

一种空降地域选择风险评估的概率影响图方法

赵飞^{1,2}, 王青山¹

(1. 信息工程大学 地理空间信息学院, 郑州 450001; 2. 95900 部队, 河南 开封 475003)

摘要:针对传统方法对风险考虑不够的问题,提出了一种基于概率影响图的空降地域选择风险评估方法;通过详细分析影响空降地域选择的因素及其相互关系并结合历史数据和作战经验,建立了空降地域选择风险评估的概率影响图模型;通过风险量化和概率推理,最终得出了空降地域选择风险的概率评估,最后通过实例验证了模型的有效性。

关键词:概率影响图;空降地域;风险评估

本文引用格式:赵飞,王青山.一种空降地域选择风险评估的概率影响图方法[J].四川兵工学报,2015(6):97-100.

Citation format:ZHAO Fei, WANG Qing-shan. Risk Evaluation Method Based on Probability Influence Diagram for Airborne Area Selection[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2015(6):97-100.

中图分类号:E919

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2015)06-0097-04

Risk Evaluation Method Based on Probability Influence Diagram for Airborne Area Selection

ZHAO Fei^{1,2}, WANG Qing-shan¹

(1. Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China; 2. The No. 95900th Troop of PLA, Kaifeng 475003, China)

Abstract: Aiming at the problem that the traditional method has considered few decision-risk, a risk assessment method based on probability influence diagram was presented. By analyzing on influence diagram model for risk factors and its correlations of airborne area selection, and combining with past data and experiences, the influence diagram model for risk assessment of airborne area selection was built. Finally, the risk probability on airborne area selection was computed out by quantizing risk and probabilistic reasoning, and the model's validity was proved by an instance.

Key words: probability influence diagram; airborne area selection; risk assessment

空降场是军队伞降、机降着陆和着陆后投入战斗的地域^[1]。空降地域的优劣是关系到空降作战成败的关键问题,正确选择空降地域可有效发挥空降优势,直接形成纵深攻击部署,对空降部队圆满完成作战任务具有极其重要的意义^[2,3]。目前,国内对于空降地域选择的研究文献^[3-5]比较少,主要是根据空降地域选择的原则^[4],采用层次分析法、模糊综合评价法以及 AHP 结合证据理论等^[5]方法来进行选择决策。以上方法都是基于多属性决策综合评价方法对空降地域选择问题进行建模,鲜有从决策风险角度对空降地域进行评价研究。

空降地域选择要充分考虑敌我双方作战企图、作战部

署、地形环境、气象条件等战场情况。由于获取情报的准确性和评价中的主观性,使得获取的空降地域及相关信息具有很多不确定性。在不确定条件下,决策即有风险^[6],如何结合空降作战经验数据和指挥者对风险的认识来进行决策,是科学选择空降地域的关键。一般情况下对问题中变量间关系的认识和了解可用模型表示,对不确定变量的认识和了解可用概率估计值表示。概率影响图作为一个不确定性问题的建模工具,其数学定义明确,图形直观易于被人们理解,能方便地根据不同信息调整模型的网络结构,概率影响图的构建既可以利用专家意见和历史数据。另外概率影响图的大小中随问题规模线性增长,不易增加解决问题的复杂度^[7]。

收稿日期:2014-12-28

作者简介:赵飞(1978—),男,博士,主要从事战场环境分析与辅助决策研究。

故本文采用概率影响图方法来对空降地域选择决策问题进行风险评估。

1 概率影响图理论

1.1 概率影响图的定义

概率影响图的理论基础是概率理论和效用理论。在概率影响图中,每个自然节点都有一张条件概率表与之对应,它描述了自然节点表示的随机变量以其父节点的输出为条件的概率分布;每个效用节点都有一张效用分配表与之对应,它描述当前状态下采用不同行动的效用情况。影响图的数学定义如下^[7]:

定义 1 影响图(Influence Diagrams, ID)是由结点集 N 和有向弧集 A 组成的无回路有向图 $G = (N, A)$,其中 N 包括 3 种形式:机会结点集 C ,代表随机变量,值域为变量的样本空间;决策结点集 D ,代表决策选择,值域为方案集;价值结点集 V ,代表效用,值域为实数轴上的一段区间。 A 分成两个子集,即机会结点间的关联弧集和指向决策结点的信息弧集。

定义 2 概率影响图是仅含有机会节点和确定型节点的影响图,其中:代表随机变量的结合节点与确定型节点间的有向弧表示可能存在的概率相关性;在每一个节点上附加的数值是该节点的值和依赖父节点可能状态的条件概率。

