

文章编号: 1005-6408 (2005) 04-0001-07

复杂性研究: 理论和应用

——《复杂性研究》专辑之四

编者按: 北京大学现代科学与哲学研究中心于2004年7月12日至26日召开了主题为《复杂性研究: 理论和应用》的研讨会, 本刊选登其中部分论文刊出, 以飨读者。

综合集成方法的理论及应用

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: 介绍了综合集成方法国内外研究简况以及我们近年来在从事国家基金会重大项目中的部分工作。

关键词: 综合集成; 专家意见综合; 模型集成

中图分类号: N 945

文献标识码: A

1 综合集成方法概述

1.1 综合集成方法

1990年初, 钱学森等首次把处理开放的复杂巨系统的方法定名为从定性到定量的综合集成方法^[1,2]。综合集成是从整体上考虑并解决问题的方法论。钱学森指出, 这个方法不同于近代科学一直沿用的还原论方法, 是现代科学条件下认识方法论上

的一次飞跃。综合集成方法是思维科学的应用技术。既要用到思维科学成果, 又会促进思维科学发展。它向计算机、网络和通信技术、人工智能技术、知识工程等提出了高新技术问题。这项技术还可用来整理千千万万零散的群众意见、提案和专家见解以至个别领导的判断, 真正做到“集腋成裘”。

综合集成方法是在对社会系统、人体系统、地理系统和军事系统这四个开放的复杂巨系统研究实践基础上提炼、概括和抽象出来的^[3,4]。在这些研究

收稿日期: 2004-10-18

基金项目: 国家自然科学基金会重大项目 (79990583)

作者简介: 顾基发 (1935—), 男, 浙江宁波人, 研究员, 主要研究方向: 运筹学和系统工程。

中通常是科学理论、经验知识和专家判断相结合,形成和提出经验性假设(判断和猜想),这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明,需借助现代计算机技术,基于各种统计数据 and 信息资料,建立起包括大量参数的模型,这些模型是建立在经验和对系统的理解上并经过真实性检验。这里包括了感情的、理性的、经验的、科学的、定性的和定量的知识综合集成,通过人-机交互,反复对比逐步逼近,最后形成结论。综合集成方法的实质是将专家群体,统计数据和信息资料三者有机结合起来,构成一个高度智能化的人机交互系统,它具有综合集成的各种知识,从感性上升到理性,实现从定性到定量的功能。其主要特点如下:

定性研究与定量研究有机结合;

科学理论与经验知识结合;

应用系统思想把多种学科结合起来进行综合研究;

根据复杂巨系统的层次结构,把宏观研究与微观研究统一起来;

必须有大型计算机系统支持,不仅有管理信息系统、决策支持系统等功能,而且还要有综合集成的功能;

强调人-机结合,但以人为主。

应用综合集成法对开放的复杂巨系统进行探索研究,开辟了一个新科学领域,它在理论和实践上都具有重大的战略意义。

1.2 从定性到定量综合集成研讨厅(HWMSE)

1992年钱学森提出综合集成研讨厅体系的思想。研讨厅由专家体系、知识体系和机器体系三大部分组成,它吸取了讨论班、C³I及作战模拟、综合集成方法、人工智能、“灵境”、系统学和各种先进的信息技术的经验和知识,是综合集成方法的实践场所。^[3-6]

综合集成方法及研讨厅体系的概念提出后,在一系列实际问题中进行了实践,在理论思想方面也逐步深入,但有关该方法的大规模系统研究在我国还是近六、七年的事。1999年夏由国家自然科学基金委员会(NSFC)支持的为期4年的重大项目“支持宏观经济决策的人机结合的综合集成体系研究”开始运作,有14个国内著名科研单位、近50多名教授、研究员、博士和研究生等参与。项目分成4个子课题,中科院系统科学所、上海交通大学、西安交通大学和北京师范大学合作承担其中第3个子课题“支持宏观经济决策综合集成方法体系与系统学

研究,”项目今年结题。本文简要介绍了我们在项目研究过程中跟踪国际上一些与综合集成相关的研究,并把对研究调查的再思考反应到我们的研究上以及该子课题的部分研究成果。

2 国外综合集成类似研究

2.1 定性综合集成的解析方法

美国和澳大利亚教育界等社会科学领域和医学界等自然科学领域的学者在研究综合文献和医疗中证据的汇总时经历了开始使用定性方法到主要应用影响因子来汇总文献或证据使用定量方法,包括meta-analysis方法的过程,之后他们又发现有些重要结果发表在一些文章中,却还没有什么影响因子,但也要把它们综合进来,因此提出诸如Comprehensive Research Synthesis(全面研究综合)或者Qualitative Metasynthesis(定性综合集成)等一批方法^[7,8]。

