

人机一体化系统科学与技术

陈 鹰

(浙江大学流体传动及控制国家重点实验室, 杭州 310027)

路甬祥*

(中国科学院, 北京 100864)

[摘要] 本文在提出观点的基础上, 结合当代科学的新发展, 对人机一体化系统科学与技术思想进行了立论讨论。在研究人机一体化系统科学与技术相关学科的同时, 建立人机一体化学科的框架体系, 并对该学科作功能层次上的分析。最后展望了该学科的研究应用前景及其对工程领域的意义。

[关键词] 人机一体化, 智能机器, 学科建设, 体系结构, 立论

1 立论阐述^[1,2]

怎样才能充分发挥人在系统中的作用, 建立一种新型的人-机械的协作关系, 从而产生高效益、高性能的人机一体化系统, 这一问题引起了我们深刻的思考。我们在结合现代科学的最新发展成果的基础上, 提出人机一体化系统科学与技术的基本概念及理论体系。所谓“人机一体化系统”, 就是采取以人为中心、人-机械一体的技术路线, 人与机器处在平等合作的地位, 人与机械共同组成一个系统, 各自执行自己最擅长的工作, 人与机器共同认知、共同感知、共同决策、共同工作, 从而突破传统的“人工智能系统”的概念, 形成甚至超过人的能力乃至智力的“超智能”系统。其核心内容是强调人在系统中的重要性, 重新安排人与机械的位置, 研究新型的人与机械的关系, 开发新一代的智能系统——人机一体化系统。

为了与人工智能领域的人机智能系统 (Man-Machine System)^[4]及人机工程学中的人机系统 (Human-Machine System)^[8]有所区别, 我们构造了一个新的英文词组“Humachine System”来表征这里所定义的人机一体化系统。

从人机工程学、“机器智能化理论”、工业工程理论、思维科学理论、自动化科学、人工智能、系统科学的新发展来看, 从 CIMS 实现中对“人”在系统中的角色的思索来看, 特别是从“人机智能系统”的新观点中, 都要求我们重新考虑人与机器的关系。钱学森^[5]在 1991 年初指出“我们要研究的是人与机器相结合的智能系统, 不能把人排除在外, 是一个人机智能系统 (Man-Machine System)”。美国学者 Lenat 和 Feigenbaum 在 1991 年也明确提出“人机合作预测” (Man-Machine Synergy Prediction) 是知识系统的“第二个纪元”, 提出“系统将使智能

* 中国科学院院士, 中国工程院院士。

本文于 1994 年 12 月 20 日收到。

计算机与智能人之间成为一种同事关系,人与计算机各自都执行自己最擅长的任务,系统的智能就是为这种合作的产物。这种交互可能是天衣无缝和极其自然,以至于技能、知识在哪里(在人的头脑或在计算机的知识结构中)都没什么关系。从这样的人机系统中将出现超过人的智能和能力的情况”。相信未来的智能系统不会仅仅是一个“自主”的系统,也不仅仅依靠人工智能和先进的计算机即可实现。这是具有一定的社会性的,它的实现依赖于一组人与一系列机器的通力合作。在这种人机一体化系统中,追求计算机的“纯粹”智能毫无意义。为实现新型的“人机一体化系统”,需要一门新型的相关学科,即“人机一体化系统科学与技术”科学。^[4,6,7]

智能机器除了思维之外,还应包括感知与执行二大单元。一个真正的智能机器必须实现对人类感知体系的模拟,即模拟人类的视觉、听觉、嗅觉、触觉、味觉乃至综合感知能力。现代科学已使人类有能力制作出某些单项性能超出人类能力的传感器件,但离全面模拟人类感知能力及其敏感适应性相去仍十分遥远。这里存在一个同样的问题,就是全面模拟人类感知能力的合理性。根据人机一体化思想,是将人的感知优势与机器感知的优势有机结合,实现经济合理的人机一体化感知体系。

