

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.05.003

时间敏感目标打击杀伤链的优化问题

郜越^{1,2}, 敖志刚¹, 李宁¹, 端木竹筠², 闫晶晶²

(1. 中国人民解放军理工大学工程兵工程学院, 南京 210007;

2. 中国电子科技集团第 28 研究所信息工程国家重点实验室, 南京 210007)

摘要: 时间敏感目标的打击能力主要是指对战场上稍纵即逝的目标实施快速打击的能力。阐述时间敏感目标的概念, 介绍时间敏感目标打击杀伤链; 通过决策变量和约束条件对时间敏感目标打击杀伤链进行最优化描述, 提出以网络中心化为主导、决策者主导、传感器主导以及射手主导的时间敏感目标打击链指挥控制模式。最后总结给出时间敏感目标打击的 3 个优化问题。时间敏感目标打击杀伤链的优化问题研究, 能够使作战部队具有实时性、协调同步性、作战力量一体化, 大幅度提高战斗力。

关键词: 时间敏感目标; 打击杀伤链; 优化问题

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Optimization of Time Sensitive Target on Casualty Chain Strike

Gao Yue^{1,2}, Ao Zhigang¹, Li Ning¹, Duanmu Zhuyun², Yan Jingjing²

(1. Engineering College of Engineering Corps, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China;

2. State Key Laboratory of Information Engineering, No. 28 Research institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210007, China)

Abstract: The strike capability of time sensitive target is the capability to quickly strike the fleeting target on battle fields. This article first describes the concept of time sensitive target and then depicts the time sensitive strike chain. Decision variables and constraint conditions are adopted for clarifying the optimization of time sensitive target strike chain. The command-and-control mode of time sensitive target strike chain with network-centric governing, decision maker governing, sensor governing and gunner governing is pointed out for optimization of time sensitive target strike chain. Three points on optimization of time sensitive target strike are summarized at the end. The research on the problem of time sensitive targets strike-chain optimization can enable combat forces real-time, coordination and synchronization, integration and significantly improve combat effectiveness.

Key words: time sensitive target; strike chain; optimization

0 引言

拨开战迷雾, 打击影响战争全局的高价值目标, 提高整体作战效能, 自古以来就是指挥员追求的目标。打击时间敏感目标是实现这一目标的有效途径。新军事变革的出现与信息化技术的发展, 为打击时间敏感目标奠定了有力基础。现代战争对打击时间敏感目标的要求愈来愈迫切, 对时间敏感目标实时打击往往成为扭转战场态势、夺取战场制胜权以及达成作战意图的一个有效手段和关键因素。

1 时间敏感目标的定义

美国国防部将时敏目标定义为: 因危险需要立即给予打击的目标, 在军事上解释是在较短的时间内具有较高军事价值的目标, 包括即刻发射的弹道导弹和超高速隐形目标等机动目标, 也包括那些稍纵即逝的机动设施及有打击时限的固定设施, 比如正在竖起的导弹发射架等, 或一栋临时被恐怖分子

战斗小组占领的建筑^[1], 如图 1。

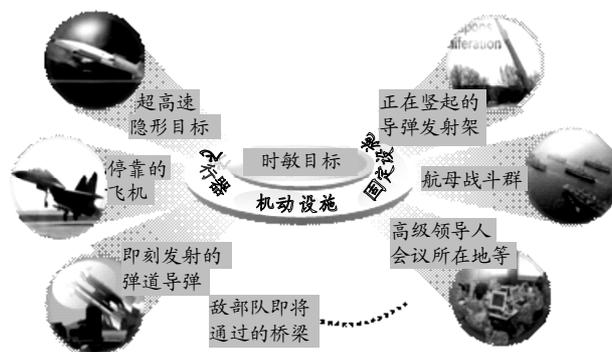


图 1 时间敏感目标示意图

目标的价值是与时间相关的, 目标价值随时间的变化而变化的特性称为目标价值的时间相关性。如图 2, 时间用 t 表示, 目标价值用 v (value) 表示, 目标价值随时间的变化性记为函数 $v=v(t)$, 在时间变化中, 一些目标的价值随时间的变化不大, 如图 2(a) 所示, 可以称这些目标是非时间敏感的; 而一

