

# 作战融合系统的构成及其效能分析

李教<sup>1</sup>, 敬忠良<sup>2</sup>, 王安<sup>3</sup>, 何娇娜<sup>3</sup>

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 2. 上海交通大学航空航天信息与控制研究所, 上海 200030; 3. 西北工业大学 自动控制系, 陕西 西安 710072)

**摘要:**给出了作战融合系统的主要构成对象的定义、作战系统的系统框图及运作过程,分析了天气和地形对作战融合系统效能的影响。并在此基础上,阐述了作战融合系统效能分析方法和过程。

**关键词:**作战; 融合; 构成; 效能; 武器

**中图分类号:**E917   **文献标识码:**A   **文章编号:**1009-3516(2003)04-0034-04

一场现代化战争需要多个军事部门参与,大量的传感器,单位和平台构成了一个复杂的作战融合系统。该系统的运动不仅受到外部环境的影响,还受到内部各种因素的制约。为了检验作战融合系统的合理性和有效性,就要对其效能进行分析<sup>[1-2]</sup>。这种效能分析不仅可以用于评价作战融合系统的合理性,还可以用于评价作战计划的合理性。为此我们对作战环境、装备、人员、作战地点、通讯条件、武器构成及攻击条件做出相应的假设,然后基于这些假设,对所采用的作战融合系统进行效能评价。这种评价将有助于改进作战计划。

最近,美军在地面部队信息优先权评定(The value of Information Superiority (IS))或者称为地面部队的命令(Command)、控制(Control)、通讯(Communication)、计算(Computation)、智能(Intelligence)、监视(Surveillance)和侦察(Reconnaissance)(简称C<sup>4</sup>ISR)的能力评估计划中建立了一整套系统效能分析仿真(System Effectiveness Analysis Simulation (SEAS))。该仿真对作战计划的建立和作战效果的评估有着很大帮助。本文在分析SEAS及其它研究文献<sup>[3-5]</sup>的基础上,提出了作战融合系统这一概念,并分析了影响作战融合系统效能的各种要素及基本分析方法。

## 1 作战融合系统的主要构成

作战融合系统效能分析的模拟结构(如图1所示),与目前世界上大部分军队的实际组织结构非常相似。军队拥有单位,而单位又拥有子单位,子单位拥有人和处理战争所必需的硬件设施。

在战争刚刚开始的时候,需建立一个作战文件。文件分析员必须决定军队参与程度、方式以及对于战争中军事行动的构想。这个决定所产生命令将被发送给军队及其子单位。拥有单位和卫星资源的军队被用于获取同敌人有关的情报,并对敌方实施监视和侦察(Information Surveillance Reconnaissance (ISR))。拥有平台(交通工具、飞机、无人航空运载系统、舰船等)的单位可以用来为传感器、武器和处理战争必需的通讯装置提供移动性。目标的方位、作战区域以及临时性事件经常用于为战役确定方案和地点。

作战融合系统的构成对象应反映实际战斗中的单位构成,它涉及传感器的探测、通讯频道容量、平台和

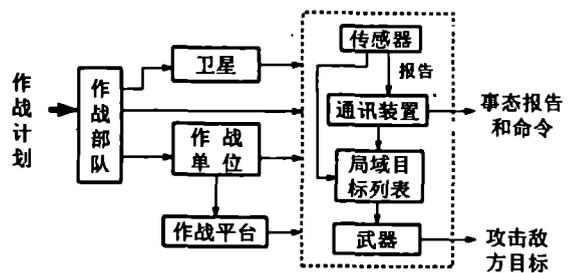


图1 作战融合系统框图

收稿日期:2003-01-13

基金项目:航空基础科学基金资助项目(5310113-0999-99CB04)

作者简介:李教(1963-),男,江苏南京人,博士生,主要从事控制理论研究;

敬忠良(1959-),男,四川内江人,博士生导师,主要从事作战融合与多目标跟踪研究。

武器。军队(Force)是一系列单位的组合。它提供单位和运载工具(平台)最初的位置和停止准则,以及宏观运动。一个军队对象定义了组成军队单位的数量和类型。它有权对盟军和敌军以及中立方的军队和单位进行定义描述。卫星平台直接归为军队(而非单位或运载工具)所有。

单位(Units)是由一系列的子单位、运载工具、传感器、通讯装置和武器构成。它提供给下属于单位和运载工具中等规模的运动和多层次的作战命令。单位的类型可分为空军单位、海军单位等。单位对象允许用户对它规定不同的参数,这些参数包括:位置、速度、人员数量、装备种类(例如:飞机、坦克、导弹等)。用户也可以规定单位的部署时间、移动的时间地点以及其它详细命令。

