

面向体系虚拟采办的智能决策支持系统

冯珊¹, 郭四海^{1,2}, 周凯波¹

(1. 华中科技大学 控制科学与工程系, 武汉 430074; 2. 武汉理工大学 自动化学院, 武汉 430070)

摘要:为满足信息化战争形态对体系采办的需求,基于体系性能固有特征对虚拟采办的技术要求,在传统单系统虚拟采办技术基础上建立协同工程环境 CEE,有效支持基于模型的系统工程 MBSE. 应用层新增智能决策支持系统 IDSS 旨在提高决策者的认知决策和群体研讨决策能力以获取初始需求定义模型,运用综合集成法与建模与仿真使能工具以优化模型构造与演化过程. IDSS 既是 CEE 上的 MBSE 应用,与 SBA 应用共享可拓展资源层,又是 SBA 的支持系统,它运用构件按需组合的机制自动链接和执行工作流程而达到具体 SBA 问题求解的目标,并以紧致耦合和 Web 服务两种决策支持方式选项来适应用户需要. 配合 IDSS,在 CEE 中间件平台和资源层进行了相应的技术拓展. 已实现的 IDSS 实用原型系统的可用性、有效性和技术优势,已通过体系采办实例得到了验证. 文章最后给出了继续努力的几个方向.

关键词:体系; 虚拟采办; 智能决策支持系统; 中间件平台; 协同工程

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785(2009)04-0321-10

An intelligent decision support system for the system of system oriented simulation based acquisition

FENG Shan¹, GUO Si-hai^{1,2}, ZHOU Kai-bo¹

(1. Institute of Systems Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: To satisfy the requirements of information stylized war, a collaborative engineering environment CEE was constructed on the technical basis for traditional single system acquisition, according to the essential characteristics of system of systems required technological conditions of simulation based acquisition. The CEE is capable to support problem solving efficiently in the model based systems engineering MBSE domain. A newly added intelligent decision support system IDSS was developed for the promotion of cognitive decision making capability and the group decision making capability through discussion, acquiring a initial requirement definition model. Decision makers utilized the comprehensive integration approach and sets of enablers of modelling and simulation to optimize the processes of model construction and evolution. The IDSS is an application of MBSE supported by CEE, and also a support tool for SBA. It shares the capability components composition mechanism to linking and executing working flows to solve SBA substantial problems and offers two options of decision support services adaptively. A associating with IDSS, sets of technical expansions of the CEE middleware platform and resource level were developed. The usability, efficiency and technological advantages of the implemented IDSS practical prototype have been verified through applied SOS-SBA cases and finally serveral directions of continuing research efforts are given.

Keywords: system of systems; simulation based acquisition; intelligent decision support system; middleware platform; cooperational engineering;

世纪之交在全球发生了几场局部战争,向人类呈现出后信息时代战争形态和新的作战模式. 其过

程特征可概括为:首先,掌控天基、海基、陆基和空基信息,获取信息优势,不失时机地将之转化为决策优势,这是通向战场优势的必由之路;其次,作战装备主体不再是传统的主战武器装备系统为核心的作战平台,而是按作战需求动态组合的各具自主独立作战能力、互不隶属的多军兵种联合体—系统的系统

收稿日期:2009-07-15.

基金项目:“十一五”国家部委基金资助项目(4130400501);国家部委重点基金资助项目(40A04050707);国家自然科学基金重大资助项目(79990580).

通信作者:冯珊. E-mail:sfeng@mail.hust.edu.cn.

SOS(system of systems),译作体系;最后,负责组织管理体系 SOS 作战的指挥官通过集指挥、控制、计算机、情报、监视与侦察于一体的 C4ISR(command、communication、control、computer、intelligence、surveillance、reconnaissance)^[1],直接协调各组单元系统的行动,其作战指挥控制能力在指挥体系扁平化作用下,使 SOS 能有效运作,最快地达到联合兵力集结、交战和脱离战斗的目标,从而能在最低风险条件下以最小的资源消耗达到赢得战争的目的.受信息化战争模式驱动,世界各国竞相投资营造军事信息基础设施,开发信息对抗能力并不断提高其数字化、智能化和网络化水平以实现兵力信息化转型的目标;另外,国防采办目标和过程,迅即从由主战武器系统平台驱动的项目开发,转向网络中心支持的多装备系统,他们按作战需求组合,从而构成多系统的动态集合-SOS,相应地,称基于 SOS 的作战称体系对抗^[2].体系对抗条件下,作战能力需要快速按需组合,灵活部署,同时为提高组合效率,实现装备系列规划,有必要按能力所属的技术领域来准备待组合的作战能力系统,因此引发了基于专项能力系统按需构成联合能力系统(joint capability system,JCS)的采办新模式.按能力系统类别属性可分战场空间感知、指挥与控制、聚焦式后勤、网络中心战、军事力量管理、运用和防护等^[3].实质上,SOS 的组成应按能力类别选择组分系统并进行必要的剪裁,而 JCS 也具有 SOS 的形式特征.对采办而言,两者基于复杂自适应系统固有特征对建模与仿真技术的挑战是等同的,以下的 SBA 论述对两者都适用.

1 体系 SOS 虚拟采办

国防采办概指武器装备系统的获得过程,基于仿真的采办(simulation based acquisition,SBA)是真实世界实物采办过程基于系统建模与仿真 M&S(modeling & simulation)技术,在数字世界中的本质再现,亦称虚拟采办^[4].虚拟采办与真实采办以计算机网络为介质和载体建立的映射关系,使采办主体(采办组织和主持者、项目决策者)智能地以控制参数的形式融入采办客体产品的构成和演化全过程.通过决策和控制达到产品与过程集成优化和综合优化的目标.数字世界中成功的采办路线作为真实采办的参照系,可以支持和指导实际采办,使之在低风险条件下,以较少的资源消耗,在更短的时间周期内采办到适用的武器装备系统.自美国国防部建模与仿真委员会于 1997 年提出 SBA 到 2006 年颁布采办建模与仿真主计划,10 年的 SBA 实践已经强

有力地支持了按军事需求采办装备(产品)的目的,相应地,建模与仿真技术也有了长足的发展.我国复杂武器装备 SBA 的研究与开发卓有成效,代表性成果有 SBA 协同仿真平台 COSIM 和后续的网格化工作^[5-7];但针对面向体系 SOS 的 SBA(下文简称 SOS-SBA)的研究,尚未见系统文献和成果报告,本文属 SOS 虚拟采办的初步探索.

