

基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模研究综述

刘冰雁, 郝成民, 胡波, 谌雄

(电子工程学院 合肥 230037)

摘要: 简要论述了电子对抗作战计划建模研究现状, 着重分析比较了当前所采用的一些建模技术及其优缺点, 对计划建模发展提出了新的需求。在此基础上, 提出了基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模框架和步骤, 并对研究方向进行了展望。

关键词: 电子对抗; 计划建模; Workflow

0 引言

适应信息化条件下作战需要, 加速电子对抗行动的领域拓展、资源优化和能力跃升, 已是当务之急。面对这项不能回避的现实任务^[1], 即需要全面、准确地领会电子对抗指示^[2], 更需要高效、周密地制定作战计划, 以提高作战行动的执行效率, 从而掌控电磁主动权^[3], 夺取电子对抗的胜利。

电子对抗作战计划^[2]的生成是计划过程的重点, 主要用于在限制的范围内制订可以实现既定作战目标的方案, 能够回答什么时候由谁在哪里做什么怎么做的问题。其实质是对特有的军事资源进行分配, 关键是对计划要素进行建模。像其他建模问题一样, 电子对抗作战计划建模也能够使用诸如运筹学之类的科学方法。但与常规建模问题不同的是, 电子对抗作战计划建模是一个极其复杂、多标准的规划过程, 加之分布式环境下计划制订的需求, 导致传统的规划方法很难制订出适应于复杂电磁环境下科学的作战计划, 因此必须采用定性与定量相结合的智能化的技术实现电子对抗作战计划生成。

上述问题迫使部队寻求一种适合于电子对抗作战计划的建模技术。在民营企业被广泛运用的 Workflow 技术是为提高工作效率而产生的, 是实现行动规划和流程执行的一条有效途径。Workflow 建模就是将组织计划看作业务流程, 并用一种形式化的、计算机可处理的方式来对业务流程进行分析、建模和优化, 生成最优的组织计划。因此将 Workflow 引入到电子对抗作战计划建模中, 能提升计划制订效率、改善作战资源利用率、提高电子对抗行动的灵活性和适应性等。

1 电子对抗作战计划建模方法综述

1.1 作战计划定义

1.1.1 作战计划

作战计划^[2]包括作战行动计划和保障计划。作战计划是部队组织实施作战行动的计划。通常包括作战行动总体计划、作战行动分支计划和协同计划等。

1.1.2 电子对抗作战计划

电子对抗作战计划^[2]是为组织实施电子对抗而制定的计划。内容包括电子对抗作战目标、电子对抗力量编成、运用方法、实施要点、指挥协同、电子对抗作战保障措施等。分为电子对抗行动计划和电子对抗作战保障计划。

1.2 国外电子对抗作战计划建模研究现状

作战计划问题最早在上世纪六十年代开始研究。为了辅助生成作战计划, 各种规划和建模技术相继运用到电子对抗的研究中。此外, 一些较新的建模技术, 如基于案例、基于效果、基于知识、基于 Workflow 等, 都是在传统的智能规划技术的基础上发展而来, 被广泛应用于电子对抗作战计划建模中。

美军近年来根据信息战的特点加强了在高度战场环境、目标不确定、资源有限条件下的动态拟制计划的能力。包括利用高新信息技术提高计划的互操作能力, 提高无预案条件下、不确定条件下快速制定计划的能力等。

美军是较早研究和发​​展作战计划生成技术的军队之一, 其计划生成技术的发展可大概分为三个阶段,

如表 1 所示。

表 1 美军作战计划生成技术发展阶段

时代	构模阶段	成果	特点
20 世纪 60 年代	自动化数据处理构模 阶段	数据处理模型	规范了作战计划过程中的一些核心算法及 模型
20 世纪 80 年代	周密计划系统与紧急 计划系统成熟阶段	作战计划系统	形成紧急作战计划以周密作战计划为蓝本 的应急计划体制
20 世纪 90 年代及以后	周密作战计划与紧急 作战计划合并阶段	作战计划与执行体系	综合了平时的周密作战计划和危机时的紧 急作战计划体系

美军近年在电子对抗作战计划生成技术中使用了大量的定性和定量的行动建模技术^[5]，归纳起来，主要有：

- 时序逻辑与基于约束的计划方法；
- 基于 Workflow 的作战过程建模方法；
- 基于案例的建模方法；
- 基于遗传算法的规划方法；
- 基于 Bayesian 网络和效用理论的资源规划方法。

