

文章编号: 1672-3813(2004)02-0032-11

综合集成系统建模

顾基发, 唐锡晋

(中国科学院数学与系统科学研究院系统科学研究所, 北京 100080)



摘要:主要研究以综合集成方法进行复杂系统建模。首先简要介绍综合集成方法研究中一些调查成果和研究思考, 此后以宏观经济问题为主介绍了综合集成系统建模的 6 种策略, 并以同步—异步—同步的专家研讨分析流程简练地体现从定性到定量综合集成的过程。以此设计的试验在国际应用系统分析研究所进行了展示。

关键词:综合集成; 系统建模; 决策支持系统; 研讨; 共识

中图分类号: N945

文献标识码: A

Meta-Synthetic System Modeling

GU Ji-fa, TANG Xi-jin

(Institute of Systems Science, Academy of Mathematics and System Sciences,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: In this paper, meta-synthesis approach to complex system modeling is addressed. At first, investigations and thinking in study of meta-synthesis approach are introduced. Then six modeling strategies toward macroeconomic problem are addressed. An argumentation and analysis process with a synchronous-asynchronous-synchronous flow is applied to briefly exhibit the meta-synthetic modeling process from qualitative hypothesis to quantitative validation. A test based on such a rationale is taken at the International Institute for Applied Systems Analysis for active comments.

Key words: meta-synthesis; system modeling; decision support systems; argumentation; consensus

1 引言

20 世纪 70 年代以来, 人们应用系统工程方法在处理社会、经济和环境等复杂系统问题时发现: 因系统中的不确定性、多维化、多目标和多重机构的介入, 系统建模过程中涉及的社会经济、环境和政治等难以量化描述因素的新问题大量出现。这促使人们对系统本身及系统方法进行反思, 探索克服困难的有效方法。在系统思考和实践的反思中人们逐渐认识到过去偏向定量模型的系统方法论在处理这些复杂问题上的局限性, 很好地考虑人的因素的系统思想得到了重视。系统科学的思想、理论和系统工程的方法得到了深入的研究。西方学者提出了软运筹学与软系统工程的概念, 并有了一批系统反思后的方法^[1,2]。平行于西方系统反思的浪潮, 东方学者结合西方系统方法与东方系统思想, 提出了一些方法, 其中有代表性的是日本系统学家榎本义一(Y. Sawaragi)提出的 Shinayakana 系统方法和我国著名系统科学家钱学森与其合作者提出的解决开放复杂巨系统问题的“从定性到定量综合集成方法论”。1992 年钱学森又提出“综合集成研讨厅(Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering—HWMSE)”的概念, 强调充分利用信息技术的进步和革

收稿日期: 2004-03-29

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(79990580); 创新群体基金(70221001)

作者简介: 顾基发(1935-), 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事系统论方法、系统工程理论与实践等研究。

命,强调人机结合,以人为本^[3,4]。系统集成方法、研讨厅体系以及之后的“大成智慧工程”自提出之后,有关学者进行了研究,并尝试了研讨厅的实现,今年结题的国家自然科学基金(NSFC)重大项目“支持宏观经济决策的人机结合的综合集成体系研究”则是将国内优势力量集中起来,对综合集成研讨厅进行深入地研究。这次的探索依托了自 20 世纪 90 年代以来互联网技术的进步,期望能够克服以往研究中因技术条件限制而导致的设计局限,真实展现利用研讨厅分析处理宏观经济问题,为决策者提供支持和帮助^[5]。我们在该重大项目的第 3 子课题的研究中对复杂问题求解过程中所关注的“集成”与“综合”等有关专题进行了全面的调查和跟踪,发现近 10 年来,尽管所采用名称各有不同,但实质上都在走向综合集成,尤其在环境与可持续发展、经济、社会、医疗等领域复杂问题的研究。究其原因,各种领域处理复杂问题,因对问题认识的多种视角,需要综合各种分析方法、分析技术及实现、分析结果,综合不同的人(或群体)的判断与知识等。本文首先在简要描述综合集成方法后,将其与国外的有关方法进行了对比分析。随后着重阐述宏观经济系统综合集成建模的 6 种策略,综合集成方法的应用工作过程,并简要介绍为此进行的一系列的试验,特别是 2003 年 9 月在国际应用系统分析研究所“综合集成”专题讨论会上的试验情况;最后指出目前所关注的今后研究方向。

2 综合集成方法及国际上综合集成的相关研究

钱学森、于景元和戴汝为提出从定性到定量综合集成方法论已有十几年,其实质是“把专家体系、数据和信息体系以及计算机体系有机结合起来,构成一个高度智能化的人-机结合,人-网结合的系统。……把人的思维、思维的成果,人的经验、知识、智慧以及各种情报、资料和信息统统集成起来,从多方面的定性认识上升到定量认识”^[3]。这个方法最早被航天部 710 所用于物价补贴、定价和工资的有关课题中,以后国内又用于军事、武器评价,宏观经济和可持续发展以及文字识别等问题或者领域。文[3-7]对该方法论及其相关研究有详细论述。