收稿日期: 2011-12-14; 修回日期: 2012-01-28

作者简介: 郜越(1986—), 男, 辽宁人, 硕士研究生, 从事系统分析与集成研究。

些目标的价值在短时间内发生巨大变化，如图 2(b) 所示。高价值持续时间很短的目标称为时间敏感目

标，该目标价值较高的时段称为时间敏感目标的攻击窗口。

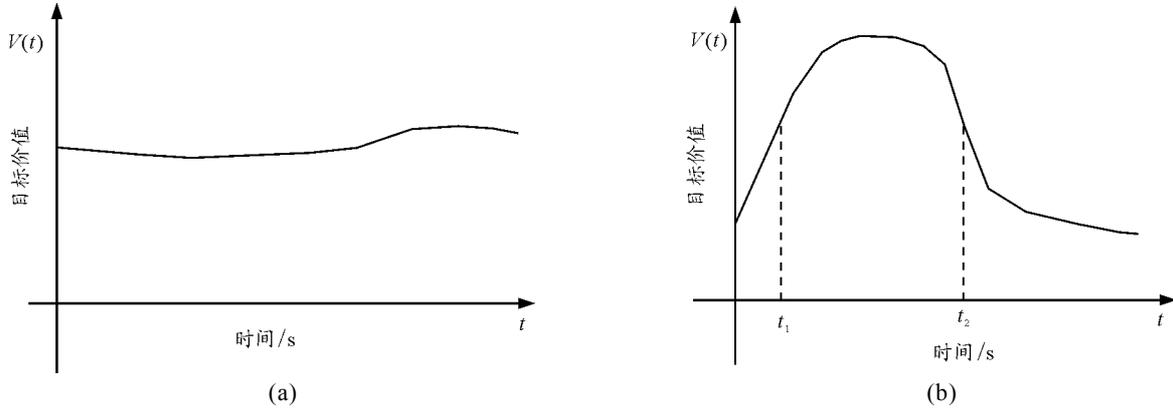


图 2 时间敏感目标价值变化示意图

时间敏感目标的攻击窗口具有一定的客观性，主要由对手决定，成功打击时间敏感目标就是要在时间窗口内摧毁时敏目标，致使该目标的价值急剧下降。假设目标的攻击窗口时段为 $[T_1, T_2]$ ，作战指挥系统发现目标的时刻为 T ，打击目标的周期为 Δt ，那么打击目标的时段为 $[T, T + \Delta t]$ ，当且仅当 $\Delta t \leq |T_2 - T_1|$ ，满足打击时间敏感目标的最低条件时，才可能摧毁时敏目标，这是对打击行动的硬约束^[2]。

2 时间敏感目标打击链的最优化描述

2.1 定义

打击链中的平台集： $p \in P$ ；时敏目标集： $t \in T$ ；武器集： $w \in W$ ；时敏目标打击环节集： $F = \{\text{发现, 识别, 跟踪, 决策, 交战, 评估}\}$ ； $\forall (f, f') \in F$ ， $\exists f \neq f'$ ，且这 2 个环节不能同时被同一个平台 p 执行。如果考虑打击链的优化，不同环节希望能在同一个平台 p 中完成，以减少转换平台带来的耗时。

