

文章编号:1000-6788(2002)10-0002-06

综合集成与知识科学

顾基发, 唐锡晋

(中国科学院系统科学研究所 北京 100080)

摘要: 对以钱学森教授为主首创的处理开放复杂巨系统问题的方法——综合集成以及知识科学近年来的发展作一个简要的综述。首先介绍了日益引起重视的知识科学,给出我们对知识科学的整体认识;接着介绍了国内外一些综合与集成方法,并介绍了作者根据近年来的研究而提出的综合集成知识系统,最后以可持续发展和宏观经济决策2个案例来说明两者的结合。

关键词: 综合集成; 知识科学; 综合集成知识系统

中图分类号: N945

文献标识码: A

Meta-synthesis and Knowledge Science

GU Ji-fa, TANG Xi-jin

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

Abstract: In this paper we review the development of meta-synthesis and knowledge science briefly. The meta-synthesis approach is a method for solving the open giant complex systems problems proposed by Professor Qian Xue-sen and his colleagues. With the development of information technology, research on knowledge sciences has been gaining more and more foci. The movement and a revised framework about knowledge science are proposed. Some synthesis research and integration methods home, abroad and our views are presented. Finally, we propose the meta-synthetic knowledge system together with two examples.

Key words: meta-synthesis; knowledge science; meta-synthetic knowledge system

1 前言

自1990年钱学森、于景元和戴汝为提出综合集成系统方法论已过去了十年^[1]。国内外有关研究都有了很快的发展。这里我们仅就近年来结合在日本北陆先端科学技术大学院大学(Japan Advanced Institute of Science and Technology—JAIST)知识科学学院的研究调查试图形成综合集成知识系统。

2 知识科学的发展

知识科学作为一门新的学科,近年发展极快,但尚无一个较为统一的定义,从JAIST于1999年访问欧美等11个国家40多个研究院所与大学后撰写的调查报告看,可以从4个方面来看知识科学^[2]。

2.1 从社会科学看知识科学

该视角认为现在社会已进入以知识经济为基础的社会,强调知识经济、知识管理、知识社会和知识创造等。特别野中郁次郎提出的知识创造公司、组织的知识等概念已为不少企业所认可。

2.2 从信息科学看知识科学

该视角强调知识工程、人工智能、专家系统和知识库等。主要是研究人的知识如何为计算机所获取、贮存、加工和传递等。他们研究的知识管理体现在一套计算机的软件的实现和应用,目前国际上已有不少大

收稿日期:2002-03-21

资助项目:国家自然科学基金重大项目(79990580)

作者简介:顾基发(1935—),男,博士,研究员,目前为国际系统研究联合会主席,长期从事系统方法论、系统工程理论的研究与实践;唐锡晋(1967—),女,博士,副研究员,研究领域:综合集成与决策支持

公司编制出用于知识管理的系统软件。

2.3 从自然科学看知识科学

该视角主要研究各种自然科学的发展和体系化,研究科学学,还有从生物角度研究脑科学、思维科学以及学习理论。

2.4 从系统科学角度看知识科学

该视角把知识作为知识系统来研究,提出了知识系统工程,知识的集成和综合。最后有人从复杂科学角度去研究知识系统。

2.5 知识科学的一般描述

知识可按不同用途、不同性质和不同类型可分成

- * 个人知识、组织知识、社会知识
- * 自然科学、社会科学、工程科学
- * 隐性(tacit)知识、显性(explicit)知识
- * 可编码的知识、不可编码的知识等

野中郁次郎提出的关于知识的 4 种转化模式 SE-CI,即由隐性知识转向显性知识过程中分成共同化(socialization)、表出化(externalization)、结合化(combination)和内面化(internalization)等四个模式,在不同模式中可以采用不同的方法来帮助实现^[3]。