在 NSFC 重大项目进行中,主要从综合、集成、复杂问题求解等角度出发考察国际相关研究,文[8-10]介绍了一些主要的调查结果。在“综合”研究方面,近 6 年来美国、欧洲和日本等都有类似的经费多或参与机构较多的研究项目,其中有代表性的包括美国国立卫生研究院(NIH)下属机构资助的“定性综合集成的解析方法”(2000~2005),欧盟的面向应急/危机管理的 ENSEMBLE 项目(2000~)和日本学术振兴会(JSPS)着眼于长远发展的“未来开拓学术研究”促进计划项目“综合的科学”(1997~2002)。而其他如人工智能等学科领域涉及到综合或者集成的问题,都相继采用了系统科学或者系统工程方法。以上进步都说明了面向复杂问题,系统科学方法的不可或缺及应用的必然趋势。特别是在复杂问题求解过程中在综合各种有效的方法或者理解认识问题综合不同视角时,要有不同领域的知识,而面向新问题时更需要各种智慧,即所谓“集知识和智慧之大成”,而“集大成”需要以恰当的系统方法论为指导。为此钱学森提出创建系统学,并搭建了现代科学技术体系和知识体系。2001 年 European Journal of Operational Research (EJOR) 出版了一期专辑,讨论复杂社会问题的方法论^[11]。面向复杂问题,日本学者也提出了基于东方哲学的 Shinayakana 系统方法论。下面对由 Shinayakana 方法发展而来的 i-System 与综合集成研讨厅进行简要的对比。

2.1 综合集成研讨厅与 i-System

20 世纪 80 年代末榎木义一考虑在复杂系统建模时虽有定量模型,但要注意专家知识和专家判断的应用,并提出 Shinayakana 系统方法^[12,13]。10 多年后榎木的学生中森义辉(Y. Nakamori)由数学建模转向知识科学研究后,更强调与知识的融合以及与人的结合,加强了定性调查研究和处理分析、模型与知识的集成,突出知识的创造,提出了 i-System 方法论(Intervention—“行”,Integration—“统”,Imagination—“想”,Intelligence—“理”,Involvement—“缘”),并以环境问题为背景进行了研究^[14](图 1)。2003 年,中森在此该研究基础上结合所在的研究机构日本北陆先端科学技术大学院知识科学院和其他学院获得日本文部省 21 世纪 COE 计划项目“基于知识科学的技术创新”,开始了层次更高、规模更大的研究探索^[15]。

综合集成方法论与 Shinayakana 方法论同为东方系统科学家所提出,旨在为解决复杂系统问题提供有效的方法。综合集成研讨厅(HWMSE)是研究开放复杂巨系统问题的环境,是从定性到定量综合集成方法论的实践场所,也是知识创造和智慧涌现的地方,由专家体系、机器体系和知识体系等3个子系统构成。“通过将科学理论、经验知识和判断力(知识、智慧和创造性)相结合,形成和提出经验性假设(如判断、猜想、方案、思路等),再利用现代计算机技术,实现人机结合以人为主,通过人机交互、反复对比、逐次逼近,实现从定性到定量的认识,从而对经验性假设作出明确的科学的结论”^[3]。除了与 Shinayakana 系统

方法一样重视专家在建模过程中的作用外,i-System 主要致力于科学知识的创造,它提供了一个一般性架构,包括5个功能单元,如假设产生(“想”),社会实践(“缘”),Knowing(“行”)和证实知识(“理”),通过这些单元系统的相互作用获得系统化的知识(“统”)。该架构具有层次性,从每个子系统展开可形成下一级的 i-System。从其功能单元的分工来看,它具备了 HWMSE 的3个子系统的基本功能;两者都强调人的主要作用,可谓殊途同归。尽管目前有一些实例说明 HWMSE 或者 i-System 的实践机制,但仍缺乏更全面完整的实践,理论框架与实际问题有一定距离,这正是需大力研究之处。文[16]结合了两个框架体系,提出了综合集成知识系统。

这里仅对两个东方的系统方法论进行了简要的比较。事实上,针对不同的问题有一批系统方法论或软运筹方法,英国学者提出了全面系统干预(Total System Intervention),即对不同的问题,或者在处理问题、系统分析与实践的不同阶段、不同方面运用不同的方法,追求更有效的方案、策略或者思路^[17]。这本质上是方法的综合。以上体现了综合集成与系统方法论融入知识创造在复杂问题研究上的走势,很多新问题需要创新的认识和处理方法才可能获得满意的解决方案。

此外,文[9]从决策支持系统(DSS)的发展趋势分析了综合集成的趋势和影响。

2.2 从 DSS 与知识创造的角度看综合集成发展

DSS 是面向半结构化或者非结构问题。考察 DSS 发展态势,从传统的数据-模型-知识-界面的 DSS 架构看,各个方面也走向综合集成。“数据”如数据仓库和商务智能等;“模型”研究除了模型方法本身继续深化外,已从原来的模型管理过渡到模型集成,更好地面向问题和需求;“知识”研究则体现在知识管理、知识转化与创造方面,已衍生出许多新的学科或专业方向,如知识科学^[18]、知识系统工程^[19],出现了许多以“知识管理”为标签的软件产品。值得注意的是知识科学研究中已被接受的是日本学者野中郁次郎(I. Nonaka)所提出的有关组织知识创造的理论,它采用了 Polanyi 对知识显性(或言传型)和隐性(或意会型)的划分,构造了关于组织中知识的4种转化模式 SECI,即意会型知识与言传型知识相互转化过程存在着的共同化(Socialization)、表出化(Externalization)、结合化(Combination)和内面化(Internalization)等4个模式,不同模式可用不同的方法来帮助实现^[20]。野中等不认同可对知识进行管理,因为管理意味着控制;他们认为应从 managing knowledge 变为 enabling knowledge creation,即驱使知识创造,并提出了有关组织知识创造实施的步骤和使能条件^[21]。他们认为其中最为关键的是需要的一个合适的“场”(Ba),以支持创造性思维过程;“场”是知识创造、共享和挖掘的地方,这个场既指有形的场(如会场),也指无形的场(如会议气氛、组织文化等);知识创造的过程也是场的生成演化过程^[22]。英国学者 Kidd 认为 Ba 就是 WSR 方法论中的人理(Ren-li)^[23]。另一方面,以往称为群决策支持系统(GDSS)在上世纪90年代中后期已经演化为群体支持系统(GSS),这是因为群体工作中沟通与协作过程影响并决定着最终群体决策的制定,故协作技术等越来越成为