2.2 数据

$\text{capability}_{p,f}$ ：平台 p 执行环节 f 时的最大目标数，这些目标是分散的（描述数据链或者平台传感器容量）；

$\text{process}_{p,t,f}$ ：平台 p 对目标 t 执行 f 环节所需最小时间量；

$\text{setup}_{p,t,f,t',f'}$ ：平台 p 对目标 t 执行 f 环节完成后转向对目标 t' 执行环节 f' ，期间的最小转换时间量；

winv_p ：平台 p 装载的武器数量。

2.3 决策变量

$\text{START}_{p,t,f}$ ：平台 p 对目标 t 执行杀伤链环节 f 的开始时间。

$\text{END}_{p,t,f}$ ：平台 p 对目标 t 执行杀伤链环节 f 的结束时间。

$$X_{p,t,f} = \begin{cases} 1 & \text{如果平台 } p \text{ 对目标 } t \text{ 执行打击链的 } f \text{ 环节} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$$Y_{p,t,f,t',f'} = \begin{cases} 1 & \text{如果平台 } p \text{ 对目标 } t \text{ 执行 } f \text{ 环节必须在对目标 } t' \\ & \text{执行 } f' \text{ 环节之后} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$$Z_{p,t,f} = \begin{cases} 1 & \text{如果平台 } p \text{ 对目标 } t \text{ 执行 } f \text{ 环节和对目标 } t' \\ & \text{执行 } f' \text{ 环节同时进行} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

2.4 约束条件

约束条件如式 (1)~式 (10)：

$$\min_{\text{START, END, X, Y, Z}} C_{\max} \tag{1}$$

$$C_{\max} \geq \text{END}_{p,t,\text{Assess}}, \forall p, t \tag{2}$$

$$\text{START}_{p,t,f+1} \geq \text{END}_{p',t,f}, \forall p, t, f \neq \text{Assess} \tag{3}$$

$$\text{END}_{p,t,f} \geq \text{START}_{p,t,f} + \text{process}_{p,t,f} \times X_{p,t,f}, \forall p, t, f \tag{4}$$

$$\text{START}_{p,t',f'} \geq \text{END}_{p,t,f} + \text{setup}_{p,t,f,t',f'} \times Y_{p,t,f,t',f'} - M \times (Y_{p,t',f',t,f} + Z_{p,t,f,t',f'}) \forall p, t, f, t', f' \tag{5}$$

$$Y_{p,t,f,t',f'} + Y_{p,t',f',t,f} = 1, \forall p, t \neq t', f \neq f' \tag{6}$$

$$Z_{p,t,f,t',f'} + Y_{p,t,f,t',f'} + Y_{p,t',f',t,f} = 1, \forall p, t \neq t', f \neq f' \tag{7}$$

$$\sum_p X_{p,t,f} = 1, \forall t, f \tag{8}$$

$$\sum_{t,t',f'} Z_{p,t,f,t',f'} \leq \text{capability}_{p,f}, \forall p, f \tag{9}$$

$$\sum_t X_{p,t,Launch} \leq winv_p, \forall p \quad (10)$$

其中: 式 (1) 描述最后一个目标“评估”环节的完成时间。式 (2) 确保每个目标的“评估”环节的完成为全部的完成时间提供一个限制。式 (3) 确保平台不会执行杀伤链的下个环节, 直至当前的环节已被其他平台完成。式 (4) 确保杀伤链中的每一环节的持续时间不能超过被选平台执行该环节的最小处理时间。式 (5) 确保如果一个平台被选去执行另一个目标的杀伤链环节, 该平台在没有执行完之前, 目标任务的杀伤链环节及调整好之前不能执行其他任务。式 (6) 指定杀伤链环节必须连续进行。式 (7) 控制杀伤链中的某些环节可以同时进行, 某些环节必须连续进行。式 (8) 要求对于一个给定目标的给定杀伤链环节, 只有一个平台执行该环节任务(确保没有重复)。式 (9) 要求平台不能超出能力范围来执行多目标的多杀伤链中的同一个环节任务。式 (10) 要求平台不能发射比原始武器容量更多的武器^[3]。

3 时间敏感目标打击链的优化

3.1 网络中心化的时敏目标打击链指挥控制模式

图 3 示意性地阐述了决策者、传感器和射手功能以及通常称之为“其它信息源”的功能之间的关系。其它信息源将包括支持传感器和射手以及与最高司令部通信的普通情报产品、天气、技术^[4]。

