

综合集成与决策

操龙兵 戴汝为
(中国科学院自动化研究所人工智能实验室 北京 100080)
(longbing.cao@mail.ia.ac.cn)

摘 要 在探索“从定性到定量的综合集成法”提出的动机与基本原理的基础上,讨论了综合集成与决策之间的关系,认为从定性到定量的综合集成体系的研究不能局限于决策与决策支持系统,而应将其视为科学创新的方法论.面对当前众多复杂的重大决策问题,应以综合集成理论作为决策研究的指导,建立综合集成型决策支持系统.

关键词 复杂决策问题;从定性到定量的综合集成法;决策;综合集成型决策支持系统

中图法分类号 TP11

On Metasynthesis and Decision Making

CAO Long-Bing and DAI Ru-Wei
(AI Laboratory, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract On the basis of the analysis of the motivation and the principle of metasynthesis from qualitative to quantitative, the relationship between metasynthesis and decision-making is discussed, and the research of metasynthesis is supposed to be beyond the limit of decision-making and decision-making systems. However, it should be regarded and utilized as a new methodology of science innovation. In terms of so many complex key decision-making problems, an approach to a metasynthetic decision-making system is proposed based on the theory of metasynthetic engineering.

Key words complex decision-making problems; metasynthesis from qualitative to quantitative; decision making; metasynthetic decision-making system

1 引 言

1978 年著名科学家钱学森院士等发表的《组织管理的技术——系统工程》^[1]一文,与 1990 年钱学森院士等发表的《一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》^[2]一文,被系统科学界称为我国系统科学发展的两大里程碑;并由此掀起了系统工程与复杂系统研究的热潮.这种局面与目前世界上正受到普遍关注的复杂性科学^[3]的研究是有关的.

在上述研究成果基础上,为处理社会系统这类的复杂巨系统及其有关的决策问题,钱学森院士

等以“系统论”的观点,总结两弹一星与现代化建设中的重大工程实践经验,结合研究现代科学技术体系与实践成果,提炼出来“从定性到定量的综合集成法”与人机结合、以人为本的“综合集成研讨厅体系”^[4,5],作为处理这类问题的方法论与工程技术.

当前,诸如西部大开发、全球化、Internet 等诸多重大复杂问题需要进行决策,由于这类问题本身的复杂性与关系国计民生,决策的科学化与民主化受到越来越多的关注.综合集成理论是实现决策科学化与民主化的有效途径,受到国内从事决策理论与技术研究者的普遍重视.

目前,国内关于综合集成理论的研究具有如下特点:从事综合集成研究的机构与人员比较多的来

自系统科学、管理科学以及社会科学界;研究的动机主要的是从系统工程、管理复杂性等角度进行;研究的方法与途径比较多的采用这些领域中的方法与途径. 这些研究在揭示人类对复杂巨系统的认识过程、群体专家的决策与意见整合等方面取得了进展,并被系统科学与管理科学界视做推行决策科学化与民主化的重要途径与技术. 这些研究的出发点是研究如何通过群体专家对复杂巨系统问题进行研讨决策;工程技术途径是将综合集成研讨厅建成一个有群体专家参与的决策支持系统.

从上述角度出发,使得综合集成理论与工程技术的研究具体化为群体专家决策与群决策支持系统的研究,从而综合集成研讨厅从功能与用途上成为一个“人作为系统组成部分”的决策支持系统. 这些研究的确具有领域背景与针对性,但却因此使很多人特别是从事系统科学与管理科学研究的人往往甚至仅仅局限于决策功能和与之相关的思想方法. 特别是在工程实现上受决策支持系统体系结构的影响,而将综合集成研讨厅视做一种特殊的决策支持系统加以处理.

我们认为,这种现象的出现不利于综合集成理论的深化与推广(文献[5~7]从人工智能、智能系统的演化角度探讨了综合集成理论与工程化问题. 文献[8]讨论了针对实际复杂问题应用这一思维成果构筑该问题的决策支持研讨厅的一些关键方面,从而使基于 Internet 的综合集成研讨厅成为可能实现决策科学化、民主化的信息系统. 文献[9]进一步就开放巨型智能系统设计中的若干关键问题进行了探讨). 为此,有必要分析综合集成与决策的关系.

