

人-机结合的智能科学和智能工程

戴汝为

(中国科学院自动化研究所复杂系统与智能科学重点实验室, 北京 100080)

[摘要] 20世纪80年代以来,与人工智能(AI)密切相关的有两件大事,即日本的第五代计算机计划和中国的(“八六三”-306)智能计算机计划。两个计划实施后,使人们对智能自动化问题的认识有很大转变与提高。钱学森先生对此指出了人机结合的重要性,并认为应该研究人机结合的智能系统。笔者于1994年提出“智能科学和智能工程”这一学科领域的设想;到今天,有关人-机结合的智能系统研究已经有了相当的进展。

[关键词] 智能计算机;人机结合;综合集成法;综合集成研讨厅;大成智慧工程

[中图分类号] TP13; TP18 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2004)05-0024-05

1 人工智能研究的回顾

20世纪40年代由于战争对科学技术的要求,用机器来模拟智能行为的研究适时兴起。Wiener提出了控制论^[1],这一学术思想在历史上可以认为是:实现机器智能在哲学、理论及方法方面的一次全面探讨。紧接着,中国学者提出了工程控制论^[2]。控制论成为人们研制较简单(简单是相对而言)的系统以及系统运行环境也不复杂情况下的一面旗帜。Wiener理论所采用的基于连续动力学方程的方法对实际世界的描述是有益的,但由于技术条件的限制,并未能成为发展人工智能的基础。1956年Dartmouth会议上,J. McCarthy, H. Simon等倡议开展人类思维活动规律的研究,并给予了“人工智能”的命名^[3]。由于提出来的目标简洁而又具有吸引力,很快便为科技界所接受,但由于方法论及追求的目标存在着问题,却为后来的研究者埋下了束缚思想的桎梏。以人工智能为旗帜所取得的成就主要体现在专家系统方面,即把知识经验注入系统之中。20世纪70年代以后,数字信息技术、控制论(Cybernetics)得到迅猛发展;电子计算机以其独特的功能进入各个领域,令人惊呼

是一个计算机时代的来临。有了计算机(电脑),那么人脑的某些功能是否能由电脑来取代呢?这是个十分吸引人的问题。当时日本曾经制订与实施了一个模式信息处理计划,简称为PIPS(pattern information processing systems)计划。顾名思义,这是致力于发展模式信息处理,其核心是发展模式识别(pattern recognition)有关的技术,主要是用计算机来实现模式识别。而人的模式识别是人的智慧的一种体现。PIPS计划于1978年完成,同年12月日本的科技专家在京都举行的第四届国际模式识别大会上,显示了他们在文字、图像、声音、机器人等方面获得的结果^[4]。紧接着,在上世纪80年代初,日本提出了“第五代计算机”计划,这个计划又称为知识信息处理计划,即KIPS(knowledge information processing systems)计划。这个计划提出后,日本的科技专家颇为自豪地宣称,将以知识系统对世界的人工智能作出贡献^[5],正是在这种情况下,我国“八六三”计划中的智能计算机主题也开始实施了。