1.1 体系与系统对比分析

系统 SBA(以下简称 SYS-SBA)的采办客体/目标系统属军用武器装备产品.产品通常由多个功能子系统集成,但它是整体存在和整体运用的系统,如飞机、地面雷达等.而面向具体作战模式,由多个自主能力系统按需组合的体系则属不同时间提供不同能力的多组分系统的动态集合,如执行某特定作战任务的多军兵种联合能力系统.为便于论述,将文中涉及的系统结构层次自上而下分为体系、系统(组分系统、产品系统)和子系统 3 个层次,自下而上子系统构成系统,系统构成体系.鉴于军事用语的体系有其特殊的内涵,同时为区分系统处于或不处于体系中,分别称为组分系统(component systems)和产品系统(product system).组分系统是指构成体系的各个单元系统.产品系统则定义为由多个子系统依结构集成为具有确定功能的单系统整体.

为对比分析组分系统行为对体系行为的影响和子系统行为对系统行为的影响,表 1 从 3 个方面进行了比较.

表 1 体系与系统的构成和行为对比

Table 1 SOS VS SYS components and behavior comparison

体系SOS	单系统SYS
体系由组分系统松散耦合而成	子系统紧致耦合成分系统
➢组分系统行为对体系行为各有贡献	➢子系统对系统行为各有贡献
➢组分系统可独立运行	➢子系统无独立运行
➢体系边界虽有定义,然而模糊	➢系统边界定义清楚而确定
运行中体系具有不可预测的复杂行为表现	运行中系统行为可知和可理解
➢体系时有自发的涌现行为	➢系统偶有可理解的突发行为
➢具有人一系统复杂交互行为	➢系统行为通过操作接口可控
➢体系/组分系统可能产生偶发、非预期演化	➢系统/子系统的演化可期望和可规划
组分系统间的交互多样性可被要求有协同性,但无强制性	系统/子系统间的交互和关联有确定和清楚的规约,具有强制性

1.2 体系 SBA 系统工程

体系 SOS 的产生,受到新战争形态和作战模式的需求牵引,更受到信息技术为核心的高新技术迅猛发展的推动.在局部战争中率先构建和运用体系的美国国防部的创意在于实现一种务实的整体综合

优化的系统工程策略,面向新的作战概念,在已有装备能力储备的基础上,用最短的时间、花费最少的“再投入”,以最大限度地形成适应信息化新作战模式的整体作战能力。事实证明,体系 SBA 系统工程涉及对混有待采办新系统和既有产品系统的大型采办系统的整体能力进行规划、分析、组织和集成。各国的国情和军备状况不同,应有不同的具体办法。本文结合体系与组分系统的定义及表 1 给出的组分系统行为特征,将 SOS-SBA 系统工程分成 2 个部分:

1) 顶层的作战使命/任务需求分析,据以确定体系的组合方案及其组成对环境的适应性特征。其工程实质是将军事需求概念和预期的作战形态转化为体系工程总体蓝图,在 SBA 范畴归结为以结构化方式组织问题空间和用户需求,据以生成一种概念性的软件体系结构。若采用基于构件的体系结构(component based architecture, CBA),则由之确定构件类别、数量及构件间的连接关系。例如,可套用文献[7]中用户空间概念模型(conceptual models of user space, CMUS)驱动的,综合表达概念模型 CMSR 支持的使命空间概念模型(conceptual models of the mission space, CMMS)方法,但需要考虑预期的需求变化、技术演化和限制条件等因素。显然, SOS-SBA 对 M&S 的技术支撑,不仅在建模范围和运用灵活性方面都提出了更高的要求,更重要的是现有 M&S 技术已经不能解决具有预决、适应、组织及演化等复杂动力学特征的问题。本文提出的 SBA-IDSS 试图通过适应人类问题求解的思维模式,佐以普适计算、服务计算的应用以增强对采办决策者的认知支持,提高其决策能力,并且运用系统工程的软科学方法来缓解这个技术难题。IDSS 的构成、运用及其功效分析是本文主要内容。

2) 各组合方案中的组分系统实体化,即系统设计与软件实现。实体化又可划分为既有产品系统的信息化改造和新组分系统的生成。合格的体系组分系统应在传统单武器装备系统具备的功能和性能基础上,增加自治性、反应性、协同性及自适应性等特征。在 SBA 范畴,沿用文献[7]中面向单武器装备系统的软件开发过程模型(software development process model, SDPM),可以基于 CMMS 与 CMUS 进行功能/能力实例模型(implementation object models, IOMs)的开发、集成和验证。然而基于 SDPM 的实体系统开发,如用主流面向对象技术,由于相对封闭、稳定、可控的运行环境,尚不具有处理体系组分系统间的运行时(动态)行为按需协同的能力和组分系统构件间交互的多样、复杂和可变等特征。本文提出的协同工程环境(collaborative engineer-

ing environment, CEE)采用近年来快速发展和广泛应用的中间件技术,在传统的操作系统与应用系统间增加一个中间件平台,专门向组分系统构件提供运行支持和协同管理服务。在开放、动态和复杂难控的网络环境中,保证具有柔性可演化和多目标自适应的行为特征的组分系统,构件的运行能满足预期的功能和性能要求^[8]。限于篇幅,本文只作简单说明。