运载工具/作战平台(Vehicle/Platform)包括地面运载工具(坦克,汽车等)、军舰、军事卫星和军用飞机。通过这些运载工具的运动使得它所携带的平台同它一起在时空中运动。平台的运动可以通过用户输入明确的命令来控制。每一个平台上都拥有一个属于自己的局域目标列表,目标通过自身的传感器或通讯频道连接进入该列表,其顺序可以根据目标的优先级和基于武器攻击的杀伤概率  $P_k$  表来确定。

传感器(Sensors)包括被动式、主动式两类。通过它我们可以得到敌我双方的单位及运载工具的位置和速度以及发现概率  $P_{id}$ 。在作战融合系统中的每一种的传感器都具有不同的功能,并受到来自多方面、不同层度的限制。这些功能和限制使用户受限地得到传感器目标的信息。外界环境也会对传感器产生不利影像,从而减少传感器对象的检测概率。通过提高传感器的  $P_{id}$ ,可以使得传感器更容易地发现目标。同传感器效能分析有关的参数主要有检测距离  $R(R_{min}, R_{max})$ ,传感器检测方位角  $\theta$  和检测概率  $P_{id}$ 。

通讯对象(Communication)就是关于目标和命令信息由单位和平台发送和接收的一种方式。通讯机构由一系列的通讯设备、频道和干扰机组成。通过它可以实现军队,单位及运载工具间的信息传递。传输系统的堵塞会造成信息量的减小或消除信息流动。通讯方式(读、写或两者兼具)由用户定义。每个通讯频道有一定的范围。当发射器和接收器在规定的范围外时,没有信息通过。用户可以控制目标信息穿越的通道节点数量,这就可以控制目标观测信息通过通讯网络的流量。传输装置中的某个部件可以定义为干扰发射台,干扰发射台阻塞所在通道内的读和写。多个传输装置可以被定义为属于某一个单位或平台。这就允许传输频道之间相互交叉连接,单位或平台从一个频道接收到的信息再传送到其它频道。通讯频道是构成作战融合系统数据连的重要环节。

武器(Weapon)由一系列的枪炮及导弹组成。它使作战单位和运载工具具有杀伤能力。通过应用  $P_k$  (杀伤概率)表,就可部署武器对应特定的目标。在分析武器进攻效能时,天气对  $P_k$  的影响、地形对武器射程的影响都必须考虑在内。除此之外,还要考虑射击率、杀伤半径、是否为主要任务节省弹药、是否需要连续的传感器量测、平台是否移动、目标在杀伤概率表中的优先级、活力分布情况等。武器从发射到击中目标的飞行时间,也会影响武器的作用。当武器飞行时间大于 1 min 时,就必须考虑间接损坏的可能性。

## 2 影响作战融合系统效能的主要因素

### 2.1 天气对融合系统的影响

天气会对传感器工作产生影响。“天气”区域为定义的多边形区域。确定的天气区域会减小某些特定传感器的效能,而不会影响其它传感器(如图2所示)。可以通过下列参数对特定区域天气进行描述:大小、形状、位置及传感器影响因子(介于 0~1)。这种对传感器功能的降低可以通过对  $P_{id}$  乘以这个规定的因子来确定。在分析效能时可以通过定义复合的天气数据库并使它在不同的时间打开或关闭来模拟变化的天气状况。如果同一扇形面以不同的  $P_{id}$  减少因子被多个多边形同时覆盖,则最具影响力的天气状况将控制此扇形面,直到用户定义这种天气持续时间结束。

天气好坏也会影响到平台和单位的运动速度,所有必需的参数都可以根据具体情况进行定义。任何进入一定定义天气区域的平台,都存在一个已确定的相互作用,即用最大速度乘以天气因子。

就像天气影响传感器探测率一样,它也会影响武器的杀伤率。可以定义天气区域以及这些区域是如何

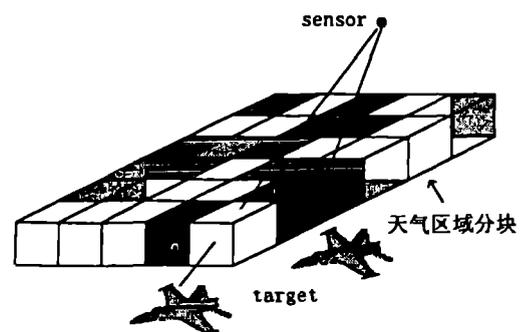


图2 天气对传感器作用影响分块示意图

影响单一武器对抗单一类型目标的。如果武器必须穿过某一特定天气区域去打击目标,那么  $P_k$  就会按特定的减少因子减小。像传感器中的一样,对于一个特定区域,我们可以定义一个随时间变化的多天气分块图,并建立一个复合的天气数据库,并定义相应的降低因子。