日本的第五代计算机计划,我国的智能计算机计划都是与人工智能(AI)的研究密切相关^[6]。回顾这段历史的另一面是,人们对30多年来人工

智能进展缓慢的原因有所分析，人工智能曾遭到过不少次批评。哲学家休伯特·德雷福斯（H. L. Dreyfus）在1979年的《计算机不能做什么》（副标题是“人工智能的极限”）一书中，提出了一些重要的和带有根本性的问题^[7]。他看到所有的人工智能基础研究进展都十分缓慢，他把这种进展缓慢看作是存在着不可逾越障碍的标志，而不是那种为克服困难取得成功之路上所应付出的正常代价。AI的实践表明，虽然专家系统的研究获得了成功，但80年代后期的一系列事件又强烈地冲击了AI研究者辛辛苦苦建立起来的体系。例如，在人工神经网络方面，由于反向传播网络的成功，使AI的研究者不得不承认，人工神经网络及大规模并行处理技术对于模拟人类的感知是一条有效的途径。实际上联接机制网络是描述智能行为的另一类重要理论基础。日本第五代计算机的研制未达到预期效果是对传统AI的一次冲击。在1991年悉尼举行的国际人工智能联合会议上，麻省理工学院（MIT）的布鲁克斯（R. Brooks）提出具有挑战性的“没有推理”的智能系统（布鲁克斯的工作从系统理论中的自组织概念来加以解释更为合适），对传统的人工智能又是一次冲击^[8]。后来一位心理学家波登（M. Boden）从不同于福德雷斯的观点的另一角度来评价AI的成就。她认为：“AI的主要成就在于明确的促使我们鉴赏到人的心智（human mind）是极其巨大、丰富与难以捉摸的。人们可以通过AI的途径来了解人的心智的某些方面，例如人的创造性的某些方面可以通过建立有关创造性的计算机模型加以了解”。如果说德雷福斯消极地看出，用计算机实现AI的局限，那么波登则是从积极方面看到人的意识作用。而且她的看法说明在心理学和AI之间的相互有所反馈，是比较辩证的，她的见解是对人-机结合观点的支持。总之，人们在AI的旗帜下满怀希望地奋斗了多年，由于历史的局限及对问题的困难程度估计不足，使人工智能30多年的研究历史充满着曲折。重要的是明确了以往自觉或不自觉地步入还原论的局限性，从总的方面对人工智能有了较清楚的认识。实际上，根据对智能技术的需求程度，可以将智能工程分为两类：一类是将所需研究解决的问题的核心就是对智能行为的模拟；另一类则是将所需解决问题中的某个部分采用已有的智能技术后会有改善或效果显著。也就是说，智能工程所提供的一些设计构思、

技术措施、实现途径等都可以为各工程领域加以借鉴、仿效。

通过以上分析，当时人们可以看出人工智能正处于一个转折期，把有关智能的研究划分为智能科学与智能工程是合适的，这有利于智能科学的学科建设，并在此基础上发展具有十分广阔前景的智能工程技术。

2 智能科学与智能工程的提出

日本的第五代机的研制未达到预期的效果，是对传统人工智能的又一次冲击。这表明传统AI过分突出机器智能所带来的后果。人们从实践中认识到，利用并发挥人的心智和计算机的高性能，把人和计算机相结合是正确的途径。换句话说，要研究的是人与计算机结合的智能系统。钱学森先生在1991年4月18日与他指导的科研集体中的部分成员有过如下谈话：“智能系统是非常重要的，是国家大事，关系到下一个世纪我们国家的地位。如果在这个问题上有所突破，将有深远的影响。我们要研究的问题不是智能机，而是人与机器相结合的智能系统。不能把人排除在外，应该是一个人-机智能系统。”谈话的内容还包括以下3点：第一，人的意识活动是很丰富的，包括自觉的意识、下意识，人是靠这些来认识世界的；第二，为认识世界和改造世界，人始终发挥着主导作用，我们要研究的是人和机器相结合的智能系统；第三，现在还不可能很快实现这种人-机智能系统，目前只能作些“妥协”，实事求是，尽量开拓当前计算机的科学技术，使计算机尽可能多地帮助人来做些工作^[9]。这次谈话对人工智能、智能计算机的研究具有极其深远的指导意义。

钱学森不仅总结了应该发展人机结合的智能系统，并且于90年代初提出开放的复杂巨系统及处理这类系统的方法论^[10,11]，主张采用“从定性到定量的综合集成技术”，把人的思维、思维的成果、人的知识、智慧以及各种情报、资料、信息统统集成起来，通过“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”，致力于把今天世界上千百万人的聪明才智和已经不在世的古人的智慧都综合起来形成一个工程领域。综合集成的思想在后来的人工智能领域中得到了充分的发挥。按中国文化的习惯，把一个非常复杂的事物的各个方面综合起来叫做“集大成”。所以把该领域称为“大成智慧工程”

(metasyntactic engineering)。如果将这一工程进一步发展,在理论上提炼成一门学问,就成为“大成智慧学”。

在此基础上,笔者在中国科学院第七次院士大会学术报告会上,正式提出“智能科学与工程(人-机的结合)”是一个新的科学技术领域^[12],并对智能科学与工程的基础、任务、方法、技术路线进行了论述,对智能科学与工程与其他学科的区别有所界定。

