

航空军事领域的人机混合智能技术



邓平煜¹, 袁旭益², 姚子羽^{2,*}

1. 航空工业雷华电子技术研究所, 江苏 无锡 214000

2. 航空工业航空无线电电子研究所 航空电子系统综合技术重点实验室, 上海 200233

摘 要: 本文对未来航空军事领域的发展趋势——人机混合智能技术进行了阐述。人机混合智能技术是当前人工智能领域的重要研究方向, 针对航空军事领域的典型问题, 本文提出了运用人机混合智能技术解决未来空战中感知、判断、决策和执行问题的基本解决方案, 最后对人机混合智能的未来发展进行了展望。

关键词: 人机混合智能; 空战; OODA; 人机融合; 人工智能

中图分类号: TP18

文献标识码: A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2020.10.001

人机混合智能作为人工智能 2.0 的重要方向, 是一种颠覆性的人工智能技术, 它旨在通过人机协作的方式, 提高人与系统综合的性能, 使得人类智能和人工智能的结合成为最高效的解决复杂任务问题的基本方式^[1]。当前的人工智能技术在解决以环境高复杂、边界不确定、博弈强对抗、响应强实时和样本稀疏为主要特征的航空军事问题上还存在较大挑战, 在航空军事领域的人工智能应用还十分有限, 人机混合智能概念的出现给解决航空军事智能问题提供了可行的途径^[2-4]。本文针对当前航空军事领域的典型问题——空战, 提出采用人机混合智能方法的一般技术途径, 可供相关科研人员参考。

当前航空军事领域的空战问题主要集中在感知、判断、决策和执行(博伊德“OODA”循环)等方面^[5-7], 如图 1 所示。在这 4 个方面运用人机混合智能方法实现能力突破, 就能在未来航空军事问题的解决上占得先机。采用人机混合智能技术解决感知问题的核心是实现战场态势的知识弥散与聚合; 解决判断问题的关键是实现战场全域全维度的时空因果价值评估; 实现智能决策的重要方法是将人类规则和智能网络进行复合优化; 实现高效执行的主要途径是将新概念人机交互技术与自动化技术进行有机融合。最终形成基于人机混合智能的未来空战问题复杂任务解决范式。

1 态势感知中的知识弥散与聚合

针对空战中的战场态势感知问题, 当前主要的方式为: 超视距态势运用传感器(雷达、红外、SAR、电子战等)捕获

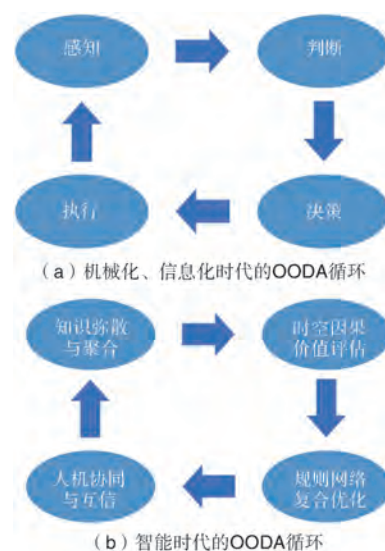


图 1 空战问题的 OODA 循环

Fig.1 The OODA loop of air combat issues

战场信息, 视距内主要依靠飞行员的个人视觉进行战场信息搜集。在当前军用飞机座舱中, 平视显示器、下视显示器、无线电导航系统、多种通信链路等机载设备源源不断地将战场信息提供给飞行员, 与此同时军用飞机的健康管理系統也实时地将飞机的运行状态以特定方式进行呈现。数以万计的传感器如同不同的感知器官, 提供对周围环境的信息搜集能力。因此, 当前的主要关于态势感知的研究主要聚焦在面向多传感器的数据融合领域, 很少涉及具体任务战术战法对态势的影响, 也即缺乏知识层的融合, 使得态

收稿日期: 2020-07-15; 退修日期: 2020-08-26; 录用日期: 2020-09-25

*通信作者: Tel.: 18112869699 E-mail: yzy_4028@foxmail.com

引用格式: Deng Pingyu, Qiu Xuyi, Yao Ziyu. Human-machine hybrid intelligence technology in military aviation field[J]. Aeronautical Science & Technology, 2020, 31(10): 3-6. 邓平煜, 袁旭益, 姚子羽. 航空军事领域的人机混合智能技术[J]. 航空科学技术, 2020, 31(10): 3-6.

