DOI:10.19789/j.1004-9398.2017.05.003

导弹群协同飞行阶段威胁评估建模研究

刘 华 毕义明 刘卫东
(火箭军工程大学理学院,陕西 西安 710025)

摘 要

现代战争形势的变化使得导弹群之间协同作战问题得到极高的重视,而其中协同飞行阶段威胁的研究是其最基本的问题,也是比较重要的问题. 本文基于静态贝叶斯网络对导弹群协同飞行阶段威胁评估进行了建模研究,并对模型进行了验证,说明了模型的可行性及有效性.

关键词: 协同飞行, 贝叶斯网络, 威胁评估.
中图分类号: V249.12

导弹群协同作战问题的研究日益得到重视,本文首先对导弹群协同作战进行了任务划分,将其分为三个阶段:协同飞行阶段、协同突防阶段、目标毁伤评估阶段. 之后,针对协同飞行阶段威胁评估进行了建模研究.

1 贝叶斯网络简介

贝叶斯网络综合了图论与贝叶斯方法,是目前解决不确定知识表达和推理领域的一种非常重要的方法. 对贝叶斯网络的研究主要集中在贝叶斯网络的推理、贝叶斯网络的学习、贝叶斯网络的应用三个方面.

贝叶斯网络是一个有向无环图,其节点表示所研究问题的变量,有向边表示节点间的依赖关系,每个节点都有一个条件概率表,反映了子节点与父节点之间的相关关系. 一个贝叶斯网络一般可以表示为 $B(S, P)$,其中 S 表示节点集,P 表示条件概率表的集合.

建立一个贝叶斯网络一般分为三个步骤:

第一步: 确定所研究问题的变量集;

第二步:根据变量之间的依赖关系确定贝叶斯网络的结构;

第三步:确定每个节点的条件概率表.

2 基于贝叶斯网络的模型建立

2.1 网络节点(变量集)的选取

根据导弹群协同作战的任务分解模型,协同飞行是指从导弹发射至进入敌防空区域前的巡航飞行过程. 考虑到导弹群超低空飞行的特点,影响协同飞行的威胁物主要是地面凸起物. 凸起物对导弹的威胁等级有两大主要因素,一是凸起物,二是导弹自身的机动性能. 凸起物对导弹的威胁主要体现在凸起物的宽度、高度以及凸起物与导弹间的距离. 导弹自身的机动性能对导弹能否成功实施规避十分关键,影响导弹自身机动性能的因素很多,这里主要考虑导弹的转弯性能和爬升性能.

基于以上讨论,确定节点(变量集)包括,凸起物对导弹的威胁等级,导弹机动性能(转弯性能,爬升性能),凸起物的威胁度(高度,宽度,凸起物与导弹间的距离),对各变量的变量域均分为三个等级. 综合以上讨论确定变量集及变量域如下:

TtoML(*Threat To Missile Level*) = {高,中,低} 为威胁物对导弹的威胁等级;

MJDA(*Missile JD Ability*) = {高,中,低} 为导弹的机动性能;

MWA(*Missile Wheel Ability*) = {高,中,低} 为导弹的转弯性能;

MCA(*Missile Clumb Ability*) = {高,中,低} 为导弹的爬升性能;

OTL(*Object Threat Level*) = {高,中,低} 为威胁物的威胁度;

OH(*Object Height*) = {低,中,高} 为威胁物相对导弹飞行高度情况;

收稿日期:2016-11-03

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

OW(*Object Width*) = { 窄,中,宽} 为威胁物相对导弹水平转弯距离情况;

DBOWM(*Distance Between Object With Missile*) = { 近,中,远} 为导弹与威胁物的距离.

