

人工智能技术在智能武器装备的研究与应用

杨作民

青岛科技大学机电工程学院, 山东 青岛
Email: 1406253777@qq.com

收稿日期: 2021年6月18日; 录用日期: 2021年7月2日; 发布日期: 2021年7月30日

摘要

这篇文章主要侧重于人工智能技术在智能武器装备中的研究与应用。描述了人工智能的定义, 人工智能技术的发展以及美国对人工智能的重视。探讨了人工智能在智能武器装备中的关键技术, 包括目标定位与识别技术、自主攻击技术、分布式作战或蜂群作战技术、作战机器人技术等, 并进一步阐述了在关键技术中应该突破的技术性问题。列举了人工智能技术在智能武器装备中的应用实例, 对人工智能技术的发展作了总结与展望。

关键词

人工智能, 智能武器装备, 神经网络, 作战技术, 智能控制

Research and Application of Artificial Intelligence Technology in Intelligent Military Hardware

Zuomin Yang

College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao Shandong
Email: 1406253777@qq.com

Received: Jun. 18th, 2021; accepted: Jul. 2nd, 2021; published: Jul. 30th, 2021

Abstract

This article focuses on the research and the application of artificial intelligence technology in intelligent military hardware. It describes the definition of artificial intelligence, the development of artificial intelligence technology and the importance the United States attaches to artificial intelligence. We discuss the core technologies of artificial intelligence in intelligent weapon equipment, including: target positioning and identification, autonomous attack, distributed operation or swarm operation, combat robot, and then expound on the technical problems that should be broken through in the key technologies. The application examples of artificial intelligence technology in intelligent weapons and equipment are listed, and the development of artificial intelligence technology is summarized

and prospected.

Keywords

Artificial Intelligence, Intelligent Weapon Equipment, Neural Networks, Combat Technology, Intelligent Control

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当今时代，国际间的事务深度复杂变化，充满着不确定性和不稳定性。智能武器装备对于一个国家起着非常重要的作用。随着科技的不断发展，人工智能技术应用于智能武器装备显然成为现代智能武器装备发展的一种趋势。本文的研究内容主要包括目标定位与识别技术、自主攻击技术、分布式作战或蜂群作战技术、作战机器人技术。目标定位与识别技术就是利用神经网络，仿照生物机理，搭建像人一样的神经网络，把数据集中的数据输入到神经网络中，通过不断学习和训练取得训练模型，从而实现目标的定位与识别。自主攻击技术在本文中主要通过流程图的形式呈现出来，自主攻击的核心技术主要是通过人工智能技术中的目标定位与识别技术、智能认知系统、智能决策系统、智能路径规划、智能控制技术，实现对目标的自主攻击。分布式作战或蜂群作战技术中，主要阐述了智能体之间的关系，现在的分布式或蜂群作战的发展概况以及所存在的不足。探讨了作战机器人应该具备的特点和属性以及研究作战机器人需要具备的知识，阐述了现阶段作战机器人需要解决的技术问题。

2. 人工智能定义

人工智能就是利用人工的技术手段使得机器更加智能。人工智能这一名称的提出距今已有 60 多年，2015 年人工智能得到了进一步发展，时至今日，人工智能仍然是一个火热的研究方向之一，人工智能涉及到生活的方方面面，人脸识别、智能医疗诊断、智能火星探测车等都是利用人工智能技术服务于人类的实例。人工智能的迅速发展离不开各学科的相互发展。人工智能属于社会科学与自然科学的交叉学科，具有高度技术性和专业性的特点，涉及到包括数学、神经科学、计算机科学、哲学和认知科学、控制科学、生物科学等多门学科[1]。人工智能大致包含的学科如图 1 所示。



Figure 1. Discipline composition of artificial intelligence

图 1. 人工智能学科构成

3. 人工智能技术的发展及美国的重视

人工智能技术的迅速发展,一般认为可以分为4个阶段,以数学等为基础的弱人工智能阶段,以运算与感知为基础的强人工智能阶段,以认知为基础的通用人工智能阶段和超级人工智能阶段[2]。目前世界各国都高度重视对人工智能技术的研究、开发和应用,但是,现在的人工智能技术仍处在弱人工智能阶段。人工智能技术的主要发展层次大致分为3个层级的智能,包括运算、感知和认知,即机器要具有高效快速运算的能力,同人类类似或超越人类的记忆和存储信息的能力,同人类的视觉、听觉、触觉相似的感知能力,像人一样能理解推理、能够知识表达和会思考的认知能力[3]。