2 面向 SBA 的 MBSE 和 CEE

SBA 工程属高复杂度的系统工程,其研究与开发活动的核心在于构建一种 M&S 技术使能的协同工程环境/平台体系,使采办主体可以在此环境提供的适用资源和有针对性的技术工具支持下,协作完成采办客体生命周期全过程,获得用户适用的系统。武器装备单系统的虚拟采办过程,可概述为基于共享资源,采办主体在建模与仿真技术使能的协作平台上,按产品与过程一体化开发(integrated products and processes development, IPPD)模式,协调一致地面向共同开发目标。从采办前期的需求定义开始,构建产品全数字模型历经方案论证、技术开发与演示到生产与部署的阶段定型,再经使用与保障,退役与处理完成整个生命周期各阶段的连续演化过程。因为采办的投入资源、中间和最终产品、采办过程的多阶段输出的实体分别表征为不同类别的模型,即 SBA 是在模型环境中构造模型、演化模型的工程,称基于模型的系统工程(model based system engineering, MBSE)。MBSE 是国际系统工程委员会 INCOSE 和对象管理组织 OMG 提出的新概念,旨在从技术综合发展的视角,在更高的层次上将这类复杂模型系统的问题求解归结为系统工程^[9-10]。据此, SOS-SBA 和 SYS-SBA 都属 CEE 支持的 MBSE 应用。当体系组分系统角色既定,需求明确时, SOS-SBA 过程和 SYS-SBA 一样可经历产品与过程集成开发全寿命周期,如图 1 应用层左边所示。

2.1 面向体系 SBA 的 IDSS 概述

图 1 的应用层上指出采办对象系统的全寿命周期 IPPD 和 IDSS 同属 CEE 上的应用系统,但是 IDSS 有两重性。IDSS 是为 SBA 工程的决策者提供智力支持的系统,支持目的旨在通过决策者决策认知水平的提高而优化采办过程、增进效果和提高效率。与传统的为具体决策者量身打造的专用个人 DSS 不同,它在被支持的决策者组织角色、专业领域等多类属性方面未设局限,与传统的分布式决策支持系统和群决策支持系统相比,它在系统构成和运行方面也不具有各类典型的确定的模式。