## 2.2 地形对融合系统的影响

起伏的地形会对作战融合系统的效能产生影响,为此需要建立一个地形数据库。这个地形数据库定义了由是封闭多边形包围的一个区域以及与该多边形相关的降低因子。在传感器检测方面,不管是传感器还是目标只要其中之一在作战区域中,平台的视线就会横贯整个多边形区域,这时这个因子就会依比例决定传感器的检测范围。如果传感器和目标都不在作战区域内,但视线正好穿过作战区域,那么  $P_d$  也会受到相同的影响。当降低因子被选定,平台高度就被决定了。对于高于 1 000 m 的传感器平台,无论在不在作战区域内都不用这个因子。

地形对平台、单位的速度一样存在影响。所需的参数定义与其它的受天气影响的对象一样。如果一个平台、单位、传感器、武器同时处在天气和地形区域内,那么天气因子和地形因子会产生复合作用。这里要注意,这种地形影响对敌我双方都会起作用,为此利用这种地形影响对我方进行保护。所以地形因子是介于 0 到 1 之间的值。

## 2.3 火力打击对效能的影响

作战的目的是为了消灭敌方有生力量,并保护自己减小损失。所以武器打击对实现作战融合系统的效能至关重要。打击目标选择得当,可以提高弹药利用率,提高作战效能;选择不当可能会导致自身毁灭。在选择打击目标时,我们应该根据目标的优先级和火力分布情况进行。

ISR (Information Surveillance Reconnaissance) 数据流量是根据敌方情报以及对敌方实施的监视、侦察所获得的按时间顺序所形成的数据流量。首先把通过各种传感器获得的 ISR 数据新信息送到局域目标报告表;与此同时,还把这些信息通过通讯频道中的通讯队列发给远地的接收装置(如图 3 所示)。远地的接受装置接受到这些信息后,把它写入非本平台目标列表中。在选择目标进行开火时,要首先根据信息产生的先后、在  $P_k$  表中杀伤率以及由融合系统分析得到的威胁概率的高低对目标进行优先级分配。

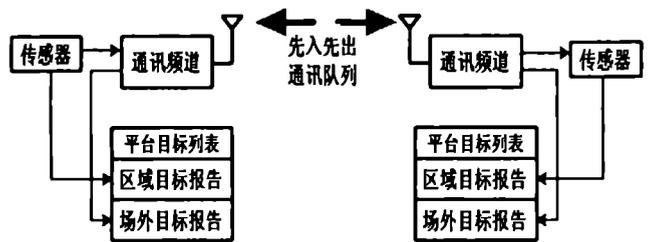


图3 目标列表形成示意图

## 3 作战融合系统效能分析过程

作战融合系统效能分析过程是一个复杂的自适应随机过程。所以很难建立一整套固定的分析模型,这里仅这一过程进行简要描述。作战融合系统效能分析流程如图 4 所示。

### 3.1 作战融合系统效能分析模型的建立

作战融合系统初始效能分析模型的建立是一个动态过程,它包括模型的初始建立和实战过程中的调整两个部分。它是基于任务描述和环境描述的基础上进行的,是实现基本效能分析的数学模型。在任务描述文件中,规定预定打击的目标位置、数量、打击的次序以及目标的反击能力。在环境描述文件中对目标所处的地形、天气环境以及进攻武器(或平台)可能的各种行径路线进行描述。在此基础上就可以建立作战融合系统初始效能分析模型。作战融合系统初始效能分析模型实际上是各种子系统效能平台的综合。这些子系统效能分析包括:地对地导弹攻击效能分析模型、空对地导弹效能分析模型、地对空导弹效能分析模型等。首先,根据前面描述文件进行传感器(根据检测概率)及攻击武器(或平台)配置(依据武器的杀伤概率、杀伤半径、位置以及杀伤成本等)。接下来计算各系统的子效能,如果所得的效能偏低,则可以通过修改配置来满足要求。如果修改配置不能达到要求,则需修改任务计划。这样就可以得到一个效能最优的作战计划。在实战中由于敌我双方的实力在不断变化,敌方也在不断对我方进行攻击,因此需要建立一个输入文件,记录各种传感器所获得的战场数据。该文件数据经过融合系统融合后,会得到一个和本战区有关的新近生成的目标数据文件。如果这些新目标是入侵本战区的敌方武器(或平台),我们就立即对其进行武器分配,并

计算攻击效能,选择最优的打击方式。如果这些目标是入侵友方战区的敌方武器(或平台),这可以通过通讯队列将这些信息送达友方,同时检查通讯队列中是否有远程入侵目标。所以最初建立分析模型要不断的进行补充修正。