势感知更像一种客观世界的信息呈现。

事实上,随着传感器数量的提升,飞行员面临着信息严重“过载”的问题,海量信息与数据的呈现如同一把“双刃剑”,如何实现高效的态势感知是当前面临的重要难题^[8]。人机混合智能技术从知识的弥散与聚合角度提出了一种新的研究思路:OODA环的目标是完成空战任务,各个阶段环环相扣,感知问题与判断、决策和执行之间存在紧密的关联,因此可以考虑将感知环节的数据和信息提炼为知识,与其他各个环节进行关联。构建以任务和环境为核心认知的混合智能感知系统,以人类感知和机器感知的高效结合为抓手,综合多类异构广义传感器的数据信息特征,以最有效的方式获取战场信息,实现感知知识的弥散;与此同时,判断、决策和执行环节的领域知识与感知知识进行融合后形成新的认知知识结构,将各个环节综合形成的新的认知需求反馈至感知环节,协同感知知识进化式的分类、汇总与自组织,完成知识聚合,形成感知环节自我完善的知识体系,实现完整战场信息的智能化呈现,支撑作战行动的有效开展,具体思路如图2所示。



图2 知识的弥散与聚合

Fig.2 Diffusion and aggregation of knowledge

2 战场时空因果的价值评估分析

判断环节的核心目标是将战场中的数据与信息转化为战场价值的认知,以解决战场边界不确定条件下的定势问题。实现认知双方作战力量的分布特征与威胁影响区域,面向全武器的攻防能力开展评估,针对特定的空战时空环境,理解和挖掘其态势发展的关键要素,基于时空因果进行推演和预测,形成任务过程战场全区域全维度价值体系的构建,最终为任务博弈决策提供有效的依据^[9-10]。当前进行态势评估的主要方法有贝叶斯网络、隐式马尔可夫过程、共轭梯度法等算法,多半需要生成带标签的样本,无法解决不确定边界的问题,难以获得通用的解决方案。

面向空战的具体问题,以单机的人机协同系统、编队的有人无人协同系统和体系的高层指挥控制系统为研究对象,考虑从超视距空战、中距离空战到近距离空战的空间序列,从实时、短时到长时的时间序列下的全武器攻击、防御和逃

逸的价值评估问题。目前在单机的系统中,部分功能(如电子侦察等)已经可以实现自主敌我认知判断,图像识别等技术引入也可将本来需要人工识别的任务实现了自动化的功能,这样就把人机系统的认知任务聚焦到了空战任务本身,使得更高层级的复杂战场时空因果分析成为可能。可以推断,单机的人机协同系统一旦实现纯自主的认知判断,就可以将认知的层级提升到编队级的有人无人协同空战任务认知,进一步提升编队级的智能层级,最终将可实现全战场的态势的纯自主分析判断。但除了最后的形态,人机混合智能将会覆盖从当前到最终目标的每一个阶段,成为战场时空因果价值评估分析的主要研究形式。图3为多维度战场时空因果价值评估。

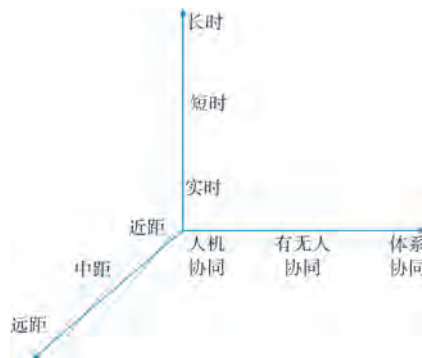


图3 多维度战场时空因果价值评估

Fig.3 Multi-dimensional space-time causal value assessment of the battlefield

3 “规则+网络”的强对抗博弈

此处的“规则”指的是人类的智能,人类智能的优势在于“灵感”“演绎”“推理”;“网络”指的是机器的智能,机器人人工智能的优势在于“计算”“存储”“持久”,如图4所示。如何将人类智能与机器人人工智能进行复合优化,实现有机的结合是决策环节主要考虑的问题。



