

人工智能等新技术在航空训练中的应用研究



何晓晓^{1,*}, 姚呈康²

1. 中国航空工业发展研究中心, 北京 100029

2. 航空工业西安飞行自动控制研究所 飞行器控制一体化技术国家重点实验室, 陕西 西安 710076

摘要:本文系统地梳理了人工智能等新技术在战术对抗训练和机载训练系统中的应用,以及机器学习技术、混合现实技术在训练中的应用,分析了上述这些技术在航空训练领域的发展方向,研究发现人工智能等新技术已经在航空训练领域中推广应用,使训练方式从过去的集中式训练向基于云端的分布式训练转变,从以训练大纲为中心向以学员为中心转变。

关键词:人工智能; 航空训练; 机器学习; 虚拟现实; 飞行模拟器

中图分类号: V11

文献标识码: A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2020.10.002

几乎每个行业都面临着新兴技术的挑战,人工智能(AI)、机器学习(ML)、虚拟现实(VR)和增强现实(AR)等新技术已经经常出现在日常生活中。在民用领域,大量的资本投入促使了这些技术的快速发展。民用领域的使用环境基本上属于合作环境,有利于新技术上的发展。但是对于军用领域来说,存在着战争迷雾和博弈对抗,还存在数据缺失的问题,并且将AI直接用于武器装备也带来了道德层面问题,所以将新技术首先用于仿真训练领域是一种过渡办法。传统上,军工企业参与军方训练相关工作时,往往被要求为军方用户制造、交付硬件。如今,更多的交付物已从硬件(产品)转移到软件(服务),这是军工行业的重大转变。数据驱动的交付物可能会在技术需求上跟当前有很大的不同,如要求交付无形的源代码给了新技术更多的施展空间,使得新技术得到重视和发展。通过近些年的努力,航空训练的保真度、训练效率以及设备小型化等方面已经有了明显的提升^[1-3]。

1 人工智能技术在训练中的应用

1.1 用于战术对抗训练

由人类专家把战术、战役等不同颗粒度中的基础交战

规则进行抽取,把交战规则模型化,用人工智能技术在此基础上进行组合和扩展形成专家系统,在一定的战场环境中驱动实体进行交互,使其行为具有保真度。“遗传模糊树”是一种常用的算法框架,其原理上是一种基于演进式的推理系统,能够利用人类专家的作战、飞行知识库,使其在多实体、多目标协同作战中具备快速实时行为决策能力。

由美国辛辛那提大学航空工程系开发的多实体、中距空战对抗系统,称为“阿尔法”(ALPHA)(见图1),在公开报道中打败了美军退役飞行员。ALPHA系统作为对抗中的红方,操纵着4架F/A-18飞机,从约95km处迎头进入。蓝方的两架F/A-18飞机由美军退役飞行员驾驶,同时蓝方有预警机支援,在态势感知上有优势,并且,蓝方的武器数量和射程均优于红方。蓝方目标是穿透红方在海岸线的空域,经多回合的对抗,结果都是退役飞行员被击落且红方没有损失。结果表明,“阿尔法”具备了一定的容错能力和强大的认知能力,能做出清晰的判断和准确的动作,比人类反应快250倍。专家系统没有情绪,行为理性,操纵准确,反应快,能预判人类飞行员的行为,在进攻和防御转换切换迅速^[4]。

这种使用AI驱动的系统非常适合用于飞行员的战术训练,具有成本低、易部署、行为较为准确的优点。当然,该

收稿日期: 2020-07-09; 退修日期: 2020-08-25; 录用日期: 2020-09-21

基金项目: 航空科学基金(2018ZG18010)

*通信作者: Tel.: 18500190798 E-mail: hexiaoxiao314@163.com

引用格式: He Xiaoxiao, Yao Chengkang. Analysis of artificial intelligence and other new technologies in aviation training[J]. Aeronautical Science & Technology, 2020, 31(10): 7-11. 何晓晓, 姚呈康. 人工智能等新技术在航空训练中的应用研究[J]. 航空科学技术, 2020, 31(10): 7-11.

