

CAA | 中国人工智能学会

Chinese Association for Artificial Intelligence

CAA 中国人工智能学会主办

通讯

2022年
【第12卷】 8

人机融合智能研究现状与展望
人机融合智能与数字孪生城市
人体姿态估计研究现状及应用展望
腿臂协作机器人：源于仿生，不止仿生



CAAI 中国人工智能学会

Chinese Association for Artificial Intelligence

通讯

主 办

中国人工智能学会

编委会

主 编

戴琼海 (CAAI理事长, 中国工程院院士)

副主编

刘成林 (CAAI副理事长, 中国科学院自动化研究所研究员)

于 剑 (CAAI副秘书长, 北京交通大学教授)

王卫宁 (CAAI专职秘书长, 北京邮电大学研究员)

委 员 (按姓氏拼音排序)

| | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 班晓娟 | 曹 鹏 | 陈 纯 | 陈 杰 | 陈松灿 | 戴琼海 |
| 邓伟文 | 董振江 | 杜军平 | 付宜利 | 古天龙 | 桂卫华 |
| 何 清 | 胡国平 | 黄河燕 | 季向阳 | 贾英民 | 焦李成 |
| 李 斌 | 刘成林 | 刘 宏 | 刘 民 | 刘庆峰 | 刘增良 |
| 鲁华祥 | 马华东 | 苗夺谦 | 潘 纲 | 朴松昊 | 钱 锋 |
| 乔俊飞 | 孙富春 | 孙茂松 | 孙长银 | 陶建华 | 王恩东 |
| 王国胤 | 王卫宁 | 王文博 | 王熙照 | 王 轩 | 王蕴红 |
| 吾守尔·斯拉木 | 吴晓蓓 | 杨放春 | 于 剑 | 岳 东 | |
| 张小川 | 张学工 | 张 毅 | 章 毅 | 赵春江 | 周国栋 |
| 周鸿祎 | 周建设 | 周 杰 | 周志华 | 祝烈煌 | 庄越挺 |

编辑部

主 任: 孙伟玲

副 主 任: 徐逸民

责任编辑: 于 蕙

电子信箱: m@caai.cn

通讯地址: 北京市海淀区西土城路10号

北京邮电大学167信箱

电 话: 010-62283919

网 址: <http://caai.cn>

创刊日期: 2011年

编辑出版: 中国人工智能学会通讯编辑部

印 刷: 北京华忠兴业印刷有限公司

出版日期: 2022年8月31日

人机融合智能专题前言

文 / 张立华

智能技术在给人类社会带来积极影响的同时，也伴随着人类必须面对的伦理问题和意识形态危机，进而一定程度上引发伦理困境，导致信任危机，乃至影响意识形态安全。当下，人工智能技术主要建立在归纳逻辑上，通过归纳总结某些特定的“知识”，再将这种“知识”应用到现实场景中去解决实际问题，从而“再现”人的智能。但目前仍未能实现通用人工智能的大跨越，人机融合智能则是未来智能科学发展的下一个突破点。

人机融合智能是人、机和环境三种因素相互之间交互作用所产生的一种新的智能形式，是将人类智能中的联想性、感性思维与人工智能的知识性、理性思维相结合，从而形成一套崭新的智能适配机理。它既包含了人类智慧，也蕴含了机器智能，同时融合孕育新的智能升华。在未来，随着人机融合智能的基础理论框架和基础技术体系逐步构建，人机融合智能技术的应用会渗透到智能制造、智慧城市、智慧医疗、智能驾驶、国防军事等越来越多的领域。

人机融合智能属于高度交叉融合领域，本专题的内容在首先综述了人机融合智能研究现状的基础上，邀请了 CAAI 人机融合智能专委会的部分专家学者进一步从人机融合智能与数字孪生城市、四维光场语义理解——面向城市场景的大规模光场数据集、人体姿态估计研究现状及应用展望、腿臂协作机器人以及机器直觉在无人机动态避障中的应用等多个角度介绍了人机融合智能相关领域的部分最新研究进展与应用情况。

我们相信，在当今人机物三元融合万物智能互联时代，人机融合智能将成为人工智能领域中一个具有重大战略意义的分支，其当前发展目标包括精准和可持续的高置信人机融合智能基础理论框架，在实现基于可信计算的人机融合的协同感知、行为增强、认知交互与融合决策的基础上开展场景应用。



张立华

CAAI 人机融合智能专委会主任，复旦大学智能机器人研究院常务副院长、特聘教授，智能机器人教育部工程研究中心副主任，吉林省智能科学与工程联合重点实验室主任。主要研究方向为人机融合智能、机器直觉等新一代人工智能理论、行为识别与虚拟仿真、脑机交互与智能芯片，以及智慧医疗等领域的交叉应用。曾获中国人工智能学会优秀科技工作者与优秀科技成果奖、上海市优秀学术 / 技术带头人、吉林省拔尖创新人才（第一层次）等奖励。



