知、认识、判断和识别目标外部特征、内部本质和属性规律的一种尝试。该方法只要建立了有关真实目标、雷达诱饵和各种欺骗干扰的符

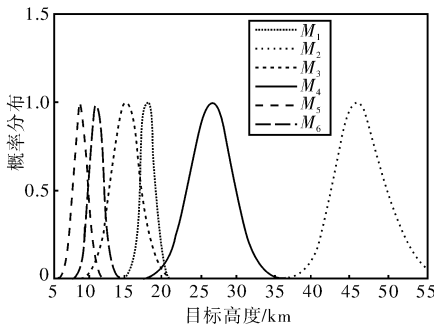


图 2 目标高度逻辑模型

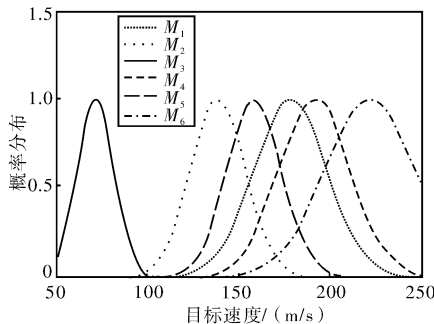


图 3 目标速度逻辑模型

合逻辑的记忆模型,即可根据人的经验进一步建立逻辑判断规则和专家系统,实现对真实目标、雷达诱饵

和各种欺骗干扰样本的自动识别。其关键环节是建立目标属性分布函数和目标属性矩阵 (MS 矩阵)。该方法具有原理简单、易于实现、可信度高等特点。

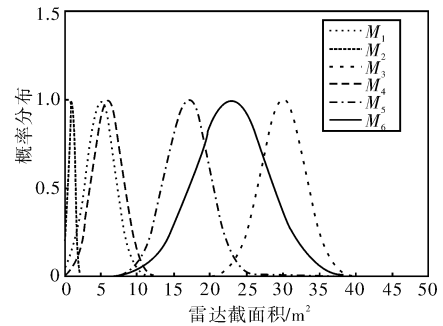


图 4 目标散射面积逻辑模型

参考文献:

[1] 喻旭伟. 高密度脉内假目标生成技术 [J]. 电子对抗, 2003(6):25—28.

[2] NEBABIN V G. Methods and techniques of radar recognition [M]. Artech House,1997.

[3] HACZEK A W,HERSHKOWITZ S J. Theory and practice of radar target identification [M]. Boston: Artech House,2000.

[4] STEVEN P J. Automatic target recognition using squelch of high resolution radar profiles [J]. IEEE Trans on AES,2000,36(21):364—380.

[5] Skolik M I. 雷达手册 [M]. 南京电子技术研究所,译. 2 版. 北京:电子工业出版社,2003.

[6] 王雪松,肖顺平,冯德军,等. 现代雷达电子战系统建模与仿真 [M]. 北京:电子工业出版社,2010.