

# 美军气象影响决策辅助系统实现方法及应用

申伟强<sup>1</sup>, 孙姣<sup>2</sup>

(1. 61741 部队, 北京 100081; 2. 北京应用气象研究所, 北京 100029)

**摘要:** 目的 研究美军气象影响决策辅助系统发展现状。方法 收集资料, 对比分析。结果 详细分析了两种美军的气象战术决策辅助系统, 即综合天气影响辅助决策系统和目标探测器软件。结论 天气条件对于军事行动的计划和实施都具有重要影响, 而气象影响决策辅助系统可以帮助作战指挥官准确判断当前及未来的天气威胁, 应选择合适的武器系统, 优化武器系统效能的发挥。

**关键词:** 气象影响; 决策辅助; 任务规划

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2013.06.031

**中图分类号:** TJ410 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2013)06-0146-06

## Implementation Method of U.S. Military Weather-impact Decision Aids and Its Application

SHEN Wei-qiang<sup>1</sup>, SUN Jiao<sup>2</sup>

(1. Unit No.61741 of PLA, Beijing 100081, China;

2. Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the U.S. military weather-impact decision aids. **Methods** By collecting plenty of material about U.S. military weather-impact decision aids and doing some comparative analysis on them. **Conclusion** This article describes two weather-tactical decision aids: the Integrated Weather Effects Decision Aid and the Target Acquisition Weapons Software. **Results** Weather-impact decision aids give the commander an edge by allowing both a determination of the optimum selection of weapon systems and a comparison with threat systems under current or forecast weather.

**KEY WORDS:** meteorological influence; decision aids; mission planning

气象环境复杂多变, 气象条件的影响无处不在。即便军事行动按照气象预报作了周密的计划, 还是会因为一些突发气象条件的出现而打乱军事行动的部署, 比如科索沃战争中的粉尘云。为了有效地执行任务, 军事指挥官必须对战场天气条件及其对武器系统、人员、设备操作的影响有充分、全面的

收稿日期: 2013-06-26; 修订日期: 2013-08-31

Received: 2013-06-26; Revised: 2013-08-31

作者简介: 申伟强(1982—), 男, 河南许昌人, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为计算机科学与技术等。

**Biography:** SHEN Wei-qiang(1982—), Male, from Xuchang, Master, Assistant engineer, Research focus: computer science and technology.

掌握。目前,有很多判断天气因素对任务装备选择及操作影响程度的天气影响决策辅助(WIDAs)系统,通常将其分为两类:基于规则推理的决策辅助系统和基于物理分析的系统。

基于规则推理的WIDAs,如美国陆军的综合天气影响决策辅助系统,主要基于从战地手册、军事院校和相关领域专家等途径收集得到的天气影响规则而建立。通过IWEDA系统,可以得出在特定天气条件下性能发挥最好的武器系统。

基于物理分析的战术决策辅助工具(TDAs),比较典型的是三军通用的目标探测器天气影响决策软件(TAWS, Target Acquisition Weather Software System),它采用以物理理论和测量为基础的物理计算。通过TAWS可以得出在当前或预测的天气条件下,给定范围内某给定目标的捕获概率。因此,不同于以上基于规则推理的WIDAs提供简单的红绿灯显示,这类基于物理分析得出的性能指标是一个连续的值。

### 1 综合天气影响决策辅助系统(IWEDA)

综合天气影响决策辅助系统是基于UNIX系统的Java程序,它是一个相关临界值的规则集合,通过提供定量化的天气影响信息来协助指挥官在给定或预测的天气条件下为作战任务选择合适的平台、系统或传感器。

该系统针对陆军、空军、海军设有不同的推理规则。红色-黄色-绿色(不利-临界-有利)等临界阈值代表一个或一系列环境参数对系统的影响。通过时间跨度的天气影响矩阵(如图1所示)及“影响-地图叠加”模型可以显示感兴趣区域的影响信息(如图2所示)。所有兴趣区域的环境数据主要由美国陆军的短期预报模式来提供。环境条件对每种系统的影响规则和临界值则由训练和条令司令部、战地手册和陆军的国家地面情报中心来确定。

IWEDA作为一种气象影响集成系统,目前已成为美军指挥、控制、通信、计算机和情报(C4I)战术天气系统的一个重要组成部分。作为C4I战术工具,IWEDA只是提供天气对军队行动的影响(有利或不利),而不决定行动的具体过程。