根据美国、俄罗斯、印度、日本、国际军控和裁军组织,瑞典军事研究所等媒体和组织对2020年世界军事强国的排名,排名第一的仍然是美国。美国作为军事强国之所以保持其军事强国地位离不开强大的经济实力和尖端的军事科学技术。

近年来,随着人工智能技术的迅速发展,引起了以美国为首的现代军事强国高度重视。从2016年起至今,美国对于人工智能技术在军事领域的研究与应用格外重视。2016年,人工智能技术在全球盛行,也引起了美国军方的高度关注,美国为了应对各种复杂严峻的军事挑战,提出了第三次“抵消战略”,提出了一系列优先发展技术的新型作战概念,例如“分布式作战”“蜂群”“作战云”等,美国政府要求优先发展人工智能技术,推动“智能化导弹”“智能无人机”“无人自主空中加油”等相关人工智能技术在军事方面的研究与应用。美国的《国防战略》,将先进与智能计算、大数据、自主智能、智能机器人等新型人工智能技术作为美国在军事领域打赢智能化战争的核心技术。2019年11月21日,美国国会在《人工智能与国家安全》报告中指出,人工智能是一个新兴创新发展的技术,对维护国家安全具有举足轻重的重要意义。2020年,美国加大人工智能领域投入和布局。2021年,美国在人工智能相关研发项目上投资超过60亿美元。美国国会已经指示国防部联合人工智能中心在4月底之前向国会国防委员会提供一份国防部所有人工智能活动的清单。这充分表明,美国对人工智能的重视,尤其是在军事领域,美国更加倾注重于人工智能技术的发展。

4. 人工智能在智能武器装备中的关键技术

智能武器装备的核心是先进技术,将人工智能技术应用到智能武器中,将大大增强军事战斗力。本文主要探究了4种人工智能技术在智能武器装备中的作用,分别为目标定位与识别技术、自主攻击技术、分布式作战或蜂群作战技术、作战机器人技术。

4.1. 目标定位与识别技术

作战状态中,以敌军武器及敌人进行精准打击为目的,这就需要智能武器装备在外部环境干扰的情况下,采用武器内部的自主定位与识别系统对敌方目标精准定位与识别,人工智能技术中的目标定位与识别技术显得尤为重要。目前,以卷积神经网络为基础的深度学习、机器学习是各国在目标定位与识别研究领域之一,它主要解决的是在目标定位与识别中的准确度和效率。基于计算机视觉的低层理论是卷积神经网络[4]。如图2、图3所示。

由图可知,卷积神经网络的运算方式是从一端输入相关的信息数据,经过卷积神经网络的隐藏层,最后从另一端输出运算模型。例如,通过数据集、YOLO系列算法等,将处理后的图像数据输入到卷积神经网络结构,通过优化参数学习率、激活函数、分类函数等参数的优化,进行不断的迭代与训练,提取数据的特征,从而获得目标定位与识别模型,通过测试程序调用卷积神经网络学习和训练好的模型,实现对目标的定位与识别功能。在人工智能研究领域,目标定位与识别方面要具有良好的鲁棒性,包括精准定位、精准识别、运算效率高、中央处理器消耗低、数据集样本量少、无需人为设定参数等,还应该具有最优的回归函数、损失函数、神经网络的激活函数等。目前,上述技术还需进一步突破。