Sandelowski和Barroso从2000年起开始从事由美国国家护理研究所资助项目“定性综合集成解析方法”(Analytic techniques for qualitative meta-synthesis)^[8,9]

2.2 概率风险评估(Probabilistic Risk Assessment)

美国在20世纪60年代就有人研究用概率风险评估方法来评价一些大型设备或系统的风险和安全性。尽管20世纪80年代美国宇航局(NASA)就提出应用概率风险评估航天飞机的安全性,并给出定量的评估;但他们并未充分重视,直到1986年“挑战者”号出事故。

航天系统的风险与安全领域的研究因为涉及的部件和分系统以至元件的个数是巨大的,引起故障的因素是众多的,相互间的关系又极为复杂。但是分析总系统的数据直接可用的又是很少的几个。因此综合应用各种可用的分系统数据,定量的和定性的,客观的和主观判断的分析都是十分必要的。概率风险评估(PRA)方法提出的方法论实质上是一种从定性到定量的综合集成的过程。它基于实验数据、多种信息、数学模型和专家知识并将之合成一体来对空间系统的安全性加以评估。目前NASA和ESA(欧洲航天局)都在应用PRA方法^[10]。美国的核工业部门也在应用。

我国提出的CPRA已用于评估载人飞船的安全性(见图1)^[11]。

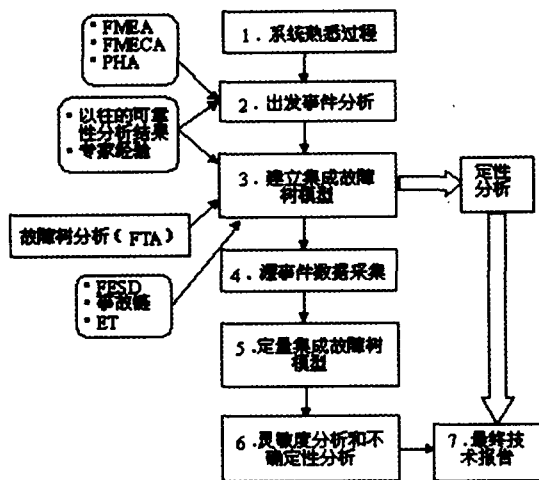


图1 载人飞船安全性分析 CPRA 工作框图

2.3 分布式专家系统的综合

澳大利亚 Zhang M J 与 Zhang C Q 从 1992 年起就对分布式专家系统如何综合应用其结果进行了研究。他们对可能的综合情况、方法论和解的综合策略都作了系统的研究。认为在分布式专家系统中可能综合情况有 4 种：冲突综合；包含综合；重叠综合和不相交综合。而且针对 4 种不同类型的专家系统：同质专家系统、部分同质专家系统、异质专家系统和部分异质专家系统，对 4 种不同的综合情况给出了综合策略的必要条件和度量，并提出了设计综合策略的 2 种方法：分析方法和归纳方法^[12]。

2.4 综合集成公司

俄罗斯上世纪 90 年代中成立了一个综合集成公司 (Metasynthesis Corporation)。该公司使用一套称为组织控制系统的概念与设计方法论，可从不同观点来分析复杂对象，并综合出导致新的问题解决策略的制订解的步骤。他们提出可以有灵活性的概念模型，并能容易改造和适应组织外部条件变化的新方案^[13]。该方法论曾被用于大型技术的概念设计、石油过程的再造工程、企业的组织管理和数据库与自动化系统的集成等，并作为世界银行所属的帮助发展中国家及其国际伙伴广泛和有效地使用信息和通信技术减少贫困，保持经济可持续发展的工具的信息发展计划 (Information for Development Program, info Dev) 的一个俄罗斯的社会经济复苏项目。^[14]