本文首先分析综合集成理论提出的动机与基本原理,然后重点讨论综合集成与决策、综合集成研讨厅与决策支持系统之间的关系,认为从定性到定量的综合集成体系的研究不能局限于决策,而应视之为一个对整个科学技术工作具有普遍指导意义的科学方法论与复杂系统研究与设计的指导思想. 面对当前众多复杂的重大决策问题,应以综合集成理论作为指导,建立综合集成型决策支持系统.

2 综合集成理论

钱学森院士在提出开放的复杂巨系统理论时,指出处理开放的复杂巨系统的方法论是“从定性到定量的综合集成法”. 这种思想体系的实质是要把各方面有关专家的知识与才能、各种类型的信息与

数据、计算机为中心的信息网络系统三者有机地结合起来,构成一个人机协作的智能系统. 该系统成功应用的关键在于系统整体与综合优势的发挥.

在此基础上,钱学森院士总结学术讨论班、军事技术、人工智能与智能系统、系统学等经验,进一步指出综合集成法的目标是要建成一个人机结合、以人为主、从定性到定量的综合集成研讨厅体系^[10]. 这个用来处理复杂巨系统问题的“厅”实际上是一个人机结合的巨型智能系统^[11].

对于综合集成理论的实践与应用,钱学森院士的思想也在不断的前进. 他曾经提到,应用综合集成法需要 3 个要素,实现综合集成需要采用系统工程方法,但又不能简单化,需要引入知识工程、人工智能的成就,即借助思维科学的方法;并进一步指出,实现这一从定性到定量的综合集成技术,实际上是思维科学的一项应用技术^[4]. 理解这句话既需要领会钱学森院士提出综合集成思想的背景与基本原理,还需从钱学森院士所界定的思维科学体系着手^[12].

研究复杂巨系统需要处理大量的信息与知识,特别是需要群体专家的定性知识的参与,通过人机结合、但又必须是以人为主的形式,才能比较准确地把握复杂巨系统问题的现象与本质,既统揽全局,又能抓住关键. 实现上述过程与目标的途径,是要在综合集成方法论的指导下,充分利用现代科学技术体系,特别是以计算机网络为中心的信息技术,建立人机结合与人网结合的智能系统,这就是综合集成技术. 实际上,从工程技术学科出身的钱学森院士,总是强调实践,强调在理论的指导下,把具体的东西做出来;他在倡导综合集成方法论,也同样相应地提出了可行的工程方法——综合集成研讨厅.

近些年来,钱学森院士十分关注信息技术的发展,关注信息技术革命与 Internet 带来的新机遇,特别是认为对人的思维将产生重要影响;将出现人机结合的思维方式,大大提高人的创造性思维能力,将会使人的智能发展到一个新的阶段,出现“集大成,得智慧”的境界. 所以,研究综合集成既要研究它的方法论体系,更应重视把它作为一项工程技术进行实现与应用的途径与方法.

3 综合集成与决策的关系

从综合集成理论的形成历程和实践基础看,它是对学术民主以至科学的民主集中制的发展. 从实践的

角度看,面对实际的复杂巨系统问题,总是要一步一步地建立问题求解的信息处理系统,也就是建立研讨厅.这个研讨厅的一项重要职能是辅助决策,所以应具备决策支持的功能.从这条线索出发,综合集成与决策具有密不可分的联系.但是,综合集成理论与决策是处于两个不同层次的问题,二者之间存在本质的区别.认识清楚二者之间的关系,对于理解与应用综合集成理论与建设综合集成研讨厅是至关重要的.本文从以下方面探讨二者之间的关系.

3.1 所研究问题的性质不同

综合集成理论是针对开放的复杂巨系统这一特定领域而提出的方法论与工程技术,所处理的问题比一般决策问题要复杂得多.这类问题的特殊复杂性主要表现为问题为非结构化甚至是没有结构或者说结构不清的.这种复杂程度已经到了需要多个领域组成的专家群体的经验与常识知识才能对问题做出定性的假设,而这一步是最困难的,主要应依靠专家的定性知识.决策支持系统^[13]所面临问题的结构化程度一般比较好,甚至是已经结构化或半结构化了的,主要采取的是定量化的手段(基于逻辑思维的精密科学的成果).

