

面向虚拟采办的智能决策支持系统概念框架

冯 珊¹, 郭四海^{1,2}

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

摘 要:提出一种面向虚拟采办全寿命周期、全系统、全方位决策的智能决策支持系统 SBA-DSS 概念框架. 作为真实世界采办最终需求的抽象描述, 它属于与实现无关的规范性模型体系, 由它定义应用领域、用户概念和环境特征. 同时它是数字世界中拟实现的初始工程模型, 包括与实现无关的设计可行性模型、规划模型及功能顶层分解. 该框架支持系统的自组织、自适应智能行为, 预期可按需组成模型与仿真、文件、知识、通信及数据驱动的各类实用决策支持系统. 该框架通过一项 SBA 实例的验证, 得到可用性的正面评价.

关键词:虚拟采办; 模型体系; 智能决策支持系统; 概念框架; 系统的系统; 按需组合

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785 (2008) 03-0201-10

A conceptual framework for the SBA-oriented intelligent decision support system

FENG Shan¹, GUO Si-hai^{1,2}

(1. Department of Control Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: A conceptual framework of the SBA-oriented intelligent decision support system (SBA-DSS) is presented. It covers the full life cycle, the total system and every aspect of SBA decision making process. As an abstract description of final acquisition requirements in the real world, it is a prescriptive model system for instantiations of software system implementation, by which the application domain, user concepts and environmental features are defined. At the same time, it is an initial engineering model with top-level functional decomposition to be realized in a digital world, and includes an implementation-independent design feasibility model and a project planning model. The framework supports self-organization and self-adaptive intelligent system behavior. As expected, its reusable components can be integrated into various applied decision support systems driven by different factors, such as modeling and simulation, documents, knowledge, communication and data set. To verify that the framework meets real requirements, the useability of the framework was tested in a representative SBA environment and a positive evaluation was achieved.

Keywords: simulation based acquisition; model system; intelligent decision support system; conceptual framework; system of systems; integration by requirements

基于仿真的采办 (simulation-based acquisition, SBA), 属军事技术用语, 是当代知识高度密集、学科高度综合的高科技发展浪潮在军界的反映. 由基于实物的采办转向 SBA 的发展, 受到新时代迅速变革中的战争性质和作战方式对武器装备需求的牵引,

更受到基于信息技术、计算机技术和网络技术的建模与仿真技术 (modeling and simulation, M&S) 突飞猛进发展的推动^[1].

全球范围内, 从 1997 年美国防部建模与仿真执行委员会首次提出 SBA 概念, 并于 1998 年推出在国防部范围内实现 SBA 的路线图 (Roadmap), 具体从系统、运行和技术 3 方面界定 SBA 的内涵, 并给出系统实现的体系结构以来, 沿此路线图的 SBA 发展, 促使 M&S 成为最具战略意义的技术. 同时, 发展实践中的问题凸显出系统工程管理方法的重要

收稿日期: 2007-12-20

基金项目: “十一”五国防预研资助项目 (413040501); 国防预研重点基金资助项目 (40A04050707); 国家自然科学基金重大基金资助项目 (79990580).

通讯作者: 冯 珊. E-mail: sfeng@mail.hust.edu.cn

性^[2-3].在 2006 年 4 月发布的采办建模与仿真主计划 AMSMP 中,一方面,系统工程方法和决策作为贯彻 SBA 始终的关键词,在 AMSMP 中频繁出现. 5 个顶层目标中,有 3 个目标与采办决策者直接关联,特别是目标五直指工作队伍的塑造,说明在复杂武器装备 SBA 系统工程执行过程中,以人为中心的管理理念,及相应人员、组织行为与认知过程的建模与仿真,持续加强的必要性.同时,为适应战争模式变化,SBA 前进的脚步已经迅速从单个装备项目采办跨向联合能力集成与开发系统(JCDS)支持的联合能力及系统的系统(SOS)采办.标志着 SBA 的工作方式由平台驱动项目开发,转向网络中心支持的系统集成.系统新型研究与开发周期的严格和复杂性增长都呼唤 SBA 过程的自动化执行和对决策者智力支持的强化.

为此,建模与仿真领域有许多旨在突破当前困境的研究与开发成果出现,完成了多项实体仿真、虚拟仿真和构造仿真系统^[4-6],并成功开发了 SBA 协同仿真平台,进而在使 SBA 在能快速响应新的作战需求方面进行了卓有成效的网格化工作^[7-8].然而,国防战略决策更期望一种有效运用 SBA 技术,使之能最佳地利用具备快速响应的、可信的且经济有效的 M&S 能力,以支持采办任务从定义、开发、试验和生产到持续保障的优化决策全过程.特别在知识密集型作业的采办过程早期,更需发挥决策支持作用,

以信息优势与决策优势导致能在体系对抗中致胜的综合能力.本文提出的面向虚拟采办的智能决策支持系统 SBA-DSS 是迈向这一强势需求的第一步.

本文内容组织如下:首先在引言中阐明了 SBA 发展的国内外形势所呈现出的以决策优势和信息优势装备采办决策者的强势需求和本文作者对此作出的响应.其次在第 1 节全面刻划了 SBA-DSS 基于 XMSF 体系结构的自适应、自组织决策支持系统概念框架,继而第 2 节强调各类型智能组件的技术和运用,在第 3 节介绍了实施嵌入式仿真的系统公共设施后,第 4 节给出以应用验证平台的范例,最后是结论和展望.

