

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.11.002

基于 Bayes 推理的导弹作战目标识别

孙一杰, 世文学, 曾静

(第二炮兵工程学院 研究生 3 队, 陕西 西安 710025)

摘要: 为降低导弹作战目标信息识别错误率, 应用 Bayes 推理对导弹作战目标进行识别。通过各传感器对来袭目标进行观测、分类和说明, 并根据 Bayes 推理进行分析, 推算出目标融合概率。实验结果表明: 该方法能达到较高的目标识别率, 可以提高系统的决策能力。

关键词: Bayes 推理; 目标识别; 数据融合

中图分类号: O235 **文献标识码:** A

Target Recognition in Missile Battle Based on Bayes Inference Theory

Sun Yijie, Shi Wenxue, Zeng Jing

(No. 3 Brigade of Postgraduate, Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: In order to decrease the error rate of missile battle target recognition information, applying Bayesian inference to battle to missile battle target recognition information. Adopt each sensor to carry on observing, classifying and explain towards striking target, and analyzing based on Bayesian inference to calculate the target fusion probability. The experimental results show that the method can make use of an information judgment target attribute more available and improve the decision ability of system.

Keywords: Bayesian inference; target recognition; data fusion

0 引言

在现代导弹作战中, 必须运用雷达、声纳、红外、激光以及电子情报技术等多种传感器来提供多种观测数据。在多传感器信息融合系统中, 各传感器提供的信息一般是不完整、不精确、模糊甚至可能是矛盾的, 包含着大量的不确定性。信息融合中心不得不根据这些不确定性信息进行推理, 以得到目标身份识别和属性判决的目的^[1]。

在目标识别及融合中, Bayes 方法在已知先验概率和条件概率的情况下, 识别错误率是最小的, 是常用的时效性较好的不确定性推理方法之一。故应用 Bayes 推理对导弹作战目标信息进行识别。

1 Bayes 数据融合方法的基本原理

Bayes 理论是英国牧师 Thomas Bayes 于 1763 年发表的, 其基本原理是: 给定某假设的先验似然估计, 随着证据(观测数据)的到来, Bayes 方法可以更新该假设的似然函数。Bayes 推理则基于 Bayes 理论, 首先假设 H_1, H_2, \dots, H_j 表示互不相容的穷举假设, 如果一个事件 E 出现, 则 E 发生条件下判断为 H_j 发生的概率等于 H_j 和 E 同时发生的概率除以任一假设与 E 同时发生的概率值之总和。

假设有 n 个传感器用来获取未知目标的参数数据。每一个传感器基于传感器观测和特定的传感器分类算法提供一个关于目标身份的一个假设。设 O_1, O_2, \dots, O_M 为所有可能的 m 个目标, D_i 表示第 i 个传感器关于目标身份的说明, O_1, O_2, \dots, O_M 实际上构成了观测空间的互不相容的穷举假设, 则有^[2]:

$$\sum_{i=1}^m P(O_i) = 1 \quad (1)$$

式中, $P(O_i)$ 为假设 O_i 为真的先验概率。且有:

$$P(O_i | D_j) = \frac{P(D_j | O_i)}{\sum_{i=1}^m P(D_j | O_i) P(O_i)} \quad (i=1, 2, \dots; j=1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

式中, $P(O_i | D_j)$ 为给定证据 D_j 的情况下, 假设 O_i 为真的后验概率; $P(D_j | O_i)$ 为 O_i 为真的情况下, 证据 D_j 的概率。

采用 Bayes 方法进行融合识别时, 要求可能的决策相互独立。这样, 就可以将这些决策看作一个样本空间的划分, 使用 Bayes 条件概率公式解决决策问题。当有 n 个传感器, 观测结果分别为 B_1, B_2, \dots, B_m 时, 假设它们之间相互独立, 且与被观测对象条件独立, 则可以得到 m 个传感器时的各决

收稿日期: 2010-05-02; 修回日期: 2010-07-13

作者简介: 孙一杰(1986-), 男, 云南人, 硕士研究生, 从事导弹作战效能评估与论证研究。

策总的后验概率为:

$$P(A_j | B_1, B_2 \dots B_m) = \frac{\prod_{k=1}^m P(B_k | A_j)P(A_j)}{\sum_{i=1}^n P(B_k | A_i)P(A_i)} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

Bayes 的判决规则是:

$$P(O_j | D_1, D_2 \dots D_n) = \max_{j=1,2,\dots,m} [P(O_j | D_1, D_2 \dots D_n)] \quad (4)$$