2.1 智能科学与工程两个基本假设

一是 Popper 关于三个世界的说法;另一个是熊十力关于人的智慧分两部分的观点。

2.1.1 智慧来源的假设 第一世界是物理世界;第二世界是主观世界,包括脑;第三世界是人类实践积累的知识信息世界,是前人和他人实践的创造物。而人的思维能力与智慧的来源是第二世界与自身,与第一世界,与第三世界互相作用的结果。

2.1.2 人的智慧划分的假设 人的智慧(human mind)分为两部分,即性智(qualitative intelligence)与量智(quantitative intelligence)。前者是由经验、社会与文艺等培养所形成,体现为判断和把握全局的智慧;后者是通过分析、计算与推理培养的智慧,可以用目前的计算机加以模拟与实现的智慧。

2.2 智能科学的研究任务及方法论

了解人的心智;模拟思维与智能;建立人机结合(人机一体化)的系统的理论。智能工程的任务则是构建各种实用的智能系统;研制各种智能系统的开发工具。智能科学的方法论:克服近代科学还原论方法论的束缚;以整体论和还原相结合,作为学术研究的主导思想。

2.3 智能科学的技术路线

采用从定性到定量的综合集成法,以人-机结合为指导方针,把各方面有关专家的知识及才能、各种类型的信息及数据与计算机的软件三者有机地结合起来,构成一个系统,发挥系统的整体优势和综合优势。

2.4 与思维科学认知科学的不同

智能科学与工程研究的着重点在于人的智能与计算机的高性能两者的结合,构建人机结合的智能系统。思维科学着重研究思维的规律,旨在建立人工智能的基础。认知科学着重研究人的认知,并扩展为研究动物的智能及机器智能。

3 智能科学和智能工程构思与开拓

3.1 智能科学与工程的构思

智能科学与工程强调人类的“心智”与机器的“智能”相结合,追求的是人与机器相结合的智能系统,从体系上讲,人作为一个成员综合到整个系统中去,利用并发挥人类和计算机各自的长处,把人和计算机结合起来形成新的体系。强调人在未来智能系统中的作用,是对传统人工智能研究和传统自动化研究目标的革命,这将带来一系列在研究方向及研究课题上的变革。另外,人作为智能系统成员的论点也包括两个层次,即界面与体系两方面的含义。人机界面是实现上述论点的必要条件。这里所说的人机界面,其含义不同于那种基于图形学的人机界面,而是包含了模式识别这类涉及感知方面问题的更广义的人机界面。目前这方面的工作是十分活跃的,有代表性的研究有两类:多媒体技术和“灵境”(virtual reality)技术。根据美国麻省理工学院多媒体实验室的规划,多媒体包括以下三个部分:

学习与常识;感知计算;信息与娱乐。

我们可以看出 MIT 对于多媒体的论述是与模拟人类的智能行为紧密相关。换句话说,就是将人机通讯的过程同样理解为一种智能行为,这是十分引人注目的。关于“灵境”技术,目前还不够成熟,其思想是力求人在求解问题的过程中使其有身临其境之感。“灵境”技术使人的感觉大大拓宽,小至分子大至宇宙都可如同亲临其境,将使人的感觉及认知来一次飞跃。

3.2 智能科学和工程研究领域的开拓

自从笔者提出智能科学与工程 10 年来,在此领域不断进行了研究和开拓,先后承担的几项国家项目有:支持国家宏观经济决策的从定性到定量的综合集成法(“八六三”项目);认知科学若干前沿重大问题,思维与智能模拟(攀登计划项目);支持宏观经济的人-机结合,综合集成研讨厅体系(自然科学基金委重大基金项目)。

在完成上述计划的过程中,编写了智能自动化丛书一套共 6 册,先后由浙江科技出版社出版;同时先后发表了有关人工智能、模式识别、综合集成、综合集成研讨厅等方面的学术论文^[13~25](因篇幅有限,仅列出其中的一小部分)。