1 面向 SBA 的 DSS 概念框架设计

本文论及的智能决策支持系统,简称 SBA-DSS 概念框架具有三重意义^[2-3,5-6]:

- 1)它是真实世界最终需求的抽象描述,属于与实现无关的规范性模型体系,由它定义应用领域、用户概念和环境特征;
- 2)它是数字世界中拟实现的初始工程模型,包括与实现无关的设计可行性模型、规划模型及系统功能顶层分解;
- 3)它在问题空间和解空间之间建立联系,满足决策可溯性和进行一致性分析的建模与仿真质量要求.见图 1.

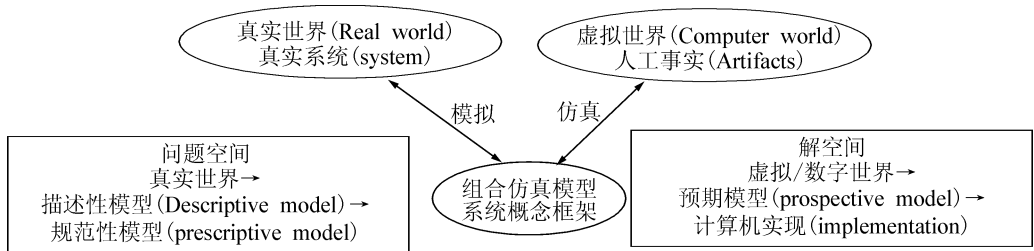


图 1 真实世界—模型—虚拟世界

Fig 1 Real world-model-virtual world

1.1 系统行为预期

虚拟采办(SBA)是现实世界国防采办在数字世界中的映射.从建模与仿真的观点,SBA就是真实采办系统的模型系统.而一项 SBA 任务的应用操作运行就是该模型系统的一次仿真执行.按模型与被模拟的真实系统间的关系定义,模型系统不完全等于真实系统.但应在建模者最关心的系统功能、行为和结构等方面,体现出最大似真性.模型系统的最大优势在于它能超越现实世界的刚性约束,能在相当程度上由用户掌控,获取复杂采办问题的解决方案.使用户可以通过与 SBA-DSS 系统的交互,不仅能直

接获取问题解答,还能在 DSS 支持下获取“为达目标应做什么”的满意答案.虚拟采办支持最优真实采办的实现,虚拟采办任务的完成常是真实采办工作的开始.从这个基本点出发,SBA-DSS 系统本身是一个基于仿真的采办支持系统和复杂问题求解系统^[9].总的问题求解流程是面向需求的全局问题分解.具体决策问题形成.个人理性决策.群体研讨决策.一致性决策形成.决策执行及效果反馈.