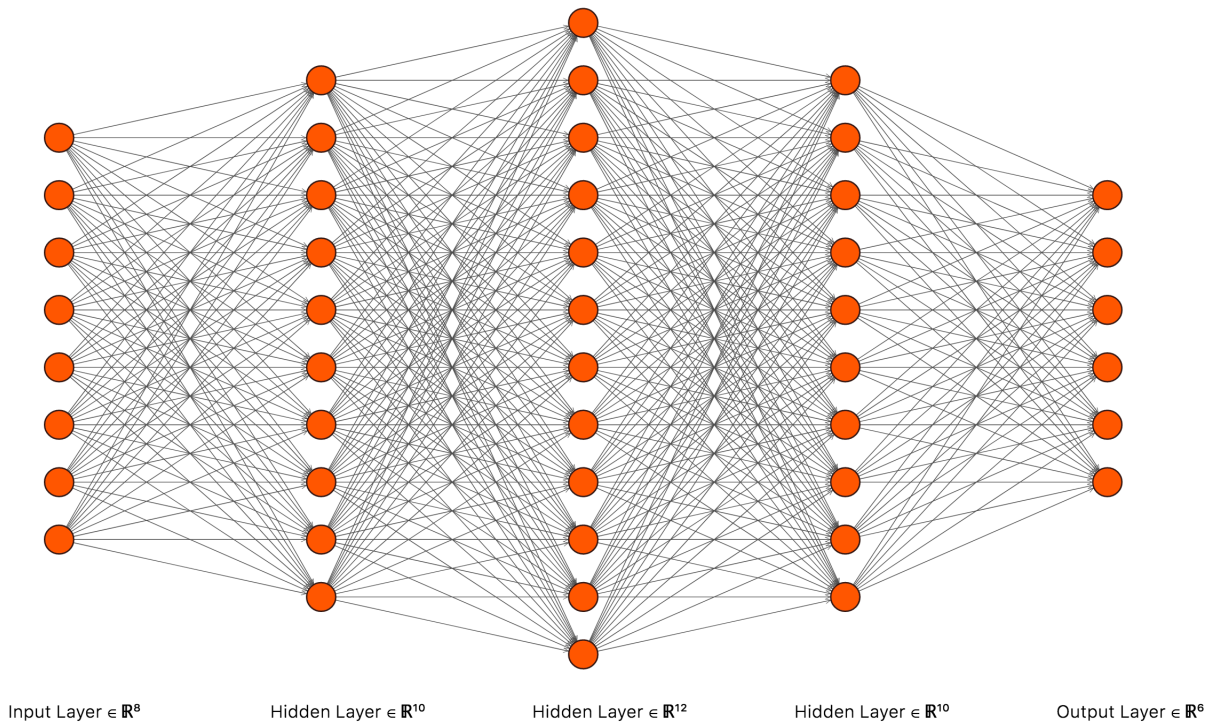


Figure 2. The visualization architecture of neural network
图 2. 神经网络可视化结构

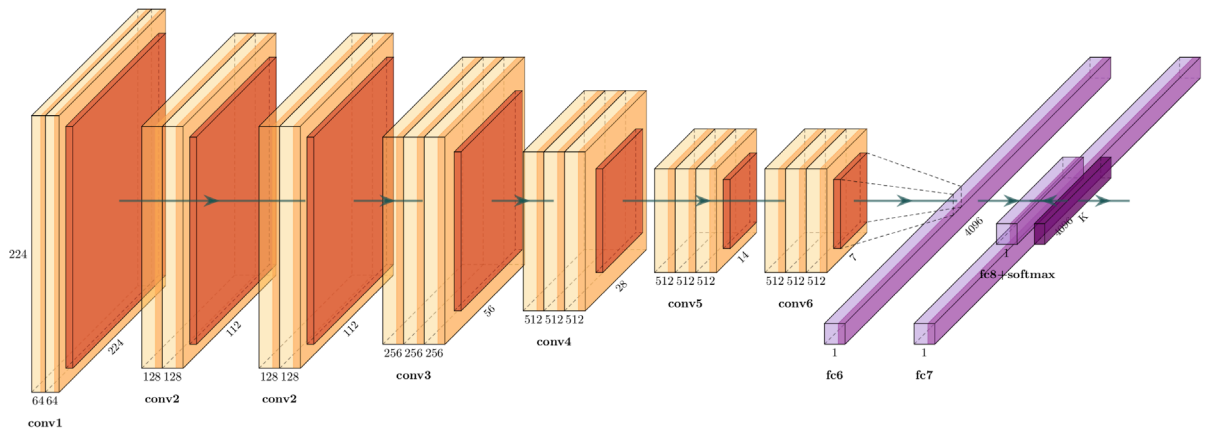


Figure 3. The visualization model of neural network
图 3. 神经网络可视化模型

战时状态下的环境错综复杂，智能武器装备在目标定位与识别中拥有核心算法是不可或缺的条件。这里分别列举了 2019 年、2020 年、2021 年的人工智能目标定位与识别的高性能算法模型，如表 1 所示。