这套丛书中的《智能系统的综合集成》专著的

特点，是把一切智能系统都放在“从定性到定量的综合集成法”和“大成智慧”来考虑。过去几十年世界的自动化科学技术发展形成两大块，一是由所谓软件技术发展起来，现在出现了CIMS, CAE, 以及灵境技术、virtual prototyping等等；二是所谓AI。而现在这两大块又趋于融合，都是人-机结合的智能系统。该书自始至终都阐述了这个观点。

另一本专著《汉字识别的系统与集成》，主要把综合集成法的构思用于模式识别，形成集成型模式识别的新方向，把汉字识别领域上升到一个新的台阶^[26~28]。

与智能科学相关联，近些年来笔者又开展了系统复杂性的研究，这是学科交融、整合的结果。为适应学科建设的需要，在中科院自动化所成立了系统复杂性中心，并相继在一些院校建立了系统复杂性研究部门，在智能科学与复杂性结合的研究领域开展了一些工作^[29,30]。

综上所述，这些从基础到应用项目的研究成果，已经支撑起智能科学和智能工程的学科建设，使具有中国特色的人-机结合的智能科学与智能工程这一新的科技领域在我国蓬勃地开展了起来。

4 智能科学与智能工程展望

1) 智能科学的发展首先应从研究人的心智入手来模拟人的思维与智能。从近代科学发展的历程和现代科学的成果中，归纳出应以整体论和还原论相结合，走人-机一体化的道路。无疑这应该是智能科学研究一个历史时期的主导思想。

2) 系统科学的发展，大量非线性现象和小概率异常事件等非确定性的出现以及面对结构不良的系统，导致了系统复杂性研究的崛起，这从另一侧面反映了智能科学的任重道远，也正是智能科学研究的内涵。笔者从事系统复杂性和智能科学研究中深切体会到：二者密不可分，结合研究就能取得进展；处理复杂巨系统的方法论——从定性到定量的综合集成，也正是智能科学研究的方法论。

3) 智能工程，也就是创建多种形式的智能化系统。既是适应现代经济、军事和科技发展的需要，也是智能科学和复杂性科学研究的实际应用。智能系统的重要特点之一，就是人-机结合，以人为主的综合集成体系。实践证明，这种“研讨厅体系”既可以用于支持宏观经济决策，也可以在军事指挥、方针政策、重大项目等的决策中发挥科学化

作用，所以会逐步进入国家、社会以及大型企业的决策程序，成为信息社会必需的智能系统。

人是万物之灵，人类有史以来就开始探讨本身的智慧问题。以往是一种思辨式方式的探讨；随着科学技术的发展，人们从宏观与微观两方面加以探索，形成了人-机结合，以人为主的智能科学与工程学科。从我国宏伟建设及全球化竞争的需要出发，智能科学与智能工程必将更加蓬勃发展。

参考文献

- [1] Wiener N. Cybernetics or Control Communication in the Animal and the Machine [M]. [S. 1.]: John Wiley & Sons, Inc, 1949
- [2] Tsien H S(钱学森). Engineering Cybernetics [M]. New York: McGraw-Hill Publishing Company Ltd, 1954
- [3] Crevier D. AI, the Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence BasicBooks [M]. [S. 1.]: [S. n.], 48~50, 1993
- [4] The 4th International Conference on Pattern Recognition [C]. Kyoto, Japan, 1978
- [5] 杨效农主编. 人工智能对世界的挑战 [M]. 北京: 参考消息编辑部, 1978
- [6] 戴汝为, 史忠植主编. 人工智能与智能计算机 [A]. 1991年全国人工智能与智能计算机学术会议论文集 [C]. 北京: 电子工业出版社, 1991
- [7] Dreyfus H. 计算机不能做什么 [M]. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 1966
- [8] 戴汝为, 王鼎新. 人工智能发展的几个问题——1991年国际人工智能大会简介 [J]. 模式识别与人工智能, 1992, 5(1): 69~77
- [9] 戴汝为, 王珏, 田捷. 智能系统的综合集成 [M]. 杭州: 浙江科技出版社, 17, 1995
- [10] 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)
- [11] 王寿云, 于景元, 戴汝为, 等. 开放的复杂巨系统 [M]. 杭州: 浙江科技出版社, 1996
- [12] 戴汝为. 智能科学与工程(人机的结合) [A]. 北京: 中国科学院第七次院士大会学术报告摘要汇编(预印本) [C], 1994. 45~50
- [13] 戴汝为. 模式识别的一类属性文法 [J]. 自动化学报, 1983, 9(2)
- [14] Tai J W(戴汝为). A syntactic-semantic approach or describing Chinese Character [J]. Computer Processing of Chinese & Oriental Languages, 1981, 1(3)