1.2 框架结构和运行机理

体现上述 1)~3)功能目标的 SBA-DSS 概念框架主要用来定义系统的预期行为和物理配置,并按

定义给出该框架的显式图形化描述,如图 2

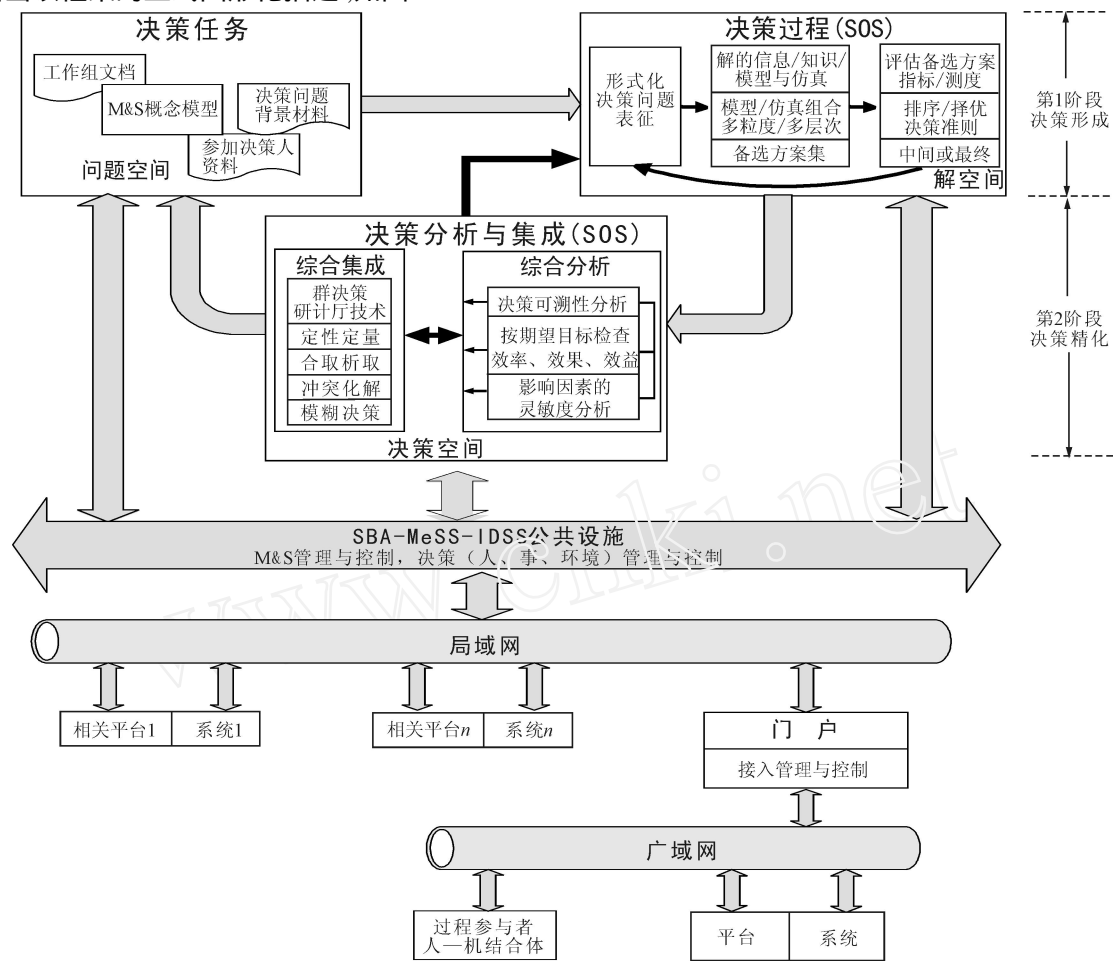


图 2 SBA-DSS系统概念框架

Fig 2 SBA-DSS system conceptual framework

它以网络互联的人—机系统为决策主体单元的智能决策支持系统 DSS为主框架,面向采办应用执行分布计算.其应用视图由可重用功能组件按需构成面向具体决策目标的复杂问题求解系统.它的行为(处理过程)视图由面向具体采办任务的 SBA 应用仿真系统来界定决策问题、决策者、决策过程及决策环境.在决策过程实现中,由 DSS 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.换言之,由决策任务子系统根据决策问题识别及形式化表征与相关规范化数据、信息和知识构造驱动器(driver),再由决策过程子系统选择基于算法类型的求解器(solver)获取相应的解答^[9-10].对于更多的非结构化决策问题,很难有 OR 式 Solver,所以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解.一致解是个人理性决策和群体研讨决策间进行了多种多次反复

迭代步骤的优化过程获得.由图 2 给出的决策过程子系统和决策分析与集成子系统按需组成的解题流程执行和完成,标志为决策形成和决策精化二阶段.

1.3 问题域/空间描述模型

1.1 节给出 SBA-DSS 问题求解任务 决策形成与精化 决策执行与反馈的问题驱动式系统求解范型.据此,需要由问题域/空间描述模型来实例化刻画采办项目全寿命、全系统、全方位的决策问题集.而这是由真实世界的具体项目采办过程决定的.因此,参照美国的 JCDS 兼顾我国采办的具体需求,用图 3 所示 3 类活动(采办前期、采办和持续保障)、5 个阶段(立项及方案初选与精选、技术开发、系统开发、生产与部署和使用与保障)和 3 个里程碑决策点表征的通用采办过程二维图表模型^[11],作为虚拟世界问题域/空间描述模型的真实世界参照依据.例如,用图 3 按照时间序列和决策者的采办任务内容,可以划定该决策者当前工作所属的采办阶段和责任、决策问题和可使用的资源,以及将获得的

决策结论和执行结果,乃至决策应如何被评估、验证和确认,它是否达到转入下一个工序的准入条件等.这就使具有强时空复杂性和多主体参与的 SBA 执行过程,及其分属各个不同领域的采办任务承担者,都可能通过决策任务管理子系统所组织的决策问题形式化完备决策前的准备,进入个人理性决策流程.

决策者在采办项目中担当的角色不同,其决策问题和问题的复杂性也大不相同,例如里程碑决策

者是采办项目全面和总体负责人,他的决策问题可举任务需求分析到初始能力方案、立项后的顶层任务分解和规划、相应的资源配置和进度协调以及工程各阶段的入口标准(标志在初始能力文件 ICD,能力开发文件 CDD 和能力生产文件 CPD 中)和相关联的校核、验证与确认(VV&A)等,而 SBA 工程的普通任务承担者的决策问题和相应的决策支持需求,则仅限于与该任务相关的范围.

里程碑决策点	A		B		C	
阶 段	阶段1	阶段2	阶段3	阶段4	阶段5	
采办工程内容	军事需求 初选ICD 方案精选 方案审查	CDD草案 技术开发	CDD 系统开发与演示验证 ➤ 设计准备 ➤ 状态审查	CPD 生产与部署 ➤ 初始低速生产 ➤ 初始作战试验 ➤ 初始作战评价 ➤ 全速生产 ➤ 决策审查	使用与保障	
	系统采办前期		系统采办		持续保障	
活动类别	系统采办前期		系统采办		持续保障	

图 3 国防采办管理框架

Fig 3 Defense acquisition management framework

1. 4 SBA-DSS体系结构

1. 1 ~ 1. 3 节已阐明基于 SBA-DSS系统概念框架,从真实世界复杂装备采办最终需求的抽象描述到所引发的问题求解全过程.本节从系统实现的观点出发,提出 SBA-DSS体系结构,并定义体系结构为系统组件的结构、相互关系以及其间关系的设计和演进.出于对采办对象的考虑,又可划分为开发体系结构和产品体系结构.开发体系结构产生产品体系结构,它能处理产品体系结构产生的结果,包括相关的组织、活动、系统、交互和标准.产品体系结构属系统的系统 SOS SOS是系统集成的结果,即本系统可构造各种定义明确、结构完整和功能独立的组件,而组件可以通过联接方式构造复杂系统.系统集成的对象可以是工具、模型、仿真和过程,它们可以集成为群组并形成递阶的层次结构,也就是说多个模型可集成为新模型,几种过程可整合为新过程.集成是系统构成的纲,集成使能技术的核心是组件可重用性与互操作性,组件联结件是接口或中间件.