3.2 科学指导方法不同

由于问题复杂性层次上的差别,进行问题求解的科学指导方法有根本性的不同.综合集成的问题求解采取从定性到定量的综合集成法,通过群体专家与机器的协作,达到对问题本身认识的深化、细化与具体化,使得问题结构更为清楚,并进而找出处理方案与途径;这个过程强调人文科学(专家的定性知识,体现在专家形象思维、逻辑思维与创造性思维的综合)与自然科学(采用模型与仿真的技术、以及现代科学技术成就)的结合,并着重于如何实现从人文科学到自然科学的过渡.

可见,综合集成法体现了人认识客观世界的规律是从感性认识上升到理性认识的过程;就思维过程而言,则反映了从以形象思维为主的经验判断过渡到以逻辑思维为主的精密论证的过程^[11].

决策支持主要采取精密科学的方法.尽管在群体决策与组织决策支持系统中也包括专家讨论与会议的组织等与人有关的环节,但主要是借助于发挥计算机实现的求解部件的性能.这里所采取的方法与综合集成所体现的过程的不同,是由于各自所面临问题的系统复杂性所决定的.

3.3 人和机器的角色与作用不同

综合集成理论强调在问题求解过程中应坚持人

机结合、以人为主的路线,原因是问题的复杂性决定专家和专家群体的知识特别是他们的定性(以形象思维为主)知识的作用在问题描述与分析、问题求解、结论评价等方面起主导作用.系统中的人主要是群体专家.专家群体既是问题求解系统中贯穿整个过程的关键组成部分,也是系统的用户;人机关系是“人帮机,机帮人”的关系.

现有的决策支持系统均是以计算机为基础的信息处理系统,即使在群体决策和组织决策中有人和组织的参与,但仍然是以计算机为主的,主要是要发挥计算机的问题求解能力,人的作用主要体现在求解伊始的问题结构化与决策支持结论的整理与评估;系统中的人不一定要是群体专家,人不一定是系统的构成部分,其中的人机关系是“人帮机”的关系.决策支持系统的使用效果取决于系统开发质量的高低与技术方案的优劣,而不是专家群体的组成合理性与群体专家知识的充分发挥(而在综合集成研讨厅中,之所以群体专家成为问题求解的关键,是因为复杂巨系统问题的复杂性到了只有群体专家才有可能认识的程度).

3.4 系统体系结构不同

综合集成所研究的复杂巨系统的特点决定了:①专家体系的构成以及专家体系的工作过程与效果如何,是问题求解系统的最关键环节;②由于涉及的问题求解的知识体系是现代科学技术体系,从而使综合现代科学技术体系的知识发现、组织、表达、推理成为极其重要的方面,在这方面以 Internet 平台与技术为核心的现代信息技术可以提供强大的技术手段.综合集成研讨厅所采用的系统体系结构应该是集专家体系、机器体系与知识体系于一体的人机协作的智能系统,其系统构成应该根据问题的需要,综合与扬弃包括各种决策支持系统的方法与技术优势在内的现代科学技术成就,特别是要遵循与发挥思维科学中关于复杂问题认知过程的研究成果.

从技术上建立的处理某一特定复杂巨系统问题的综合集成研讨厅,特别要重视群体专家的感知与认知、意见整合,人机结合与分布环境的支持,人工智能中的规则、逻辑、专家系统,知识工程、知识发现与数据挖掘技术,复杂软件系统设计技术等的应用;研讨厅应力图实现人机结合的复杂问题求解系统体系,实现从定性到定量的求解过程,最终得出对问题的整体性的定量认识.

决策支持系统则主要采用由计算机实现的多库理论与多种决策支持方法,以发挥计算机在模型、方

法、案例、知识、数据管理等方面的功能为主,以及计算机对于人与组织参与决策的支持.

3.5 功能不同

从社会价值角度看,综合集成理论为社会系统中复杂问题决策的科学化与民主化提供了思想方法与工具;但是综合集成理论是针对处理复杂巨系统问题的方法论与技术途径而提出的,这套体系对于处理复杂问题是有普遍性的指导与参考价值的,它的功能还有超越决策支持的更多的内涵,应结合具体的问题领域发挥这一理论相应的功能,比如在手写汉字识别中的成功应用^[14],体现的主要不是决策的功能.决策支持系统是为决策而设计的,专注于科学决策所需要的决策方法研究与决策系统的设计,提供可供决策支持的结论.