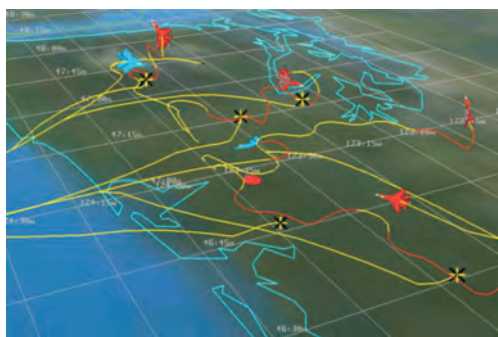


图1 “阿尔法”演示场景

Fig.1 ALPHA demonstration scenario

技术也可以用于未来可预见的有人/无人协同作战的场景的训练。通过类似于“阿尔法”这种人机对抗训练,提高人机协同作战任务中人类飞行员与机器之间的信任协作。与此同时,由于采用由易到难、由远距到近距、由单机到协同的方式来发展和训练机器的自主空战能力,可以实现空中格斗算法面向不同难度问题时的智能提升。AI驱动的行为让无人化飞行器具有面向相对复杂作战任务时,具备一定的自主决策能力,人类飞行员可以从传统的飞机驾驶员角色逐渐转变成为协同编队指挥员的角色,通过指挥编队中多个高度自主的无人作战平台完成空中作战任务^[5-6]。

1.2 用于机载训练系统

在日常备战时期,开展航空兵的实装训练和体系化对抗训练是一种能有效保持并提升战斗力的方式。在一对一的超视距迎头空战中,假如态势简单、位置信息清晰,很难在中、远距将对手击落。按照现代空中作战理论,在飞机能力相近的情况下空战制胜取决于敌我双方在任务的感知(Observe)、认知(Orient)、决策(Decide)、执行(Action)4个循环的执行速度是否占优。随着机载系统智能化水平的提升,机器和人类飞行员的两层OODA环的循环速度落差将成为限制空中作战平台性能发展的瓶颈,因此必须训练机载系统更多地承担认知、决策层面的任务,降低人类飞行员在空战链路中的任务载荷,优化人机配合的节奏,保证在对抗中失误更少,速度更快,最终提升制胜概率^[7]。AI算法具有严格执行规则、几乎不犯错误的优势,经过改造适合成为虚拟对手,配合人类飞行员开展超视距空战对抗训练。对于近距格斗而言,尽管近距空战在未来发生的频率逐渐降低,但是格斗也是训练必不可少的科目。机载训练系统是在飞机任务系统的基础上,增加了生成空中、地面虚拟对抗性目标的能力,使飞行员能随时随地开展“实”对“虚”的对抗任务训练。传统的训练系统往往采用实装对抗的方式,训练中没有加入虚拟目标,对抗强度有限。将AI驱动的具

有对抗性的数字实体和真实飞行结合,将虚拟目标融入到机载任务系统后,飞行员可以按照原装备作战飞行程序使用机载任务系统训练(见图2)。

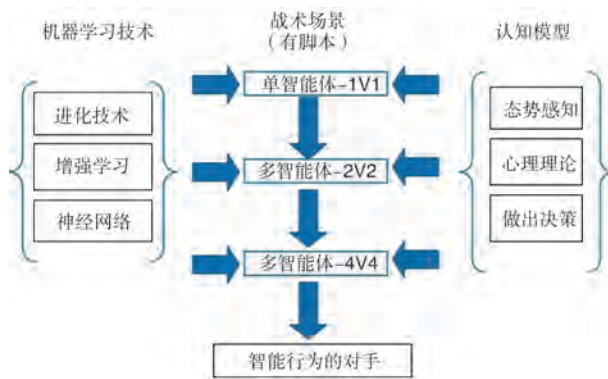


图2 智能敌机架构

Fig.2 Smart bandit architecture

AI驱动的程序可以让“敌人”自动做出类似人类的反应,甚至比专家的动作更为准确。这种类似于专家系统的程序代替了传统的预先编程行为模型,使虚拟目标看起来更加符合实际情况。虚拟目标会对飞行员的行为实时响应,因此飞行员无法预测虚拟目标的下一步行为,这使飞行员需要判断“敌人”的意图并调整战术,避免了千篇一律的重复训练。这种行为举止更加真实,增强了训练的效果。武器数字化后的弹道仿真和实时结果评估由机载计算机完成,因此飞行员会立即知道训练结果是击中还是被击落。虚拟目标的雷达也可以被模拟,把辐射状态发送到实装飞机任务总线中,激励本机的雷达告警设备做出响应^[8-9]。

2 机器学习技术在训练中的应用

随着训练需求的发展,利用数据分析的结果进行训练优化是提高训练效率和水平的有效解决方案。数据早已成为一个网络热词,对数据的有效分析和利用对各行业能起到很大作用。在航空训练领域,数据已经存在很长时间,但是尚未充分利用这些数据让其能发挥潜力。这主要是因为涉及军用数据的最大障碍是工业部门或者其他机构的访问权受限。缺少对所需数据的访问权限可能会阻碍利用机器学习技术去开发解决方案。训练数据和仿真数据的敏感性相对较低,这使得机器学习技术有了施展空间。