### 3.2 实战过程中作战融合系统的运动

作战融合系统中的行动在时间上是不连续的,可设每次处理的时间间隔为1 min。在模拟中的行动,由定义的不同参数间的相互作用的组合来控制,这些参数如:环境、传感器、武器、交通工具、卫星等。在模拟中组合规定的顺序如图1所示。第一步是处理收集到的敌我双方的传感器信息,用所属的传感器检测敌方的所有单位、航空器和车辆等,把所测得的目标信息直接放入平台局域目标列表的最新一行。第二步检测所属的通讯队列中的目标。从通讯队列中读出合适的目标信息,并把这些目标信息放到局域目标列表的更新位置。第三步根据武器的类型限制,依次射击局域目标上的目标(依据目标的更新次序或 $P_k$ 列表的次序)。第四步通过通讯频道,把单位水平的移动命令传递给平台。随着移动到下一时刻来临前完成最后一个动作。

随着时间的推移,模型会发生移动。资源被使用、敌我双方军队被消耗和也可能产生新的军事联合,会对传感器、武器、通讯产生的新的约束,单位、运输工具、卫星等会发生移动移动,各种机构的行动和相互作用以及所有其它的适当参数的相互作用会不断的重复,直到由于时间和单位的消耗殆尽而宣告战役结束。

在实际仿真中,如果计划攻击敌方某一地面目标,可有两种选择,用地对地导弹或用机载空对地导弹攻击该目标。在选择打击方式之前,必须对两种情况的攻击效能进行评估。在进行地对地导弹攻击效能分析时,要考虑到打击成本(目标成本/导弹成本)、地形影响(地形因子)、敌方拦截(拦截概率)、导弹性能(正常工作可靠度,故障率等)、置信度等综合因素。在进行机载空对地导弹的攻击效能分析时要考虑到飞机子系统效能(工作的可靠性和突防能力(概率))、航空电子子系统效能(工作可靠性、发现概率、虚警率、电子对抗能力)、武器子系统效能、目标成本/导弹成本、导弹性能(正常工作可靠度,故障率等)、置信度等综合因素。

## 4 总结

作战融合系统提供了一种机制,通过这种机制敌友双方军队可以被模型化,并且赋予了相互作用以及对形势做出反应的能力。复杂的自适应系统是作战融合系统的核心。作战融合系统中,通过允许机构的行为影响环境(通讯、传感器效能、其他机构、敌军等)和利用消耗资源来允许机构为自适应系统建立模型。在作战融合系统中,大部分描述语言都包含描述部分(武器的数量和种类、人员的数量、速度等)和命令部分。其中,命令部分除了包含原有的运动以外,还包括代理机构的行为。因而,机构(如:飞机和交通工具)能够对它们的环境做出反应。借助于效能分析,各种机构可以根据自己的分析结果做出行动。结果是原来方案修改的越好,产生的系列动作就更具鲁棒性。

(下转第47页)

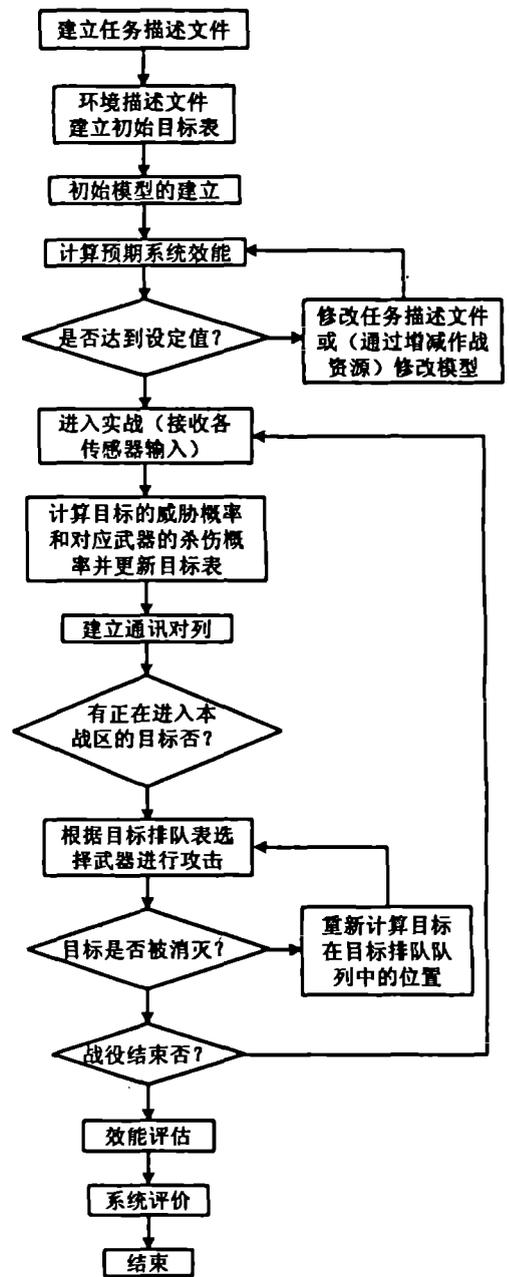


图4 作战系统效能分析流程图