上述 SBA-DSS组件体系结构适应问题复杂性和决策多样性的需求,并拥有最大限度的组件可组合性和系统可扩展性能力. SBA-DSS实际采用基于可扩展建模与仿真框架 XMSF的可重用组件框架结构,可以根据决策任务对输入/输出类型的需要,组成数据驱动、模型驱动、仿真驱动、通信驱动、知识驱动和文件驱动等各式决策过程类型的决策支持系统.无论组成哪一种类型的决策支持系统,决策形成过程都是人一机系统在网络计算能力和通信媒介支持下,决策者个人做出理性决策的过程.其过程实现

机制仍然是 H. A. Simon的决策三段论,即问题—信息—备选方案排序与择优^[12].而在多个决策结果基础上进行方案精选时,则需要对已有决策集合进行研讨,通过包括综合分析和综合集成及两者交互反复迭代的多人多目标多方案评估过程,最后获得协同一致的精选方案.决策方案的执行与执行效果的反馈由局域网和广域网上联结的各种采办执行系统平台协同进行仿真,完成一轮问题求解过程.图 2 的概念框架中用不同箭头联线表示出 3 个功能子系统内外多层次间的功能组件组成多种循环迭代过程的可能性^[13-14].

2 SBA-DSS中的智能技术

本节简要阐述面向虚拟采办的智能决策支持系统 SBA-DSS中的智能技术.从务实的观点,定义本文中的 DSS为基于知识的决策支持系统.具体指在 DSS系统结构中,具有知识处理子系统/组件,该子系统/组件具有符号推理、联想、学习和解释的能力,能支持决策者进行判断、决策和获取新的知识.这里的知识是广义的,包括推理所需的各类知识、深层和浅层、专业或非专业,其存在形式多样化,根据推理机制不同而有别.据此, SBA-DSS的决策支持功能源自知识获取和知识运用^[15-16].

复杂装备 SBA的固有复杂性蕴含着众多待求解的良结构和不良结构问题,决定了 SBA问题求解过程的复杂性.承担 SBA任务的领域专家不能单独只使用常规的强方法,依靠领域知识和反应来解决面临的新问题.因为新问题常属不良结构问题,既不

存在可资用的数学模型,更无现成的算法.即使有算法也属指数复杂性(NP完全)问题.这时只有凭借经验的、尚未形成科学体系的知识,在已知信息不精确、不完全或模糊的条件下,进行反复试探或搜索,包括向人类群体智慧的搜索,使用弱方法求解.

SBA-DSS不但需要通过解决良结构问题以提高决策效率,通过各种工具和使能器的作用充分发挥机对人的支持.更需要支持决策者运用启发式知识把人类智慧嵌入计算机处理流程,对复杂问题进行有效探索,获取满意决策.正是这种需求背景决定了 SBA-DSS配备的多种类型智能支持能力的模块/组件.以下择其要者分别阐明.

2.1 决策任务全面智能化管理

在 1.3 节已经说明由反映现实世界采办过程的问题域/空间描述模型,根据决策者需求产生具体形式化决策问题,启动决策形成流程的一整套功能是由决策任务管理子系统承担的,包括上述非结构问题求解过程^[17-18].实际上,决策任务管理子系统的功能远不止此,它至少还承担以下各种重要角色:

2.1.1 决策者智能代理

特别是执行采办项目全寿命、全系统、全方位管理决策的里程碑决策者的智能代理或智能代理小组,根据里程碑决策者的责权细则,协同完成各种类型的主动支持和服务,例如:

文件管理 包括作战需求文件、阶段性评审决策文件、顶层要求文件、工程进度标志性文件、各阶段任务上下文、各项决策备忘录等.

会议组织 议题、参与人员、议程、结论等.

工程监管 主动提示决策者和任务承担方工程进度和质量关键信息,收集报告和汇总.

上述支持和服务的技术实现的方案有 2 种:建立多 Agent 平台或将单项功能的 A 模块如表征、分类识别、推理、存储、学习等分散嵌入各个处理流程代码中^[19].

2.1.2 按 Driver-Solver 组成各类决策支持过程

区别不同决策任务提供的输入数据类型和对输出形式的需求来组合多种不同类型的决策支持过程.这种方法和技术不但符合本系统的应用目标,并可从网络环境直接长入未来的全球信息网格(GIG)环境.结合本系统的决策问题领域和决策环境,按使用频度对组合的 DSS 类型排序,应是模型及仿真驱动、文件驱动、知识驱动、通信驱动、数据驱动.因为支持过程随输入/输出类型不同而变化多端,智能技术多采用嵌入式在线自动/半自动生成.

2.1.3 资源管理

包括数据/信息/知识/模型与仿真工具与使能

器等各类资源.例如选用同类之最佳的 M&S 组件及相关使能器和工具集,在决策流程确定时配套提供.管理软件实现有可能采用技术成熟的商业化软件.

2.2 支持知识获取的综合集成法

采办管理决策问题多种多样,既有顶层里程碑式采办进程中的重大战略决策,也有确定采办具体进程状态、识别和发现问题寻求改革时机的工作层决策,还有采办计划执行单位和个人的项目层决策,分别涉及到身处不同机构,掌握不同决策权限的决策者.但是他们面临的决策棘手难题却都是由始料不及、欠缺先验知识以应变引起的,例如作战需求变化、执行中的技术调整等.主要困难首先是问题的抽提与表征,其次是问题求解方法,两样困难的根源都是没有应题的知识.钱学森先生提出的人—机结合,是以人为主,从定性到定量的综合集成方法正是引导决策者如何进行人—机互动,在 M&S 先进技术支持下,以结构化问题的逐步优化求解去逼近非结构化问题的解^[20-21].图 4 形象地表明在 M&S 技术支持下,决策者如何从一个模型的极少核心规范参数出发,经过多次建模测试/优化参数/再建模的循环迭代,找到一个合适的系统概念模型的过程.同理,可以用各种 CIAI 的计算技术、逻辑推理工具、模式识别技术及它们的集成来支持知识的获取和知识求精过程^[22].综合集成法还指出集成群体智慧的研讨方法来聚积知识,形成所谓大成智慧.实践经验表明,这些方法都符合 H. A. Simon 提出的有限合理性原则下的启发式方法.其要领是知识与搜索相结合,用搜索弥补知识的不足,在逐步优化及知识增加趋于完全的过程中,搜索量随之递减,最后过程终止在满意解上.综合集成法强调人—机结合,以人为主充分发挥人脑的思维能力,这是值得进一步努力实现的.本项目在决策形成与决策精化过程中将进行综合集成方法演练,并进行题例积累以进一步拓展其应用.