机器学习算法需要学习一定规模的数据,因此随着对正确数据的访问增加,这些算法变得“更智能”。此外,大数据不一定比小数据好,重要的是正确的数据。基于各种数据源的相关性,形成所需要的数据集才能得出有意义的结

论。基于训练数据集的深层神经网络,是目前一种比较主流的预测训练效果表现的方法,被证明具有实时预测训练表现的能力,可以更有效地修改训练内容以保持学员的参与度,从而帮助转移和保留必要的技能(见图3)。

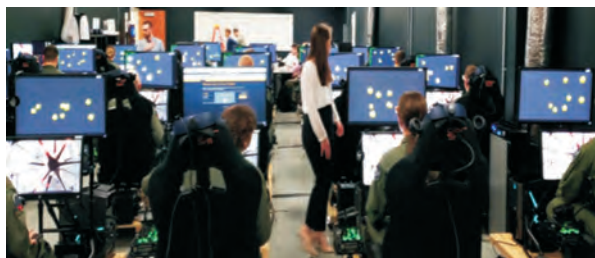


图3 简易模拟器

Fig.3 Simple simulator

机器学习算法将使计算机能够自动化那些完全客观的过程。如在练习密集编队科目时,人类教练员不容易评估以英尺或毫秒为单位的偏差。但是用计算机自动评估工具可以测量、显示,使评估标准化并根据客观标准分析实时数据,给出评价结论,从而使人类教练员有能力关注更多主观因素。

有些学员学习得快,有些学员学习得慢。通过数据分析,暴露出训练过程中存在的问题,根据对个人评价水平进行调整,提升或降低训练复杂性以及对训练进度进行调整,给持续优化训练过程提供了较为直接和客观的支撑,从而在训练大纲的基础上优化了个人训练计划。这种闭环训练系统实现“个性化”学习,适应学员当前的知识储备,让其保持最佳学习水平^[10](见图4)。

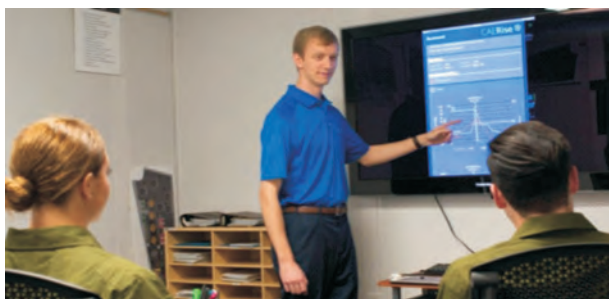


图4 CAE Rise 数据分析工具

Fig.4 CAE Rise data analysis tools

该技术还用于监测、统计学员的生理特征,分析学员在面临不同任务压力下的生理反应。学员在心脏附近佩戴监测传感器,用于测量心率、呼吸、脉搏和血压,监控学员对任务压力的反应程度。例如,数据可以反映出当前科目是否对学员过于简单或困难。当学员遇到单发失效或者任务目标临时改变,复杂气象下、敌方战斗机或地空导弹来袭时,可以分析学员心理的变化趋势^[11]。

3 混合现实技术在训练中的应用

AR、混合现实(MR)、VR可简称为XR(见图5、图6)。大量基于XR的设备或软件投入到了仿真训练中。MR处于虚拟现实(完全合成)和增强现实(完全现实)之间的中间地带。VR应用于训练相对较早,但在用于飞行员训练时由于看不见物理环境,飞行员无法与驾驶舱进行交互,缺乏触觉反馈。MR的出现给这个难题带来了解决办法,该系统使用物理接口和虚拟接口的组合,使人员可以从虚拟世界看到驾驶舱,解决了与物理驾驶舱交互的问题^[12-13]。

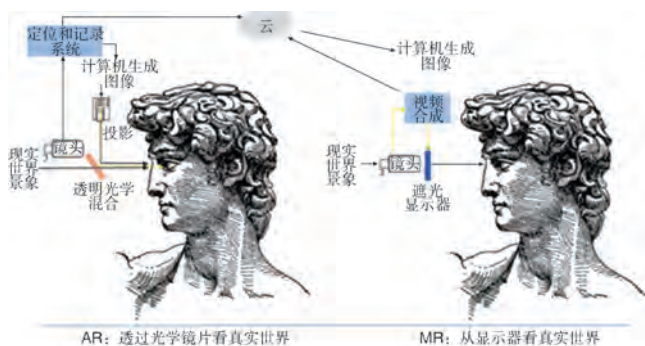


图5 AR与MR区别

Fig.5 The different between AR and MR



图6 L3 Link BBXR混合现实模拟器

Fig.6 L3 Link BBXR MR simulator

MR技术结合了物理环境和计算机生成(或虚拟)信息,在设备小型化的同时还具有让眼部舒适的分辨率和视野。利用MR技术使训练设备小型化、便携化,可机动部署,能部分代替传统训练系统(如全任务模拟器),开展的一些训练科目,减少了对昂贵的任务模拟器的使用需求^[14]。