人机一体化的执行单元,着重合理解决人与机器“同事伙伴式”结合的方式,从而使人机一体化系统的执行功率、速度、精确度和环境承受能力既可超过自然人体极限,又可充分发挥人类高度的灵巧性和协调性、自适应能力和自我保护能力等优势。

人与机器各有所长。传统机器的最大目的,就是处理人类很难或不能解决的问题。在人与机器的配合工作中,人与机器各司其职。人主事思维、感知、决策、创造等方面的工作,而机器则主要在动力学运动学方面发挥作用,或从事由于人存在生理或心理因素所无法实现的工作。计算机技术的发展,信息技术与传感技术的进步,人工智能技术、多媒体技术和灵境技术的产生^[12,13],使机器开始涉足思维、感知、决策和创造等方面的工作。当人们在实现完全“自主”机器的道路上遇到困难时,我们提出的“人机一体化”思想,就是人与机器相结合,组成新型的人机一体化系统,其目的就是充分发挥人与机器的各自优势,相辅互成,以获得最高效益的系统。

2 人机一体化系统科学与技术学科的基本概念

人机一体化系统与技术,作为一门新的学科,势必带来一些新的思想、概念甚至派生出新的词汇。下面将对一些重要的概念作扼要说明。

超介质 (Hypermedia): 科学的发展,现代机械中的能量转换、传递、控制、操纵、作功的介质并非仅仅是常规的电、磁、热、机、液、气等,已发展到信息、光、思维等等,我们定义“超介质”表征这个特征。人机一体化系统的主要特点之一,是超介质“思维”占有的主导地位(注意,并非“人工”智能)。多媒体技术的实质便是超介质处理的一种手段。

整体综合 (Metasynthesis): 在人机一体化系统科学的理论中,各个部分的联系并不是常规定义下的“集成”(Integrated),而是你中有我,我中有你的整体综合。这种新型的结合方式的特征是“相融”。

全局并行工程 (Global Concurrent Engineering): 人机一体化系统中的整体综合,就是靠全局并行工程方法来实现的。由于人的主要地位,全局并行工程思想因其符合人类思维方式而

广泛应用。

超鲁棒性 (Super-Robust): 人体一体化系统中, 人是一个最不确定的因素, 这时, 为解决人机一体化系统仍能保持正常工作, 就需研究“超鲁棒性”。超鲁棒性是一个新的名词, 是人机一体化技术中考虑人的因子给控制领域所带来的新的研究内容。

新型信息库 (Information Base)^[11]: 信息库应包括人的头脑(智慧、经验和技能等)、智能计算机系统的知识库和一般数据库。以统一信息库为核心, 是人机一体化系统的基本立足点。进行信息库的研究开发, 需要寻找新型的信息模型或信息结构, 研究有别于传统数据库、知识库新的开发方法。

人在回路(系统)中 (Man in Loop): 这是人机一体化系统的基本概念。人是系统中的一个重要环节, 与处在同一系统中的机器有着密切的关系。

人机的新型合作关系 (Teamwork): 人与机械的新型合作关系, 体现在人与机械的独立性和互补性。真正的超智能系统是“人与机械形成同事关系, 共同合作, 取长补短, 从而实现‘超智能’的系统”。

人机耦合 (Human-Machine Coupling): 人与机械的信息传递与反馈、配合和结合等问题是人机系统中一个重要研究内容。人与机械的耦合, 是人机一体化系统的“瓶颈”。在这里, 计算机技术是关键, 超介质处理方法即多媒体技术和“虚拟现实”技术是手段。

人机最佳协同合作 (Human-Machine Synergy): 在人机一体化系统中, 人与机械发挥各自的特长, 从而使人机一体化系统产生最佳效益。人在生产活动中是非常活跃的和具有巨大灵活性的因素, 能处理机器无法处理的各种突发性事件, 因此, 人脑具有计算机所无法比拟的优势。然而, 人因其生理或心理的因素而易产生错误, 从这个角度上讲, 人是系统中最薄弱的环节。众所周知, 机械也具有人所不可逾越的能力。充分发挥人机一体化系统是人与机械的作用, 是一门涉及多方面基础理论的学问。