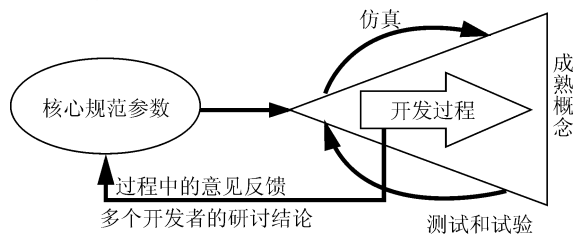


图 4 M&S 支持决策知识获取过程

Fig 4 M&S support decision knowledge acquisition process

2.3 SBA-DSS 中的人—机界面

在 SBA-DSS 系统中,每一对人—机结合体都是系统的基本决策单元,运作计算机的人类操作者

既可作为决策者享受系统提供的决策支持服务,又可以是能力开发者,向系统提供各种资源.无论充当哪种角色,人类在数字世界的活动必须通过人一机界面实现.因此,图形人一机界面(GUI)是DSS最重要的组件,它包括对话管理模块,问题处理模块和信息/知识可视化模块.准确及时而有效的对话是解决问题的第一步,其次通过问题处理模块/组件(以下简称PPC)协调决策者DMs、知识管理系统KBMS、数据管理系统DBMS及M&S管理系统,它处理DM从对话模块提出的问题,并有针对性地提供数据、信息、知识、模型与仿真资源,再用troubleshooter那样的技术保证决策过程正常进行.最后,不同方式分别按结构化、非结构化、半结构化问题规划解题路径,找到相应的求解器(Solver),乃至获得满意解.所以,问题处理模块或组件PPC亦称为DSS的驱动器(Driver).

上述整个过程可见,GUI体现出人一机智力互补、分工合作的执行中介和桥梁的重要角色.高明的GUI还可嵌入按解题需要主动采集信息、处理资料、主动提示和解释因果关系等功能.如在网络环境中,它可按资源传输媒介和计算能力的源头组织,分别处理各种流程.另外,智能界面具备学习和运用知识的能力,有助于在决策过程中增强决策者对问题的认识.至于设计GUI,过去强调技术视图、数据和模型,而现在组织和个人视图的加入表明人的因素受到关注.图5给出SBA-DSS的GUI设计中用户的智力模型.

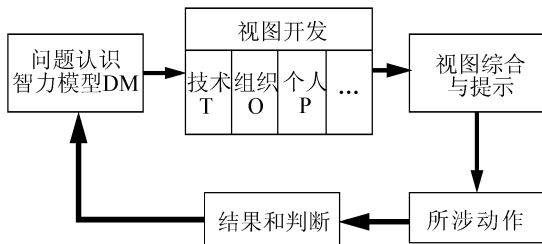


图 5 GUI设计中人的智力模型

Fig 5 Mental model for GUI design

2.4 人脑—电脑智力分工

通过人一机智力分工提升决策者认知水平的决策支持系统技术/结构体系具有支持创新思维的功能,与创新策略有关.针对具体目标的认知心理学上DEAL模型将问题求解过程分为问题确定(identify)、问题定义和表征(define and represent)、策略形成(explore possible solution strategies)、策略行动(act on the strategies)和回顾与评定(look back & evalu-

ate)5步,与H. A. Simon关于管理决策形成的解释:决策过程可分为相关信息收集、备选方案产生、决策方案选择与决策方案执行及效果反馈,有异曲同工之妙,都强调超越人脑认知水平的能力来自电脑的计算能力.结合决策支持现有水平,在概念框架中,决策者都是以人一机交互系统出现的,且具有图6示意的智力分工.

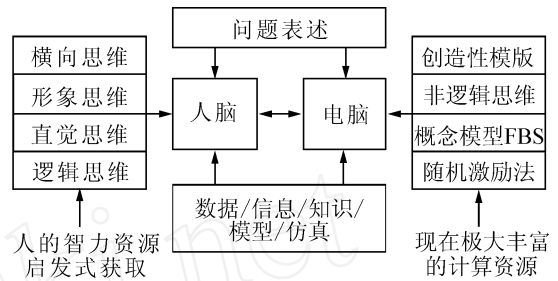


图 6 创新思维形成过程中人脑与电脑智力分工和交互

Fig 6 Mental load and interaction in innovation formulation

2.5 不确定性处理

本文只论及与人类认知活动有关的一类不确定性.根据不确定性原因和处理类型可选择相应的适用方法.不确定性的原因有以下4类:1)信息缺乏(知识) lack of information(knowledge); 2)信息过多(复杂性) abundance of inf (complexity); 3)证据矛盾(怀疑) conflicting evidence (doubt); 4)信念 belief 信息处理类型有3类:1)算法型 Algorithmic; 2)基于知识型 Knowledge Based; 3)启发型 Heuristic.而处理模型有很多,如 概率型; 证据理论型; 可能性理论型; 模糊集理论型; 定性型; 灰色集理论型; 粗糙集理论型; 区间算法型; 凸建模型.其中、估计较有用.