本文利用概率影响图理论对空降地域选择中的风险因素进行分析研究,通过对影响图的转换及概率推理得到每个因素的风险概率,并集结为对空降地域的风险评价,从而为空降地域评价和选优提供依据。

1.2 概率影响图的概率推理

概率影响图的概率推理包括图形的基本变换和相关推理算法。影响图解决问题的实质是将影响图进行等价变换,使得图形中的结点关系已知或者可以通过与其他结点的关系推得,然后进行概率计算,对风险进行评估。概率影响图的基本变换是基于影响图的 3 种基本运算:结点删除、弧向翻转及修改结点的概率分布。与运算对应的 3 种变换分别是冗余结点的删除、弧向翻转和确定型结点的传递。

一般情况下概率推理问题是求条件概率 $Pr(x_j | x_k)$,即在已知 x_k 的概率分布信息的条件下,如何推出 x_j 的概率分布信息,其中结点集合 J 和 K 是图中结点集合 N 的任意子集。概率影响图的推导求解过程涉及对影响图的迭代、修正和图形结构的变化,即结点的删除和有向弧翻转、删除与添加。尽管随机变量的结局不改变,但存储在结点上的条件概率分布则不断被修正。实际上,推导过程的主要工作就是更新、存储和记录这些条件概率分布的过程。

2 空降地域选择风险因素分析

根据空降作战原则,空降安全和地面作战是影响空降地域选择的主要风险因素。空降安全直接影响影响部队能否安全抵达空降地域并降落,主要考虑气象条件,地形条件和

空降条件对空降安全性的影响;地面作战态势对作战胜负影响极大,主要考虑我方火力准备程度,敌反空降作战能力以及战场敌我部署情况。空降地域选择风险因素之间关系如图 1 所示。

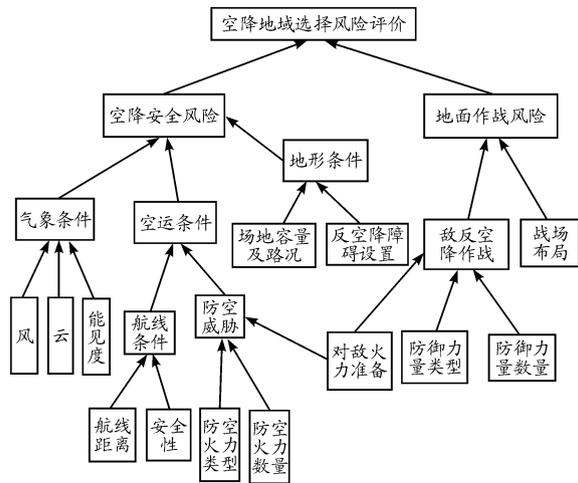


图 1 空降地域选择风险因素分析

气象条件:主要考虑空降地域内的空中和地面风速、云的类型及云量、大气能见度。风速风向影响飞机进入、增加跳伞员操纵判断的困难;云和能见度影响跳伞员对着陆区地貌、地物的判断。风速小、云量少,能见度高,气象条件就好,就有利于空降作战单元安全空降到预定空降地域;反之,则不利。

地形条件:地形条件是影响空降部队地面作战的直接因素,对空降安全有着重要且直接的影响。地形安全风险主要考虑地形容量和路况,敌反空降障碍设置。

空运条件:空运条件主要考虑航线距离及安全性。航线距离直接影响空中输送时间,航线安全性受我作战协同水平以及敌防空强弱的影响。

火力准备:火力准备通常是指空降进程中对预定地域和敌方机动反空降部队实施的火力打击。火力准备对削弱乃至消除敌防空和地面威胁极为有效,火力支援通常分为预先火力准备、直接火力准备和直接火力支援。

敌反空降作战能力:敌地面反空降作战能力的强弱直接决定了空降作战风险的大小,该条件主要考虑敌反空降防御作战力量的类型和数量。

战场布局:战场敌我部署情况主要指空降作战时,敌、我目标空降地域及作战目标之间的位置关系。根据作战实际,要求空降地域与作战目标的距离应尽可能小,空降地域与敌防御力量之间的距离应尽可能大。

3 基于概率影响图的空降地域选择风险评估建模

3.1 确定网络结构

在空降地域选择风险因素分析模型(图 1)的基础上,构

建空降地域选择风险评价的概率影响图模型,如图2所示。确定网络结构的基本思路和步骤是:首先,确定以空降地域选择风险评估为目标节点。其次,以空降安全和地面作战及其影响因素为中间节点,其中空降安全风险受气象条件、地形条件、空运条件的影响;地面作战风险受敌地面防御和战场布局的影响。最后,以风险影响因素为叶节点,也就是推理时的证据节点。