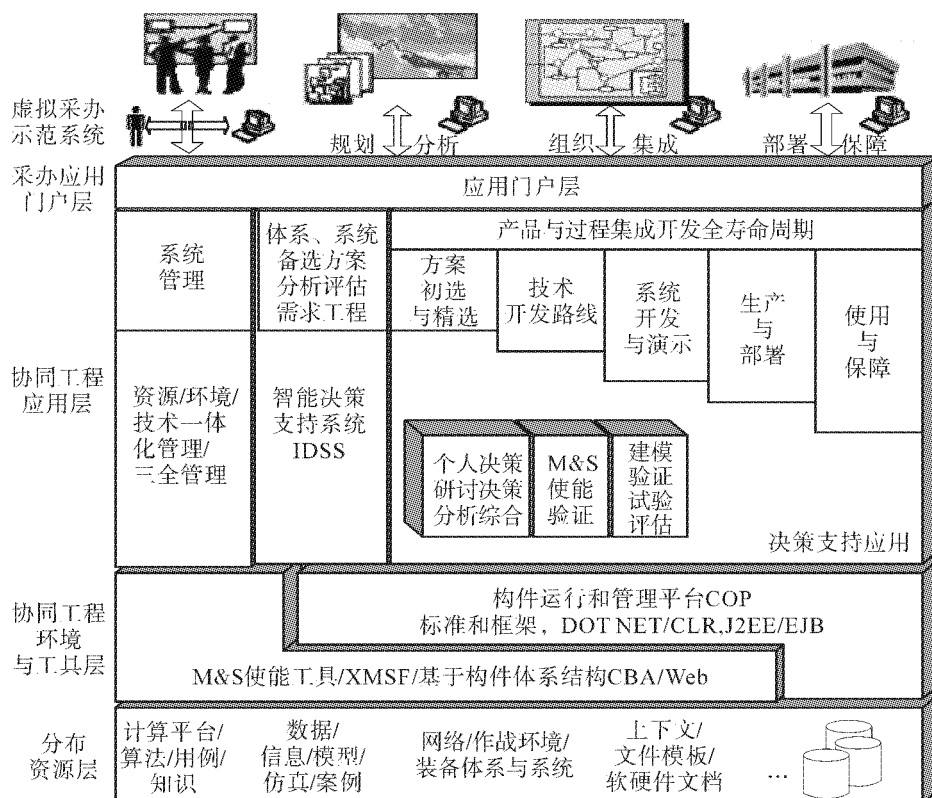


图1 协作工程环境 CEE

Fig.1 Collaborative engineering environment CEE

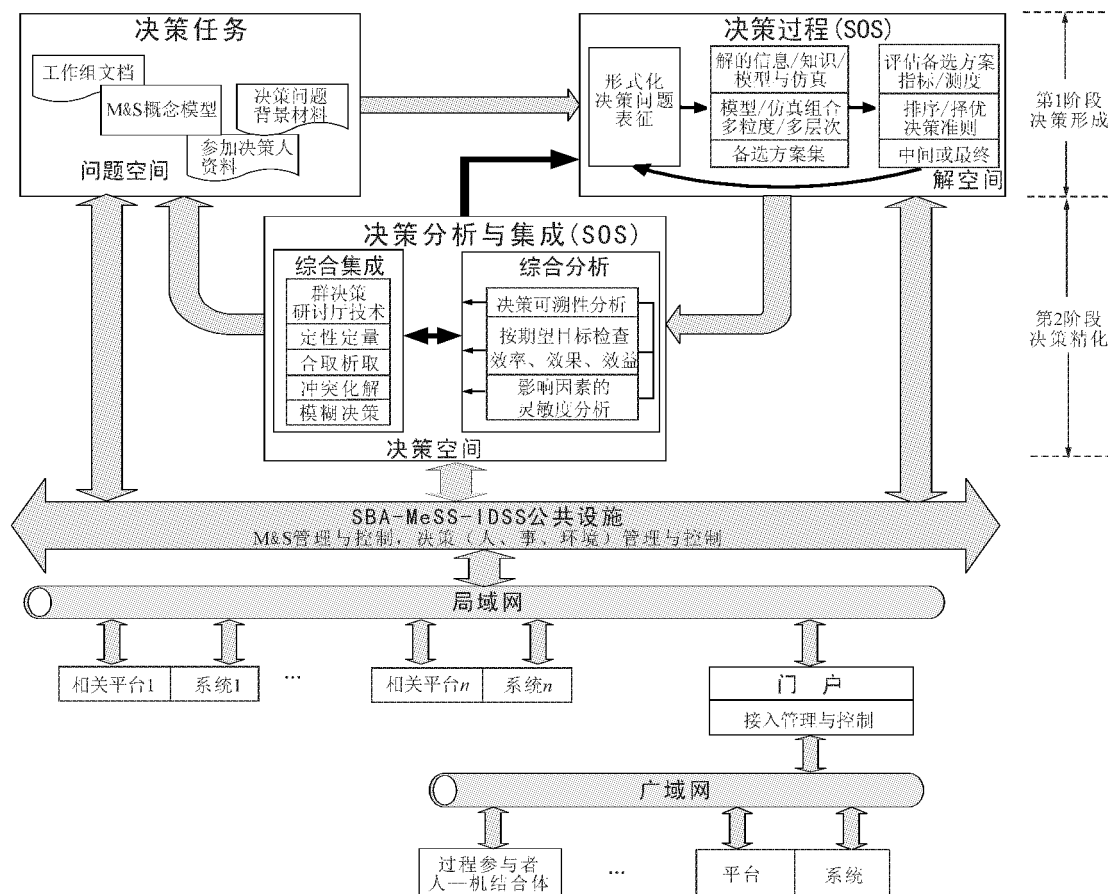


图2 SBA-IDSS 系统概念框架

Fig.2 SBA-IDSS system conceptual framework

图2所示的SBA-IDSS框架,从应用软件系统来看,它具有按决策需求进行多种选项灵活组成决策流程的性质,并且可由决策者掌控决策全过程. 它和它为之服务的SBA工程一样,可共享图1资源层的所有MBSE资源,因此有足够的决策资源和使能工具. 如其决策问题源自SBA过程,则问题的解必然要在同一背景和环境下经受可信性和适应性考验. 它与SBA全寿命过程同属CEE上的应用,对SBA而言,它是一种基于软件的嵌入式系统,其决策流程参见图3,其输入来自SBA某环节,而其输出又将作为SBA另一环节的输入. 从数据/信息/模型/仿真的取用、生成和运用上看,它具有和应用系统SBA相同的一体化和规范化基于构件的体系结构. 因此,它的问题求解流程,可由按需组合的构件集成的执行软件实现,包括SOS-SBA和SYS-SBA应用软件系统中的相关构件和决策任务信息. 对于采办目标/体系而言,作为SOS-SBA和SYS-SBA工作流程的构件,它又是全寿命周期各阶段的决策支持工具,协同完成开发任务. 图1的示范系统和图2中通过网络互连的各个结点上的“人-机”决策单元,说明SBA-IDSS对所有采办参与者提供决策服务. 用户可按需选择2种服务提供方式.

2.2 操作运行和使能工具层

在文献[7]中,作者已阐明SBA应用软件系统采用了基于构件的软件体系结构CBA和可扩展建模与仿真框架(extensible modeling and simulation framework, XMSF)作为实现技术支撑,并确定了构件结构定义及其可组合性实现方法. 本文按体系SOS的性能特征,特别是其构件实体间按需协同的行为模式要求,初步定义了通信、协调、转换和辅助交互等一组连接件,再通过实现构件模型的构件框架,在其上实现构件的组装与部署,使在实现构件按需组合的同时,有可能解决其行为的按需协同. 在实现层次上,是通过平台化的中间件技术实现的. 由中间件平台负责构件系统的运行与管理,首先将构件转换为可运行软件实体,再通过增减实体间的连接件的变化和演化,适应环境变化上下文行为,达到按需协同. 中间件平台处于系统软件与应用软件之间,见图1的操作运行/使能工具层,如采用平台COP和框架DOT NET/CLR、EJB/J2EE等.

这样,可以在M&S技术支持下,通过模型简化克服SOS实际系统的适应性与复杂系统不可建模的难题,从而在一定程度上推进SOS的研究与开发问题的解决.

2.3 资源层的拓展

在SBA工程实用原型的技术基础上,已能实现数据/信息/知识/文档等的无障碍共享和处理过程的自动化,并已达到分布、开放和交互运用的水平. 但在模型与仿真资源方面尚未构成严格意义上可互操作、可重用、可移植、可拓展和具有强交互能力的体系结构. 当采办对象系统由单系统发展为SOS时,资源层的技术改进还应包括:

1) 拓宽重用资源类别并建立相关知识库,资源包括:除已有常规资源外的实用程序、网络、计算平台、典型作战环境、技术服务、体系结构、靶场、装备案例、VV&A案例、文件模板、采办过程等.

2) 为支持多个高层部门对体系协同决策时,需要对体系模型和其组分系统模型同时表征,并对相应的功能、结构、行为进行考察对比和在适合需求的作战环境中进行试验等. 因此在资源层要扩充粗粒度的武器装备系统模型和基于单个系统组成的具体体系元模型,提供与体系有关的所有技术信息.

3) 应充实仿真试验环境,联合军兵种战斗空间环境的测试以评估和验证体系(方案)作战效能.