当专家群决策中出现意见相左,矛盾很大时,可以用证据理论方法处理如何集成的问题.在SBA决策过程中,需要对专家群体对某些证据或结论进行综合,特别要对相互矛盾或冲突的决策依据/结论进行合取时,就要用到证据理论的方法.该方法目前是一种务实的就事论事的启发式方法.组合证据的过程也就是处理冲突的过程,根据组合规则处理冲突的原理,可以将其分为:1)完全丢弃冲突信息(Discard); 2)从冲突信息中发现新事物(Discover); 3)分析和消解冲突信息(Disassemble)三大类^[23].最后由人脑作出随机应变的取舍决策.在系统公共设施中,将专设不确定性处理方法工具集以备用.

3 SBA-DSS基础设施

3.1 信息基础设施

由于 SBA-DSS的理性决策和决策精化群决策对输入数据和最终决策提供方式的需求,基础设施的支撑作用应有利于信息优势和决策优势的营造. 因为基于 XMSF的体系结构可保证可重用功能模块构建更复杂的服务并以此支持决策优势^[24-25];信息优势则需通过以下的措施获得.

1) DSS的信息系统应由信息能力、相关过程和人员组成端到端的全局网络体系构成,它能按照需求方、承办方、决策人员、辅助人员的需求收集、处理、存储、分发、管理信息. 包含通信、计算系统与服务软件、数据等.

2) 在群决策单元的人—机系统间进行相关信息转发、接收、发送及交换,向接收方或发送方的各决策单元提供关于信息保存、组织、可视化、确认、存储的数据、信息和知识. 鉴于决策者们常是合作团队,由于共同工作目标和利益关系,需要有共同的信息交换语言.

3) 面向信息优势的数据管理策略:有 7 个目

标, 数据可视; 易于访问; 管理制度化; 易于理解; 可信; 支持数据互操作能力; 迅速反映用户需求. 实现上述目标的关键是建立元数据,元数据是使数据可视、便于访问和易于理解的关键. 元数据阐明数据信息可用性、如何访问和理解,并按创建元数据的规范进行发布.

4) 有配置管理的、权威的关于采办装备或能力产品开发活动所需的所有信息,而且具有动态性和开放性,及时更新的要求很强,不断有新的数据共享与互操作需求出现,如作战需求参数、面向需求的基于 M&S设计和评估的信息.

3.2 必备的 SBA 基础设施

SBA-DSS的决策问题域、决策者和决策过程及环境都源于 SBA 执行系统,所以应实施以 SBA 嵌入 DSS的决策过程仿真或 DSS嵌入 SBA的采办过程仿真来解决采办决策问题,使采办决策者获取有效解决方案. 为此,设想 SBA-DSS的基础设施应包括系统最终用户已具备的 SBA 协同开发平台基本能力系统,再根据决策问题求解的需要给予扩充. 基于这种设想条件下的 SBA-DSS基础设施如图 7 所示.

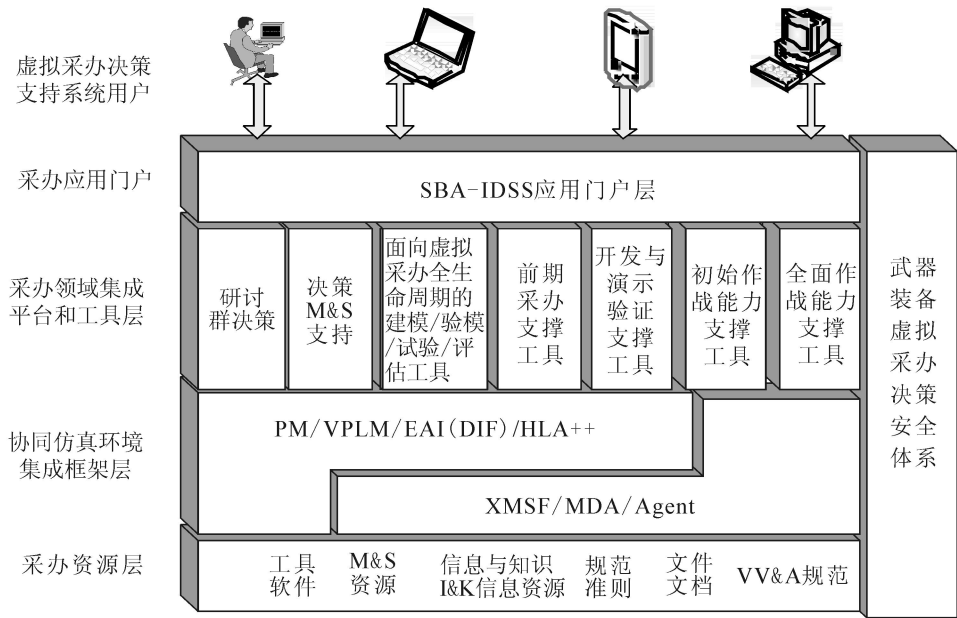


图 7 SBA-DSS基础设施

Fig 7 SBA-DSS infrastructure

4 模拟示范(导弹新型方案初选与精选)

按示范要求,进行从导弹新型需求确定、方案初选到方案精选过程,通过验收,完成一次文件驱动式

决策支持. 采用组件的可组合性构成处理过程的具体实现. 里程碑决策者在系统支持下已完成: 军用需求转变成技术状态的描述; 根据已有技术库中的技术转换成采办项目特定工作,并进行费效分析,确定评估方案准则,以备方案择优.