IWEDA与气象数据库进行交互,确定对所选系

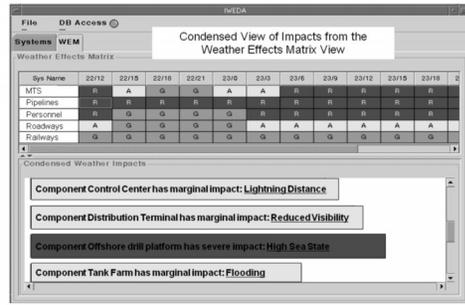


图1 IWEDA天气影响矩阵

Fig. 1 IWEDA weather effect matrices

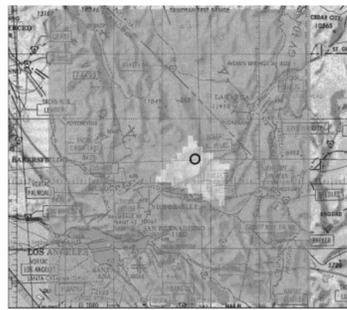


图2 针对AH-64中TV/DVO系统的战术决策辅助工具叠加图

Fig. 2 IWEDA map overlay for AH-64 tads TV/DVO

统的影响。影响结果由武器系统本身的特性决定,并输出到绑定临界值的数据库中。临界值是指可明显降低战术行动可执行性和武器系统有效性的气象要素数值。

#### 1.1 IWEDA的功能实现

IWEDA中系统、子系统和组件按照层次化的方式进行排列。系统的一组称为一个任务;一个系统中往往包含一个或多个子系统;一个子系统通常有一个或多个组件。用户可以对哪些系统属于某个任务进行定义,也可以从一个系统中删除已选好的子系统和组件。也就是说,通过IWEDA,可以得到天气条件对于上至军事任务,下至武器系统、子系统和组件的多层次影响信息。

在选定的时间范围内,天气条件对任务、系统、子系统和组件的影响显示在IWEDA的天气影响矩阵中(WEMS,见图1)。WEM是一种颜色编码,若使用非彩色打印机,则注释为R(红色),A(黄色),G(绿色)。红色(R)区域表明行动将受到严重影响,有很大程度的行动限制。黄色(A)表示作战行动将受到

微小的影响,行动能力和效果可能会有轻微的受挫。绿色(G)表示没有任何军事行动上的限制<sup>[1]</sup>。

## 1.2 IWEDA实例

在下面的例子中,创建一个用户自定义的任务,选择三个无威胁和两个有威胁的武器系统。任务配置完成以后,就可以通过调用数据库来确定某一时间、地点,某种天气条件对系统、子系统和组件的影响。

在要构建的示例任务中,从IWEDA的无威胁及有威胁的图形用户界面(GUI)中选择A-10(雷电飞机)、AH-64(阿帕奇直升机)、人员、SA-14(防空导弹)和SA-16(防空导弹)等系统。这些系统一旦被选中,IWEDA就能够确定天气对任务的影响,结果以WEM矩阵的形式呈现给用户,如图1所示。

显示结果时,WEM的上半部分给出特定系统及时间的天气影响标识。下半部分在一开始是空白的。右键单击色彩单元格,如AH-64,22/12(日期/时间),简要的影响结果将显示在位于WEM下半部分的可滚动窗口中(对AH-64系统的影响被复制在表1中)。但用户无法知道详细的影响,比如将会对预测区域的哪个位置产生影响等。

表1 12月22日天气对AH-64系统的影响  
Table 1 Impacts for the AH-64 system for 22/12

影响对象	影响结果
对AH-64系统有微弱的影响	高气压高度
对30毫米机枪子系统有微弱影响	低能见度
对热成像仪组件有微弱影响	低能见度
对TV/直视组件有微弱影响	低能见度
对TV/直视组件有不利的影响	雾和低能见度
对激光R/D组件有微弱影响	较低能见度
对激光R/D组件有不利影响	低能见度
对“地狱火”导弹子系统有微弱影响	空中结冰
对发电机子系统有微弱影响	高海拔
对夜视镜组件有不利影响	低照度

WEM中的彩色单元格显示了所选任务在选定的时间和预测区域中最坏天气条件下的影响情况。如果用户想知道某个单元格为什么呈红色或黄色,可以在影响描述中找到答案,它解释了这个单元格存在的依据。在彩色编码地图上还可以获取受影响

系统或传感器的详细分析。

## 2 目标捕获天气软件系统(TAWS)

TAWS是基于图形用户界面(GUI)的,在Windows操作系统上运行的一个软件。TAWS是一个三军通用项目,系统里包括了空军、陆军和海军的传感器和目标,系统主要用于3个频谱区域:可见(0.4~0.9 μm)、激光(1.06 μm)和红外(IR)(3~5 μm, 8~12 μm)。该系统可以利用当前或预测的天气数据来决定所选传感器和目标的探测范围。指挥官可以利用这些信息制定任务计划,同时也可以了解在给定天气条件下哪些传感器探测得最远<sup>[2]</sup>。