3 SBA-IDSS 系统概念框架

3.1 SBA-IDSS 构成

从软件系统实现的层次上看,图2所示SBA-IDSS概念框架属SBA采办问题求解流程解决方案的统一描述. 它给出如何将分属决策任务、决策过程和决策分析与集成3个子系统/功能类别的逻辑部件相连接,按需组成面向各种具体决策问题的决策流程,见图3与图4. 它集成了最佳实践和可复用的基础软件,见图2问题空间、解空间和决策空间分别列出的功能模块,在具体开发中起到指导和规范作用. 它之所以具有按需组合的功能,是因为它作为CEE上的应用软件,必须具有CBA的体系结构属性. SBA-IDSS作为软件系统,由构件实体和实体间通过连接件,按计算执行过程的需要组合而成. 而选择CBA体系结构则是出于对SBA软件系统的复杂大型软件结构的考虑. 通过结构化、一体化和规范化将开发工作的重点放在规范构件开发与系统集成上.

3.2 SBA-IDSS 外部行为

图2所示SBA-IDSS概念框架已在文献[6]中,从使命空间概念模型CMMS视角,定义了IDSS的预期行为和物理配置. 这里从应用软件系统开发的多个视图,特别是对它在SOS-SBA中的作用进一步阐明. 首先,作为决策视图,它是概念框架,从总体

上,抽象描述了 SBA-IDSS 涉及的信息、实体、活动、事件和其间的关联. SBA-IDSS 框架以网络互联的人-机系统为决策主体单元的智能决策支持系统 IDSS 为主框架,面向采办应用执行分布式决策服务. 其次,它的应用视图由可重用决策功能构件按需构成面向具体采办决策目标的复杂问题求解系统. 而它的行为视图由面向具体体系采办任务的 SBA 应用仿真系统来界定体系整体结构、各组分系统组成方式、决策问题、决策者、决策过程及决策环境. 在决策实现过程中,由 IDSS 功能支持决策者,在给定的决策环境条件下,历经人-机合作对相应过程的有效处理,最终获取决策问题的解. 对于 SOS 类非结构化决策问题,则需在个人理性决策基础上,通过多个决策者参加的定性定量综合集成法研讨过程,经过螺旋上升式认知过程,集中群体智慧寻求具体条

件下的一致优化解.

3.3 面向决策效率的紧耦合方式

在 SOS-SBA 初始方案形成中,里程碑决策者需要自动化实现从决策问题到满意解决方案的获得流程,并通过多次循环迭代的方式,实现从少参量的初始决策模型到多参量的可实用决策模型的演变. 此时可在图 2 所示 SBA-IDSS 通用决策流程基础上,根据最佳实践经验,重组流程基础构件为聚合构件以相应减少连接件,通过处理过程内部化提高软件执行效率. 图 3 给出了按照常规紧耦合方式完成体系/系统采办决策的任务描述→个人决策→群体决策的循环迭代过程. 每一次决策循环都包括 1) 任务需求背景理解;2) 决策问题形成;3) 个人理性决策与专家群体决策耦合集成的决策问题求解和优化 3 个方面的内容.

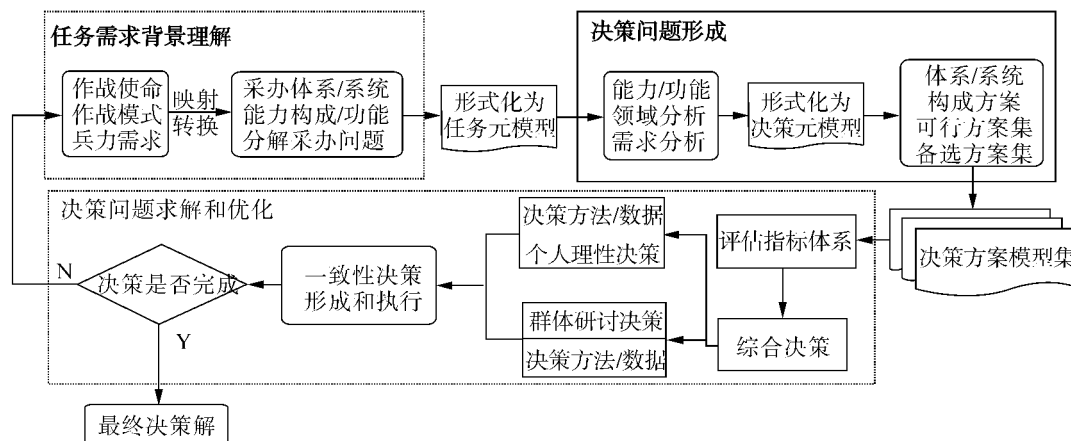


图3 常规紧耦合的体系采办决策流程

Fig.3 SOS-SBA decision processes of compact coupling

3.4 面向决策效果的 Web 服务方式

为适应 SOS-SBA、SYS-SBA 工程主持者和参与者在不同条件下都可能充当主决策者或协同决策者,一般情况下,他们急于获得问题和解决方案,而不一定或不必要亲历决策全过程. SBA-IDSS 提供决策服务提供者和请求者 2 种 Web 服务方式供使用,其技术实现如下:基于 SOS-SBA 决策过程中的集成资源数据,建立包括 XML、SOAP、WSDL、UDDI 的 Web 应用服务集成规范. 采用 XML 技术传递消息和数据流,使用语言描述工具将各种决策应用编写成基于 Web 的相互独立的功能服务模块,通过 SOAP 消息调用或请求访问相应的决策服务,并基于 WSDL 进行决策服务发布描述,利用 UDDI 对决策服务进行注册部署,从而使服务请求者可以搜索定位所需决策服务或服务提供者发布决策服务构件,通过按需服务方式来满足不同 SOS-SBA 决策需求,达到控制访问决策应用效果.