1.3 国内电子对抗作战计划建模研究现状

目前我国电子对抗作战计划生成在基础理论、建模技术、仿真试验与优化技术等方面取得了一定成效。其中作战计划建模研究也有较大发展，主要研究方向如表 2 所示。

表 2 电子对抗作战计划建模技术分析

作战计划 建模技术	特点	缺点	军事领域研究
基本行动 规划	基于一阶逻辑推理的建模技术	对于大规模的作战问题，容易引起组合爆炸和效率低下。	军用计划制定很少用这种建模技术。
基于知识 的建模	基于分层抽象的规划方法	1) 存在着知识获取的“瓶颈”； 2) 问题的求解过程代价高昂。	1) 基于 EAP-GA 的联合作战计划； 2) 基于层次任务网络的军事计划优化方法；基于知识的作战计划系统设计。
基于案例 的建模	以经验为基础进行类比推理的方法	1) 案例较少的情况存在推理困难； 2) 维护和管理难度高； 3) 时间、空间复杂度，数据冗余。	1) 基于案例的空中进攻作战计划生成技术； 2) 基于案例推理的军队抢险救灾行动指挥决策；
基于 Workflow 的建模	视为业务流程，形式化的、计算机可处理的方法	1) 对过程的验证和分析存在不足； 2) 在柔性表达方面略显不足。	1) 基于 Workflow 的作战过程规划； 2) 基于 Workflow 的兵力调度； 3) 基于 Workflow 的导弹任务规划系统建模与实现； 4) 基于 Workflow 的作战指挥可视化建模与验证； 5) 基于 Workflow 的舰载作战系统建模与分析； 6) 基于 Workflow 的作战计划制定协作模型；
基于仿真 的建模	在仿真评估中多次迭代的修正过程	1) 分析人员作用受限； 2) 难以满足计划分析和反复研究的要求； 3) 描述作战行动中的非结构化因素比较困难。	1) 基于 HLA 的舰艇作战仿真建模； 2) 基于仿真的编队作战指挥系统设计； 3) 基于多 Agent 的计算机生成兵力建模与仿真。
基于效果 的建模	采取合适的行动策略，达成所需效果的方法	1) 不能有效指导当前的军事行动； 2) 低估了战争的不确定性，容易夸大空天力量； 3) 不适应非正规作战的需要。	1) 基于效果的联合作战行动规划； 2) 基于效果的行动过程建模； 3) 基于效果的炮兵战斗行动组织策略； 4) 基于效果的炮兵火力打击控制。

1.4 电子对抗作战计划建模发展需求

依据电子对抗行动隐蔽无形、攻防兼备、全向渗透的特点^[6]，近年来加强了电子对抗作战计划在高度不确定战场环境下的动态响应能力，这对计划建模发展提出了新的需求：

- 1) 利用高新信息技术提高电子对抗作战计划制定的互操作能力；
- 2) 满足电子对抗作战计划分布式制订的需求；
- 3) 提高无预案条件下快速制定、执行计划的能力；
- 4) 具有高效、周密地制定电子对抗作战计划的能力；
- 5) 具有基于细致数据的定量分析的能力。

2 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模综述

2.1 Workflow 技术概述

Workflow^[7]中的 Work 表示工作或者任务，flow 的含义是流动、流程等，表达一种事物的动态属性或变化过程。Workflow 是将应用逻辑与过程逻辑分离，在不修改具体功能的情况下，通过修改过程模型完成对部分过程或全过程的集成管理，可有效地把人、信息和应用平台合理地组织在一起，发挥系统的最大效能。

2.2 电子对抗行动的 Workflow 实现

2.2.1 基于 Workflow 的电子对抗作战计划要素分析

电子对抗作战计划既是在限制的范围内制订可以实现既定作战目标的方案，回答什么时候由谁在哪里做什么怎么做的问题。针对这一问题选择最合适的建模方法是关键，这就需要找到一种能与电子对抗行动特点相适应的建模方法。使用 Workflow 作为电子对抗作战计划的建模技术首先要求 Workflow 能够反映电子对抗行动的计划要素：

- 1) "What", 电子对抗行动过程是什么，即由哪些活动、任务组成，也就是结构上的描述；
- 2) "Who", 由谁来执行，即人或者电子对抗装备，也就是组织角色的定义；
- 3) "How", 这些活动和任务怎么执行，即电子对抗行动的执行条件、规则以及所交互的信息，也就是控制流与信息流的定义；
- 4) "Effect", 行动执行得怎样，即通过 Workflow 技术对行动过程进行定义。