在接下来的10年中,MR将成为仿真训练重点关注的一项技术,对于航空兵训练而言,MR技术可以部分取代传统的、笨重的、对场地要求高的球幕投影系统;对陆军的单兵训练,MR这种头戴式设备具有可移动的优势,可灵活部署用于户外训练,而这是通过传统的固定培训系统无法获

得的使用方式。

目前,头戴式设备的运动跟踪通常使用放置在房间周围的传感器来感应用户的位置。在未来的几年中,这种跟踪方式逐步转为内置于头戴式耳机中,它使用摄像头来感应用户的位置,而无须在周围空间中放置外部传感器^[15-16]。

4 结束语

人工智能等新技术已经逐渐在航空训练领域中推广应用,尽管面临许多挑战,但航空训练正在不断发展以提高训练的效率和战备状态。新技术引入后的训练方式从过去的集中式训练向基于云端的分布式训练转变;从以训练大纲内容为中心向以学员学习效果为中心转变。

训练系统中的智能虚拟目标是提升训练效果的关键因素之一。近些年来,人工智能技术快速发展,并且在空战对抗中已经被证明在一对一、多对多空战中战胜人类飞行员。目前,用机器学习技术开发的空战训练程序已经表现出了操纵准确、态势理解快、处理大量信息快,在有限边界内几乎不犯错误的优势。头戴式训练设备其在视景显示方面有较大的视场,其成本比传统投影系统降低很多,物理尺寸和应用支持方面也有优势。但是在短期内,传统高端模拟器凭借在触感和人机界面方面占有优势,不会被创新产品取代。但是这些创新技术可以作为一种补充,提供额外的训练时间,满足低成本的要求,使基础练习的资源更加丰富,加快知识转移,以便在高端模拟器中开展更有针对性的训练。

AST

参考文献

- [1] 袁成. 人工智能在航空领域应用正向深度和广度扩展[N]. 中国航空报,2019-08-13(005).
- Yuan Cheng. The application of artificial intelligence in aviation is expanding in depth and breadth [N]. China Aviation News, 2019-08-13(005). (in Chinese)
- [2] 黄文莉. 国外军用飞行模拟器的产业进展[J]. 集成电路应用, 2020,37(3):28-30.
- Huang Wenli. Industrial development of foreign military flight simulators [J]. Integrated Circuit Applications, 2020,37 (3): 28-30. (in Chinese)
- [3] 吴雄,刘纯. 外军战斗机空战战术训练系统应用研究[J]. 兵器装备工程学报,2017(7):31-37.
- Wu Xiong, Liu Chun. Application research on air combat tactical training system of foreign fighters [J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2017(7):31-37. (in Chinese)
- [4] 何晓骁. 人工智能战斗机在复杂环境中能否“防忽悠”[N]. 中国航空报,2019-09-10(005).
- He Xiaoxiao. Can artificial intelligence fighter "prevent fraud" in complex environment [N]. China Aviation News, 2019-09-10 (005). (in Chinese)
- [5] 车继波. 人工智能在无人作战飞机上的应用与展望[J]. 电讯技术,2018(7):859-864.
- Che Jibo. Application and prospect of artificial intelligence in unmanned combat aircraft [J]. Telecommunication Technology, 2018 (7): 859-864. (in Chinese)
- [6] 梁琳. 以航空飞行训练新技术为基础的人工智能仿真验证研究[J]. 通讯世界, 2020, 27(5): 219-220.
- Liang Lin. Artificial intelligence simulation verification research based on new aviation flight training technology [J]. Communication World, 2020, 27 (5): 219-220. (in Chinese)
- [7] 雷宏杰,姚呈康. 面向军事应用的航空人工智能技术架构研究[J]. 导航定位与授时, 2020, 7(1): 1-11.
- Lei Hongjie, Yao Chengkang. Research on aviation artificial intelligence technology architecture for military application [J]. Navigation, Positioning and Timing, 2020,7(1):1-11. (in Chinese)
- [8] 朱江,林皓,赵鹏轩. 大型运输机飞行训练模拟器设计技术研究[C]//第二届中国系统仿真技术及其应用学术年会,2019: 329-333.
- Zhu Jiang, Lin Hao, Zhao Pengxuan. Research on design technology of flight training simulator for large transport aircraft [C]// 20th China Annual Conference on System Simulation Technology and its Application, 2019: 329-333. (in Chinese)
- [9] 亓凯,杨任农,左家亮,等. 空战飞机嵌入式训练系统的研究[J]. 火力与指挥控制,2011(9):165-167.
- Qi Kai, Yang Rennong, Zuo Jialiang, et al. Research on embedded training system of air combat aircraft [J]. Firepower and Command Control, 2011 (9): 165-167. (in Chinese)
- [10] 李进,刘森. 飞行模拟训练器规范评述[J]. 直升机技术,2019 (1):58-62.
- Li Jin, Liu Miao. Review of flight simulator specification [J]. Helicopter Technology, 2019 (1): 58-62. (in Chinese)
- [11] 应艳茹,杨宛璐,韩立,等. 飞行训练模拟器数据采集系统设计