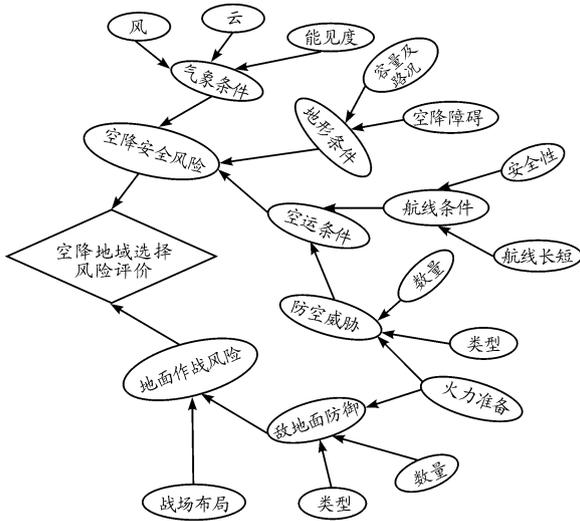


图2 空降地域选择决策风险评价的概率影响图模型

3.2 节点说明及参数设置

图2所示的网络模型的节点可以分为3类,一是目标节点,表示空降地域选择风险评估取值;二是中间节点,表示综合风险因素;三是叶节点,表示风险影响因素,是空降地域的属性或状态,在概率影响图推理中作为证据节点参与推理。其中,定量风险因素有风速、能见度、航线距离、防空火力数量、防御力量数量等,定性风险因素有云、安全性、火力类型、对敌火力准备强度等。定性指标采用概率方法表示,取其状态值的概率,定量指标用模糊方法表示,取其所属状态的最大隶属度值作为概率取值。

设计网络节点风险取值的条件概率表是概率影响图建模的主要任务。对于叶节点所代表的指标,对节点状态赋予一个初始的概率即可,若叶节点变量没有任何先验信息,则可以对该节点的各个状态赋予同样的概率。具有父节点的变量的条件概率分布比较复杂,可以根据作战数据或专家知识获得。

3.3 基于概率推理的空降地域选择风险评估

在获取一组证据变量的赋值后,概率影响图推理的任务就是计算目标节点(空降地域选择)的风险取值。推理过程是根据各个备选空降地域选择的场地信息计算选择该场地风险的后验概率的大小,风险最小者为最佳空降地域选项。

图2中每个节点都有确定的状态集,如目标节点的状态集为风险评价值,中间节点的风险评语集都为{高,中,低},叶节点的状态估根据实际需要设定,如中风速的状态集为{适宜,不适宜}。确定了网络结构和节点状态之后,需要给

出节点变量的风险概率关系。表1给出了目标节点风险的条件概率表,限于篇幅其他节点风险的条件概率分布不再一一列出。

表1 空降地域选择风险概率分布

地面作战风险	高			中			低		
空降安全风险	高	中	低	高	中	低	高	中	低
风险评价	0.95	0.75	0.55	0.65	0.5	0.35	0.45	0.25	0.05

采用聚类算法(Clustering algorithm)进行空降地域选择的概率影响图推理。该算法是已知最快的贝叶斯网络信度更新的精确算法,由Lauritzen and Spiegelhalter在1988年提出,后来Jensen et al.和Dawid等人先后对其进行了改进。该算法执行分两步:首先把有向图转化为一个连接树,然后更新连接树的概率。

4 空降地域选择示例

假设某空降作战中,作战目标附近有3个场地可供选择,这3个场地的信息如表2所示。

表2 备选空降地域信息

风险因素	备选空降地域		
	A ₁	A ₂	A ₃
风/(m·s ⁻¹)	4	6	8
云	较好	好	较差
能见度/m	3 000	4 000	5 000
航线距离	较近	近	较远
航线安全	好	好	差
防空武器数量	未知	未知	未知
防空武器类型	导弹	高炮	高炮
容量及路况	中	中偏差	好
反空降障碍	多	多	少
对敌火力准备	情况未知	情况未知	情况未知
敌防御类型	装甲部队	装步混合	摩托部队
敌防御数量	少	中	多
战场布局	中上	中上	中

4.1 选择实例

结合空降作战经验,对表2所示3个备选空降地域信息进行概率转化,得到如表3所示的备选空降地域信息的概率评价。其中,防空武器数量和对地火力准备强度信息未知,假设这两个节点在各自状态取值空间内的概率相同。我们根据图2所示的概率影响图模型,输入表3中各空降地域信息,便可推得选择不同空降地域的风险取值,如表4所示。