3.6 科学方法论意义

钱学森院士认为,凡现在不能用还原论方法处理的,或者不宜用还原论方法处理的问题,而要用或宜用新的科学方法处理的问题,都是复杂性问题,复杂巨系统就是这类问题.从定性到定量的综合集成法是针对这类问题而提出的科学方法论与工程技术.

综合集成理论对于整个科学体系的贡献,就如同微积分对于自然科学的贡献一样.在工程技术上,为复杂问题的求解、复杂智能系统的设计、大型系统工程的处理提供一套具有思维创新特点的、普适性的指导原则、思想方法与技术路线.

综合集成理论处于面向、服务于并对整个科学界有指导意义的层次,是一种新的科学方法论.其科学价值体现在它吸收了还原论方法与整体论方法的长处,同时又弥补了各自方法的局限性,是对还原论与整体论的扬弃与综合,是二者辩证统一的系统论方法.从这个意义上讲,综合集成法是既超越了还原论,又发展了整体论的科学方法论.作为方法论,它的理论基础是思维科学,方法基础是系统科学与数学科学,技术基础是现代信息技术,哲学基础是马克思主义实践论与认识论^[11].

可见,综合集成理论着眼于处理复杂巨系统问题的方法体系与实践途径的研究,而不仅仅局限于决策目的.综合集成研讨厅是作为处理开放的复杂巨系统问题的工程技术,系统功能也远不止于决策支持;根据所考虑问题的角度与出发点的不同,研讨厅作为信息系统会有不同的表现形式;但是,综合集成研讨厅体系的核心问题是如何针对具体的复杂巨系统问题建立一套可以用来处理该问题的具体的思想方法、体系结构、功能模块等.

只从决策的角度去看待与研究综合集成理论,或者将综合集成研讨厅体系等同于决策支持系统,对于深化与实践综合集成理论、建设具体的综合集成研讨厅都是一大思想障碍.从事决策与决策支持系统研究的人只有拓宽眼界,深入领会综合集成理论的实质,才能认清开放的复杂巨系统作为一个新的科学领域提出来的意义,才能领略到综合集成法的重大科学方法论意义,才能充分发挥综合集成法与综合集成研讨厅在处理具体复杂巨系统问题中的威力,并成为思维创新、智力开发与科学创新的支持与动力,从而为新世纪国家现代化建设中的重大决策的科学化与民主化、科学创新建设发挥巨大作用.

4 以综合集成理论指导复杂决策问题与决策支持系统的研究

综合集成理论提出的背景与社会价值,使得它与决策具有密切联系,可以而且应该作为决策与决策支持系统研究的方法论指导与工程技术路线.从决策的角度可以认为综合集成研讨厅是决策支持系统的高级形式,而基于综合集成理论指导构建综合集成型决策支持系统应是决策理论与决策支持系统的发展方向.

4.1 以综合集成理论作为当前所面临的复杂决策问题的理论指导

目前,所面临的需要进行决策或以决策支持系统的形式加以处理的问题正变得越来越复杂,比如 Internet 上的安全问题、可持续发展问题、西部大开发问题等.这些重大决策问题的突出特点是人的因素构成问题的重要甚至是主要方面,并表现出开放性、层次性、社会性与演化性等特性^[9].

开放性:指问题与外部环境及其他系统之间存在能量、信息或物质的交换.具体包括:①系统与系统中的子系统分别与外界有各种能量、信息或物质交换;②系统中的各子系统通过学习获取知识.

层次性:问题中从已经认识的比较清楚的子系统到可以宏观观测的整个系统之间层次很多,甚至有几个层次也不清楚;系统子系统或者组件的组成模式多种多样:如平行结构、层次化、矩阵型、环型或线性结构等.

社会性:系统是由时空分布的灵活、自主的组件(包括人)构成的,肩负不同角色的组件之间通过多种交互模式(如协作、协商、协调等社会行为模式)与通信语言,按照一定的(局部或者全局的)行为法则

(如社会理性原则等)平等合作、相互影响、履行社会承诺,共同求解问题.时空的分布性表现为数据、控制、专家知识以及资源的分布性.

演化性:问题的组成、组件类型(可能是异构的)、组件状态、组件之间的交互,以及系统行为随时间不断改变;系统中子系统或基本单元之间的交互作用,从整体上演化出一些独特的、新的性质,如通过自组织方式形成某种模式,体现出整体的智能行为与问题求解能力.