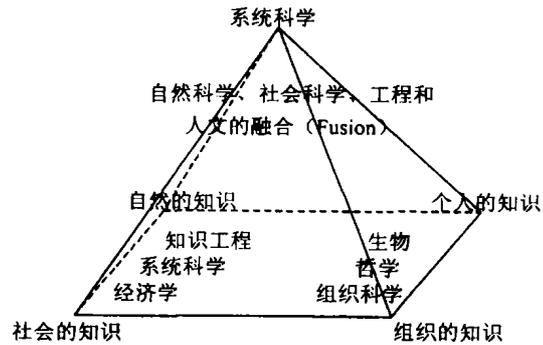


图 1 整体的知识科学

2.6 从整体来看知识科学

JAIST 知识科学学院用图 1 来表示知识科学的整体,作者通过在知识科学学院工作以及与该学院的教授的交流逐渐形成以下的看法。

1) 知识科学运动

在知识形成过程中,开始分别以自然科学,社会科学和工程科学形式出现。特别是知识科学学院的教员背景 46%出身信息科学,18%为自然科学和 36%为社会科学(见表 1),而学生中有 21%来自信息科学,37%来自自然科学,而 42%来自社会科学。这里我们顺便把 JAIST 另两个学院(信息科学学院、材料科学学院)的学生成分也一并列于表 2。

表 1 知识科学学院的教员出身比例

信息科学	自然科学	社会科学
46%	18%	36%

表 2 JAIST 三个学院的学生出身比例

	信息	自然	社会
知识	21%	37%	42%
信息	56%	32%	12%
材料	94%(材料)	4%	2%

当然这两个表中的数字近两年有所变化,但从其基本趋向可以看出知识科学学院的师生们的确是文理交融的,而学生也在三个方面都受到了教育。我们画了一个知识科学的运动图以表示知识科学的综合特性(见图 2)。

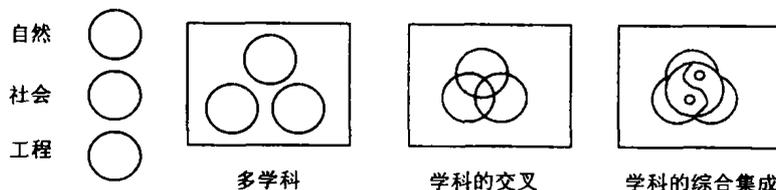


图 2 知识科学的运动

2) 改造后知识科学的总体

对于知识科学的总体我们也以综合集成为中心加以改造成(见图 3)。

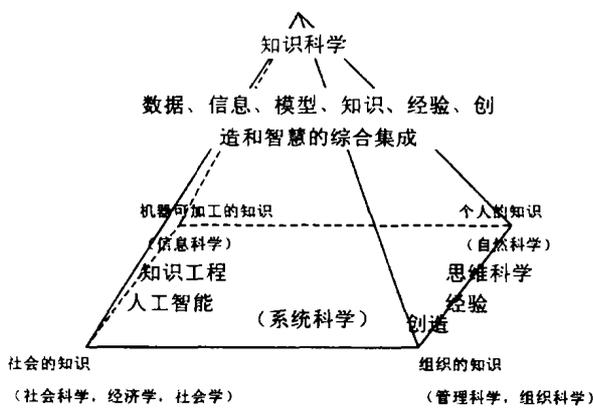


图3 修正了的整体的知识科学

3 综合集成方法论

钱学森、于景元和戴汝为提出综合集成方法论已有十年多了,这个方法论的完整表述是“从定性到定量综合集成方法,其实质是专家体系、统计数据和信息资料、计算机技术三者有机结合,构成一个高度智能化的人机交互系统,它具有综合集成各种知识,实现从定性到定量认识的功能。”(摘自于景元同志《系统科学与科学技术革命》一文)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,后来又用于军事、武器评价,宏观经济和可持续发展以及文字识别中。

4 其他综合和集成方法

在国际和国内还提出其它综合和集成方法,他们与综合集成方法有某种相通或可用于综合集成中。

4.1 分布式专家系统(DES)的综合^[4]

张和张从1992年起就对分布式专家系统(DES)如何综合作了研究,他们对可能的综合情况、方法论的综合策略都作了系统研究,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,而且给出4种不同类型的专家系统:同质DES、部分同质DES、部分异质DES和异质DES。对于不同的综合情况,他们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种方法论:分析方法和归纳方法。

4.2 全面研究综合^[5]