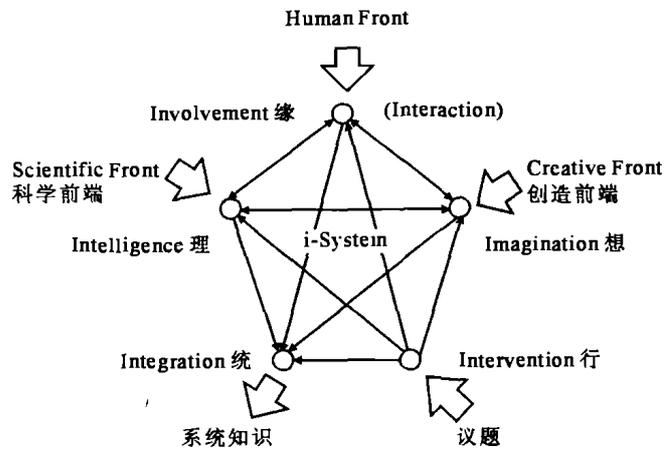


图1 i-System 框架

DSS 研究中的重点,出现了多种软件系统。日本先进通信研究所(ATR)的人员做了一些研究,他们根据群体思考模型(个人思考模式-合作思考模式-协作思考模式),研究群体沟通和协作活动并实现了支持发散型思考和创意生成的一种工具 AIDE,并推向了先进通信环境的应用场合^[24]。当然作为 DSS 重要分支的 GSS 研究本身是一个丛林,包括了群件、CSCW(计算机支持协同工作)、CMC(计算机斡旋沟通系统),等等。

从以上分析来看,综合集成、系统方法论与决策支持系统中关于“知识”的研究特别在近几年中日益综合在一起。通过 NSFC 重大项目研究,我们认为钱学森教授期望实现集智慧之大成的综合集成研讨厅,也正是野中着重研究的知识创造场。由此研究并实现综合集成研讨厅雏型的工作也可视为研究如何支持有效的知识创造场的动态生成和运行的工作。为此我们做了一定的探讨,在研究中更关注人机结合对群体知识创造的有效支持,开发了相应的支持工具的雏型^[25,26]。同时探讨了物理-事理-人理系统方法应用于综合集成研讨系统的实现^[27,28]。

根据 NSFC 重大项目任务要求,我们所进行的国际调查和自行研究主要针对两个主要的论题“模型集成”与“意见综合”,文献[29,30]有专门的论述。以下介绍我们的一些具体研究。

3 人机结合综合集成系统建模

重大项目的目标是研制支持我国宏观经济决策的综合集成研讨厅体系的一个雏型。宏观经济系统是一个开放的复杂巨系统,需要对该对象系统建模。根据不同的目的建立不同的模型,以分析该系统运行的一些行为特征,为决策分析、政策制定等提供一定的依据。

3.1 宏观经济系统综合集成建模

研究复杂问题或者非结构问题,建模是一种基本的手段。综合集成方法强调复杂问题求解或者复杂系统建模需要有多种视角(perspectives),力求形成对问题的较为完整的想定(scenario)。根据 Ackoff 所提出的建模基本原则^[31],以及近年来复杂系统研究所采用的各种方法,我们综合了以下 6 种建模策略或者方法用于研究宏观经济问题^[32]:

1) 基于机理的建模(Modeling by knowing mechanism)。如描述宏观经济运行的计量经济模型和投入产出模型。航天工业总公司 710 所研制了中国宏观经济预测模型,自 20 世纪 80 年代以来每年进行预报分析^[33]。

2) 基于类比的建模(Modeling by analogy)。如基于案例的推理;华中科技大学研制了基于案例的金融危机预警系统^[34]。

3) 基于规则的建模(Modeling by rule)。典型的如基于主体的建模(Multi-agent simulation);运用复杂适应系统理论在个体行为基础上分析群体行为特征。目前已经有许多支持 MAS 的工具平台,著名的有源于美国圣菲研究所的 SWARM,其它的还有 ASCAPE, REPAST, TNG-lab, AgentSheets 和 StarLogo。

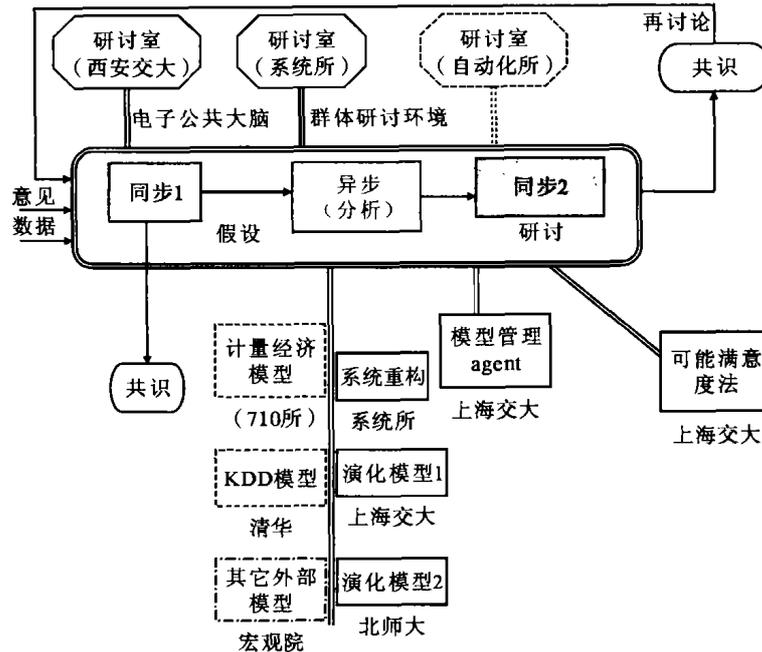
4) 基于数据的建模(Modeling by data)。如各种统计模型,系统重构模型等。