TAWS同时进行光照度和性能预测计算(PPC)。PPC可以用在一项任务中的一个或多个位置。光照度分析是指某一位置太阳和月亮星历信息的计算。光照度分析可以帮助任务计划人员确定特定任务日期和地点的日落时间。针对某一位置的分析,PPC可以预测出不同时间重要目标的探测范围;此外,PPC也可以对任务沿线的多个地点进行分析。

要确定一个给定目标的捕获范围,需要掌握大量的数据:目标背景对比度、大气条件、太阳或月球的亮度以及传感器特征等,所有这些要素都随光谱区域而变化。

### 2.1 目标背景对比度

对比度定义为一个观察者从背景中区分对象的能力;它随着大气层距离的增加而下降。在可见光的波长范围内,大气颗粒物的辐射散射很重要,其对比度的数学公式与在红外线(IR)情况下是不同的。

对于TAWS中的可见光波段,通过Hering和Johnson的快速大气散射模型(FASCAT)来确定目标和背景辐射,该模型可以计算大气中指定高度的上升流和下降流辐射。

对于指定的传感器和目标高度,需要计算倾斜路径的视对比度。在阳光或阴影下的目标对象可以通过比照天空、云、地形背景等来探测。路径辐射和背景辐射,是由δ-Eddington近似大气模型经多次散射计算确定的。

在可见光/近红外方案中,目标可以是在地面或空中。空中目标可以用向上或向下的瞄准线(LOS)

观察。天空和云的背景支持向上的瞄准线;较远处陆地和地势低洼的云背景支持向下的瞄准线。

热对比模型:热波长固有的对比度定义为目标温度减去背景温度。

在TAWS中,对比度由多业务光电特征模型(MUSES)间接确定,该模型利用之前的光照度和天气数据来计算平衡背景温度和目标温度。

MUSES有两个主要组成部分:热分析模块和签名模块。热分析是对物理温度和热耗率的计算,该计算通过微分方程有限差数值解法来实现。热分析模块的主要输出结果是物理温度和净热率<sup>[9]</sup>。

签名分析是视温度或辐射的计算过程,实际上就是传感器对目标物辐射的测量,测量结果有赖于其物理温度。因此,签名模块为热模型输出和签名分析输出量希望值之间提供了一定的联系。

MUSES规定的基本热源包括长波辐射、太阳能吸收、发动机加热、发动机舱的空气、排气、履带和车轮的加热和对流。此外,还包括漫射面之间的相互反射。这些温度和结果用来计算 $\Delta T$ 。

激光对比度模型:激光模型不计算对比度。

## 2.2 大气信息

要确定辐射穿过大气层的能量损失,需要知道大气成分(气体和气溶胶)和状态(压力、温度、相对湿度等)。能量损失以大气透过率来表示,其范围是从0到1的值,具体还依赖于气溶胶类型<sup>[4]</sup>。

TAWS包含10种气溶胶模型和2种降水粒子模型,通过与红外线、电视/夜视护目镜和激光模型组合,得出相应的气溶胶和降水粒子吸收系数。气溶胶描述了接近特定区域地面的气团颗粒物。气溶胶的形成来自于郊区、市区、海上、对流层、沙漠、平流雾、辐射雾等。有3种类型的隐身烟雾:白磷、雾油和六氯乙烷。第10种气溶胶,因作战时持续的烟尘而引起,以战场污染物的形式存在。气溶胶模型的主要指标见表2。此外,TAWS还包含雨、雪降水模型。

TAWS适用于多种气象条件,用户可以自由选择。其中有些气象条件是通过空军气象局(AFWA)或海军战术环境数据服务器(TEDS)自动输入的。所有的气象参数包括(其中带有星号的元素可以从AFWA或TEDS下载):大气露点温度\*,海面温度\*,风速风向\*,能见度\*,降水类型降水率,气溶胶类型,战

表2 TAWS气溶胶模式

Table 2 TAWS aerosol models

气溶胶类型	特性
郊区	大陆气团中的边界层背景气溶胶
城区	郊区气溶胶加上具有代表性的城市和工业园区产生的烟灰状气溶胶
海上	这种气溶胶包含海盐微粒,目标区域是临海几公里的内陆。
对流层	这种气溶胶主要存在于清洁气团和边界层上面的自由大气中
沙漠	这种气溶胶主要存在于沙漠、干旱或半干旱气候区的边界层中
海面	这种气溶胶主要存在于海洋环境的边界层中,包括风速关系
平流雾	这种湿气溶胶主要存在于能见度小于1 km的浓雾中
辐射雾	这种气溶胶主要存在于能见度大于1 km的轻雾中
伪装烟雾	主要特点是白磷、烟雾油和六氯乙烷烟雾
战场污染物	发生在激烈战斗区域的烟雾和灰尘