2.5 综合科学

日本学术振兴会 1997—2002 年间资助了一个“综合的科学”的“未来开拓学术研究”促进计划项

目，由日本大阪大学等几个大学承担研究。其研究涉及知识的获取、知识的系统化、知识的集成（设计集成的平台）、知识的利用。在综合过程中以本体工程为基础，研究了以模型为基础的问题解决、智能教育系统和本体论的基本理论与工具。将有关工业设计的要素先进行分解，然后利用平台合成，并在某些小型工业产品上加以实现。这个项目的主要思想类似我们参与的 NSFC 重大项目，但经费则远远超过我们^[15]。

3 综合集成几个主要研究内容

3.1 模型集成

唐锡晋考察了模型集成几个主要流派，并概括分析了实现模型集成的三种方法：从上到下 (Top-Down)、从下到上 (Bottom-Up)、系统方法 (System Approach)^[16]。其中 T-D 方法要求将对象分成若干主要部分或模块，然后利用功能加以组装。而 B-U 方法将分布式的活动通过执行模型的集成和管理而组成。S-A 方法则是将人的行为与建模技术结合起来。目前已有许多集成式建模环境产品支持系统建模和模型集成，如 DOME, SWARM 和 Decision Net。其中由美国麻省理工学院 CAD 实验室开发的 DOME 是以 Internet 技术为基础的平台，用于模型集成，开始主要用于工业产品设计，近来用于研究环境问题，目前他们又提出了 World-Wide-Simulation-Web (WWSW)，旨在进一步利用 DOME 整合模型资源。SWARM 是圣菲研究所开发的基于 Multi-agent 模拟技术的软件，已经广泛用于社会、生物以及经济等有关领域。由美国海军研究生院的 H. Bhargava 等合作开发的 Decision Net 利用互联网技术的优势增进决策技术的可用性、可重用性和相互可操作性。自 2000 年开展的欧盟项目应急管理 ENSEMBLE 项目以核泄漏、核废料问题为建模背景，研究在发生这些问题时的应急对策，如分析预测核泄漏时污染扩散状况，这便需要首先分析各国家/地区的情况（各国模型），然后对全区进行综合。该项目当前的成果是各地区将预测分析结果按约定发布到项目网站上，以供决策者跟踪并进行综合判断。

胡代平等利用 Agent 技术对宏观经济预测模型加以集成^[17]。

3.2 意见的综合-共识

我们认为意见综合的目的是为了取得某种共

识, 或者当时意见发散, 可能经过一段时期的重新认识、重新讨论、重新验证人们又会形成新的共识。我们阐述了不同意义下的共识, 如各种数学意义下的共识、模糊共识、统计共识和竞争共识等, 其中包括多目标优化意义下的 Pareto 共识, 总结了为达成共识的 3 种会议类型 (简单共识-科协型、研究共识-科委型和决策共识-计委型, 给出基于综合集成研讨厅思想的 MDTMC (Meeting-Data-Tool-Method (Model) -Consensus) 系统 (见图 2)^[18,19]。

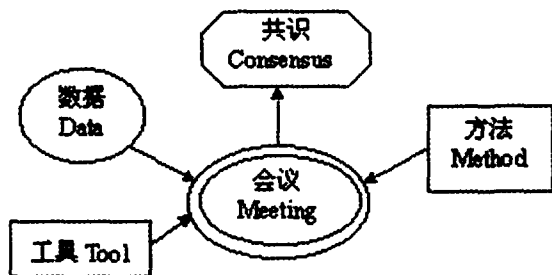


图 2 MDTMC 系统

为了专家们开好会, 首先对会议 (Meeting) 要加以设计, 包括议程、邀请专家名单 (尽量考虑知识和利益背景), 主席和会议的协调员 (facilitator) 和会议的场 (Ba)。Ba 是日本学者提出来的, 它包括有形的场 (即会议场) 和无形的场 (会议气氛), 英国的 Kidd 认为 Ba 就是物理-事理-人理系统中的人理^[20]。

共识的过程一般经历沟通 (communication)、协作 (collaboration), 最后达到共识 (consensus)。

我们的研究侧重于区分群思考与群决策意义下共识的差异, 并提供支持工具对这些活动结果进行分析, 期望提炼出更多有用信息支持综合过程中的创新。张朋柱、程少川等着重研究了群决策中有关群体争议的支持模式, 并设计实现研讨框架, 将研讨信息进行了分类, 并构造了“电子公共大脑”, 支持将群体决策过程中“人—人”之间的沟通过程, 转变成“人—具有群体思维关系的信息 (公共大脑)—人”之间的沟通过程。这样可以回避由于信息差异造成的面对面冲突, 而将信息的共享与沟通作为主题, 将个体信息纳入群体共有的信息结构中, 供群体过程的参与者进行演化。