2.2　模型的建立

基于变量集及变量域的确定,融合先验知识及专家知识确定如下网络结构:

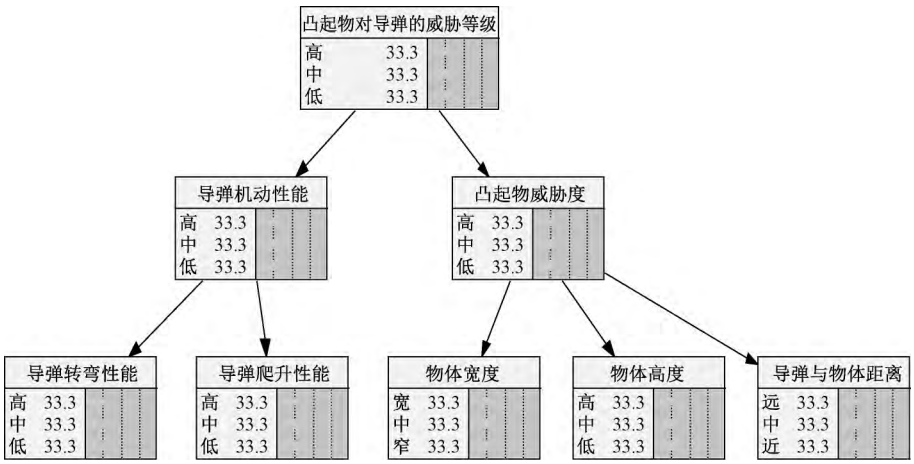


图 1　协同飞行威胁物评估 BN 结构模型

对于各节点的条件概率表融合先验知识及专家知识,并由专家给定,结果如表 1、表 2、表 3 给出. 其中威胁物对导弹威胁等级评估推理规则由条件概率矩阵 $M_{otl\mid TtoML}$ 和 $M_{mjda\mid TtoML}$ 给出,如表 1 所示.

表 1　威胁物对导弹威胁等级评估推理规则条件概率矩阵

M_{xp}	$P(otl\backslash TtoML)$	$P(mjdo\backslash TtoML)$
	[高 中 低]	[高 中 低]
[高 中 低]	$\begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0 & 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.8 \\ 0.1 & 0.4 & 0.5 \\ 0.9 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$

威胁物威胁等级评估推理规则由条件概率矩阵 $M_{oh\mid otl}$,$M_{ow\mid otl}$ 和 $M_{dbowm\mid otl}$ 给出,如表 2 所示.

表 2　威胁物威胁度推理规则条件概率矩阵

威胁物	$P(otl\backslash otl)$	$P(ow\backslash otl)$	$P(dbowm\backslash otl)$
威胁度	[高 中 低]	[宽 中 窄]	[远 中 近]
[高 中 低]	$\begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.9 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.7 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0.1 & 0.9 \\ 0.1 & 0.4 & 0.5 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$

导弹机动性能评估推理规则由条件矩阵 $M_{mwa\mid mjda}$ 和 $M_{mca\mid mjda}$ 给出,如表 3 所示.

表 3　导弹机动性能评估推理规则条件概率矩阵

导弹机动性能	$P(mwa\backslash mjda)$	$P(mca\backslash mjda)$
	[高 中 低]	[高 中 低]
[高 中 低]	$\begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.9 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.4 \\ 0.1 & 0.1 & 0.8 \end{bmatrix}$

3　仿真结果及分析

3.1　网络的输入与输出

对于上述模型,其网络输出为根节点的后验概率,即根据已有信息得到威胁物对导弹的威胁等级评估:

Bel(*Threat to Missile Level*) = *P*(*threat to missile level* = { })

网络的输入包括初始化输入和实时信息输入,初始化输入是指预先确定的网络节点的条件概率矩阵和根节点的先验概率,先验概率记为:

π(*Threat to Missile Level*) = *P*(*threat* = { })

推理网络的中间层由 *Missile JD Ability* 和 *Object Threat Level* 两个节点组成,它们由各自的子节点推理得到. 实时信息输入是指在推理过程中输入到子节点的外部信息,这些输入记为:

λ(*Object Height*) = *P*(*object height* = { })

λ(*Object Width*) = *P*(*object width* = { 宽,中,窄})

λ(*DBOWM*) = *P*(*dbowm* = { 远,中,近})

λ(*Missile Wheel Ability*) = *P*(*missile wheel ability* = { }) λ(*Missile Clumb Ability*) = *P*(*missile clumb ability* = { })

3.2　算例分析

首先对网络进行初始化,输入网络参数,除根节点外的各节点的条件概率表,此时网络进入等待状态,对模型编译后结果如下.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