人机共存:复杂决策问题的突出特点是在系统体系中人与计算机共同构成产生复杂行为的要素,问题的求解不能仅靠机器完成,人是系统的构成部分,需要发挥人特别是群体专家的常识知识与创造性在决策中的威力.

这些重大决策问题的上述特性决定了无法采用还原论思想及常规的设计方法与技术路线加以处理,需要新的策略指导与支持.

对于这类问题,问题求解的重点从以提供资源共享、支持过程为中心向提供以组织和社会形式出现的、以人的问题求解能力与效果为中心转化,并在个人、群体与组织的决策、足够的支持能力、对决策过程的支持、对分布式环境的支持、决策支持中心的引入等方面取得新进展,特别是这些问题的处理必须发挥专家群体的常识知识对问题求解的关键作用,问题处理的过程是一个从群体专家的经验判断到整体定量结论的过程.决策与决策支持系统所面临的问题复杂化与系统人机结合化的背景,使得新一代的决策理论必须越来越紧密的与其他学科交叉与集成,决策支持系统需要人机交互与协作,并朝向智能化、分布式、集成化的方向发展.

决策与决策支持系统所面临背景的上述发展特点与综合集成理论所面临的问题及其决策功能有一定的联系.关于综合集成理论的决策功能,钱学森院士在谈到研讨厅体系的建设时指出,为决策咨询所用是研讨厅的中间步骤的问题,是稍小一点的分系统的决策问题,即通常所说的决策支持系统.整个研讨厅体系可以建立决策支持资源库,供决策之用^[10].

综合集成研讨厅由于所研究问题的极度复杂性,所采取的求解路线中强调群体专家的问题求解能力,并由此引入的对人机结合的支持、从定性到定量的求解过程、对现代科学技术体系成就的按需集成等策略,使得研讨厅成为一个功能强大、高度智能化的问题求解工作空间.可见,就决策而言,可以认

为具有决策支持能力的综合集成研讨厅是决策支持系统的高级形式与综合发展趋势.

4.2 建设综合集成型决策支持系统

对于复杂问题的决策,比如社会经济系统中的宏观经济决策、可持续发展问题、城市规划、环境保护、国家信息化建设,又如社会政治系统中的国家安全战略、全球化与国家发展战略等,由于涉及到的方面与利益非常复杂繁多,这些系统构成中子系统很多,子系统之间的交互非常复杂,难以用现有的常规决策方法与系统工程方法处理,采用综合集成思想是进行总体设计、科学民主决策的有效途径.

对于这样的问题的决策,可以建立综合集成型的决策支持体系,吸纳相关领域的群体专家,成立重大问题决策咨询中心.这个中心具备先进的决策支持设施,充分发挥现代科学技术体系成就的综合优势,基于 Internet 环境与信息技术,建立分布的、多媒体的资源库,具有强大的知识发现与表达能力,方便友好、智能化的人机交互环境,构成一个专家与网络结合、以群体专家的经验与领域知识与分布式问题求解能力为主的决策工作空间.这样的决策工作空间实际上是国家现有各种重大问题的管理与咨询机构的发展与提升,为国家重大复杂问题的决策科学化、民主化提供智力支持、方案咨询与技术路线保障,这个虚拟工作空间是新型的国家发展智囊团与总体设计部.

此外,由于综合集成理论的普适性原则与科学方法论价值,对于常规决策支持系统的设计同样具有指导与智慧启迪作用.现有的决策支持系统主要表现为智能决策支持系统、群体决策支持系统、组织决策支持系统、决策支持中心等形式,在制定这些系统的设计思想与技术路线时,均可以按需吸收综合集成理论成果,从而使这些系统的决策能力更为强大.除了上述基本原则可以应用于这些决策支持系统外,下面就以下具体的问题进行讨论.

现有的智能决策支持系统引入了人工智能成就(如专家系统与知识工程),加入了智能部件,使决策的智能化程度大大提高;但对非结构化甚至结构不清问题的描述与处理、定性知识在问题求解过程中作用的发挥(如专家经验知识在决策中作用的发挥)、对决策者与决策分析员的主要属于形象思维范畴的定性知识的集成、对基于分布环境中知识的集成与处理能力的拓展等尚无力支持或还有待深入与加强.