以上我们分别列举了为解决“模型集成”与“意见综合”两个核心问题课题组所做的工作, 那么它如何组成一个整体呢? 基于 Web 的分布式架构是目前系统集成中的常见的方式, 我们的工作不仅是运用了目前流行的实现方式, 更重要的是融入了我

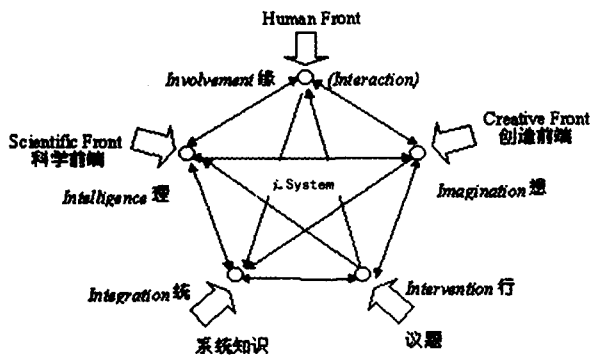
们的研究成果, 使之不再是简单的“聊天室”、简单的模型使用, 专家意见的简单收敛, 基于 agent 的模型集成和“公共大脑”是该架构上的保证。而课题组所进行的各方面的研究, 如关于宏观经济模型、专家意见综合、群思考与群决策等所完成的计算机应用都是我们搭建的综合集成研讨厅的资源, 它们分别是图 2 所表示的“工具”和“方法”。而意见综合方法的研究基本上是基于 Web 的研讨环境下实现的, 所以每个研讨室可独立存在, 利用方法和工具资源; 而潜在的意义是, 它们将作为大项目总体研讨厅的一部分。开会有会议室, 会议室不要千篇一律, 所以保存各自的研讨室, 不仅没有造成资源的浪费, 同时也丰富了研讨厅的设计。

另一方面, 研讨厅的会议, 是依据一定需求而组织的, 一个较为完整的过程可以是: 先从定性讨论开始, 仔细收集来自各方面的数据、信息和知识, 利用“电子公共大脑”将它们条理化、结构化; 如果会议目标是简单共识型, 则进入智暴研讨室, 专家进行发散思考, 而研讨的过程中专家发言和关键词经过某种统计处理实时显示在一张二维图上, 这样思考的结果不仅仅是作为一般的文本显示和保存, 并且用可视化方法描述出发言间的关联, 可进一步启发专家的思考。

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。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, 专家可以直接调用连接到研讨厅的各种模型资源, 以验证某些假设。这样的过程可同步或异步进行, 同步会议有时间压力, 而有关一个主题一般要反复研讨、论证, 所以同步、异步间隔进行, 有利于研讨的展开, 集大成智慧。

3.3 知识综合

前面已经介绍了日本的“综合的科学”的大项目。2003 年日本文部省批准了一个 COE (Center of Excellence) 项目叫“基于知识科学的技术创新”, 由日本北陆先端科技大学负责实施, 为期 5 年 (2003—2007)。该项目希望在知识创造的理论 and 实践上都有所收获。在项目的方法论方面的核心是 *i*-system (包括: intervention, imagination, intelligence, integration 和 involvement 等 5 个子系统) (图 3)。项目希望为知识创造形成支持系统, 集成社会信息和现有的知识, 并形成有利于知识创造的环境叫做“ba” (场)^[21]。经费以数亿日元计。

图 3 *i*-System 框架

这里简要比较一下 *i*-system 和 HWMSE。*i*-system 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 的三个子系统的基本功能；两者都强调了人的主要作用，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 [22] 结合了两个框架体系，提出了综合集成知识系统。

3.4 数据、模型和知识的综合-综合集成系统重构

Klir 在 1976 年就提出重构分析 (Reconstructability Analysis)，重构分析的目的在于处理每个分系统与其整体之间的关系的问题，重构分析涉及识别与重建两个问题。前者从分系统信息来推断整个系统的信息，后者对于一个给定的总系统如何将它剖分成尽可能的小的子系统，再让它用子信息以一定近似的程度去重构成一个总系统。舒光复将重构分析与综合集成结合起来，使之能将数据、信息模型和专家知识结合起来，并将之用于我国 GDP 的增长率的预测。从所示结果来看，将知识放进去的重构分析预测精度有显著改善^[23]。