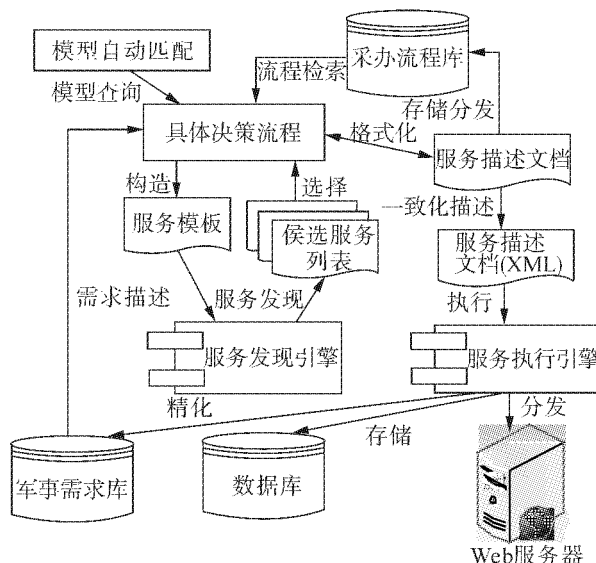


图4 面向决策效果的体系决策流程

Fig.4 SOS-SBA decision processes based decision effect

在具体实施过程中,基于 Web 服务的决策模式在服务形式上符合综合集成的管理与使用的特点;在模型应用上体现出定性定量相结合的特点,在决策优化求解过程中,满足个人理性决策与群体研讨决策对决策模型资源按需查询、调用和运行控制的功能要求,从而提高决策效果.图 4 展示了面向决策效果的体系决策工作流程图.

4 SBA-IDSS 的认知支持

相对于单系统 SBA,面向 SOS 的 SBA 更倚重决策者自身在作战概念理解基础上的 SOS 构成,和对其在战场运行时的适应性、性能和行为的预期,因此 CEE 对决策者的智力支持凸显重要. SBA-IDSS 的建立就是为此做出的努力.除了已经阐明的协同工程环境 CEE 的资源层操作运行与使能工具层中各种可获得性技术实现外,本文进行的工作还有以下各项.

4.1 人脑与电脑的智力分工

CEE 支持协同性的关键技术在于资源共享基础上的共识和各种面向目标活动的进程的优化.该优化过程具体实现了系统工程方法的特点:1)经验与科学方法结合;2)定性定量方法共用;3)战术与技术并重;4)人脑与电脑智力互补综合集成.

在图 5 所示的多重人-机系统中,通过不断强化的计算能力,使人脑的智力有机会得到更好的发挥.其中特点 1)~3)可在资源层与使能工具层的元数据、元模型构成中体现,关于人脑与电脑的智力分工的实现涉及人-机互动和软硬件配置等多方面,正在形成规约,具体通过 DSS 人-机界面中的主动过程提示和配置选项实现.基于智力分工可促进决策者的创新思维,提高系统整体智能水平^[11].

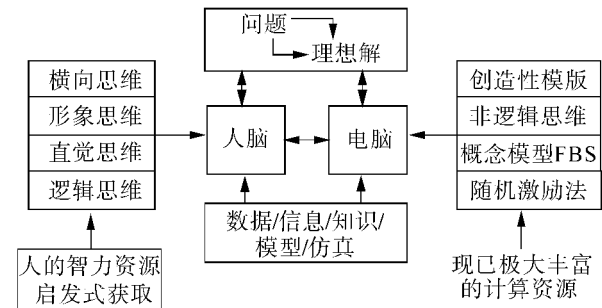


图 5 人脑与电脑智力分工和交互

Fig.5 Intellectual division of labor and interaction

4.2 认知辅助

采办里程碑决策者通常在采办项目正式立项启动前,首先基于经验和直觉给出供项目论证用的体系/系

统方案或方案集,此时为避免其认知结论的偏颇,可按 3 种常用思考模式给予辅助认知支持,见表 2.

表 2 3 种认知支持模式的概念模型

Table 2 Three cognitive concept model

DSS支持功能措施	可能的认知辅助效果
回顾式——案便库类别增加 ➢ 存储、检索和管理个人经验 和案例	➢ 支持回忆,但防止思维定势 ➢ 防止可用性偏差,防止只用眼前已知情况 ➢ 在案例基础上产生创新性思维
内省式——增加认知匹配选项 用图形表达来明示假定/信念系统 ➢ 推断 (Deduce) 影响 ➢ 通过推理建立对具体影响的推断 ➢ 管理和操作信念系统	➢ 把隐含的假设显式化 ➢ 克服认知盲点 ➢ 增进自我把握的信念
预期式——想定建立功能 多种想定产生 ➢ 帮助多想定条件下的管理和运行操作	➢ 降低过分自信 ➢ 降低思维锚定效应 ➢ 降低先入为主的可能 ➢ 变换推理框架

在表 2 中的 3 种认知支持作用下,能保留各思考模式下的积极因素并去除主观上发生的先入为主、过分自信的问题,并把深藏在决策背后的隐式认知挤出来,使决策者能客观地对待和处理.认知辅助技术迄今仍在积累经验过程中.

5 应用示例

SOS 工程常由既有系统和新增系统构成适应作战概念的联合能力系统. SOS—SBA 的第 1 步,在顶层管理(军事需求方、资源管理方与采办管理方)可资资源约束下,分析启动联合能力采办任务的必要性.在 SBA-IDSS 支持下进行定性分析和研讨,形成由采办执行官启动可行备选方案集的决议论证,达成共识.第 2 步,采办执行官(里程碑决策者)开始具体 SOS 的需求分析,根据功能性和非功能性要求,在决策工具支持下快速形成可行方案集(多至 8~10 个),并运用多领域专家研讨方式,在确定评估指标体系基础上再进行筛选,得到可供进一步研讨或权衡的初选方案集(常是 3~4 个),在对初选方案集中的各个方案作出详细评估报告后,再将进程推向方案精选阶段.以下列出的表 3 和表 4 属第 2 步工作的准备阶段中部分说明性内容.