- [J]. 教练机, 2019(4):66-68.
- Ying Yanru, Yang Wanlu, Han Li, et al. Design of flight training simulator data acquisition system [J]. Trainer, 2019 (4): 66-68. (in Chinese)
- [12] 李畅, 晁建刚, 何宁, 等. 面向航天员训练的混合现实场景理解方法研究[J]. 载人航天, 2020, 26(1):26-33.
- Li Chang, Chao Jiangang, He Ning, et al. Research on hybrid reality scene understanding method for astronaut training [J]. Manned Spaceflight, 2020, 26 (1): 26-33. (in Chinese)
- [13] 罗斌, 姚鹏, 翁冬冬, 等. 基于混合现实的新型轻量级飞行模拟器系统[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(17):5406-5410.
- Luo Bin, Yao Peng, Weng Dongdong, et al. A new lightweight flight simulator system based on hybrid reality [J]. Journal of System Simulation, 2009, 21(17): 5406-5410. (in Chinese)
- [14] 汤勇. 增强半虚拟现实飞机座舱关键技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- Tang Yong. Research on key technologies of enhanced semi virtual reality aircraft cockpit [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2012. (in Chinese)
- [15] 孙惠, 王金. 军用飞机训练保障需求分析模型的建立[J]. 航空科学技术, 2016, 27(3):60-63.
- Sun Hui, Wang Jin. Establishment of military aircraft training support demand analysis model [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27 (3): 60-63. (in Chinese)
- [16] 黄宇, 芦涛, 王立. 飞行训练模拟器通用数据采集设备的设计研究[J]. 航空科学技术, 2017(9):42-46.
- Huang Yu, Lu Tao, Wang Li. Design of general data acquisition equipment for flight training simulator [J]. Aeronautical Science & Technology, 2017 (9): 42-46. (in Chinese)
- (责任编辑 陈东晓)

作者简介

何晓骁(1990-)男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 航空总体论证、作战任务仿真、航空训练情报跟踪等。

Tel: 18500190798 E-mail: hexiaoxiao314@163.com

姚呈康(1985-)男, 博士, 高级工程师。主要研究方向: 军事智能技术体系。

Tel: 18591995509 E-mail: yaochengkang@126.com

Analysis of Artificial Intelligence and Other New Technologies in Aviation Training

He Xiaoxiao^{1,*}, Yao Chengkang²

1. Aviation Industry Development Research Center of China, Beijing 100029, China

2. National Key Laboratory of Science and Technology on Aircraft Control, AVIC Xi'an Flight Automatic Control Research Institute, Xi'an 710076, China

Abstract: This paper systematically combs the application of new technologies such as artificial intelligence in tactical confrontation training and airborne training system, as well as the application of machine learning technology and hybrid reality technology in training, analyzes the development direction of the above technologies in the field of aviation training, and finds that new technologies such as artificial intelligence have been popularized and applied in aviation training field, which makes the training mode change from centralized training in the past to distributed training based on cloud, and changes from training outline centered to student-centered.

Key Words: artificial intelligence; aviation training; machine learning; virtual reality; flight simulator

Received: 2020-07-09; Revised: 2020-08-25; Accepted: 2020-09-21

Foundation item: Aeronautical Science Foundation of China (2018ZG18010)

*Corresponding author. Tel.: 18500190798 E-mail: hexiaoxiao314@163.com