5) 基于演化的建模(Modeling by evolution)。如系统演化模型;北京师范大学以方福康为首的小组采用动力系统方法研究经济系统复杂性时分析了经济增长的基本模式,提出了渐进式、阶跃式和 J 模式 3 种情况,深入分析了 J 模式的机制和特点,以及 J 结构在经济系统和其它系统中的应用^[35]。其他复杂性分析的常用的方法有分形、元胞自动机、多智能体系统(Multi-agent System—MAS)等。

6) 基于学习的建模(Modeling by learning)。如基于数据挖掘和知识发现的各种模型,人工神经网络模型。本质上,基于学习的建模还是基于数据,但强调从大量的数据中揭示出隐藏的知识;更强调人的参与,特别是建模过程中吸收专家的经验,改进基于纯数据而建立的模型,如预测 GDP 的综合集成系统重构模型^[36]。

不确定性是导致结构问题向非结构化问题转化或者演变为复杂问题的主要因素之一。通过多种建模方式可帮助研究经济系统这一复杂系统的不同侧面,找出或明确该系统的许多以前不为所知或者不确定的因素,对宏观经济运行较以往单一建模方式有了更全面的认识。

图2是NSFC重大项目第3子课题组综合集成本课题和其他课题组的工作逐渐形成的有关综合集成研讨系统的简单雏形和工作流程的共识。假设在综合集成研讨厅中开会讨论,根据目标或者任务会议形式有所不同,主要针对综合集成3种内容或者方式,即定性综合集成、定性定量相结合的综合集成以及从定性到定量的综合集成。



双线为研讨厅内资源的基于Web的连接；单线（箭头）为工作流程；虚线为非NSFC重大项目第3子课题的成果

图2 综合集成研讨系统的简单雏形和工作流程

一个较为完整的 HWMSE 会议过程可能是:首先召开专家会议,从定性讨论开始,仔细收集来自各方面的数据、信息和知识,专家对研讨议题各抒己见,通过发散型思考和群体成员的互动,在一定的压力压力下,得到一些定性的假设或者想定,即达到定性综合集成,进入异步分析阶段。在分析阶段,根据定性的假设和对问题初始的概括描述,建立定量模型。相对于同步阶段,异步阶段时间压力相对较小,专家有较充分的时间对感兴趣的假设进行定量的分析,其中可能修改原始假设,调用模型资源分析演算,人机结合以人为主,得到个人证实的结论,即达到定性定量相结合的综合集成,提交到同步阶段2集体讨论。在重新汇聚的研讨中,对原始的或者已经过个别修改的假设下的各种分析结果进行总体综合分析与论证,可能再次反复运算定量模型,力求实现从定性到定量的综合集成。下面结合重大项目研究成果,具体讲述图2所示工作流程。

3.2 综合集成方法应用的一种同步—异步—同步工作流程

研讨厅中的会议,是依据一定需求组织的,可根据研讨议题和条件选择研讨会议室(如目前重大项目所建立的3个研讨室)。会议是群体研讨的一种常用方式,会上各种群体活动的相互作用导致不同的会议结果。文[30]概括而提出了在解决复杂问题过程中普遍存在的沟通(communication)-协作(collaboration)-共识(consensus)的群体活动C³过程模型;对各种意义下的共识进行了论述,总结出简单共识型、研究共识型和决策共识型3种主要的会议模式。

“从定性到定量综合集成法”一个简洁概括就是“大胆假设,小心求证”。“大胆假设”实现定性综合集成。表1简要列举了图2所示的同步阶段1中的任务、支持工具、该阶段完成任务所需要的输入以及该阶段工作所得到的结果。支持工具包括NSFC项目研究过程中所引进的支持发散型或者收敛型思考的工具(PathMaker),以及我们自主开发的工具:电子公共大脑(ECB)和群体研讨环境(GAE)。

表 1 同步阶段 1 的工作

输 入	任 务	支持工具	输 出
数据,信息, 知识,案例, 专家背景(年龄,知识 结构,工作经历)	发散型思考(获得思考点); 收敛型思考(定性综合集成)	电子公共大脑(ECB), 群体研讨环境(GAE), PathMaker, 等等	创意,假设,想定,决策, 共识