表 3 示出空袭威胁攻方作战能力分析,该表由 SBA-IDSS 问题背景模板半自动生成并作了略去编配等简化处理.

里程碑决策者的方案一是按常驻陆基能力为主,辅以空基,寻求天基支援的设想提出.表 4 中列

出的陆基(编制属陆军)、空基(编制属空军)、天基卫星、特种雷达兵种等多项可入围构成城市防御体系的系统.决策者从14个相关项中选出在功能目标上有显著意义的9项,其中6、7、11项皆属C³I系

统,是否需要互补或替代需进一步研讨.其次,各选项按功能需与进攻方进行对比等.待组合为较定量的详细方案后,再进入下一轮评估.另外,各能力还有规模大小和力度配比属后续问题.

表3 空袭威胁攻方能力分析

Table 3 Capacity analysis of the air attack

能力系统	进攻体系	攻击目标
1	电子战、信息战部队	制空权、制电磁权、制信息权
2	C ³ I系统	实施网络中心的指挥控制和通信
3	无人侦察机、侦察攻击机、无人精确打击机	获取攻击目标资料、投放精确制导弹药
4	轰炸机、战斗机、歼击机	空袭主力
5	地-地、空-空、空-地导弹	协同空袭主力
6	巡航导弹	直取目标

表4 反空袭体系方案之一

Table 4 The example of anti-air SOS schema

能力	类别	防御体系	功能目标
1 *	陆基	陆基防空部队:高炮、地空导弹、弹炮一体系统、新概念系统	高、中、低空防御
2	陆基	压制武器系统:地-地战术导弹	可用性少
3	陆基	陆军航空兵:直升机系列	可用性少
4	陆基	轻武器系列:轻型防空武器、特种轻武器	可用性少
5 *	陆基	电子战信息战系统:光/电子对抗、网络攻防系统	保证信息权和制电磁权、电子、信息对抗
6	陆基	电子/信息装备系统:防空指挥通信侦察系统 C ³ I、航空兵指挥、通信、侦察 C ³ I	重要,但要协同
7 *	陆基	陆军情报侦察系统:地面情报、空中情报、卫星情报系统	重要,但要协同
8	陆基	战场侦察和远程预警系统:战场监视和远程预警系统	应计算感知时间和拦截时间
9 *	空基	防空武器:歼击机、战斗机、轰炸机、攻击机、预警机、高空侦察机	超前感知与控制比空中拦截和格斗重要,性能相关
10 *	空基	压制武器:空-空导弹、空降兵	对战场更有用
11 *	空基	电子信息装备:雷达警戒网、卫星通信、指挥、控制 C ³ I	重要
12 *	空基	超视距雷达	重要,可完成发现、报警、捕获、跟踪目标,全程自动化
13 *	空基	相控阵雷达	重要,对付同时发射的导弹群,可同时制导多个拦截导弹
14 *	天基	天基预警卫星、通信卫星	重要

注:列出可入围单系统(序号排列)及按能力需求递选项(用*标示)

总之,通过SBA-IDSS支持下,各领域专家进行的多轮个人理性决策和研讨决策,适时启用作战仿真环境,比较分析可行方案,旨在始终掌握制电磁权、制信息权的条件下获得远中近距×高中低空的立体拦截网,制敌于天、空、地、海,把握反空袭作战的主动权.另外,本着攻防兼备的指导思想,适时准确地打击进攻方基地,是防御体系的上策.篇幅所

限,这里不及细述.

6 结 论

为适应信息化战争概念下体系对抗作战模式的需求,在单系统虚拟采办的技术基础上解决体系虚拟采办问题.从人工智能一般问题求解的角度,求解按作战需求提供能力体系SOS的组分系统动态集

合问题. 将求解过程归结为,通过智能决策支持系统对决策者的智力辅助,在建模与仿真使能的协同工程环境 CEE 支持下,求解体系型基于模型的复杂系统工程问题. 实践初步说明这种以重构为中心的动态 SOS 的演化过程的方法和技术路线可行. 在此基础上,进而从资源层、使能工具层和应用层分别进行了技术开发、升级和拓展,使原有 SBA 平台兼备支持体系和单系统的虚拟采办工程的能力,并可扩展其应用领域. 文中已阐明的协同决策支持、提高决策认知能力的软件技术、支持构件体系结构中构件间的互操作行为协同的中间件技术平台和基于元模型/元数据/元仿真的资源共享平台以及基于过程重用和产品重用的进程链接自动化等,已经通过采办应用范例的测试,验证了这些技术在增进采办过程的有效性和提高效率两方面的可信性^[12-13].

继续努力的研究方向有:

1) 目前 SOS 的 SBA 工程是从简化的大尺度模型开始的,这类多层模型有开放且可控的结构,能接收分布式资源和计算能力,为难于建模的复杂自适应系统问题求解找到一个出路,但并非理据充分. 怎样解决具有预决、适应、组织及演化等动力学特征的 M&S 问题,仍是迫切需要解决的问题.

2) 在 MBSE 中, M&S 作为一类软件应用系统,其软件体系结构层次不仅符合基于构件的体系结构性质而且其发展方向明显趋于网构软件的开发方法,这是值得关注的研究方向.

3) 复杂系统模型有效性的验证和相关的不确定度的量化始终是个棘手问题,需要跟踪其解决方法.