- [15] Tai J W(戴汝为), Wang J(王珏), Chen X(陈欣). A syntactic-semantic approach for pattern recognition and knowledge representation [J]. Journal of Computer Science and Technology, 1988, 3(3)
- [16] 尹红风, 戴汝为. 论思维与模拟智能 [J]. 计算机研究与发展, 1990, 27(4)
- [17] Yin H F(尹红风), Dai R W(戴汝为). An associative memory model of language [A]. Proc International Joint Conference on Neural Networks [C]. San. Diego, USA, 1990
- [18] Dai R W(戴汝为). The principles of artificial neural network information processing [A]. Physics and Contemporary Needs [C]. Edited by Khwaja Yaldram and M. Munim Awais, Pinstech, Pakistan, 1992
- [19] 戴汝为, 王珏. 巨型智能系统的探讨 [J]. 自动化学报, 1993, 19(6): 47~64
- [20] 戴汝为. 人机结合的大成智慧 [J]. 模式识别与人工智能, 1994, 7(3)
- [21] 杨立, 戴汝为. 模式的语义描述与识别 [J]. 中国科学(E辑), 1996, 26(2)
- [22] 戴汝为. 认知科学进展 [J]. 中国科学基金, 1997, 11(1)
- [23] 戴汝为. 复杂巨系统科学——一门21世纪的科学 [J]. 自然杂志, 1997, 19(4)
- [24] 戴汝为, 操龙兵. Internet——一个开放的复杂巨系统 [J]. 中国科学(E辑), 2003, 33(4)
- [25] Cao L B(操龙兵), Dai R W(戴汝为). Agent-oriented metasynthetic engineering for Decision-making [J]. International Journal Information. Technology & Decision Making, 2003, 2(2): 197~215
- [26] Xiao X H(肖旭红), Dai R W(戴汝为). On-line handwritten Chinese character recognition directed by components with dynamic templates [J]. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1998, 12(1)
- [27] Xiao B H(肖柏华), Wang C H(王春恒), Dai R W(戴汝为). Metasynthetic approach for handwritten Chinese character recognition [J]. Int J Information Technology & Decision Making, 2002, 1(4): 621~633
- [28] 王春恒, 肖柏华, 戴汝为. 手写汉字的并行紧致集成识别方法 [J]. 中国科学(E辑), 2003, 33(10): 906~911
- [29] 戴汝为. 组织管理的途径与复杂性探讨 [J]. 科学, 1998, 50(6): 8~12
- [30] 戴汝为. 系统科学及系统复杂性研究 [J]. 系统仿真学报(系统复杂性研究专辑), 2002, 14(11): 1412~1416

Man-Computer Cooperative Intelligent Science and Intelligent Technology

Dai Ruwei

(Complex System and Intelligent Science Key Lab. Institute of
Automation, CASm Beijing 100080, China)

[Abstract] During the later 10 year period of twentieth century, there were two important events in the science and technology field which highly related to research on artificial intelligence (AI): One was fifth generation computer project of Japan, and another one was intelligent computer project (863-306) of China. After these projects were performed, the realization of "intelligent automation" was transferred and improved. The academician Qian Xuesen has made a speech to summarize the importance of man-computer cooperative information processing, and the aim was not intelligent computer. We should study and develop the man-computer cooperative intelligent systems. Now we review the past, on 1994 the establishment of a new discipline on intelligent science and intelligent technology proposed by the author of this article. In addition the citation for development of man-computer cooperative intelligent systems in recent years are briefly given.

[Key words] intelligent computer; man-computer cooperation; metasynthesis; hall for workshop of metasynthetic engineering; metasynthetic wisdom engineering