在大胆假设阶段,会议协调员(主持人、会议秘书)根据议题为与会专家仔细收集来自各方面的数据、信息和知识,加上专家们所贡献的信息与知识,利用“电子公共大脑”条理化、结构化。如果会议目标是简单共识型,则引入智暴模板(ECB和GAE都有),协助专家发散型思考。GAE所支持的研讨过程可实时处理专家意见,并将结果显示于一张二维图,而不像目前一般的群研讨工具对内容处理仅停留在信息组织的层面上。采用图示方法表达专家发言间的复杂关联关系,可视为一种对发言或者专家的初步分类,并进一步启发专家“大胆思考”;此外GAE对处理所得的图示化的初步分类信息按空间位置归纳整理并自动分类,生成相似表(本质上是自动KJ法),实现了对主题、观点的一种初步分类加工,有助于处理非结构化问题时揭示其中的某些结构;另一方面,也为深入进行概念提炼和学习处理提供了基础^[25,26]。如果会议是研究共识或决策共识型,则需要支持收敛型思考的工具。目前一般有Delphi、AHP、名义小组等方法。PathMaker是美国Sky-Mark公司开发的一种支持群体协作的软件产品,可支持发散型和收敛型的思考活动。若认可同步阶段1所得到的定性的结论,则可进入分析论证阶段。对于简单共识型研讨,则可认为结论已得,研讨终止。

在任何会议室中,当需要深入考察某些论点时,如宏观经济预测预警,专家可直接调用连接到研讨厅的各种模型资源,以验证某些假设。关于宏观经济系统,若对短期运行情况,如年度、季度,目前重大项目有基于机理的建模,基于数据的建模和基于学习的建模等3种建模原理下构建的相关定量模型。此时的建模基于上一阶段得到的定性假设和相关数据,也需要专家经验、知识,甚至直觉。研究宏观经济长期发展态势,可建立投入产出模型,也可从演化的角度,建立演化经济模型,分析经济系统运行中的一些特殊的现象,如J效应,分形,混沌等。而基于规则的建模则提供了一种定性建模的方法,通过微观个体的行为观察宏观系统的行为。对于诸多模型,模型集成主要是实现分布式的模型管理,以供研讨厅中专家的调用。在定性与定量相结合的多角度的建模过程中,专家们分别根据各自的知识、经验和偏好,对某些假设进行了分析检验,得出了方案。有关我国宏观经济的计量经济模型和系统重构模型均可实现对GDP的预测。表2列举了异步分析阶段所对应的任务、模型或者工具、该阶段的输入与输出。

表 2 异步阶段的定量建模

输 入	任 务	模型或工具	输 出
数据,信息, 知识,案例, 经验,直觉; 假设,想定	基于机理的建模; 基于类比的建模; 基于规则的建模; 基于数据的建模; 基于演化的建模; 基于学习的建模; 模型集成	计量经济模型; 基于案例的推理; SWARM 时间序列分析,重构分析 SWARM,动力系统,复杂性研究(混沌,分形,元胞自动机等); 数据挖掘与知识发现,综合集成重构分析 集成式建模环境	经济指标; 方案; 个体证实的假设

在异步分析论证的基础上,专家再次集中讨论。这里“集中”是相对的,可以通过网络而虚拟集中,但也在一定时间压力下进行讨论。专家组对不同的定性定量的分析结果反复研究,乃至修改条件,再次演算。此时,专家组的集体经验和智慧融入到定量分析中。表3列举了同步阶段2所对应的任务、支持工具和方

法、输入和最后得到的结果。

表3 同步阶段2的工作

输入	任务	支持工具、方法	输出
数据,信息, 知识,案例, 经验,直觉; 经济指标;方案; 个体证实的假设	证实模型; 达成共识	综合集成重构分析模型,可能满意度法,层次分析法,名义小组法,电子公共大脑(ECB),PathMaker,等等	证实的知识,决策,共识,妥协

以上各阶段同步或异步进行是相对的,同步会议表明有时间压力;而一个主题一般要反复研讨论证,故同步、异步间隔进行,通过支持工具处理不断演化的研讨过程,帮助专家理解并深入思考、相互激励,产生新知识,乃至智慧涌现,从而获得对所讨论问题的新的或者全面的认识,集大成智慧,得到证实的知识,实现“小心求证”。从决策角度来看,同步阶段2的会议一般为研究共识型或者决策共识型,可采用达成共识的一些常用方法,如群决策方法,多目标决策方法,投票法,Delphi法,AHP或可能满意度方法等,最后得到决策方案。整个同步—异步—同步工作过程中,研讨与论证使得对原来议题有了新的假设,或者发现了新的议题,则有可能展开新一轮的研讨。

拥有了如此多的研究成果和引进的软件工具,那么如何有效组织这些资源以支持研讨厅中的各种研讨会?根据以上的工作流程,图3显示了以会议为核心对这些资源的一种逻辑物理集成。基于agent的模型集成和各研讨室是该架构的保证。从HWMSE构成来看,从专家库中挑选参加会议的专家和会议协调人、主持人,是专家体系的一部分,是研讨的主体。各种支持协作的工具(包括引进的和自主研发的)、案例库、数据库等属于机器体系。确定的模型与方法工具实际上也属于机器体系;但建模和共识过程融入了专家的经验与智慧,并有新的知识产生,故此处归为知识体系。图3中的虚箭头线表示从议题经过HWMSE而得到的有关议题的一些创造性的想法、假设,或经过反复研讨论证达成的共识和决策方案的一个人机结合综合集成的流程。