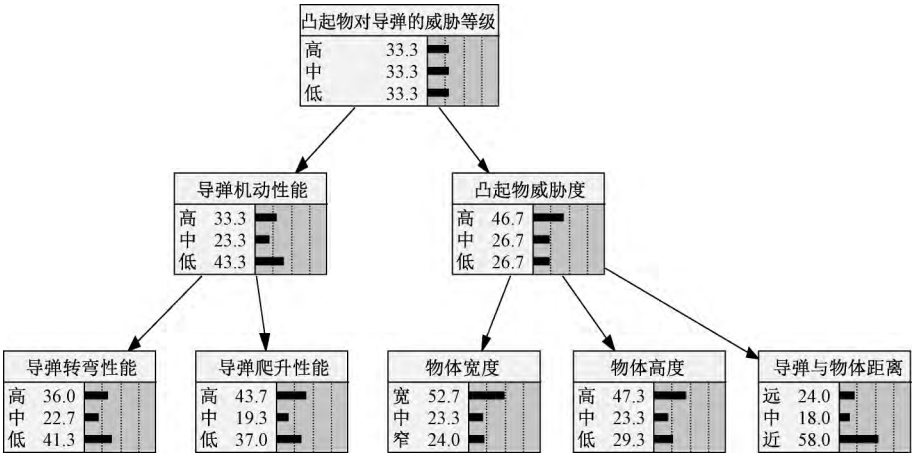


图 2 协同飞行威胁物评 BN 模型初始化结果

随着战场信息的变化,如有传感器关于战场新的威胁源信息,便可触发网络的推理过程. 接下来对三种不同情况进行仿真运算,结果如下:

情形 1 导弹的转弯性能和爬升性能较弱,目标较近且目标显著

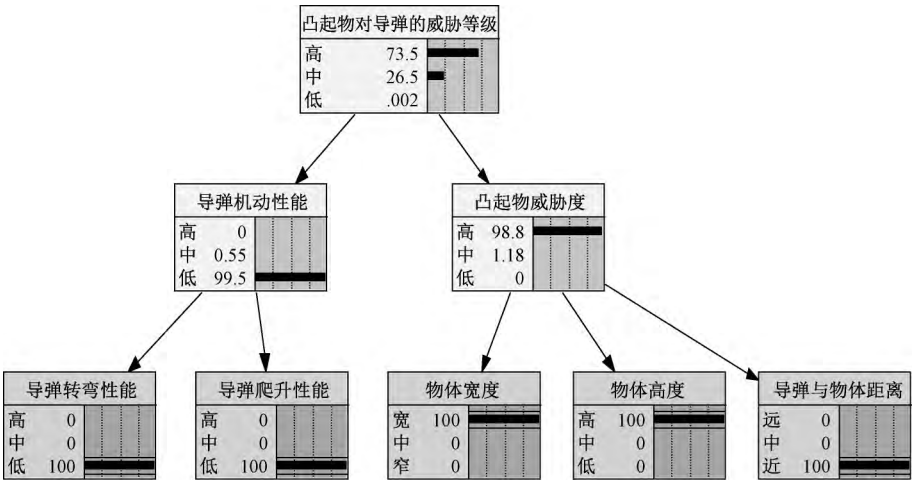


图 3 协同飞行威胁物评估 BN 模型仿真结果 1

上述结果表明,在导弹的转弯性能和爬升性能都较弱的情况下,导弹的机动性能很弱; 物体的宽度、高度都较大,而导弹与物体的距离较近,则凸起物的威胁度较高. 网络的输出结果为凸起物对导弹的威胁等级低的概率为 0. 000 02,中的概率为 0. 265,高的概率为 0. 735,表明凸起物对导弹的威胁较大,结果符合战场实际.

情形 2 导弹的转弯性能和爬升性能较强,目标较远且目标不显著

上述结果表明,在导弹的转弯性能和爬升性能都较高的情况下,导弹的机动性能很强; 物体的宽度、高度都较小,而导弹与物体的距离较远时,凸起物的威胁度很低,网络的输出结果为凸起物对导弹的威胁等级低的概率为 0. 971,中的概率为 0. 029 2,高的概率为 0. 005,表明凸起物对导弹的威胁很小,结果符合战场实际.