人机融合智能研究现状与展望

文 / 张立华, 杨鼎康, 翟鹏, 王哲, 康晓洋, 陈迟晓, 曹凯

摘要: 本文从人机认知差异化、意向化与形式化, 以及伦理性问题等方面介绍了人机融合智能的研究挑战, 并进一步结合机器直觉、信息融合、态势感知等关键技术探讨了人机融合智能的研究和发展现状。最后提出了一套新颖的人机融合智能体系结构, 为未来该技术在各领域的广泛应用和发展提供了通用范式和建议。

关键词: 人机融合; 机器直觉; 信息融合; 态势感知

0 引言

智能技术在给现代社会的进步带来积极影响的同时, 也伴随着人类必须面对的信任危机和伦理困境等挑战, 从而进一步影响意识形态安全。当下的人工智能技术主要建立在以数学建模为基础的归纳逻辑体系上, 即通过将归纳总结的特定“知识”应用到现实场景中去解决实际问题, “效仿”人类智能。尽管目前的人工智能技术在图像、语音、文本等领域有着超越人类智能数倍的效率和速度, 然而却对人类所具有的创造性、社会性、自主意识、道德判断和感情能力等高级思维能力仍然束手无策, 甚至人类自身对这些高级功能的生物学机理的研究依旧处于初级阶段。正是在这样亟待实现技术大跨越的背景下, 把人类和机器的优点和长处相结合的人机融合智能孕育而生。区别于传统的人工智能和人类智能, 人机融合智能是人、机和环境三种因素相互之间交互作用所产生的一种新的智能形式, 是将人类智能中的联想性、感性思维与人工智能的知识性、理性思维相结合, 形成一套崭新的智能适配机理。它既包含了人类智慧, 也蕴含了机器智能, 同时融合孕育新的智能升华。

在人机融合智能中, 人通过逐步提升自身的主观认知能力来分析感知外部环境, 这一过程涉及多个层次, 例如记忆层、意图层、感知层、决策层和行为层, 人在认知的过程中, 形成了具有主观性的思维; 机器则通过自身的传感器获取数据, 感知和分析外部环境, 其过程包含知识库、目标层、信息感知层、任务规划层和行为执行层, 同时在这一过程中培养客观、形式化的思维。这种层次化的模式促进了人机融合的协同感知、认知交互、融合决策与行为增强, 实现人、机、环境相互协同过程中人类智能与机器智能的融合协同。随着新一轮科技革命的发展, 人机融合智能将在态势感知、智慧医疗、人机共驾智能驾驶和云机器人等各领域得到广泛应用, 并可能带来颠覆性变革。因此, 研究和探索人机融合智能的发展和未来具有重大的科学意义。

1 人机融合智能研究挑战

1.1 人机认知差异化问题

人类智能和机器智能在时间、空间和认知上的差异导致融合过程较难进行。人类对于时间和空间的认知是具有主观性的, 其包括了人类的主观意识

和推测。机器对于时间和空间的感知和认知具有客观性和一般的形式化表示。在认知方面，人的知识学习、因果推理、决策选择等行为具有很强的泛化性，会根据具体环境和人类的主观意识发生改变；机器智能中的知识学习、逻辑推理和选择判断的机制是由设计者为特定的时间和空间任务设置的，并不能保证与任何时间和空间下的场景一致，泛化性很差。因此人机认知存在着较强的差异性。

1.2 意识性和形式化问题

意识性是一种对内在感知的描述能力，而形式化是对外在感知的描述能力。形式化是人们从空间上对事物的直观认识，而意识性更倾向于在时间维度上的延伸。人类智能本身就是意识性与形式化的有机结合、外在内在感知主客体相统一的，而人机融合所面临的挑战是如何架起意识性和形式化连接的桥梁，从而使人机融合系统具备在信息不完备的情况下进行联想学习、跨领域学习，以及在突发态势根据直觉做出快速决策的能力。

1.3 休谟因果的伦理问题

休谟问题是指从“是”推断出“应该”，也就是要回答从事实命题能否推出价值命题。事实指的是由因果推理获得的知识和经验，是可以用推理解决的确定性的公理化问题。休谟问题虽然表面上是一个著名的哲学难题，实际上也是一个通用人工智能的瓶颈和难点，而通过人机融合有望解决该问题，即人协助机器解决价值问题。伦理问题是人机融合智能体系的一个重要研究课题。如智能技术的范畴归属等的人机融合智能伦理问题，是人机融合智能未来发展的关键问题。它不仅包含了人工智能的伦理问题，还包括了人机融合后的责任归属问题。