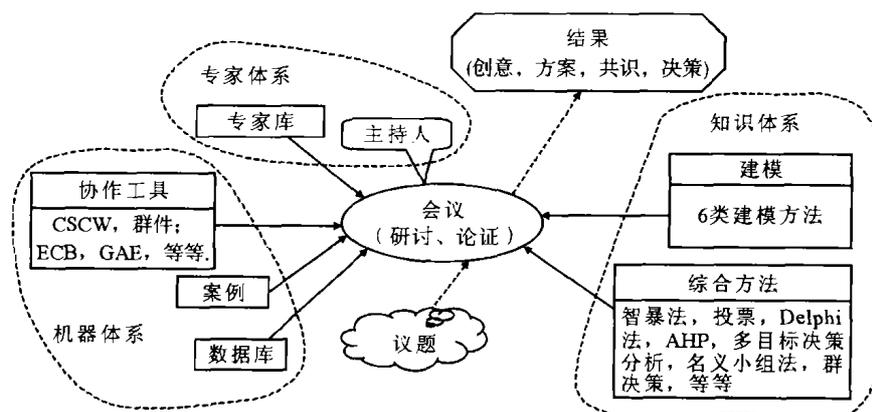


图3 综合集成研讨系统中的支持会议的资源

以上介绍了综合集成系统建模和在HWMSE中实践的一种简洁的以研讨会为主的工作过程。这些仍然是概念性的描述,需要进行多种试验和实践进行检验和证实。

4 方法证实

试验是研究群体支持系统的重要内容之一。从综合集成研讨厅中综合数据、信息、模型和专家经验的设

想出发,通过已经研制完成的各种成果,特别是已实现的计算机支持工具和环境,我们主要针对宏观经济问题以及其他一些有关社会经济发展问题设计了一系列的试验来检验并修正改进综合集成系统建模的概念过程,如 2003 年 1 月初以同步过程为主进行的 GDP 预测的试验^[37]。引人关注的是 2003 年 9 月 11 日在 IASA 综合集成特别专题会上,结合 SARS 对 2003 年我国宏观经济影响的议题设计的试验,我们综合集成了航天工业总公司 710 所、清华大学等其他课题单位的研究成果,在专题会上为 IASA 邀请的来自美国、欧洲、日本等国家的 8 位专家进行了如图 4 所示一体化演示。