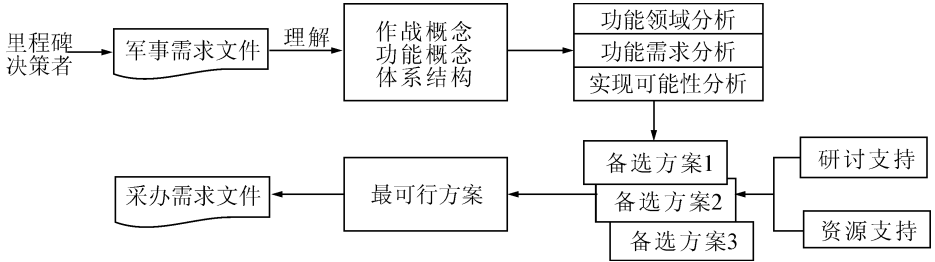


图 8 里程碑决策者工作流程

Fig 8 Milestone DM working process

图 8所示工作流程由导弹新型需求军事描述文件驱动,里程碑决策者在 SBA-DSS辅助下对该文件进行理解与分析,从而确定备选方案描述文件中必需的基本概念(如作战概念)和技术指标(功能需求).其次经过多侧面分析,在初步确定备选方案集合的基础上通过决策研讨在参与该导弹新型方案决策过程的所有决策者中达成共识,并最终由里程碑决策者确定最可行方案.以下列出 XML文件描述的此文件驱动,嵌入多决策者研讨决策的个人理性决策流程及相应的基于最可行方案的采购需求文件.

```
<? xml version = "1.0" encoding = "UTF-8" ? >
<OptionalSchema >
<AndNodeList Name = "Base Information" Memo = "基本信息描述" >
<StructInfo Memo = "基本信息" >
<Id Value = "1" Memo = "备选方案编号" / >
<MetaModeMemo Value = "" Memo = "备选方案解释" / >
</StructInfo >
<CoSBATask Memo = "对应军事需求任务信息" > </CoSBATask >
</AndNodeList >
<AndNodeList Name = "GlobalDSS Info" Memo = "全局决策内容描述" >
<DSSCMMS Memo = "决策资源库信息" >
<SaveMode Value = "Web服务器目录" Memo = "保存方式" / >
<SavePath Value = "/Schema/" Memo = "保存路径" / >
</AndNodeList >
</OptionalSchema >
```

```
</DSSCMMS >
<BattleConceptMemo = "作战概念信息" / >
<SystemStructMemo = "体系结构信息" / >
<PossibilityMemo = "实现可能性信息" / >
<FunctionScopeMemo = "功能领域信息" / >
<FunctionConceptMemo = "功能概念信息" / >
<GetSchemaSetMemo = "备选方案集产生过程信息" / >
<GetFeasibleSchemaMemo = "可行方案产生过程信息" / >
<AndNodeList Name = "SchemaSet" Memo = "备选方案集" >
<Schema id = "1" Memo = "备选方案 1" / >
<Schema id = "2" Memo = "备选方案 2" / >
<Schema id = "n" Memo = "备选方案 n" / >
</AndNodeList >
<AndNodeList Name = "FeasibleSchemaSet" Memo = "最可行方案" >
<Schema id = "1" Memo = "可行方案 1" / >
</AndNodeList >
<SBACD Memo = "采购需求文件信息" >
<SaveMode Value = "文件类型" Memo = "保存方式" / >
<SavePath Value = "/CD/" Memo = "保存在文件库中路径" / >
</DSSCMMS >
</AndNodeList >
</OptionalSchema >
```

相关承办决策者和研讨决策者的工作流程如图 9、10所示,由文件驱动产生的相应 XML描述文件具有类似模式,限于篇幅,本文不再作详细表述.

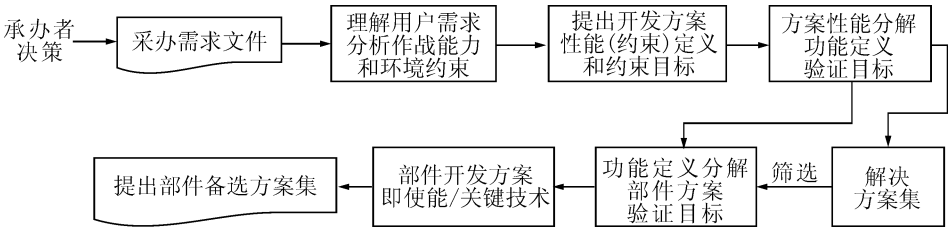


图 9 承办决策者工作流程

Fig 9 Working process of project task DM

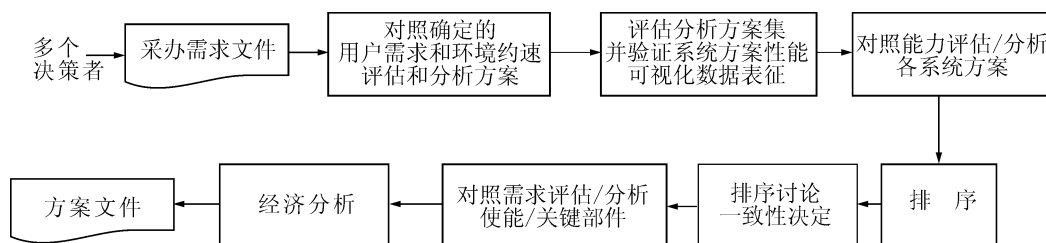


图 10 研讨决策者工作流程

Fig 10 Working process of discussion DMs

5 结束语

上述示例证明 SBA-DSS概念框架满足顶层功能分解和设计可行性要求,体系结构先进,具有动态可扩展性和多种面向性特征,适应 SBA 多类型决策问题、多类型决策者、多类型决策过程和多类型决策支持等复杂需求,所提出的各类型智能技术旨在强化人一机智力相互支持、优势互补,可预期该 SBA-DSS实用原型可演化成为一种知识创新过程的、智力综合集成的决策支持系统,实践证明从定性到定量的系统集成方法的运用,可提高系统整体智能水平,这一点意味着,每一次 SBA-DSS的具体应用由于知识创新和积累都为系统的成长作出了贡献。