2 人机融合智能研究进展

2.1 机器直觉技术

未来的人机融合智能形式旨在把人和机器有机

地整合在一起。这种适配性包括两部分，一部分是相互适应；一部分是互相配合。若把机器看成是建立在确定性数据、算法和算力基础上的实体，那么人则应是建立在随机性知识、推理和数理基础上的实体，其中的知识具有主观性、强弥聚、富弹跳和不确定等特性。为此，考虑人所蕴含知识的直觉性和主观性，继而引出的机器直觉技术，是实现人机融合智能不可或缺的部分。张立华等于2020年首次明确给出了关于机器直觉的定义和研究内涵：“机器直觉是一门研究如何利用计算机模拟或实现人类的直觉决策能力的人工智能领域的新的学科方向，是一种探索迈向通用人工智能的新理论和新途径。”根据已有的直觉机理研究，机器直觉技术的主要特点包括：① 机器直觉以计算机为载体，需要与环境进行快速的交互；② 机器直觉以数据为研究对象，但所处理的数据往往缺乏可靠性或只能部分反映环境信息；③ 机器直觉对数据的处理是全局的、总揽的，可以看部分而知整体，看现象而知本质；④ 机器直觉可以对已有的数据、知识和经验进行联结变异，以获取新的知识与经验。

2.2 信息融合技术

人机融合离不开机器的动态感知，机器的动态感知离不开多传感器的信息融合。信息融合技术综合多个传感器采集到的信息，进行数据预处理、数据关联、数据决策和数据融合。在面对复杂环境和不确定因素时，只依靠传感器数据很难进行有效决策，需适时加入人的选择与判断信息，做到人机信息融合，这是人机融合智能技术的关键之一。许多高级信息融合问题可能包含很多不确定性的处理，以及模型领域外的知识，例如自动驾驶过程中对突发事件的处理。而人类在处理不确定性问题上具有先天优势，因为人类的知识域相比机器更加广阔，还可以利用直觉能力对信息进行更加综合和全面的认知与处理，所以在信息融合中添加人的决策与判

断至关重要，这使得人机融合智能技术在感知与判断、分析与决策方面体现出巨大潜力。

2.3 态势感知技术

态势感知最初应用于航空领域，之后迅速发展并扩展到军事指挥、物流、能源系统、健康医疗和航天等领域，本质上是将人类智能和机器智能融合起来的人机智慧。这一领域既对事物的属性进行研究，也与事物之间的关系存在关联；既能理解客观事物本身的意义，又能感知画外之音。态势感知涉及自适应和自组织，也涉猎到他组织和互适应；此外，它还包含全局的定性计算评估和局部的定量计算预测，从而构成了一种具有自主性和自动弥聚效应的信息修订的体系，其包含期望、选择、预测和控制四个层面。安德斯雷等提出了态势感知的相关模型试图来理解个体心中感知或是意识的形成过程，提出经典的理解、感知和预测三层模型。根据该模型，一系列因素会影响对数据的感知，包括正在执行的任务、复杂程度和自动化程度。威肯斯团队在此基础上提出了基于视觉与记忆的注意情境感知模型，这标志着对态势感知的研究可以找到客观参数，并以此来表征被试的态势感知。近年来新兴的人工智能相关技术与态势感知相结合以实现人机交互，并最终实现人机融合智能。

2.4 增强智能技术

增强智能通过将人类擅长的推理、创造力、判断力和灵活性等技能与机器在完美回报、准确性、速度和逻辑等方面出色的能力相结合，以增强或者改善人类使用诸如机器学习、深度学习等算法与技术的能力及效率，使人类认知表现及处理事务的能力得到大幅提升，从而能够快速高效地解决更多、更复杂的各种问题。增强智能主要包括混合增强智能和认知计算两部分。在混合增强智能中，人类智慧的循环情报系统可以实现人类智能到人工智能的知识学习，以及人工智能到人类智能的合作反馈。这种双向信息交换和控制机制能够通过整合人类感知、认知能力、机器计算和存储能力来实现，最终可以处理来自大规模、不完整、非结构化知识库的信息，避免人机融合智能带来的失控风险。除此之外，认知计算通过研究人类信息处理系统与现代计算机之间的有效合作机制，或能解决人机融合智能的长期规划与推理问题。