2 基于 Bayes 推理的导弹作战目标识别

典型的导弹防御系统由天基红外预警卫星系统 (DSP、SBIRS)、改进的预警雷达系统 (UEWR)、X波段地基雷达系统 (GBR)、地基拦截弹 (GBI)、作战管理与指挥、控制、通信系统 (BM/C³) 五大部分组成。其基本作战流程是: 由天基红外预警卫星首先发现并跟踪来袭导弹, 经确认构成威胁后,

将有关信息和数据传送给作战管理中心, 同时, 预警雷达系统对来袭导弹进行探测和跟踪, X波段雷达精确跟踪和识别目标, 作战管理中心在综合有关信息后, 下达发射命令, 发射拦截弹进行拦截^[3]。

2.1 基本思路

未来可能对常规导弹阵地构成威胁的武器主要有: 巡航导弹、战斗机、电子干扰机和无人侦察机。因此, 将来袭目标集设为: {巡航导弹、战斗机、电子干扰机、无人侦察机、情况不明}。在整个预警过程中, 各预警设备 (预警卫星、预警雷达、地基雷达等) 的各传感器对来袭目标进行观测、分类和说明。然后根据 Bayes 推理, 进行统计推断, 计算出目标融合概率。基于 Bayes 推理的导弹作战目标识别模型如图 1。

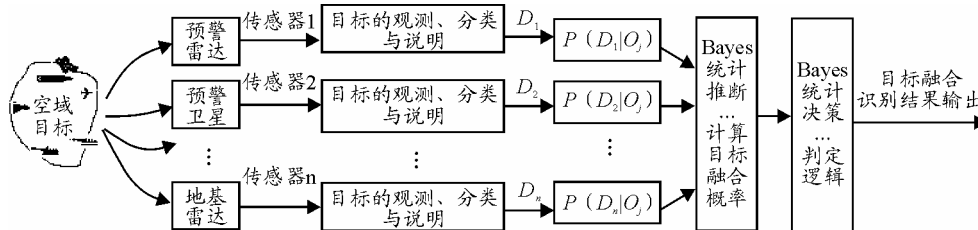


图 1 基于 Bayes 推理的目标识别融合模型图

2.2 信息融合过程

为了提高识别率, 可采用多级融合对多个传感器在不同测量周期的目标身份进行识别。笔者采用两级融合, 第一级融合是同一传感器在不同测量周期数据的融合, 如图 2^[4]。第二级融合是在第一级融合的基础上对不同传感器的数据信息进行再融合, 如图 3。

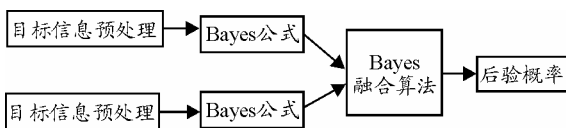


图 2 第一级融合模型图

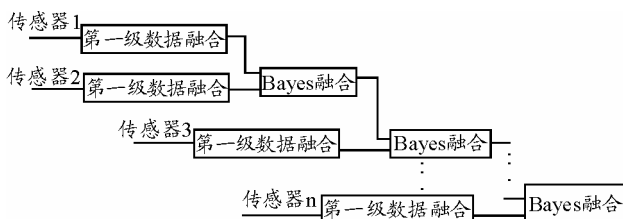


图 3 第二级融合模型图

在第二级融合的过程中, 根据每一次融合均可得到一个后验概率。故可采用 Bayes 判决规则得到识别结果。然后, 根据每一步的结果再判断是继续

进行融合还是结束融合输出结果。

2.3 算例分析

假设在目标空域有一目标群, 预警卫星探测到威胁目标后, 通过预警雷达确定了威胁目标的位置, 接下来, 预警雷达将跟踪信息传给地基雷达进行“目标提纯”, 对目标进行粗跟踪和识别。其中, 对某一可靠跟踪的目标经过 3 个传感器: 预警卫星、预警雷达和地基雷达, 各传感器从不同特征得到该目标可能为: 卫星、导弹; 战术导弹 1、战术导弹 2、弹道导弹; 巡航导弹和不明目标。此 3 个传感器分别获得 2 个测量周期的先验概率分别为:

预警卫星:

第一测量周期, $P(\text{战斗机})=0.33, P(\text{导弹})=0.42, P(\text{不明})=0.31$;

第二测量周期, $P(\text{战斗机})=0.29, P(\text{导弹})=0.51, P(\text{不明})=0.20$ 。

预警雷达:

第一测量周期, $P(\text{战术导弹1})=0.38, P(\text{战术导弹2})=0.31, P(\text{弹道导弹})=0.22, P(\text{不明})=0.13$;

(下转第 18 页)

估方法提供了检验和工程实现的平台。

4 结论

该方法可减小人为因素的影响,较好地考虑各指标对工作效能的影响,具有便捷、易操作的优点,解决了舰船技术状态评估中多层次装备影响的难点。利用本文提出的思路和方法,可以快速、准确、实时地掌握舰船电子装备系统的运行状态,进而根据得到的具体数据进行相应的科学决策,使电子装备尽快形成战斗力并能持续发挥其最佳效能。同时,该方法可以推广应用到舰船机械、机电设备上,具有广泛的应用前景。

参考文献:

[1] 董建华, 郑士君, 王伟彬, 等. 船舶状态检测技术与评估方法探讨[J]. 机电设备, 2004(3): 1-4.