4 国外综合集成方面的应用

• 地球、环境方面

国外很多研究环境问题和全球变化的研究机构提出不少和环境问题有关的综合与集成的专题。如 IGBP (国际地圈与生物圈规划)、IGAC (国际全球

大气化学) 所统领的一些研究计划。

• 医学

国外主要将定性综合集成用于爱滋病的研究，女性研究和如何做好护理工作等。

- 空间系统：主要用于空间系统的安全性。
- 物理系统、工程设计

主要探索集成电路的设计、软件的合成以及一些工程系统的设计。

• 经济

利用 Multi-agent system 分析一些经济系统。

• 社会

5 国内综合集成的应用

5.1 地理和环境

全球变化的集成研究在中国刚刚起步。1999 年 CNC-IGBP 将“全球环境变化情形下的国家安全问题”和“过去 2000 年中国环境变化综合研究”确定为中国全球变化“集成”研究的 2 个启动项目，并成立了特别工作组进行预研究（注：原作者将 Synthesis 翻译为“集成”，我们认为应为综合或综合集成为好）。另外，CHC-IGBP 各工作组也先后讨论、酝酿了中国 IGBP 综合集成的有关问题，并就有关推动中国 IGBP 集成研究的事宜提出了若干建设性意见和建议^[24]。

“青藏高原形成演化及其环境、资源效应” (2003)^[25]，这是一个重点基础研究规划项目 (973 项目，1999—2003)。我国学者在项目研究中，加强跨学科、跨课题间的合作，实行交叉、综合、集成研究，从不同角度对高原隆升过程与区域、全球环境变化的关系进行深入论证，发现高原构造和环境变化的一系列特征，找到青藏高原隆升的一些重要过程。

此外，王慧斌、徐小群研究了将综合集成研讨厅体系应用于流域可持续发展的有关问题，建立了一个原形系统^[26]。

5.2 工程系统

• 三峡散装水泥/粉煤灰调运信息系统 (华中理工大学)^[27]。

• 电力系统的调度 (清华大学)^[28]。

• 澜沧江 (湄公河) 区域综合开发和协调的信息管理决策支持系统建设 (清华大学，云南省地理研究所)^[29]。

• CIMS 先进制造与自动化技术领域现代集

成制造系统技术主题课题申请指南^[30]。

· 重大工程项目风险管理中的综合集成方法^[31]。

5.3 社会经济系统

· 财政补贴、价格、工资综合研究(710所)^[1]。

· 宏观经济智能决策支持系统(国家863项目, 710所、自动化所、华中理工大学)^[3]。

· 支持宏观经济决策的人机结合综合集成体系研究(NSFC重大项目, 1999—2003)。

5.4 军事系统

中国人民解放军强调新装备要形成系统作战能力(解放军报2003年4月23日)。“要实现武器装备跨越式发展,很有必要在不断更新观念的同时,在思想方法、在军事方法论上来一场革命。“横向技术一体化”、“综合集成”、“系统集成”、“体系对抗”,都包含着系统思想,是系统思想、系统方法在装备建设中的运用。不用系统思想看装备建设,就抓不住问题的实质;不以综合集成的系统方法研究装备建设,就会陷于以往那种陈旧发展模式的窠臼”。

2003年10月17日在国防大学召开的“战争复杂性和信息化战争模拟”会上就提到多个已经研制的军事系统研究的综合集成研讨厅^[32],如:

空间作战综合集成研讨厅^[33];

战争决策综合集成研讨厅^[34,35];

网络化防空作战系统综合集成^[36];

武器装备论证综合集成研讨厅^[37]。

5.5 模式识别

中国科学院自动化所研究人员将综合集成法的构思用于模式识别(自动化所),他们利用神经网络构建识别系统,把三个汉字系统进行并联集成,多次利用有教师的学习算法,对单个识别系统与集成网络进行训练,确定各个识别系统与网络的参数,取得正确识别率高于90%的结果^[38]。