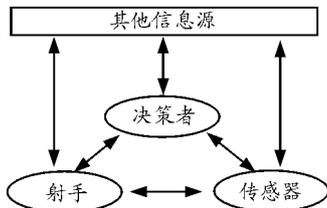


图 3 网络中心化的时敏目标打击链指挥控制模式

图 3 中双向箭头表示各个功能、其它信息源之间都有信息交互, 因此统一信息格式是各个功能之间良好交互的前提。在网络中心化的指挥控制模式里, 已处理过的情报信息被看作资源, 需要时每个功能都可以访问, 使得信息被最大化的使用, 从而能够更快、更好地认知和理解不断变化的战场态势。当然, 这些背景资源的可靠性、合时、精确性和可用性将影响传感器—决策者—射手框架里的各个功能的执行力度。

网络中心化指挥控制系统的一个特征是针对特殊的任务, 指控流程会被裁剪成适应当前战场态势。对于时敏目标打击的指挥控制任务来说, 及时性的增强是由限定少数的人来实施行动和联系来实现

的。实际上, 时间敏感目标通常也被定义为由于该目标的紧急性, 使得一些常规的协同行动被缩减或者放弃。

3.2 决策者主导的时敏目标打击链指挥控制模式

我军将开始对一种指挥控制操作模式进行探索, 在这种模式中, 决策者功能扮演领导角色。如图 4 所示, 射手和传感器功能不再彼此直接通信, 他们也不和其它信息源直接通信。他们仍然可以通过决策者功能间接通信。所以, 在这个模式中, 决策者功能不仅控制决策和指挥, 也控制信息流^[5]。

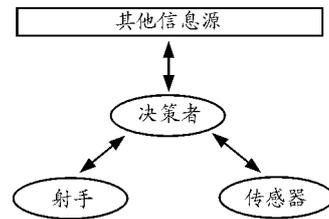


图 4 决策者主导的时敏目标打击链指挥控制模式

决策者领导操作模式常常被使用, 且一般在大型的对固定目标的行动中很有效。决策者功能, 常常在一个大型联合空战中心 (CAOC) 设施中, 开始于行动中全部策略目标的一条指令, 执行这个目标的空军行动中所需的角色, 可用的设备, 以及其它相关层次的考虑。以此为基础, 决策者功能发展了所有类型的空军行动的总体规划, 以包含下属目标、主要阶段计划、资源分配、成功性度量和结果评估。

在这个框架下面, 一个对地面目标的攻击计划被制定出来, 以包含和陆、海、空三军的协调安排。同时也在这个框架下, 决策者功能为传感器设备及其操作组织提出了对目标信息的需求。

3.3 传感器主导的时敏目标打击链指挥控制模式

如图 5 所示, 在传感器领导模式中, 传感器功能在决策者功能一般指令的基础上负责领导。这些指令会允许传感器功能发布辅助指令, 要求射手和其它信息源功能做出响应——全部都在设备、时间和地点所定义的限制内。这些定义的限制是维护指挥控制的清晰界线所必须的。

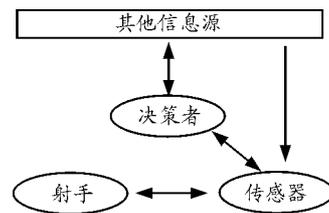


图 5 传感器主导的时敏目标打击链指挥控制模式

双向箭头表示传感器功能和射手、决策者功能之间紧密的合作。决策者功能控制其它信息源,直接向传感器功能发送相关的、预先打包的信息,因此传感器功能不需要管理打包好的信息。

因此可以看出,传感器领导模式是为特殊操作情况定制的。决策者功能首先评估情况,并决定需要哪种类型的传感器主导模式。决策者功能随后制定出一组合适的攻击命令和收集命令。然后,传感器功能在授权的时间和地点内,直接授权射手功能对特定目标进行打击。