2.2.2 基于 Workflow 的电子对抗作战计划模型

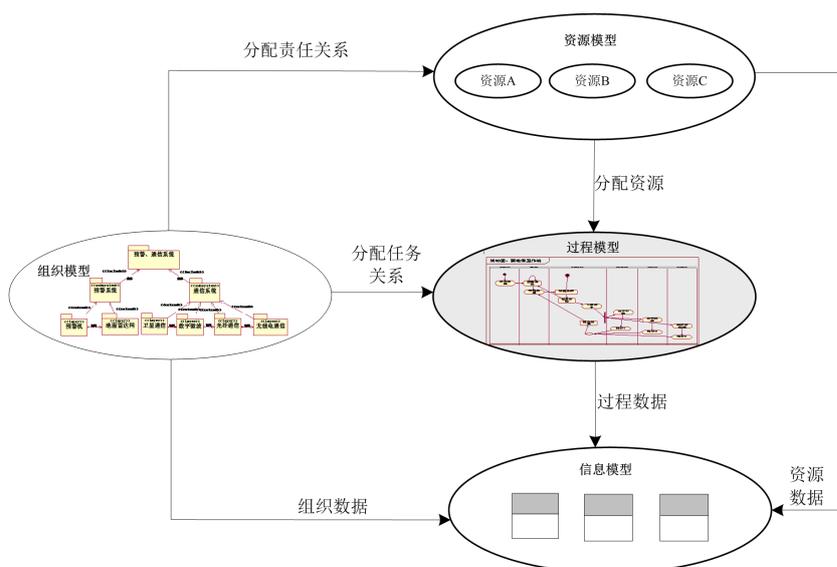


图1 Workflow 模型组成

Workflow 不但要明确表达作战行动以及行动之间的关系，而且还要对行动执行遵循的作战规则、行动

间所传递的信息、行动的执行实体及行动所需要的资源等方面进行描述，这样才能完整地表达电子对抗行动过程。因此，基于 Workflow 的电子对抗作战计划模型需要加入描述组织、资源、数据和规则的部分，这样就把 Workflow 模型扩充为以过程模型为核心^[8]、以组织模型、资源模型和数据模型为辅助的三维立体模型，如图 1 所示。其中每个模型的任务描述如表 3 所示。

表 3 模型特性及任务描述

模型名称	模型特性	任务描述
组织模型	描述组织单元和组织单元间的关系	各级组织可能存在着隶属、分类和协同等关系，他们完成电子对抗行动的一部分。
资源模型	描述组织中资源的类型以及资源实体的属性	作战资源是对作战要素的抽象，是电子对抗行动执行的必备条件。
过程模型	描述电子对抗行动过程	定义行动过程中包含的活动以及这些活动之间的逻辑关系。
信息模型	描述数据结构特征和数据关系	从信息关系角度描述行动过程中的数据结构特征和数据关系。

2.3 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模

为了有效组织和制订电子对抗作战计划，高效利用 Workflow 进行建模，必须对作战计划建模过程进行划分，由不同的人员用不同的方法对不同建模阶段中的模型进行开发。建模的层次性和建模过程的阶段化是系统工程思想在 Workflow 模型开发活动中的具体体现，其目的是使各类模型开发人员在“模型生产线”^[9]上既能合理分工又能相互协作。

2.3.1 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模框架

基于 Workflow 的作战计划建模框架^[10]根据 Workflow 建模的层次性和阶段性的特点对建模过程进行了扩展。建模框架定义了 Workflow 建模的阶段组成、各个阶段之间的联系和建模信息流、各个阶段所涉及到的建模工具以及各个阶段中各类人员之间的分工和合作关系等。

针对军事领域的特殊性，需要对 Workflow 的建模过程进行相适应的改造。为此将整个电子对抗作战计划建模框架如图 2 所示划分为 3 个阶段，即数据搜集阶段、概念建模阶段和针对具体应用的 Workflow 建模，其中概念建模阶段又分为结构化描述和形式化描述两个阶段。各相应阶段使命简要描述如表 4 所示。