图4 “规则+网络”的复合与优化

Fig.4 Composition and optimization of rules and neural networks

空战决策问题本质是强对抗条件下的博弈问题,需要人机综合系统给出最优的复杂任务问题解决方案。智能空战决策问题是当前的前沿课题,美国空战AI阿尔法采用的遗传模糊决策树方法,本质上就是一种智能算法结合人类经验的解决方案。遗传模糊决策树将人类的经验模糊化,使得其可以适应于全任务空间的决策中,形成模糊决策规则;然后根据模糊规则的输入输出关系,将各种规则进行参数耦合,构建完整的决策逻辑组织,形成空战模糊决策规则树;最后根据任务需求,设计目标适应度函数,将模糊决策树中的相关变量表示为目标的优化函数,最终将复杂的非结构化空战任务问题转化为结构化的最优数学问题,通过遗传算法等优化方法不断地遍历任务过程,寻求最优的解决方案。从文献检索结果来看,我国虽然发表了大量自主空战、无人机空战、智能空战相关的文章,聚焦在机动决策、电磁对抗、火力控制和群体对抗问题上,采用了深度学习、强化学习、马尔可夫规则、支持向量机等算法,但是多数研究没有给出相对完整的解决方案,并且以无人作战概念为主,在航空军事智能技术未成熟的情况下,由于理想化的假设,无法将研究成果应用于工程中,缺乏参考意义。

基于以上分析,本文认为人机混合决策可以同时兼顾机器学习的优势以及不确定性问题的约束。未来空战问题的一般解决方案可以参考遗传模糊决策树的方式,将人类经验知识以结构化的方式进行归纳与总结,构建面向复杂任务的一般运行框架,采用深度强化学习等前沿人工智能方法将结构化的知识模型进行以自我博弈为特征的进化处理,最终形成最优任务决策解决方案。

4 人机互信的协同与融合

空战执行环节的目标是以最高效的方式将任务决策形成的方案转化为控制指令,自动快捷地实现任务目标,解决响应强实时的问题。人机交互几乎贯穿执行环节的每一个细节,需要充分发挥人机协同在执行上的优势以合理的方式实现人机权限分配,达到人机互相信任以及能力互补的水平,提升人与系统深度综合的能力状态。

实现人机融合需要突破两方面的混合智能技术(见图5),自然人机交互技术和智能可信任技术。自然人机交互技术主要实现人机之间无差异的信息交互,针对空战问题,基于对飞行员生理、情绪和动机、能力等特征的认知,建立主动适应其感知通道(视觉、听觉、触觉)与行为通道(语音、手足、头、眼、生理)的自然人机交互方式,提升飞行员的作战行为能力,从操作交互、知识交互到意识交互,不断提升飞行员与机器智能之间的交互层级。智能可信任技术的目

标是建立人类智能与机器智能之间的信任关系,需要从智能技术可解释性和人机知识交互两个方面实现技术突破。当前以大数据和深度学习为特征的智能算法多数为不可解释的黑盒,如何将此黑盒打开,以可解释逻辑模型代替现有模型是亟待解决的问题。与此同时,将机器智能形成的知识与人类智能形成的知识进行深度融合,使得二者可以具备相同的知识背景,就有望形成人机之间深度的信任关系,实现人机从交互、意图到意识思想的融合。一旦实现人机一体化融合,空战任务执行将以极高效的方式进行持续运作。

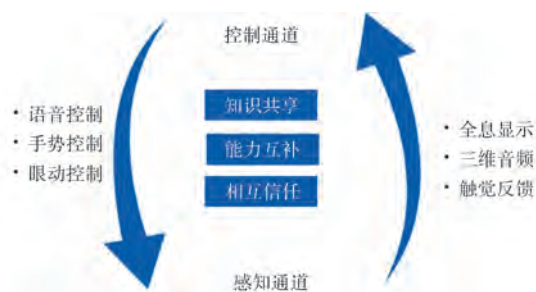


图5 人机互信的协同与融合

Fig.5 Coordination and fusion of man-machine mutual trust

5 结束语

近年来,人机混合智能逐渐成为人工智能领域新的研究方向,它在解决复杂任务和稀疏数据的问题上是一个值得深度探索的重要课题,有着广泛的应用前景。本文以空战问题为研究对象,从感知、判断、决策和执行4个方面初步阐述了人机混合智能在空战问题上的一般技术途径,相信随着人机混合智能技术的不断发展,未来会有更多领域获得技术辐射收益。随着人工智能技术的发展,人类智能与人工智能如何能够更加和谐共处,实现良好的智能系统运行生态,将是我们在研究人机混合智能技术的同时需要思考的问题,其中涉及的技术甚至是人机伦理的问题值得进一步的探索。