在现有技术基础上要进行的研究重点有:

1)模型、组件、仿真的组合能力,特别是模型要素提取和系列派生模型的研发工作,因为它是采办决策者在仿真中实现快速、灵活、准确性的最重要的能力。

2)在强化计算机对人的理解方面有目标系统建模、多种效果状态表达、人的行为描述和人员/组织行为及认知过程的表征,同时在计算技术方面,要紧密关注 XMSF体系结构中 XMSF Profile的应用、二进制 XML问题及可执行体系结构研究。

参考文献:

- [1] MARK D S Acquisition modeling and simulation master plan [EB/OL]. [2007-10-11]. <http://www.acq.osd.mil>
- [2] National Aeronautics and Space Administration NASA simulation based acquisition (SBA) glossary [R]. NASA ESMD-RQ-0026, 2005.
- [3] National Aeronautics and Space Administration NASA simulation based acquisition (SBA) implementation strategy [R]. NASA ESMD-RQ-0024, 2005.
- [4] 冯珊,郭四海,周凯波,等.虚拟样机概念设计工具中的智能技术[J].华中科技大学学报,2007,35(8):48-51.

technology used in the tools for the conceptual design of virtual prototypes and its evolution [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology, 2007, 35(8): 48-51.

- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 侯宝存,柴旭东,李伯虎,等.面向多学科虚拟样机协同仿真的仿真网格技术研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(12): 2004-2010.
- [8] 冯珊,郭四海,梅纲,等.面向 SBA 的智能体网络体系结构 [J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(9): 1291-1296.
- [9] SHM J P, WARKENTN M. Past, present, and future of decision support technology [J]. Decision Support Systems, 2002, 33(2): 111-126.
- [10] HEMANT K, DANIEL J. Progress in web-based decision support technologies decision support systems [J]. Decision Support Systems, 2007, 43(4): 1083-1095.
- [11] 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.
- [12] DAVIS P K, BIGELOW J H. Motivated meta-models synthesis of cause effect reasoning and statistical meta-modeling [R]. RAND MR1570, 2003.

- [13] SMON H A. The sciences of the artificial [M]. Cambridge MIT Press, 1981: 134-145.
- [14] KATHER NE L M, TOLKA, PULLEN J M, et al. XMSF as an enabler for NATO M&S [C]. Proceedings of 2003 NATO Annual Modeling and Simulation Conference Narayanan, Japan, 2003: 115 - 129.
- [15] SMON H A. Models of man: social and rational [M]. New York: John Wiley, 1957: 45-64.
- [16] SMON H A, NEWEL L. A heuristic problem solving: the next advance in operations research [J]. Operations Research, 1958 (6): 1-10.
- [17] Office of the assistant secretary of defense for networks and information integration. Global Information Grid [R]. Net-Centric Operations and Warfare Reference Manual version 1.1, 2004.
- [18] GENE B W. The synthetic environment data representation and interchange standard [EB/OL]. [2002-10-15]. <http://www.sedris.org>
- [19] 冯 珊, 周剑岚. 网格、计算网格和智能体网格 [J]. 武汉理工大学学报, 2004, 26(3): 1-5.
FENG Shan, ZHOU Jianlan. Grid, computational grid and agent grid [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2004, 26(3): 1 - 5.
- [20] 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 Xiaoji. Meta-syntheses and department of integrative system design [J]. Complex Systems and Complexity Science, 2004 (1): 20-26
- [21] 胡晓峰, 司光亚. SDS2000: 一个定性定量结合的战略决策综合集成研讨与模拟环境 [J]. 系统仿真学报, 2000, 12(6): 595-599.
HU Xiaofeng, SI Guangya. SDS2000: an environment for workshop and simulation of metasynthetic engineering for strategic analysis and decision-making training [J]. Journal of System Simulation, 2000, 12(6): 595-599.
- [22] MUSTAJOKI J, RAMO P. Interactive computer support in decision conferencing: two cases on off-site nuclear emergency management [J]. Decision Support Systems, 2007, 42(4): 2247 -2260.
- [23] FENG Shan, GUO Sihai, LI Xiaodong. The fuzzy technological framework for a web-based decision support system [C]. Proceedings of the 11th World Multi-Conference on Systems, Cybernetics and Informatics [S L]. 2007: 7-11.
- [24] LI Bohu, CHAI Xudong, HOU Baocun, et al. A new infrastructure for networkitized M&S [C]. Proceedings of 2005 International Conference on Scientific Computing Hong Kong, China, 2005: 1023-1038.
- [25] CHAI Xudong, LI Bohu. Research and application on service oriented infrastructure for networkitized M&S [C]. Proceedings of 2006 International Workshop on Distributed Simulation on the Grid Washington, DC, USA, 2006: 113-125.

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。国内外刊物发表学术论文 160 余篇,其中有 66 篇被 SCI, EI, ISTP 及 N-SPEC 等全文收录。



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。