对文献调查的综合一般使用传统的描述性总结的方法,这当然是定性的。国外学者提出了定量的总结方法,如Meta-analysis,它是一种统计方法将文献汇总并定量地集结起来,它比定性方法更精确,不单可表明今后研究方向,而且有定量指标,其基础是文献的影响因子。但这个方法的缺点是忽略了那些无法计算影响因子的工作(如我国有些大科学家他们在中国自己杂志上发表了自已的好文章,而杂志不为SCI所引)。为改进上述2种方法,Slavin提出了“最佳证据综合”方法(Best-evidence synthesis),从理论上使以上2个方法互补,把那些没有计算出影响因子的重要文章也考虑进去了^[6]。第4类综合方法是解释性综合方法,包括了Jensen和Allen的“Reciprocal Translational Synthesis”^[7],Noblit和Hare提出的“Refutational Synthesis”和“Lines of Argument Synthesis”^[8]。这类综合方法主要认为定性研究的综合应当是解释性的,而不是集结性的,这是他们考虑了个别文献的发现。这类方法是让人们更全面地了解现象、内容和文化。Suri认为这4种综合方法各有优缺点,因此提出了“全面研究综合”(Comprehensive Research Synthesis)她认为的综合研究过程应是归纳和解释的,而不是一套严格的方法和步骤^[9]。从2000年起到2005年止Sandelowski和Barroso正在搞由美国国家护理研究所资助的项目:“定性综合集成的解析方法”值得重视^[10]。

4.3 综合集成系统重构

Klir在1976年就提出重构分析(Reconstructability Analysis),重构分析的目的是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的2个问题。前者从分系统信息来推断整个系统的信息,后者是对于一个给定的总系统如何将它剖分成尽可能小的子系统,再让它用子系统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。结果发现将知识放进去的重构分析预测精度有显著改善^[11]。

4.4 概率风险评估(PRA)方法中的集成

PRA是美国宇航局(NASA)在50年代就提出来的用于评估大型复杂系统的安全性的方法论。开始

用于空间计划,后来被美国核能系统所应用,早期对安全性的研究也是定性方法为主。例如故障模式及效果分析(Failure Mode and Effects Analysis)、危险分析(Hazard Analysis)等,后来转为定量方法,如故障树分析等。PRA 既包括了定性方法也有定量方法,更重要的还吸取了专家经验,却在评估阿波罗飞船安全性时失宠。但是核能部门始终坚持在用。1986 年挑战者号飞船出事后又重新被要求使用,特别在欧洲宇航局 ESA 被很好地应用,而且被形成规范。我们认为 PRA 方法确实是基于实验数据、多种信息、专家知识和数学模型合成一体来对安全性加以评估的,我们也曾用它对我国航天部门某型号运载火箭进行了安全性评估^[12]。

4.5 利用人工智能的合作性综合方法论

这是由日本科技振兴会(JSPS)资助的一个未来规划的研究“综合的科学”(1997—2002)的一个项目组提出来的,主要用于工业生产和设计中。这个项目分成 3 个子课题:1)设计和生产的合作机理;2)合作综合的智能信息处理平台;3)在综合中知识获取和利用。其研究计划主要是 4 个方面:1)知识的获取;2)知识的系统化(用于综合的知识);3)知识的集成(设计集成的平台);4)知识的利用。在综合过程中,他们非常强调本体论。以本体工程为基础,研究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^[13]。

5 综合集成知识系统(MSKS)^[14]

当我们将各种数据、信息、模型、专家经验以及智慧等和一般意义上的知识都看成知识系统的一部分。只不过可以把数据、信息和一般意义上的知识看成已经存在的而加以简单整理过的知识,专家经验的知识则往往是有有一定动态性以及现场性,而模型则是将已有数据、信息、一般知识加上专家经验后,用较为逻辑的形式表达出来,而通过加工而引出新的知识。智慧则更是创造和活用知识。提出综合集成知识系统则是希望把它们都看成一个整体来加以运作。下面我们通过两个范例来进一步解释。