此外,还有许多相关研究,文^[39]给出了一

些成果。

6 综合集成实验

试验是研究综合集成方法和综合集成研讨厅的重要内容之一。在项目进展过程中,围绕形象展示从定性到定量综合集成方法论的理念和工作过程,我们进行了一系列的试验。这些试验在项目的不同阶段进行,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,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而设计。其中有代表性的试验有:

· 综合集成重构分析实验(2000)。

· 综合集成JAIST研讨试验(2003.1):“2003年中国GDP增长”。

· IIASA综合集成专题讲座会试验(2003.9)两个主题:“中国的经济形势”、“SARS对中国经济增长的影响”。

· 有关项目管理办法制定的群体研讨——集思广益的一个试验(2003.12)。

· 香山科学会议试验(2004)。

这一系列的试验检验并修正改进了我们有关综合集成系统建模的概念模型,验证了综合集成的方法的具体实现的一些途径,也看到了实现这个方法的难度。开放复杂巨系统问题本身难度很大,不能指望用一些固定的章法或现在新开发出的一些方法和工具简单套用就能成功;但我们相信综合集成方法的潜在威力。

限于篇幅我们的研究无法全部列出,引文也不一一列出,敬请鉴谅。我们所做的研究工作,有的早已在国际上发表,有些尚待发表,有关NSFC重大项目第三子课题(79990583)的研究成果详细见文^[40]。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 钱学森. 创建系统学[M]. 太原:山西科学技术出版社,2001.
- [3] 于景元,涂元季. 从定性到定量的综合集成方法——案例研究[J]. 系统工程理论与实践,2002,22(5):8-11.
- [4] 王寿云等. 开放的复杂巨系统[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1996.
- [5] 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.
- [6] 于景元,周晓纪. 从定性到定量的综合集成方法的实现和应用[J]. 系统工程理论与实践,2002,22(10):26-32.
- [7] Suri H. A critique of contemporary methods of research synthesis[J]. Post-Script,2000,1(1).