表3 备选空降地域信息概率评价

风险因素	备选空降地域		
	A_1	A_2	A_3
风	(0.9,0.1)	(0.7,0.3)	(0.4,0.6)
云	(0.7,0.3)	(0.85,0.15)	(0.9,0.1)
能见度	(0.7,0.3,0)	(0.8,0.2,0)	(0.95,0.05,0)
航线距离	(0.1,0.2,0.7)	(0.05,0.1,0.85)	(0.8,0.1,0.1)
航线安全	(0.7,0.3)	(0.75,0.25)	(0.2,0.8)
防空武器数量	(0.5,0.5)	(0.5,0.5)	(0.5,0.5)
防空武器类型	(0.65,0.35)	(0.4,0.6)	(0.4,0.6)
容量及路况	(0.2,0.6,0.2)	(0.1,0.35,0.55)	(0.85,0.1,0.05)
反空降障碍	(0.75,0.25)	(0.2,0.8)	(0.15,0.85)
对敌火力准备	(0.3,0.4,0.3)	(0.3,0.4,0.3)	(0.3,0.4,0.3)
敌防御类型	(0.7,0.2,0.1)	(0.5,0.4,0.1)	(0.1,0.3,0.6)
敌防御数量	(0.2,0.8)	(0.5,0.5)	(0.9,0.1)
战场布局	(0.5,0.4,0.1)	(0.4,0.4,0.2)	(0.25,0.5,0.25)

表4 空降地域选择风险评价

备选空降地域	A_1	A_2	A_3
风险	0.454	0.488	0.400

4.2 推理分析

根据所获取的空降地域信息进行贝叶斯网络推理,结果显示:选择空降地域 A_3 的风险最小, A_1 次之, A_2 的风险最大。对表2、表3的信息进行分析可以发现:3个场地的战场环境和作战态势各有优劣,但因为场地 A_3 的防空武器是高炮的概率高,风险就小;地面防御为摩托化部队的概率高,这样的威胁就远远小于装甲部队以及装、步混编的部队。这符合空降作战的原则,因此认为该场地作为首选场地比较合理。

假设决策层认为可以通过预先火力准备和直接火力准备来为作战提供条件,对作战地域的3个场地实施火力打击,火力准备强度(差,中,好)的模糊概率分别为(0,0.1,0.9)、(0.4,0.4,0.2)、(0.9,0.1,0),把这3组数据作为证据分别输入,其他场地信息不变,则3个场地的最终评价如表5所示。

表5 加入“火力准备”证据之后的风险评价

备选空降地域	A_1	A_2	A_3
风险	0.438	0.492	0.412

可以看出:空降地域 A_1 的风险有所降低,而 A_2 和 A_3 的风险略有上升,但选择空降地域 A_3 的风险仍是最低的。进一步分析可以看出,在场地 A_1 加大火力准备强度,场地 A_2 的火力准备强度稍微有所降低,场地 A_3 火力准备强度大幅度下降的情况下,选空降地域 A_3 的风险仍最小,充分说明场地 A_3 的空降综合条件是最好的。另外,减少 A_3 场地的火力准备强度,也可迷惑敌方,这符合作战的实际。

5 结论

本文将概率影响图用于空降地域优选,有效解决了选择决策风险量化和风险评估问题。选择实例也表明,该方法不但能够集成作战指挥人员和专家的经验、知识,还能够利用所有可能的信息进行风险的概率推理,甚至在空降地域信息不全或者发生变化的情况下也能进行有效选择。

参考文献:

- [1] 军事科学院. 中国人民解放军军语[M]. 北京:军事科学出版社,2011.
- [2] 葛余金. 联合登岛战役中的空降兵战役运用[J]. 空军军事学术,2002(2):99-102.
- [3] 刘阳,陈波. 空降场的定量分析与研究[J]. 信息工程大学学报,2006,7(1):99-102.
- [4] 朱景晨. 空降空投着陆散布预测模型及其应用[J]. 现代电子工程,2005(3):43-49.
- [5] 谈斌,王威. 基于AHP/D-S的空降场选择方法及应用研究[J]. 现代电子工程,2005(3):10-20.
- [6] 王乙娜,侯为波. 保险公司投资组合的最优化模型研究[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2014,31(3):46-48.
- [7] 冯林安. 决策风险管理建模及应用研究[D]. 天津:天津大学,2006.
- [8] 詹原瑞. 影响图理论方法与应用[M]. 天津:天津大学出版社,1995.

(责任编辑 杨继森)