群体决策支持系统和组织决策支持系统由于以

群体与组织的工作过程和目标支持的协调与资源共享为研究对象,并采取定性与定量相结合的方法,吸纳群体或组织成员参与问题求解,通过会议交流、组织支持、意见协商以及分布的群体与组织支持,采用工程与系统的设计思想和社会科学的思路,发挥群体或组织的问题求解能力,形成了改善群体工作过程与决策效果的思路与技术,在信息管理与决策支持中得到越来越多的重视。

但是,群体决策与组织决策中问题的非结构化程度还是可以处理的或者比较清楚的,其中的定性知识已经可以借助人工智能中的定性推理、定性分析、符号处理等技术进行处理。实际上,这种定性已经基本定量化,从而可以比较好地由计算机进行处理。另外,群体与组织的参与是有限的,决策支持系统实质上是对群体或组织工作支持的计算机信息系统。但是,用于决策的综合集成研讨厅所面临的复杂巨系统问题中所谓的定性,从结构上说,是指所面临的问题往往是结构不清或无结构的;从认识问题角度看,主要指群体专家对所面临的开放复杂巨系统问题的猜想、直感、经验等的认识,主要的是与人的形象思维有关,难以用常规的人工智能中的定性处理技术和现代的计算机体系进行模拟与处理。所以,群体专家在研讨求解中起主导作用。研讨厅采取的是人机协作、以人为主的路线,系统必须全程支持群体专家的研讨,为群体专家整体求解复杂问题提供高效、科学、民主的支持资源、工具与环境。

可见,针对问题的复杂性的具体情况所构建的决策支持系统,可以吸收综合集成思想,综合现有的智能决策支持系统、群体决策支持系统、组织决策支持系统、决策支持中心等各种决策支持新技术与成就。对于属于复杂巨系统问题的决策,应坚持经验与科学的结合,充分发挥决策群体的在线协作处理问题的能力,以 Internet 技术与平台为依托,按需吸收决策支持领域之外的技术成就,建设综合集成型的决策支持系统。

5 结 论

从定性到定量的综合集成法的提出不仅为复杂巨系统研究指明了方向,也为整个科学界与社会的发展提供了创新性的思考方式,即形成将西方所强调的还原论与中国传统文化中的整体论思想辩证统一起来的系统论思想。综合集成研讨厅作为综合集成理论的工程技术,实现了经验与科学的结合,是辨

证思维的体现,为人类智慧的创新和复杂问题的求解提供了更强大的手段与工具。

综合集成的问题求解能力不限于决策,它与决策是处于两个不同层次的、不同性质的问题。尽管如此,从决策的角度看,综合集成却是决策科学化、民主化的方法论指导与有效实现形式;综合集成研讨厅是决策支持系统的高级形式与发展趋势。决策支持系统的发展应该借鉴综合集成研讨厅思想与成果,发展综合集成型决策支持系统是处理复杂决策问题的有效途径与技术路线。

参 考 文 献

- 1 钱学森. 论系统工程. 长沙:湖南科学技术出版社,1982
(Qian Xuesen. On System Engineering (in Chinese). Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1982)
- 2 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论. 自然杂志, 1990, 13(1): 3~10
(Qian Xuesen, Yu Jingyuan, Dai Ruwei. A new discipline of science: The study of open complex giant system and its methodology. Nature Journal(in Chinese), 1990, 13(1): 3~10)
- 3 戴汝为. 复杂性文集. 中国科学院自动化研究所人工智能实验室, 技术报告: 1999-01-1, 1999
(Dai Ruwei. Florilegium of Complexity (in Chinese). AI Lab, Institute of Automation, CAS, Tech Rep: 1999-01-1, 1999)
- 4 钱学森. 再谈开放的复杂巨系统. 模式识别与人工智能, 1991, 4(1): 5~8
(Qian Xuesen. Discussion about open complex giant system again. Pattern Recognition and Artificial Intelligence(in Chinese), 1991, 4(1): 5~8)
- 5 戴汝为,王珏,田捷. 智能系统的综合集成. 杭州:浙江科学技术出版社,1995
(Dai Ruwei, Wang Jue, Tian Jie. Metasynthesis of intelligent systems (in Chinese). Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1995)
- 6 操龙兵,戴汝为. 综合集成研讨厅软件体系结构研究. 软件学报, 2002, 13(8): 1430~1435
(Cao Longbing, Dai Ruwei. Software architecture of the hall for workshop of metasynthetic engineering. Journal of Software (in Chinese), 2002, 13(8): 1430~1435)
- 7 操龙兵,戴汝为. 基于智能信息主体的综合集成研讨厅体系结构研究. 见:宋健主编. 钱学森科学贡献与学术思想研讨会论文集. 北京:中国科学技术出版社, 2001. 317~325
(Cao Longbing, Dai Ruwei. Framework of intelligent information agents-based HWME. In: Song Jian ed. Proc of Workshop on Qian Xuesen's Scientific Contribution and Academic Thought(in Chinese). Beijing: China Science and Technology Press, 2001. 317~325)
- 8 戴汝为,操龙兵. 综合集成研讨厅的研制. 管理科学学报, 2002, 5(3): 10~16