5.1 面向可持续发展的知识管理系统

在 80 年代末 Sawaragi, Nakayama 和 Nakamori 提出西那雅卡(Shinayakana)系统方法,强调在处理复杂系统是要有 3 个“*I*”(Interactive, Intelligent, Interdisciplinary),而研究人员的态度应有 3 个“*H*”(Honesty, Humanity, Harmony)。他们虽然有定量模型,但很注意专家知识和专家判断的应用,特别是处理日本环境的预测问题便是这样做的^[15]。而上世纪 90 年代末由于 Nakamori 到 JAIST 知识科学学院工作后,更看重了与知识的结合以及人的结合,加强了定性调查,加强了模型与知识的集成以及强调了创造,提出了 i-system(Intervention-“行”, Integration-“统”, Imagination-“想”, Intelligence-“理”, Involvement-“缘”),在数量工具方面加强了能模拟社会行为的 Multi-agent 技术的运用^[16]。目前正用于日本石川县的环境问题研究。

5.2 面向宏观经济决策的综合集成知识系统

1999 年国家自然科学基金委员会(NSFC)批准了“支持宏观经济决策的人机结合综合集成体系研究”的重大科学基金课题。由戴汝为、于景元、顾基发作为主持人并由 10 多个高等院校、科研院所和有关国家经济部门参加研究,历时 4 年,课题分成 4 个子课题^[17]:

P_1 . 人机结合综合集成体系雏形及其支撑环境的研究

P_2 . 宏观经济信息、模型体系及其功能研究

P_3 . 支持宏观经济决策综合集成方法体系与系统学研究

P_4 . 与宏观经济决策有关的认知与知识发现技术(KDD)的研究

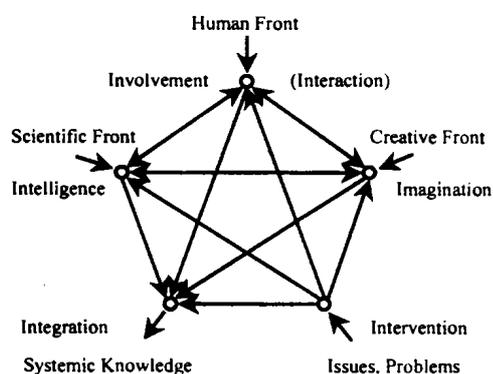


图 4 i-系统

现今已过去了2年多,已建立了初步可演示人机交互的研讨平台(研讨厅),并搞了一个模拟的有关GDP趋势预测的专家讨论。建立了一系列经济模型和数据库,还有案例库,特别是建立了一些新经济模型。在综合集成方法方面也开发了一系列软件,初步对一些数据、信息、知识等加以集成。在KDD方面也已开发出一些有用软件。

这里我们着重介绍我们所承担的子课题P3正在进行几项相关工作。

5.2.1 模型集成

唐锡晋对模型集成进行了综述性研究,考察了几个主要流派,并概括分析了实现模型集成的三种方法^[18]:从上到下(Top-Down)、以下到上(Bottom-Up)、系统方法(System Approach)。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DOME是由美国麻省理工学院CAD实验室开发的以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。最近用于解决环境问题^[19,20]。SWARM是圣菲研究所开发的基于Multi-agent模拟技术,已经广泛用于社会、生物以及经济等有关领域^[21]。由美国海军研究生院的H. Bhargava, 卡内基-梅隆大学的R. Krishnan和德国Humboldt大学的R. Muller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^[22]。重大课题组已有同志利用SWARM或自行开发的multi-agent系统研究一些经济问题,胡代平和王浣尘利用Agent技术对宏观经济预测模型加以集成^[23]。

5.2.2 专家意见集成(达成共识)

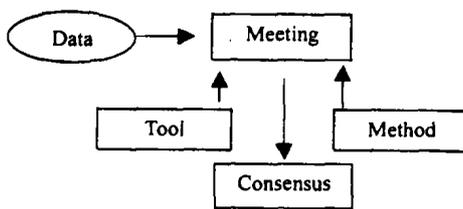


图5 DMTMC系统

综合集成研讨厅中一个重要环节是经常邀请专家和决策者利用研讨厅开会,对一些问题发表意见,进行讨论,若意见一致则问题很快解决;若由于对问题认识不够深入,或者因代表不同学派、不同利益集团,则意见难于取得一致。为了取得共识,我们提出了DMTMC(Data-Meeting-Tool-Method(Model)-Consensus)系统(见图5)。