3 人机融合智能体系结构

如图1所示，本文结合人机融合智能的发展特点和技术优势，提供了一套通用的人机融合智能体系框架。具体而言，在信息输入端，人机融合智能不是单

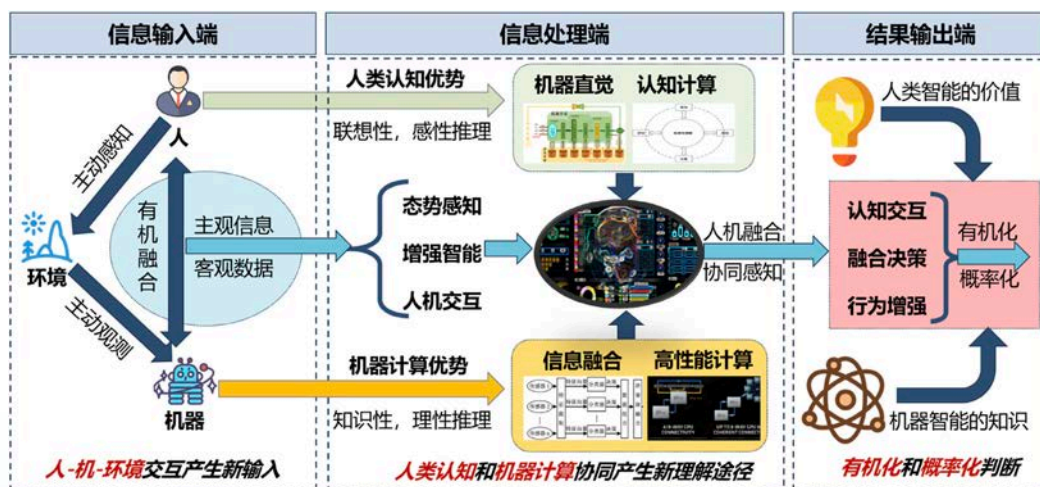


图1 人机融合智能体系框架

独利用机器获取的客观数据，或者仅使用人类感知器官获得的主观信息，而是将人类观测数据和机器感知数据有机结合起来，两者互为补充，从而得到基于人-机-环境交互产生新的输入信息。在信息处理端，人机融合智能利用人机不同的优势，把人类的认知优势和机器的计算优势相融合，从而开拓新型理解途径。人机融合智能不仅结合了受人类认知优势启发的机器直觉和认知计算技术，而且考虑了机器计算优势所提供的信息融合和高性能计算技术。此外，受益于态势感知，增强智能，以及人机交互技术将主观信息和客观数据相结合，实现了充分的人机融合和协同感知。在结果输出端，人机融合智能把人类在决策时展现的价值观融入机器算法的迭代之中，从而得到有机化和概率化的判断。在人机融合智能的科学体系中，人类会对自身知识进行辩证的思考，机器从人类在不同场景下做出的选择和决策中学习不同因素的价值权重，这将使得人类和机器之间的关系由单向决策转变为双向理解，从而把人类的主观能动性和机器的客观、被动的特性融合起来，继而形成一套新的体系框架。

4 人机融合智能展望和建议

4.1 机器直觉技术

人类直觉启发的机器直觉机制研究是人机融合的基础，将在未来突破现有的基于五感的多模态感知及其基础上的认知智能研究。通过实现直觉这一第六感，赋予机器五觉+直觉的完整的、有创造性的快速预测、判断、决策规划能力，以期在真实复杂动态时变场景，自然灾害、公共卫生等突发事件预判，以及创造性科学研究等领域发挥人机融合智能的重要作用。可以预见，随着机器直觉理论与方

法的不断深入，人工智能将有望突破现阶段的理论及应用瓶颈，进一步增加人机融合的深度与广度。

4.2 信息融合技术

信息融合技术在人机融合智能中扮演着至关重要的角色。某些场景对人机融合智能系统有着极高的时效要求，例如军事作战中的辅助决策系统、自动驾驶或辅助驾驶系统等。较高的时效标准对数据来源、算法复杂度和系统效率均提出了苛刻的要求。因此，未来人机融合智能发展不仅要着眼于数据和算法，还需要考虑整个系统的运行效率与功耗，从而实现更加可靠的人机融合智能系统。

4.3 态势感知技术

当前，态势感知普遍依靠人类的行为数据与状态信息，而没有深入考虑人与机器、人与环境、机器与环境的关系。将来可以通过决策方面去提升态势感知的能力。将人类的理性决策、描述性决策和自然决策融入态势感知系统中，使态势感知更加自然，更加能理解人类的意图，以期真正实现人机融合智能。

5 结束语

当下人机融合智能在医疗、军事、汽车制造等领域的应用中取得了初步成果。在未来，随着人机融合智能的基础理论框架和基础技术体系逐步构建，人机融合技术的应用会渗透到更多领域。人机融合会成为人工智能发展中具有重大战略意义的一个分支，当前的发展目标应该包括精准和可持续的高置信人机融合智能基础理论框架，实现基于可信计算的人机融合的协同感知、行为增强、认知交互与融合决策。

(参考文献略)



杨鼎康

复旦大学博士研究生。主要研究方向为多模态学习、情感计算与因果推断。



翟鹏

复旦大学博士后。主要研究方向为机器直觉、强化学习、智能硬件与智能织物。