- (Dai Ruwei, Cao Longbing· Research on hall for workshop of metasyntetic engineering· Jurnal of Management Science (in Chinese), 2002, 5(3): 10~16)

9 操龙兵· 面向 Agent 的开放巨型智能系统设计中的若干问题 [博士论文]· 中国科学院研究生院, 北京, 2002

(Cao Longbing· Some problems related to design of agent-oriented open giant intelligent systems [Ph D dissertation] (in Chinese) · Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 2002)

10 钱学森· 以人为主发展大成智慧工程· 文汇报, 2001-3-20

(Qian Xuesen· Developing metasyntetic engineering centered by man· Wenhui Bao (in Chinese), 2001-3-20)

11 钱学森· 创建系统学· 太原:山西科学技术出版社, 2001

(Qian Xuesen· Creating Systematology (in Chinese) · Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 2001)

12 钱学森· 关于思维科学· 上海:上海人民出版社, 1986

(Qian Xuesen· On Noetic Science (in Chinese) · Shanghai: Shanghai Renmin Press, 1986)


13 E Turban, J E Aronson· Decision Support Systems and Intelligent Systems(Fifth Edition) · Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1998

14 戴汝为,郝红卫,肖旭红· 汉字识别的系统与集成· 杭州:浙江科学技术出版社, 1998

(Dai Ruwei, Hao Hongwei, Xiao Xuhong· System and Integration of Chinese Character Recognition (in Chinese)· Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1998)
- 

操龙兵

男, 1969 年生, 博士, 主要研究方向为多智能体系统.



戴汝为

男, 1932 年生, 博士生导师, 中国科学院院士, 主要研究方向为模式识别、人工智能.

《计算机研究与发展》征订通知单

《计算机研究与发展》于 1958 年创刊,是我国第一个计算机刊物,现已成为我国计算机领域知名度较高的学术期刊之一. 自 1989 年以来,本刊历次被评为我国计算机类核心刊物;1995 年被国务院学位办指定为评估学位与研究生教育的“中文重要期刊”;此外,还被《中国学术期刊文摘》、《中国电子科技文摘》、《中国科学引文索引》及“中国科学引文数据库”、国家科委“中国科技论文统计源数据库”等国家重点检索机构列为引文刊物;并成为美国《工程索引》(Ei)检索系统、日本《科学技术文献速报》、俄罗斯《文摘杂志》等收录的期刊.

本刊为 128 页,大 16 开本,采用 80 克优质纸印刷.2003 年定价:32.00 元/册(免邮费).欢迎订阅,请订户按以下方法办理,并将“回执单”寄回本刊编辑部,款到后立即以回执地址为准寄刊.

编辑部联系电话:(010)62620696(兼传真):(010)62565533-8609

E-mail:crad@ict.ac.cn

http://crad.ict.ac.cn

银行汇款:收款单位:中国科学院计算技术研究所

开户银行:北京市工商行海淀镇分理处

帐 号:02000045090881231-35

邮局汇款:北京 2704 信箱《计算机研究与发展》编辑部收 邮编 100080

注 意:通过银行或邮局汇款时,请务必在汇单上注明“购×年×期《计算机研究与发展》款”.

《计算机研究与发展》订购回执

订购人		邮编		电话	
订购(年,期)					
通讯地址					
订购册数					
书款共计	元, 已于	年	月	日通过	<input type="checkbox"/> 邮局/ <input type="checkbox"/> 银行 汇出

请复印此联后寄回本编辑部:北京 2704 信箱《计算机研究与发展》编辑部收 100080