情形 3 导弹的转弯性能和爬升性能较强,目标较近且目标显著

上述结果表明,在导弹的转弯性能和爬升性能都较高的情况下,导弹的机动性能较强; 物体的宽度、高度都很大,而导弹与物体的距离较近,则凸起物的威胁度很高. 网络的输出结果为凸起物对导弹的威胁等级低的概率为 0. 123,中的概率为 0. 732,高的概率为 0. 145,表明凸起物对导弹的威胁一般,结果符合战场实际.

本文基于贝叶斯网络建立了导弹群协同飞行阶段威胁评估建模研究,有效地利用了贝叶斯网络的优点,通过对模型的验证及仿真分析,说明了该模型

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

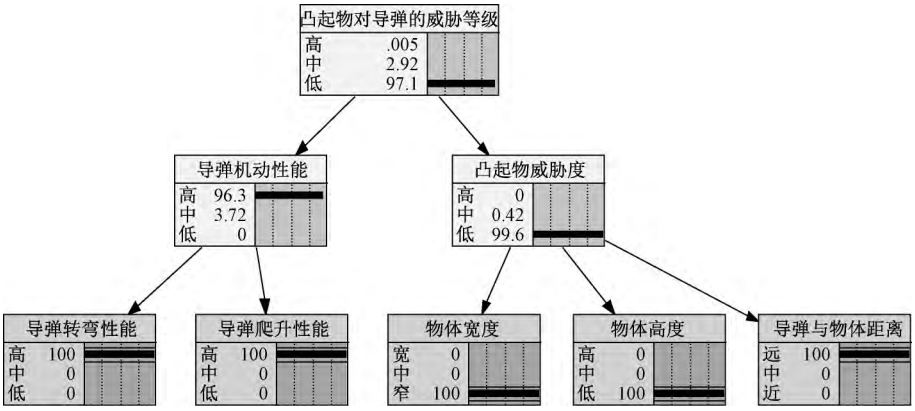


图 4　协同飞行威胁物评估 BN 模型仿真结果 2

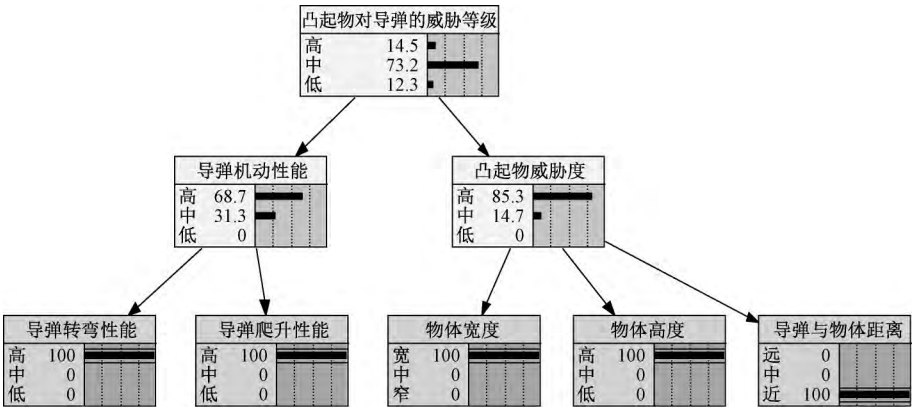


图 5　协同飞行威胁物评估 BN 模型仿真结果 3

是有效的. 在建立模型的过程中,若有大量数据来满足结构学习机及条件概率矩阵的获取,则会使模型更为完善.

参　考　文　献

[1]　史志富. 无人作战飞机对地攻击态势威胁评估方法和算法研究[D]. 西安: 西北工业大学,2010.
[2]　俞奎. 贝叶斯网络建模及推理算法研究[D]. 合肥: 合肥工业大学,2007.

Research on Modeling of Threat Assessment for Missile Group Cooperative Flight Phase

Liu Hua　Bi Yiming　Liu Weidong

(College of Science, Rocket Force University of Engineering, Xi'an Shaanxi　710025)

Abstract

The cooperative engagement question received high attention because of the changes of modern war situation. The research on the threat of coordinated flight is the basic and important problem. This article studies the threat assessment of flight phase of missile group based on static bayesian network. The model is verified and the feasibility and validity of the model are illustrated.

Key words: coordinated flight, bayesian network, threat assessment.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net