争引起的污染物,高、中和低层云\*,边界层高度。

## 2.3 传感器信息

确定了光谱区域后,传感器由用户进行选择。相关的传感器参数自动从传感器数据库获取。

在TAWS中,硅电视(TV)、夜视镜(NVG)和红外传感器的目标探测范围通过传感器性能模式来决定,可对可见光和红外波段的武器系统进行目标探测。

TAWS支持两种采用1.06  $\mu\text{m}$ 激光指示器的系统:激光测距和激光锁定系统。这两个系统都由指示器和接收器组成。机载激光测距系统通过测量激光脉冲从指示器到目标和从目标到接收机的传播时间来计算从测距仪器到目标的距离。测距系统是一个整体,指示器和接收器装置在同一个硬件中。对于激光锁定武器,指示器用来照射目标,接收器用来接收反射光束。TAWS可预测指示器或锁定接收器的最大有效范围<sup>[9]</sup>。

## 2.4 例子

假设在冬天,目标是运动和静止两种状态下的苏

联T-80主战坦克,主要针对雪地背景下的红外光束。将传感器和坦克排列整齐,传感器位于坦克前;传感器高度为3.04 m。假定日期是在12月21日,地点是北纬37° 32',东经127° 00'(首尔,韩国)。天气条件是阴,能见度是4.828 km(小雪)和1.609 km(大雪),有偏西的微风(~3 m/s)。从气候数据库获取相对湿度和温度资料,结合当地时间的函数关系见表3。

表3 输入时间、温度和相对湿度等相关数据

Table 3 Input relative humidity (RH) and temperature as a function of time

时间	18:00	21:00	00:00	03:00	06:00	09:00
温度/°C	1	-3	-3	-5	-5	0
相对湿度/%	69	74	74	86	86	80
时间	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	12:00
温度/°C	0	1	1	-3	-3	0
相对湿度/%	80	69	69	74	74	80

模型的运行结果如图3所示,使用TAWS的解释分析能力可以作出决定,两条垂直线代表了日出和日落的时间。正如预期的那样,当能见度好的时候探测范围是相当大的,在给定的天气条件下,相对于静止状态下的坦克,运动中的坦克更容易被探测到。

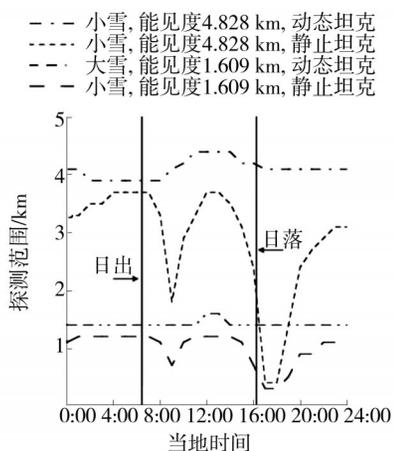


图3 探测范围与时间的变化关系

Fig. 3 Detection range vs. time

热交叉,即一天中热对比度最小且对比度极性即将反转的时刻,一般发生在早晨和下午。例如,清晨的背景温度可能大于目标温度。热交叉后,目标温度可能高于背景温度。在这个例子中,热交叉点大约出现在上午9点和下午17点,在这些时间段探

测效率是比较低的。而指挥官/用户可以通过选择最大探测范围,来避开热交叉发生,探测效率较低的时间段来进行优化设置。

如果不是这个例子中的静态情况,而是再结合更新的天气预报信息的话,将能够获得更多的相关结果。例如,图3中的“坦克”曲线图。如果预测天气条件将在12:00由大雪变为小雪,探测距离将从大约1.5 km增加到4.5 km左右,这将给指挥员提供一个增加探测距离的机会。同理,这个功能也可用于友好/威胁对比,以确定由于不同的系统造成的探测范围的变化。

### 3 结语

IWEDA系统是一个易用的战术应用程序,可帮助指挥官对传感器的选择和使用进行接近实时的评估。预测数据集可以自动进行环境参数反演,进一步增强了该应用程序的功能。此外,该系统还可根据不断变化的天气条件作出合理的军事规划。

TAWS系统通过传感器性能和气溶胶模型,加上成熟的大气传输模型和对比度模式计算,帮助作战人员在不利的天气条件下选择合适的传感器或武器系统,以最好效果对抗既定目标。除了确定目标探测范围之外,TAWS还可用于任务规划,以及测定友好和威胁系统之间的探测范围变化等。