- [8] Sandelowski M. Combining qualitative and quantitative sampling, data collection, and analysis techniques in mixed-method studies [J]. *Research in Nursing Health*, 2000, 23: 246-255.
- [9] Sandelowski M, Barroso J. Reading qualitative studies. *International Journal of Qualitative Methods* [J]. 2002, 1 (1). Retrieved from <http://www.ualberta.ca/ijqm/>.
- [10] NASA-CR-197808. Probabilistic Risk Assessment of the Space Shuttle, A study of the Potential of Losing the Vehicle during Nominal Operation [R], Vol 1, New York, 1995.
- [11] 赵丽艳, 顾基发. 概率风险评估 (PRA) 方法在我国某型号运载火箭安全性分析中应用 [J]. *系统工程理论与实践*, 2000, 20 (6): 91-97.
- [12] Zhang M J, Zhang C Q. Potential cases, methodologies and strategies of synthesis of solutions in distributed expert systems [J]. *IEEE Transaction of Knowledge and Data Engineering*, 1999, 11 (3): 498-503.
- [13] Metasynthesis Corporation, <http://msynt.chat.ru>, 2002.
- [14] <http://www.infodev.org/projects/grants042902.htm>.
- [15] A methodology of collaborative synthesis by artificial intelligence, <http://www.ei.sunken.osaka-u.ac.jp/announce.jsps.frame-e.html>.
- [16] 唐锡晋. 模型集成 [J], *系统工程学报*, 2001, 16 (5): 322-329.
- [17] 胡代平, 王浣尘. 建立支持宏观经济决策研讨厅的预测模型系统 [J]. *系统工程学报*, 2001, 16 (5): 335-339.
- [18] 顾基发. 意见综合——怎样达成共识 [J]. *系统工程学报*, 2001, 16 (5): 340-348.
- [19] 唐锡晋. Towards Consensus Understanding and a Distributed Computerized Support [R]. 研究报告 NO. AMSS-2001-10, 中国科学院数学与系统科学研究院, 2001.
- [20] 顾基发, 唐锡晋. 有关系统集成研究的若干进展 [A]. 西部开发与系统工程 (顾基发主编) [C], 中国系统工程学会第 12 届年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2002. 329-335.
- [21] Nakamori Y. Towards supporting technology creation based on knowledge science [A]. Chen G Y, Cheng T C, Gu J F. eds. *Systems Science and Systems Engineering* [C], Global-Link Publisher, 2003. 33-38.
- [22] 顾基发, 唐锡晋. Meta-Synthesis Knowledge System for Complex System [R]. 研究报告 No. AMSS-2001-11, 中国科学院数学与系统科学研究院, 2001.
- [23] 舒光复. 系统集成系统重构及宏观经济研究中的应用 [J]. *系统工程学报*, 2001, 16 (5): 349-353.
- [24] 葛全胜, 陈泮勤, 张雪芹. 全球变化的集成研究 [J]. *系统工程学报*, 2001, 15 (4): 461-466.
- [25] <http://159.226.136.234/tiprip.SPT-FullRecord.php?Resourced=119151>.
- [26] 王慧斌, 徐小群. 系统集成研讨厅体系及应用研究 [J]. *信息与控制*, 2001, 30 (6): 516-521.
- [27] 甘邯, 陈学广, 王运丰. 企业信息系统建设策略 [J]. *中国计算机报*, 2000 (5): 20.
- [28] <http://www.cas.ac.cn/asp/s/showpoem.asp?infono=6505>.
- [29] <http://www.greencamp.org.cn/2001.ziliao.lancangriver.htm>.
- [30] [Www.mie.gov.cn/2003.6.6/down.doc](http://www.mie.gov.cn/2003.6.6/down.doc).
- [31] 杨建平, 杜端甫. 重大工程项目风险管理中的系统集成方法, <http://www.pmcn.net/2004/4-27/125626.html>.
- [32] 胡晓峰, 徐瑞恩. 战争复杂性与信息化战争模拟 [C]. 国防大学, 2003.
- [33] 常显奇, 李元左, 刘曙云, 姜振东, 李祥, 齐小刚. 空间军事系统系统集成研讨厅内容体系的研究与建设 [J]. *系统工程理论与实践*, 2002, 22 (6): 86-90.
- [34] 司光亚, 胡晓峰, 吴琳. “决策”系统: 构建战争决策系统集成研讨与模拟环境的实践与思考 [A]. 战争复杂性与信息化战争模拟 [C] 2003. 7-53.
- [35] 王书敏等. 作战决策系统集成研讨体系的几点思考 [A]. 军事系统工程理论创新与实践 (包富红等编) [C]. 北京: 军事科学出版社, 2000. 21-24.
- [36] 何晶, 娄寿春, 王刚. 网络化防空作战系统集成方法研究 [A]. 战争复杂性与信息化战争模拟 [C] 2003. 77-82.
- [37] 胡晓惠. 研讨厅系统实现方法及技术的研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2002, 22 (6): 1-10.
- [38] 王春恒, 肖柏华, 戴汝为. 手写汉字的并行紧致集成识别方式 [J]. *中国科学 (E 辑)*, 2003, 33 (10): 906-911.
- [39] *系统仿真学报*. 2002, 14 (11); <http://www.china-simulation.com/preview/0201.htm>.
- [40] NSFC 重大项目 (79990580) 第三子课题“支持宏观经济决策系统集成方法体系与系统学研究”研究报告 [R]. 2004.

- [4] D J Watts. 小小世界 [M]. 陈禹, 张巧婷, 刘颖等译. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
- [5] R Albert, A-L Barabasi. Mean Field theory for Scale Free Network [J]. *Physica A*, 1999, 272: 173-187.
- [6] *discuss. santafe. edu\robustness*

New Progress on the Network for the Human Being

CHEN Yu

(*Renmin University of China, Beijing 100872, China*)

Abstract: The concept of network has been considered for a long time. However, as the rapid development of the computer-based network (Internet and WWW), the understanding of human being on network has been changed dramatically during these years, both in conceptual level and evaluative rules. As one of the most important entrance of system thinking, these progress will influence science and society deeply. This paper has discussed two new theories emerged these years, so-called small world network and scale free network. Their basic concepts and implication have been discussed. Based on our lab's research this paper also provides some theoretical view point on the network research. Some open topics and direction have been briefly mentioned also.

Key words: network; complex system; small world network; scale free network

(上接第 7 页)

Metasynthesis Approach: Theory and Applications

GU Ji-fa, TANG Xi-jin

(*The Institute of Systems Science, Academy of Math & Systems Science, CAS, Beijing 100080, China*)

Abstract: This paper introduces the research overview on metasynthesis approach abroad and at home and some research results in the major project supported by NSFC.

Key words: metasynthesis approach; synthesis on experts' opinions; model integration