参考文献:

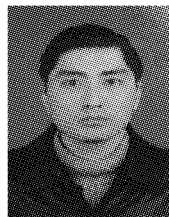
- [1] LEVIS A H, WAGENHALS L W. C4ISR architectures I: developing a process for architecture design [J]. *Systems Engineering*, 2000, 3(4): 225-247.
- [2] 周少平, 李 群, 王维平. 支持武器装备体系论证的探索性分析框架研究[J]. *系统仿真学报*, 2007, 19(9): 2066-2079.
ZHOU Shaoping, LI Qun, WANG Weiping. Exploratory analysis framework research for weapon system of systems evaluation[J]. *Journal of System Simulation*, 2007, 19(9): 2066-2079.
- [3] 白凤凯, 方家银. 世界主要军事强国军事采办管理[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2005: 55-76.
- [4] 李伯虎, 柴旭东. SBA 支撑环境技术的研究[J]. *系统仿真学报*, 2004, 16(2): 181-185.
- LI Bohu, CHAI Xudong. Supporting environment technology of simulation based acquisition[J]. *Journal of System Simulation*, 2004, 16(2): 181-185.
- [5] CHAI X D, LI B H. Research and application on service oriented infrastructure for networkitized M&S[C]//International Workshop on Distributed Simulation on the Grid. Washington DC, USA, 2006: 113-125.
- [6] 冯 珊, 郭四海. 面向虚拟采办的智能决策支持系统概念框架[J]. *智能系统学报*, 2008, 3(3): 201-210.
FENG Shan, GUO Sihai. A conceptual framework for the SBA-oriented intelligent decision support system[J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2008, 3(3): 201-210.
- [7] 冯 珊, 郭四海, 周凯波. 虚拟采办实施全系统全寿命全方位管理的技术需求[J]. *智能系统学报*, 2009, 4(1): 30-44.
FENG Shan, GUO Sihai, ZHOU Kaibo. Technological requirements for the SBA total system whole life cycle and all aspects management practice[J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2009, 4(1): 30-44.
- [8] HUANG G, LIU X Z, MEI H. Online approach to feature interaction problems in middleware based system[J]. *Science in China Series F—Information Sciences*, 2008, 51(3): 225-239.
- [9] DANIEL J P, RAMESH S. Model-driven decision support systems: concepts and research directions [J]. *Decision Support Systems*, 2007, 43(3): 1044-1061.
- [10] MEI H, ZHANG W, ZHAO H. A meta-model for modeling system features and their refinement, constraint and interaction relationships[J]. *Software System*, 2006, 5(2): 172-186.
- [11] 于景元, 周晓纪. 综合集成方法与总体设计部[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2004(1): 20-26.
YU Jingyuan, ZHOU Xiaojie. Meta-syntheses and department of integrative system design[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2004(1): 20-26.
- [12] 冯 珊, 郭四海. 武器装备虚拟采办技术风险综合评估[J]. *智能系统学报*, 2008, 3(5): 384-392.
FENG Shan, GUO Sihai. Meta-synthesis evaluation model of technical risk for weapon system SBA[J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2008, 3(5): 384-392.
- [13] 郭四海, 冯 珊, 赵 勇. 面向 SBA 的系统综合决策方法研究[J]. *系统工程与电子技术*, 2008, 30(11): 2155-2160.
GUO Sihai, FENG Shan, ZHAO Yong. The research on system meta-synthetic decision method for SBA[J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2008, 30(11): 2155-2160.

作者简介:



冯珊,女,1935年生,教授,博士生导师.主要研究方向为复杂系统建模与仿真、人工智能与计算智能的工程应用及多 Agent 系统等.多年来主持智能集成系统工程研究室工作,承担多项国家级自然科学基金及国防预研基金重

点科研项目并多次获国家及省部级科技进步奖.在国内外刊物上发表学术论文 160 余篇,其中有 66 篇被 SCI、EI、ISTP 及 INSPEC 等检索.



郭四海,男,1976 年生,博士研究生,主要研究方向为建模与仿真、人工智能技术及虚拟采办决策支持系统等.



周凯波,男,1972 年生,副教授,主要研究方向为智能化集成系统.在国内外刊物上发表学术论文 20 余篇.

第 4 届中国智能计算大会 (ICC2010) 征文通知

The Fourth Intelligent Computing Conference

为了推动智能计算理论、方法及应用的发展,活跃该领域的研究,交流总结我国智能计算研究工作者的最新成果,由中国运筹学会智能计算分会主办和安徽工程科技学院承办的第 4 届中国智能计算大会将于 2010 年 5 月 21 ~ 25 日在安徽芜湖召开.

会议主题

1. 智能计算:遗传算法、模拟退火算法、禁忌搜索算法、进化算法、启发式算法、蚁群算法、粒子群算法、混合智能算法、免疫算法、人工智能、神经网络、机器学习、生物计算、DNA 计算、量子计算、智能计算与优化、模糊逻辑、模式识别、知识发现、数据挖掘.
2. 不确定系统:随机集、模糊集、粗糙集、可信性理论、机会理论.
3. 不确定理论:不确定过程、不确定分析、不确定微分方程、不确定逻辑、不确定推理.
4. 不确定规划:随机规划、模糊规划、混合规划.
5. 应用:车辆调度问题、可靠性问题、存贮问题、排序问题、选址问题、分配问题、更新问题、图象处理、电子商务、信息安全、风险分析与控制、智能加工系统、智能调度系统、智能交通系统、智能金融工程、数理金融、应用概率统计、智能信息检索、智能控制与自动化、智能通讯工程等.

征文要求

- 1) 应征论文必须未在正式学术刊物或会议论文集上发表,论文集将在会前正式出版.
- 2) 论文要求用 Latex 或 Word 撰写,中英文均可.
- 3) 论文应包括标题、作者、作者单位、摘要、关键词、正文、参考文献、作者简介,所投寄论文格式参照附页.
- 4) 论文请通过电子邮件提交给大会秘书处,有关工作人员将会立即回复.如在一周内作者未收到回复,请发电子邮件垂询.

联系人:刘宏建,储慧琴.

通讯地址:安徽省芜湖市赭山东路 8 号安徽工程科技学院应用数理系 邮政编码:241000

联系电话:0553-2871141 电子邮件:icc2010@auts.edu.cn.

会议网站:<http://www.auts.edu.cn/icc2010>.