协同使用这些TDA系统可为指挥官在不利天气条件下选择合适的武器系统提供很好的决策支持。

### 参考文献:

- [1] PATRICK M, MAJOR Hayes, WILLIAM J, et al. Battlespace Visualization and the Integrated Meteorological System—IMETS[J/OL]. Military Intelligence Professional Bulletin, Oct-Dec, 2002. <http://findarticles.com>.
- [2] SAUTER D, SHIRKEY R C. Target Acquisition Modeling with Automated Environmental Data Ingest for Weapon System Evaluation[C]/Proc of Ground Target Modeling & Validation Conference. MI, 1999.
- [3] HOOCK Donald W, GIEVER John C. Weather Data Visualization—Decision Aids Tools for Army C4I[EB/OL]. <http://www1.cira.colostate.edu>.
- [4] 易平,秦晓洲,魏小琴,等. 不同角度太阳辐射测定对比研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(3): 73—77.

YI Ping, QIN Xiao-zhou, WEI Xiao-qin, et al. Contrast Study of Solar Radiation of Different Angles[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(3):73—77.

[5] 程丛高,徐路,陈丹明. 沙尘对直升机挂架影响的分析及试验验证方法[J]. 装备环境工程, 2010, 7(3):117—122.

CHENG Cong-gao, XU Lu, CHEN Dan-ming. Impact of Sand-dust on Helicopter Pylon and Its Verification Test Method[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(3):117—122.

(上接第 130 页)

tion Grey Fuzzy Comprehensive Evaluation[J]. Equipment Environmental Engineering, 2006, 3(1):56—58.

[6] 左浩,马亮,刘博. 基于模糊理论的鱼雷武器系统作战效能分析[J]. 装备环境工程, 2007, 4(4):42—45.

ZUO Hao, MA Liang, LIU Bo. Based on the Theory of Fuzzy Torpedo Weapon System Combat Effectiveness Analysis[J]. Equipment Environmental Engineering, 2007, 4(4):42—45.

[7] 孟秀云. 导弹制导原理与控制系统原理[M]. 北京:北京理

工大学出版社, 2003.

MENG Xiu-yun. Principle of Missile Guidance and Control System[M]. Beijing: Beijing University of Science and Technology Press, 2003.

[8] 周真,马德仲,于晓洋. 用于产品可靠性分析的模糊 FMECA 方法[J]. 电机与控制学报, 2010, 14(10):90—93.

ZHOU Zhen, MA De-zhong, YU Xiao-yang. Used for Product Reliability Analysis of Fuzzy FMECA Method[J]. Journal of Motor and Control, 2010, 14(10):90—93.

(上接第 135 页)

XIN Tie-zhu, ZHAO Wan-sheng, LIU Jin-chun, etc. The Characteristics Research and Mechanism Analysis in Aluminum MAO Process[J]. Surface Technology, 2006, 35(2):14—15.

[2] 薛文彬,邓志威,来永春,等. 铝合金微弧氧化陶瓷膜的相分布及其形成[J]. 材料研究学报, 1997, 11(4):169—171.

XUE Wen-bin, DENG Zhi-wei, LAI Yong-chun, etc. The Facies Distribution and Formation of Aluminum MAO Ceramic Coating[J]. Materials Research Journal, 1997, 11(4):169—171.

[3] 薛文彬,来永春,邓志威,等. 铝合金微弧氧化膜的形成与特性[J]. 电镀与精饰, 1996, 18(5):3—5.

XUE Wen-bin, LAI Yong-chun, DENG Zhi-wei, etc. The

Formation and Characteristics of Aluminum MAO Film[J]. Plating and Finishing, 1996, 18(5):3—5.

[4] 薛文彬,邓志威,来永春,等. 铝合金微弧氧化陶瓷膜的形貌及相组成分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1996, 32(1):67—70.

XUE Wen-bin, DENG Zhi-wei, LAI Yong-chun, etc. The Morphology and Phase Composition Analysis of Aluminum MAO Ceramic Coating, Beijing Normal University Journal (Natural Science Edition) [J]. 1996, 32(1):67—70.

[5] 胡正前,马晋. 硅酸盐电解液中铝合金微弧氧化陶瓷膜层的结构与性能[J]. 金属热处理, 2003, 28(3):23—26.

HU Zheng-qian, MA Jin. The Structure and Properties of Aluminum MAO Ceramic Coating in Silicate Electrolyte[J]. Heat Treatment of Metals, 2003, 28(3):23—26.