AST

参考文献

- [1] 吴朝晖,郑能干. 混合智能:人工智能的新方向[J]. 中国计算机学会通讯,2012,8(3): 59-64.
Wu Zhaohui, Zheng Nenggan. Hybrid intelligence: a new direction for artificial intelligence[J]. Newsletter of China Computer Society, 2012, 8(3): 59-64. (in Chinese)
- [2] 刘伟. 智能与人机融合智能[J]. 指控信息系统与技术,2018,

- 9(2): 1-7.
- Liu Wei. Intelligence and human-computer fusion intelligence [J]. Command Information System and Technology, 2018, 9 (2): 1-7. (in Chinese)
- [3] 刘伟, 张玉坤, 曹国熙. 有关军事人机混合智能的几点思考[J]. 火力与指挥控制, 2018, 43(10):1-7.
- Liu Wei, Zhang Yukun, Cao Guoxi. Thoughts on military human-machine hybrid intelligence[J]. Fire Control & Command Control, 2018, 43(10): 1-7. (in Chinese)
- [4] 李智军, 石光明, 杨辰光, 等. 人机混合智能专题简介[J]. 中国科学: 信息科学, 2019, 49(5):144-146.
- Li Zhijun, Shi Guangming, Yang Chenguang, et al. Introduction to human-computer hybrid intelligence[J]. Chinese Science: Information Science, 2019, 49(5): 144-146. (in Chinese)
- [5] Richards C. Boyd's OODA Loop[C]// Proceedings of Lean Software and Systems Conference 2011, 2011.
- [6] Martin R, Miroslav L. OODA loop in command & control systems[C]// 2017 Communication and Information Technologies, 2017.
- [7] Aya F, Hiroshi S, Akira N. Study of multi-agent based combat simulation for grouped OODA loop[C]// SICE Annual Conference 2011, 2011.
- [8] 刘伟, 庠兴国, 王飞. 关于人机融合智能中深度态势感知问题的思考[J]. 山东科技大学学报(社会科学版), 2017, 19(6): 10-17.
- Liu Wei, She Xingguo, Wang Fei. Reflection on deep situation awareness in human-machine intelligence[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Social Science), 2017, 19(6): 10-17. (in Chinese)
- [9] Yi K, Chen S, Chen Y, et al. Cognition-based deep learning: progresses and perspectives[J]. Artificial Intelligence Applications and Innovations, 2018, 59: 121-132.
- [10] Aydin A. hybrid artificial intelligence optimization technique[C]// Applications of Artificial Intelligence Techniques in Industry 4.0, Singapore, 2019: 27-47. (责任编辑 陈东晓)

作者简介

邓平煜(1979-)男, 研究员。主要研究方向: 航空电子技术、航空特种飞机任务系统。

裘旭益(1983-)男, 高级工程师。主要研究方向: 人机混合智能技术、人与系统综合技术。

姚子羽(1989-)男, 博士研究生, 工程师。主要研究方向: 机器学习、飞行器设计、人与系统综合技术。

Tel: 18112869699 E-mail: zzy_4028@foxmail.com

Human-Machine Hybrid Intelligence Technology in Military Aviation Field

Deng Pingyu¹, Qiu Xuyi², Yao Ziyu^{2,*}

1. AVIC Leihua Electronic Technology Research Institute, Wuxi 214000, China

2. Science and Technology on Avionics Integration Laboratory, AVIC Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200233, China

Abstract: In this paper, the future development trend of military aviation field: human-machine hybrid intelligence technology is described. Man-machine hybrid intelligence technique is the important research direction in the field of artificial intelligence. In view of the typical problems in the field of military aviation, this paper puts forward the basic solution of the problem of using man-machine hybrid intelligent technology to solve the future air combat in perception, judgment, decision and carry out. Finally the future development of the man-machine hybrid intelligence is proposed.

Key Words: human-machine hybrid intelligence; air combat; OODA; man-machine fusion; artificial intelligence

Received: 2020-07-15; Revised: 2020-08-26; Accepted: 2020-09-25

*Corresponding author. Tel.: 18112869699 E-mail: zzy_4028@foxmail.com