3 人机一体化系统的功能层次分析和学科体系

人机一体化系统是通过图1所示的六个功能层次来实现其功能的。六个层次详细的技术组成见表1。从该表中可清楚看出开展人机一体化系统与技术的研究需要进行的工作, 在实现人机一体化系统之前, 首先需要在这些相关技术领域的工作中有所突破。

人机一体化系统科学与技术的基础科学涉及机械科学、数学科学、计算机科学、信息科学、思维科学、生命与行为科学和社会科学等, 是多学科结合的产物。其支撑技术涉及机械学、机械制造技术、控制理论与技术、传感技术、信息技术、人工智能技术、计算机应用技术(如虚拟现实技术等)、人机工程学技术、超介质处理技术、人机耦合技术, 等等^[3]。

人机一体化系统科学与技术的主要任务之一, 是在思维科学和生命科学研究成果的基础上, 在人-机械系统中实现超介质的感知、生成、转换、传递、控制与操纵, 如人机一体化系统中的超介质(思维、信息、光、电、机械、热、声、气、液等)机理及其相互之间关系的研究, 特别是思维及其与其他超介质之间关系的研究。同时, 依托信息技术的成果, 开展人机一体化耦合理论与方法的研究。最后, 研究人机一体化系统的实现, 开展人机一体化系统的设计学理论与方法的研究和建立, 进而探讨人机一体化系统的制造技术的研究与实现。

表1 人机一体化系统6个功能层次阐述

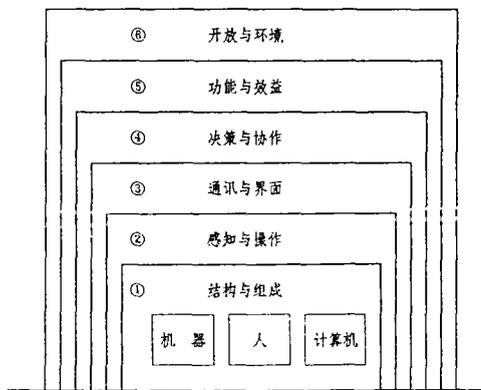


图1 人机一体化系统的功能层次表示图

①结构与组成	硬件与软件组成、先进的计算机技术、数学表达、算法、人类生理学、“平均人”思想、智能机器理论、新型的机器制造技术、新型信息库构造
②感知与操作	机器感知、模态识别、人机一体化感知技术、人机一体化系统执行技术、系统运行监控技术
③通讯与界面	多媒体技术、超介质处理、人机界面、人机工程学、虚拟现实技术、“宽通带”技术、人机耦合理论、遥作技术 (Telescience)
④决策与协作	人机一体化系统思维、人-机共同认知技术、人机新型协作思想、最佳协同方法、整体综合思想
⑤功能与效益	人机一体化系统行为、单元技术与系统技术实现、全局并行工程、人机一体化系统控制技术(非线性、超鲁棒性)、神经网络、可靠性理论、最高效益准则
⑥开放与环境	系统开放性理论、人机一体化系统社会学、环境适应性理论

4 人机一体化系统科学与技术的应用

早在90年代初,就有人开始研究如何建立人类在决策与行为方面的认知仿真模型,并提出将智能决策支持系统设计成人-机联合认知系统^[9,10]。这种系统的宗旨认为,决策支持系统是扩展人类决策者的决策能力,而绝非替代人类决策者自动作出决策。根据人机一体化系统科学与技术的特征,该思想主要可应用于具备判断、决策、综合感知、辨识与分析等要求的系统,或工作在非结构性环境下的高精度和高响应的复杂系统。如:

- (1) 高灵敏的复杂操作系统,如各类航天航空飞行器的驾驶控制装置、战略武器与装备(导弹发射等);
- (2) 复杂现象的辨识(或感知)系统,如气象或地震预报系统、雷达系统、矿藏勘探、环境污染控制等;
- (3) 大型的决策系统,如经济决策、军事战略决策与战术指挥、复杂工厂管理、交通调度、刑事侦破等;
- (4) 复杂多元现象分析判断系统,如全球人口和资源调查、国际形势分析、区域发展等;
- (5) 人机一体化创作系统,如建筑设计、房屋装饰、工业造型等等;
- (6) 综合性的大型复杂系统,如CIMS系统、多目标综合仿真系统等等;
- (7) 非结构性工作环境下的智能机械,如机器人、工程机械和军事装备;等等。

作为一种基本准则和概念,人机一体化思想可施行于机械工程领域的方方面面。应用人机一体化思想,我们也可设计出人机一体化的各种机械系统,如人机一体化的轧钢系统等。相信人机一体化思想将造就新一代机械系统,无论在系统的机械结构、单元设计乃至系统总成,都将由于人机一体化思想的贯彻而发生革命性的变化。

在人机一体化系统科学与技术理论的探索中,新的课题层出不穷。如何抓住当前科学发展的最新成果,将其纳入新学科的重要组成部分,是使新学科具有无穷生命力的关键所在。思维科学、数学科学、信息科学、机械科学、计算机科学、人工智能技术等方面的研究成果,为人机一体化系统科学与技术的创立与发展奠定了坚实的基础。我们相信,人机一体化系统科

学与技术必将成为现代科学体系中的一枝璀璨的花朵。

参 考 文 献

- [1] 路甬祥、陈鹰. 人机一体化系统与技术——21世纪机械科学发展的方向. 机械工程学报, 1994, (5): 1-7.
- [2] 路甬祥、陈鹰. 人机一体化系统与技术立论. 机械工程学报, 1994, (6): 1-9.
- [3] 路甬祥、陈鹰. 人机一体化系统与技术体系和关键技术. 机械工程学报, 1995, (1): 1-8.
- [4] Lenat D B, Feigenbaum E A, On the thresholds of knowledge, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1991, 47, Jan. 185-230.
- [5] 钱学森, 关于思维科学, 上海人民出版社, 1986年7月.
- [6] Hewitt C, Open information systems semantics for distributed artificial intelligence, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1991, 47, Jan. : 79-105.
- [7] 戴汝为, 王珏, 巨型智能系统的探讨, 自动化学报, 1993, 19 (6): 645-665.
- [8] 赖维铁, 人机工程学, 华中工学院出版社, 1983.
- [9] Cacciabue P C *et al.* COSIMO: A Cognitive Simulation Model of Human Decision Making and Behavior in Accident Management of Complex Plants. IEEE TRANS. ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, 1992, 22 (5) Sept./Oct. : 1058-1073.
- [10] 冯珊. 将智能决策支持系统设计成人-机联合认知系统. 系统工程理论与实践, 1993 (5): 1-5.
- [11] 戴汝为, 王珏. 关于智能系统的综合集成. 科学通报, 1993, 38 (14): 1249-1256.
- [12] Bishop G *et al.* Research Directions in Virtual Environment, Report of the NSF invitational Workshop, March 23-24, 1992. COMPUTER GRAPHICS, 1992, 26 (2) July: 153-177.
- [13] Cruz-Neira C, *et al.* Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE. COMPUTER GRAPHICS PROCEEDINGS, ANNUAL CONFERENCE SERIES, 1993: 135-142

THE HUMACHINE SYSTEM

Chen Ying

(The State Key Lab. for Fluid Power Transmission & Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Lu Yongxiang

(Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864)

Abstract Based on the development of modern sciences, the new idea of the humachine system is introduced in this paper, while its basic concepts, its academic architecture and its applications are discussed in detail.

Key words The humachine system, Intelligent machine, Discipline, Academic architecture, Foundation