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(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(即会场)和无形的场(会议气氛),英国的学者认为Ba就是物理-事理-人理系统方法(WSR方法论)中的人理(Ren-li)。而Data这里理解为广义的“数据”,包括数据、信息、案例和知识,也可以经过Data Meeting以后提供的数据和知识,它们必须是现场或可以通过研讨厅可获取的“数据”。Tool主要指研讨厅提供多种先进电子和通信技术的会议工具,用于显示、传递和加工多种信息。Method则泛指多种分析方法,特别是多种模型以及模型的集成,定量方法和定性方法,以及综合集成的方法。最后为了取得共识,还要提供有关共识的方法^[24,25]。

由于篇幅所限,这里只介绍了两个范例中的部分成果和结果,不少工作正在进行之中。关于第2个范例中部分结果还可参考2001年16卷第5期系统工程学报“综合集成与复杂系统专辑”。

最后谨以此文怀念去世的许国志院士,感谢他对我们研究工作的支持和谆谆教诲。

参考文献:

- [1] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域——开放复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志,1990,13(1): 3-10.
- [2] Nonaka I. Current research of knowledge science in europe and USA [R]. Technical Report No.10041214, School of Knowledge Science, JAIST, October 1999.
- [3] Nonaka I, Takeuchi H. Knowledge-Creating Company [M]. Oxford University Press, 1995.
- [4] Zhang M J, Zhang C Q. Potential cases, methodologies and strategies of synthesis of solutions in distributed expert systems [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1999, 11, (3): 498-503.
- [5] Sandelowski M, Docherty S, Emden C. Qualitative metasynthesis: issues and techniques [J]. Research in Nursing & Health, 1997, 20, 365-371.

- [6] Slavin R E. Best-evidence synthesis: an alternative to meta-analysis and traditional review [J]. *Educational Researcher*, 1986, 15 (9): 5—11.
- [7] Jensen L A, Allen M N. Meta-analysis of qualitative findings [J]. *Qualitative Health Research*, 1996, 6 (4): 553—560.
- [8] Noblit G W, Hare R D. *Meta-ethnography: Synthesizing Qualitative Studies* [M]. Newbury Park: Sage Publications, 1988.
- [9] Suri H. The process of synthesizing qualitative research; a case study[OL/EB]. <http://www.latrobe.edu.au/aqr/offer/papers/HSuri.htm>
- [10] Sandelowski M, Docherty S, Emden C. Qualitative meta-synthesis: issues and techniques [J]. *Research in Nursing & Health*, 1997, 20: 365—371.
- [11] 舒光复. 综合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.
- [12] 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.
- [13] A methodology of collaborative synthesis by artificial intelligence [EB/OL]. <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/announce/jsps/frame-e.html>
- [14] Gu J F. Meta-synthesis knowledge system [R]. Research Report AMSS—2001—7, 中国科学院数学与系统科学研究院, 2001.
- [15] Nakamori Y. Development and application of an interactive modeling support system [J]. *Automatic*, 1989, 25 (2): 185—206.
- [16] Nakamori Y. Knowledge management system toward sustainable society [A]. *Proceedings of International Symposium on knowledge and Systems Science: Challenges to Complexity, JAIST[C]*, 2000, 57—64.
- [17] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金重大项目简介 1996—2000 [M], 科学出版社, 2001. 191—193.
- [18] Tang X J. Model integration [A]. *Science of Complex System 5, Fujitsu Chair for Science of Complex Systems, JAIST[C]*, 2001, 1—56.
- [19] Pahng F, Senin N, Wallace D. Distributed objected-oriented modeling and evaluation design problems [J]. *Computer-aided Design*, 1998, 30(6): 411—423.
- [20] Steven K, Wallace R, et al. , An integrated computational infrastructure for a virtual Tokyo: concepts and examples [EB/OL]. CAD Lab Publications, MIT, 2000, <http://cadlab.mit.edu/publications/01-kraines-jie/abstract.html>.
- [21] <http://www.swarm.org/>.
- [22] Bhargava H K, Krishnan R. Decision support on demand: emerging electronic markets for decision technologies [J]. *Decision Support Systems*, 1997, 19(3): 193—214.
- [23] 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.
- [24] Tang X J. Towards consensus understanding and a distributed computerized support [R], Research Report AMSS—2001—10, 中国科学院数学与系统科学研究院, 2001.
- [25] 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.