当大量有用的目标的相关信息是来自被传感器功能操作的传感器对目标区域的实时观察时,传感器领导操作模式是自然的。

传感器主导指挥控制模式不是新鲜事物。是对地面控制阻截(GCI)技术的改进,GCI是在第二次世界大战中由地面雷达发展而来。大不列颠战役中,GCI的应用取得了传奇般的效果。在越南,传感器主导指挥控制模式作为前方空军控制(FAC)领导行动表现的非常出色。

3.4 射手主导的时敏目标打击链指挥控制模式

如图 6 所示,在射手主导的模式里,射手功能是基于决策者功能发出指令的。这些指令授权射手功能可以发出附加的指令,并且要求传感器和其它信息源功能回应。

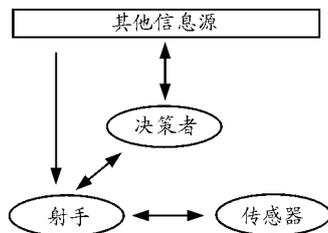


图 6 射手主导的时敏目标打击链指挥控制模式

射手主导的指挥控制模式的工作效率非常高,关于目标的充足信息都可以从射手平台上的传感器实时获取。以往与射手平台的交互都非常缓慢、不可信或者根本没有,但是新的射手主导的指挥控制模式很好地解决了以上问题,当然这些都需要技术上的突破和支持。

射手主导的工作模式为:通常在起飞之前射手平台会收到打击次序,打击次序指示被授权打击的目标以及他们的地点。起飞后,射手平台上集成的传感器可以找到需要打击的目标,并且可以精确定位,在挂载的武器量充足的情况下,就可以在时间窗口内成功地击毁时间敏感目标。与以往不同的是,

现在传感器和武器都更好了,集成了 GPS 的射手平台也能接收充足、有用的更新信息,例如目标位置、行为和相对优先权。

例如,AC-130 机关炮艇在射手主导的操作模式下表现非常好。在一个发射阵地里,AC-130 机关炮艇可以在 30 s 之内,它可以攻击出现的多种地面目标。AC-130 的集成组件、自带的传感器支持在黑夜作战。组件强大的敏锐度支持仔细的目标鉴别和区分。在当前的反恐战争中,已为 AC-130 开发了相应的战术、技术和程序^[6]。

4 结束语

1) 打击时敏目标历来就非常困难复杂,因为执行任务的各个平台在地理上是分散的,需要大量的协作。时敏目标打击的一个优化问题是使装备和操作人员构成一个时敏目标打击的任务共同体,这样势必能更好地执行指挥官的意图。

2) 对时敏目标的打击行动必须快速,因此使得贯穿整个作战的协调行动非常有压力。协调需要时间、地点越多,考虑得越多,那么耗费的时间也就越多。时敏目标打击的优化问题就是要解决时敏目标打击的时间窗口限制和各平台间协调耗时之间的矛盾。

3) 对时敏目标适时打击需要在目标可能出现的区域把传感器平台和射手平台配置到等待状态。这些平台都是稀缺资源,并且这些等待的平台可能会暴露在敌人的行动中。时敏目标打击的一个优化问题是权衡资源分配、敌方火力威胁及适时打击的价值,以及战争的耗费比的评估问题^[7]。

参考文献:

- [1] 刘占荣,等. 海军“时间敏感目标”打击系统[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 2004(8): 33-34.
- [2] Hebert A J. Compressing the kill chain[N]. Air Force Magazine, March 2003.
- [3] 崔乃刚,殷志宏,杨宝奎. 基于效能的时间敏感目标打击策略问题研究[J]. 控制与决策, 2008(5): 563-567.
- [4] Robert Wall. Airborne LAN. Aviation Week&Space Technology[R]. 2004.
- [5] 张开德,赵书斌. 时间敏感目标打击指挥控制技术初探[J]. 指挥控制与仿真, 2006, 4(2): 1-5.
- [6] Luis M. Diaz Rodriguez. Executable Model Development from Architectural Description with Application to the Time Sensitive Target Problem[R]. 2005.
- [7] 孙万国,等. 浅析一体化作战中如何处置时间上敏感的目标[J]. 装甲兵工程学院学报, 2005(3): 36-39.