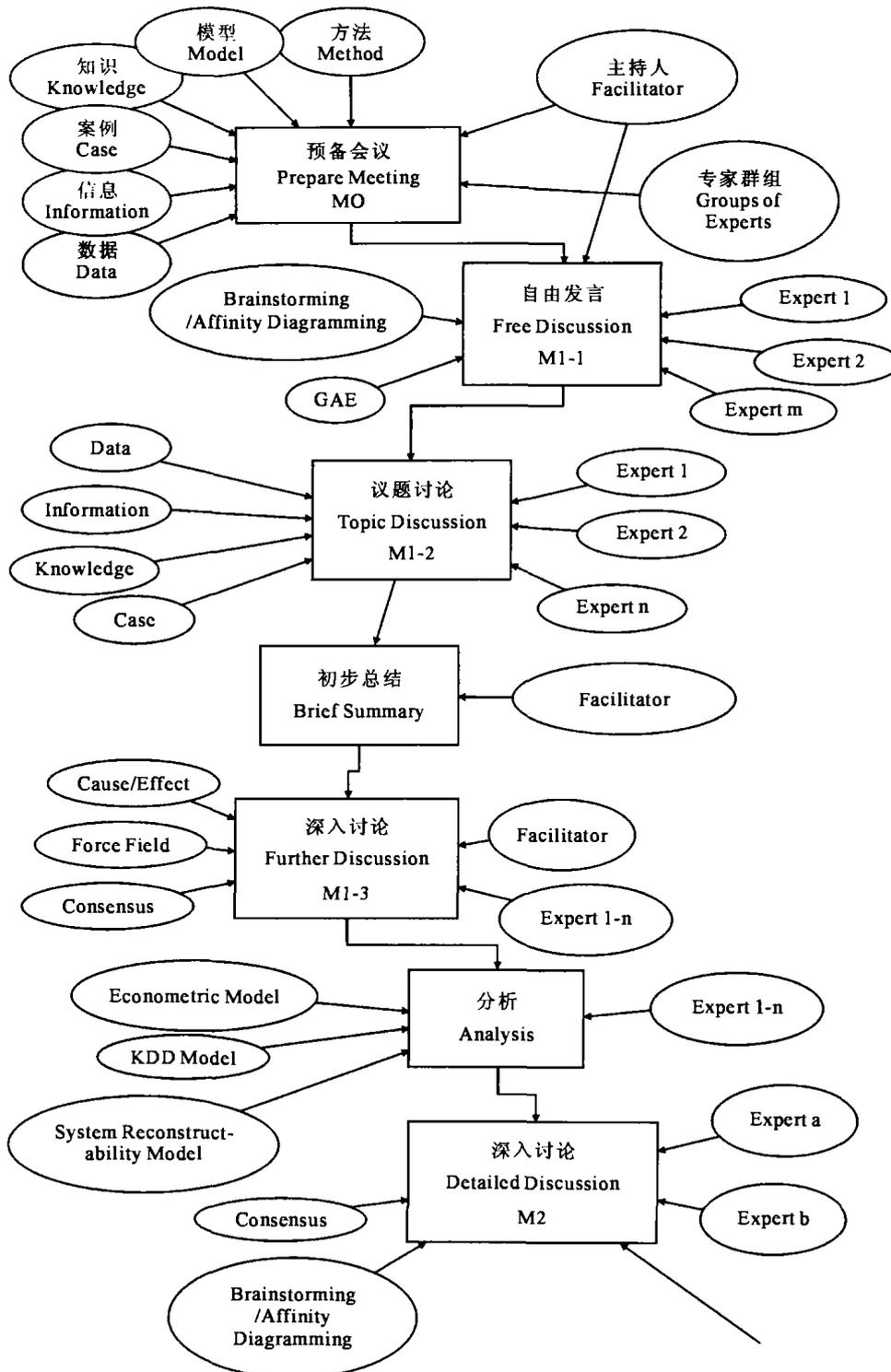


图 4 IASA 综合集成专题研讨会上有关试验的工作流程

该试验采用了 PathMaker 作为总体协作工具,710 所的宏观经济年度预报模型、清华大学的神经网络模型和经济数据库、系统科学所的系统重构模型和 GAE 都链接到 PathMaker。图 4 中所示的因果分析 (Cause/Effect Analysis) 和力场分析 (Force Field Analysis) 是 Pathmaker 所提供的定性的分析工具。根据多轮定性讨论,考虑经济增长的高中低 3 种趋势和 SARS 可能带来的 3 种不同的影响程度(无影响,影响较轻,影响严重),形成对 2003 年宏观经济运行态势的 9 个想定,并在不同的机器上进行了定量测算。会上,各国专家根据对综合集成方法的介绍和过程演示,给出正面的评价,并对将来工作提出了许多建议,如加强知识系统的研究等。

5 结束语

本文在简要描述综合集成方法后,将其与国外的有关方法进行了对比分析。综合集成方法是了解决开放复杂巨系统问题而传统的还原论方法不能有效工作的情况下提出的。一般认为综合集成方法是处理非结构化问题的有效方法。DSS 主要面向半结构化或者非结构化问题,从其近期的研究发展来看,正在走向综合集成^[38-41]。综合集成研讨厅则在 DSS 基础上,更强调知识创造与智慧涌现以获得将非结构化问题转化为半结构化、结构化问题过程所需要的创造性解决方案。

我们简要介绍了参加 NSFC 重大项目第 3 子课题组在对综合集成研究中的部分跟踪、观察、思考以及一些研究,如综合集成系统建模的 6 种策略,综合集成方法的应用工作过程,以及 2003 年 9 月在国际应用系统分析研究所“综合集成”专题讨论会上的试验情况。对比近年来国际趋势,仍仅仅是初步进展。国内学者也有很多从各种角度进行的大力研究。我们目前的研究着重于支持知识创造的综合集成环境,这需要进一步研究群体研讨、群体思考和群体决策的认知过程或者思维模型,研究支持群体知识创造的人机环境,更需要研究有效的知识创造群体的形成机理。日本学者野中强调组织知识创造过程中“场”的建设,对应于其 SECI 知识创造模型,有相对应的场:S—创新场 (Originating Ba),E—交互场/对话场 (Dialoguing Ba),C—系统场 (Systematizing Ba) 和 I—实践场 (Exercising Ba)。综合集成研讨厅可看作为实现知识创造与智慧涌现的场,也是系统实践和方法演练的场,由此研究并实现综合集成研讨环境的工作也可视为研究如何支持有效的知识创造场的动态生成和运行的工作。

回顾 DSS 发展,实现技术上的进步体现在系统方面或体现在支持程度及其表达。因技术的迅速发展,除了极具代表性的工作,早期技术很容易被摒弃,但 Simon 的决策框架始终被引用。系统方法论在 DSS 研究中的属于理论部分,深刻的系统方法论指导建立认知和决策模型,目前同样需要方法论研究上的开创性工作。

致谢:本文的工作是国家自然科学基金(NSFC)重大项目“支持宏观经济决策的人机结合综合集成体系研究”(1999~2003)的第 3 子课题“支持宏观经济决策的综合集成方法体系与系统学研究”的研究成果。作者在此对参与第 3 子课题的其他成员单位:上海交通大学、北京师范大学和西安交通大学以及重大项目其他子课题组对研究的支持和帮助表示感谢。作者也特别感谢重大项目的第一、二主持人戴汝为院士和于景元研究员。因重大项目的经费有限,本文所论述的研究同期得到了中国科学院国防科技创新基金项目的大力资助以及目前的 NSFC 创新群体基金项目“不确定决策”的后续资助。

参考文献:

- [1] Tomlinson R, Kiss I. Rethinking the process of operational research and system analysis[M]. Oxford: Pergamon, 1984.
- [2] Rosenhead J, Mingers J. Rational analysis for a problematic world revisited (2e)[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.
- [3] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志,1990,13(1):3-10.
- [4] 钱学森. 创建系统学[M]. 太原:山西科学技术出版社,2002.
- [5] 于景元,涂元季. 从定性到定量综合集成方法——案例研究[J]. 系统工程理论与实践,2002,22(5):1-7.
- [6] 戴汝为. 系统科学与思维科学交叉发展的硕果——大成智慧工程[J]. 系统工程理论与实践,2002,22(5):8-11.