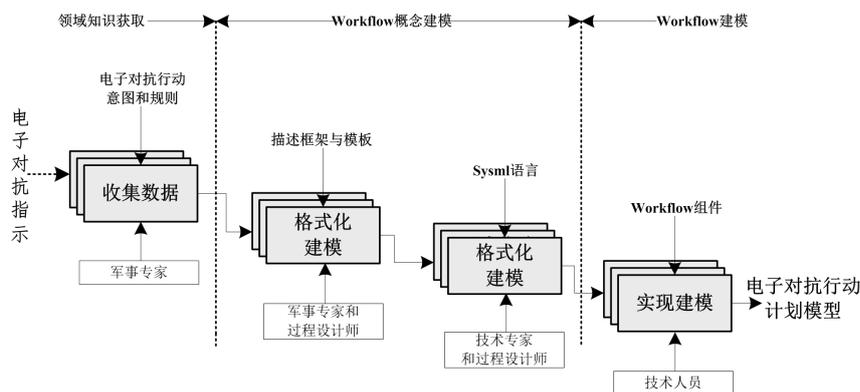


图 2 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模框架

表 4 基于 Workflow 的建模阶段使命描述

阶段名称	建模任务
数据收集	涉及到从什么地方获取知识，也就是全面、准确地领会电子对抗指示。
概念建模	由于复杂难懂的军事知识难以直接转化为 Workflow 模型，因此需要将搜集的数据信息转化为易懂的概念模型，为实现建模做好准备。
实现建模	Workflow 模型是对概念模型的变换和实现的产物。概念模型充当把 Workflow 需求翻译到详细的 Workflow 实现规范的机制。

2.3.2 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模步骤

如上所述, Workflow 模型包含多维视图且视图之间存在关联, 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模包含多个阶段且阶段之间存在递进关系, 为了能够完整地描述电子对抗作战行动, 同时保证视图之间的一致性, 基于 Workflow 建模时必须遵循一定的步骤。

一个常用的建模步骤是基于活动的 Workflow 建模步骤^[11], 其建模过程依前后顺序在一次迭代过程中包含搜集过程数据、建立电子对抗作战过程的较抽象的过程模型、建立组织模型、建立资源模型、定义活动的细节信息和建立信息模型六个步骤, 如图 3 所示。

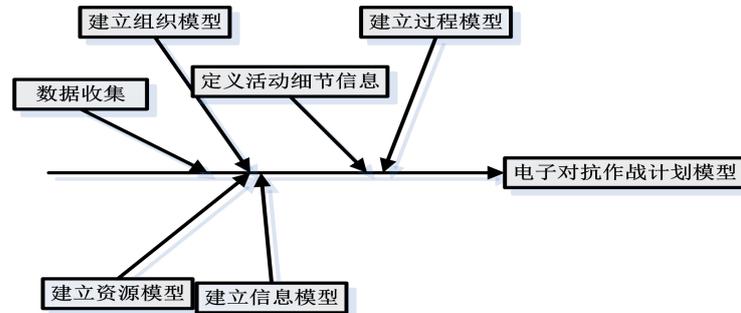


图 3 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模步骤

3 展望

从电子对抗作战计划本身来说, 当电子对抗作战理论相对成熟之后, 计划过程关注的重点就将转移到计划模型的建立上, 而模型能否反映电子对抗作战计划的本质特征和行动规律是建模成功的关键, 是必须解决的问题。另外随着信息战的发展, 电子对抗朝着网络化一体化^[12]联合作战演变, 相应的作战计划生成从集成式走向分布式, 从基于案例生成走向无预案条件下生成。这种趋势愈要求在计划建模阶段就着手解决模型的重用性、可信性、语义一致性问题。

从电子对抗作战计划建模技术进展来说, 在民营企业中被广泛应用的 Workflow 技术已经相对成熟, 美军就已超前将这一技术应用到作战过程规划中。基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模的应用可以提供共享、清晰、形式化的概念语义和约束, 从而建立高质量的作战计划模型, 从根本上保证模型的可行度, 提高模型的复用性, 提升计划制定效率, 并促进模型间的互联互通互操作。由此可见, 基于 Workflow 的电子对抗作战计划建模具有重要的研究价值和应用前景。

参考文献:

- [1]刘庆国.世界电子战发展及启示[J].信息对抗学术, 2011.2.
- [2]中国人民解放军军语(全本).军事科学出版社, 2011.12.
- [3]万晓援.深化复杂电磁环境研究把握信息化战争主动权[J].信息对抗学术, 2009.8.
- [4]宋时轮、萧克等.中国军事百科全书.军事科学院军事百科研究部, 1997.4.
- [5]武云鹏.基于效果的行动过程建模与优化方法研究[D].国防科学技术大学研究生院,2006.12.
- [6]靳庆丰.电子对抗是现代战争的一条重要战线[J].信息对抗学术, 1991.3.
- [7]Frye C. Move to workflow provokes business process scrutiny. Software Magazine ,April, 1994.
- [8]Bachelor P. Conceptual design of secure workflow systems. Doctor's Dissertation Linz University, 2005.
- [9]Workflow. M.C The workflow reference model. [WfMC 1003] [R].WFMCTC00-1003, 1994.
- [10]Workflow Management Coalition .Workflow management coalition terminology and glossary[R]. WtMC-TC-1011, 2006.
- [11]汪文元.基于工作流的兵力调度技术研究[D].国防科学技术大学研究生院,2005.10.
- [12]郝叶力.从机理到规律: 对战场网络“网电一体战”的再认识[J].信息对抗学术, 2012.2.