(上接第 5 页)

第二测量周期, P(战术导弹1)=0.41, P(战术导弹2)=0.42, P(弹道导弹)=0.11, P(不明)=0.09。

地基雷达:

第一测量周期, P(巡航导弹)=0.58, P(不明)=0.41;

第二测量周期, P(巡航导弹)=0.37, P(不明)=0.59。

根据 Bayes 推理目标识别理论, 第一级融合是把第一测量周期的概率作为先验概率, 第二测量周期的概率作为已知先验概率条件下的条件概率, 利用公式:

$$P(O_i | D_j) = \frac{P(D_j | O_i)}{\sum_{i=1}^n P(D_j | O_i)P(O_i)} (i=1,2,\dots; j=1,2,\dots,m),$$

可求出各个传感器获得的目标后验概率。得到如下结果:

对于预警卫星: P(战斗机)=0.33, P(导弹)=0.59, P(不明)=0.08。

对于预警雷达: P(战术导弹1)=0.49, P(战术导弹2)=0.39, P(弹道导弹)=0.10, P(不明)=0.02。

对于地基雷达: P(巡航导弹)=0.76, P(不明)=0.24。

利用 Bayes 公式:

$$P(A_i | B_1, B_2, \dots, B_m) = \frac{\prod_{k=1}^m P(B_k | A_i)P(A_i)}{\sum_{i=1}^n P(B_k | A_i)P(A_i)}$$

[2] 耿俊豹, 黄树红, 金家善, 等. 基于 D-S 证据理论的舰船技术状态评估方法[J]. 舰船科学技术, 2006, 28(3): 99-102.
[3] 耿俊豹, 金家善, 万延斌. 基于多层模糊模型的舰船技术状态评估方法研究[J]. 舰船科学技术, 2004, 26(6): 18-19.
[4] 陈玲, 蔡琦, 蔡章生. 船用核动力装置技术状态综合评估模型研究[J]. 船海工程, 2006(2): 22-24.
[5] 王龙涛, 陶熹. 基于改进层次分析法的舰载信息系统作战效能评估[J]. 舰船电子对抗, 2009, 32(1): 48-50.
[6] 杨星, 潘谊春, 杜克新. 基于 ADC 模型的某雷达干扰系统效能分析[J]. 火力与指挥控制, 2009, 34(2): 72-75.
[7] 王钦, 文福拴, 刘敏. 基于模糊集理论和层次分析法的电力市场综合评价[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(7): 32-37.
[8] 周爱光. 舰船维修保障建设[J]. 四川兵工学报, 2009(5): 129-130.

可得到第二次融合后各个目标的概率分别为:

P(导弹)=0.01, P(战术导弹1)=0.34, P(战术导弹2)=0.27, P(巡航导弹)=0.005, P(弹道导弹)=0.35, P(战斗机)=0.01, P(不明)=0.001 8。

可以看出, 经过由 Bayes 推理融合识别后, 得到该目标的最终识别结果为弹道导弹, 同时, 不明目标的概率下降到了 0.001 8。从两次融合的计算结果可以看出: 利用 Bayes 推理融合识别后, 目标识别的可信度得到了提高。

3 结论

实验结果表明: 利用该模型可以更加有效地利用信息来判断目标属性, 可以达到较高的识别率, 能提高系统的决策能力。

参考文献:

[1] 缪崇大, 高贵明. D-S 证据理论在雷达目标识别中的应用[J]. 雷达与对抗, 2008(3): 33-34.
[2] 王俊林, 张剑云. 采用 Bayes 多传感器数据融合方法进行目标识别[J]. 传感器技术, 2005, 24(10): 86-88.
[3] 李康乐, 刘永祥, 黎湘. 弹道导弹中段防御系统目标识别仿真研究[J]. 现代雷达, 2006, 11(28): 12-19.
[4] 王慧频, 徐晖, 孙仲康. 采用 Bayes 数据融合方法进行目标和诱饵的识别[J]. 国防科技大学学报, 1996, 18(2): 59-64.
[5] 世文学. 导弹作战目标识别建模与仿真技术研究[D]. 西安: 第二炮兵工程学院, 2010.
[6] 徐承相, 马瑞萍, 张笑. 基于 Bayes 方法的可靠性试验评估分析[J]. 四川兵工学报, 2009(12): 65-67.