- [7] 于景元,周晓纪.从定性到定量综合集成方法的实现与应用[J].系统工程理论与实践,2002,22(10):26-32.
- [8] 顾基发,唐锡晋.有关综合集成研究的若干进展[A].顾基发.西部开发与系统工程(中国系统工程学会第12届年会论文集)[C].北京:海洋出版社,2002.329-335.
- [9] 唐锡晋.对综合集成研究发展的认识和相关研究[J].军事运筹与系统工程,2003,17(3):2-5.
- [10] GU Ji-fa, TANG Xi-jin. Some developments in the studies of meta-synthesis system approach[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2003, 12(2):171-189.
- [11] Detombe D J. Handling complex societal problems[J]. European Journal of Operations Research, 2001, 128(2):227-458.
- [12] Sawaragi Y, Naito M, Nakamori Y. Shinayakana systems approach in environment management[A]. The proceedings of the 11th world congress on automatic control[C]. IFAC, Pergamon Press, 1990, 5:511-516.
- [13] Nakamori Y. Development and application of an interactive modeling support system[J]. Automatic, 1989, 25(2):185-206.
- [14] Nakamori Y. Knowledge management system toward sustainable society[A]. Shimemura E, et al. Proceedings of international symposium on knowledge and systems science: challenges to complexity[C]. JAIST Press, 2000. 57-64.
- [15] Nakamori Y. Toward supporting technology creation based on knowledge science[A]. Chen G Y, Cheng E C, Gu J F. Proceedings of the 4th international conference on systems science and systems engineering[C]. Hong Kong: Global-Link Publisher, 2003. 33-38.
- [16] GU Ji-fa, TANG Xi-jin. Meta-synthesis knowledge system for complex system[R]. Beijing: Research Report AMSS-2001-11, Academy of Mathematics and System Sciences, Chinese Academy of Sciences, 2001.
- [17] Flood R L, Jackson M C. Creative problem solving: total systems intervention[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 1991.
- [18] 杉山公造,永田晃也,下崎笃.知识科学(日文)[M].纪伊国屋书店,2002.
- [19] 王众托.知识系统工程[A].许国志.系统科学与工程研究[C].上海:上海科技教育出版社,2000.358-380.
- [20] Nonaka I, Takeuchi H. Knowledge creating company[M]. New York: Oxford University Press, 1995.
- [21] Krogh G V, Ichijo K, Nonaka I. Enabling knowledge creation[M]. New York: Oxford University Press, 2000.
- [22] Nonaka I, Konno N, Toyama R. Emergence of "Ba": a conceptual framework for the continuous and self-transcending process of knowledge creation[A]. Nonaka I, Nishiguchi T. Knowledge emergence[M]. New York: Oxford University Press, 2001. 13-29.
- [23] Kidd J B. Venturing jointly: oriental and occidental perceptions[R]. Birmingham: Working Paper No. RP9923, Aston Business School, Aston University, 1999.
- [24] Mase K, Sumi Y, Nishimoto K. Informal conversation environment for collaborative concept formation[A]. Ishida T. Community computing: collaboration over global information networks[C]. John Wiley & Sons, 1998. 165-205.
- [25] TANG Xi-jin, LIU Yi-jun. A prototype environment for group argumentation[A]. Proceedings of the third international symposium on knowledge and systems sciences (KSS'2002)[C]. JAIST Press, 2002. 252-256.
- [26] LIU Yi-jun, TANG Xi-jin. A visualized augmented tool for knowledge association in idea generation[A]. Gu J F, et al. Knowledge and systems sciences: toward meta-synthetic support for decision making (proceedings of the fourth international symposium on knowledge and systems sciences (KSS'2003))[C]. Hong Kong: Global-Link Publishers, 2003. 19-24.
- [27] TANG Xi-jin, GU Ji-fa. Systemic thinking to developing a meta-synthetic system for complex issues[A]. Proceedings of the 46th meeting of the international society for the systems sciences (ISSS'2002)[C]. Shanghai, 2002. R126.
- [28] GU Ji-fa, TANG Xi-jin. Wu-li Shi-li Ren-li systems approach to a major project on meta-synthesis research[A]. Gu J F, et al. Knowledge and systems sciences: toward meta-synthetic support for decision making (proceedings of the fourth international symposium on knowledge and systems sciences (KSS'2003))[C]. Hong Kong: Global-Link Publishers, 2003. 131-137.
- [29] 唐锡晋.模型集成[J].系统工程学报,2001,16(5):322-329.
- [30] 顾基发.意见综合——怎样达成共识?[J].系统工程学报,2001,16(5):335-339.
- [31] Ackoff R L, Sasieni M W. Fundamentals of operations research[M]. John Wiley & Sons, 1968.
- [32] GU Ji-fa, TANG Xi-jin. Metasynthesis system modeling[A]. Chen G Y, Cheng E C, Gu J F. Proceedings of the 4th international conference on systems science and systems engineering[C]. Hong Kong: Global-Link Publisher, 2003. 115-118.
- [33] 马宾,等.中国宏观经济预测模型[A].王慧炯,李泊溪,李善同.中国实用宏观经济模型[M].北京:中国财政经济出版社,1993. 118-137.

- [34] 周凯波,魏莹,冯珊. 基于案例推理的金融危机预警支持系统[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37(14):18-22.
- [35] 方福康,袁强. 经济增长的复杂性与“J”结构[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(10):12-20.
- [36] 舒光复. 综合集成系统重构分析在宏观经济决策中的应用[J]. 系统工程学报, 2001, 16(5):349-353.
- [37] GU Ji-fa, TANG Xi-jin. A test on meta-synthesis system approach to forecasting the GDP growth rate in China[A]. Wiley J, Allen J K. Proceedings of 47th annual conference of the international society for the systems sciences[C]. ISSS, 2003. R093.
- [38] Carlsson C, Turban E. Introduction of DSS: directions for the next decade[J]. Decision Support Systems, 2002, 33(2): 201-217.
- [39] Courtney J F. Decision making and knowledge management in inquiring organization: towards a new decision-making paradigm for DSS[J]. Decision Support Systems, 2001, 31(1): 17-38.
- [40] TANG Xi-jin. Towards meta-synthetic support to unstructured problem solving[A]. Chen G Y, Cheng E C, Gu J F. Proceedings of the fourth international conference on systems science and systems engineering[C]. Hong Kong: Global-Link Publisher, 2003. 203-209.
- [41] 戴汝为,李耀东,崔霞. 综合集成研讨厅——信息时代的决策支持系统[A]. 胡晓峰,徐瑞恩. 战争复杂性与信息化战争模拟[C]. 北京:国防大学, 2003. 33-39.