Table 1. Target location and recognition algorithm model
表 1. 目标定位与识别算法模型

2019 年	2020 年	2021 年
PANet + Resnet Xt101 [5]	Spiking-YOLO [13]	GFLV2 [21]
Trident Net [6]	CBnet [14]	DCL [22]

Continued

Center Net511 [7]	YOLOv4 [15]	-----
FSAF [8]	Centripetal Net [16]	-----
M2Det [9]	Efficient Det [17]	-----
FCOS [10]	D2Det [18]	-----
Cascade RCNN [11]	NAS-FCOS [19]	-----
Retina Mask [12]	Context R-CNN [20]	-----

战时状态下，毫秒必争，敌军的目标处于变动的状态，快速精准锁定目标与实现精准识别打击功能是现代武器装备作战具备的必要条件，如图 4 所示。图中为陆地作战的场景，智能化的战场，首要任务是精准定位与识别目标，采用基于人工智能技术的自主定位识别系统，能够快速锁定目标，实现对目标的精准打击。



Figure 4. Target recognition and localization concept map (from the network)

图 4. 目标定位与识别概念图(来源于网络)

4.2. 自主攻击技术

自主攻击技术无需远程人员操控，只是依赖于智能武器装备本身所携带的传感器、计算机、智能芯片等先进部件，对敌方的信息自动搜索、识别、智能决策、选择与自主攻击。最具代表性的是无人作战机，使得无人作战机不仅具有隐身的功能，还应具有自行完成起飞、自主攻击，返回与降落等功能，其中，自主攻击是取得胜利的关键因素。图 5 为自主攻击技术流程图。

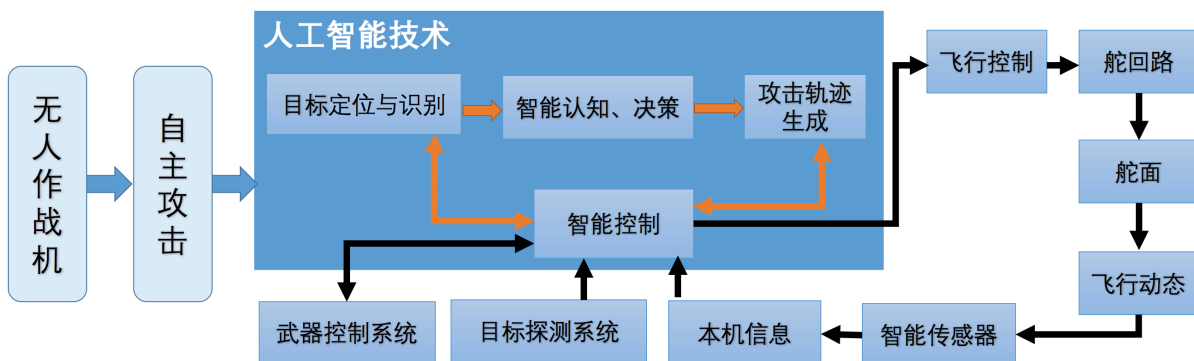


Figure 5. Flow chart of autonomous attack technology

图 5. 自主攻击技术流程图

上图中，无人作战机主要是通过自主攻击系统实现对目标的自主攻击。自主攻击系统依赖的核心是智能装备中的人工智能技术，它包含目标定位与识别、智能认知与决策、攻击轨迹的生成、智能控制等关键技术。首先，无人作战机获取攻击目标，这一步主要是通过基于深度学习的算法来实现。其次，是对目标的认知和决策，通过智能认知和决策算法对攻击的目标筛查与检测，实现精准攻击目标的目的。无人作战机获得智能认知、决策后，接下来就需要对攻击目标的轨迹进行规划，主要采用的是轨迹路径规划算法。在智能控制部分，主要采用的是智能控制算法，实现多功能、全方位的智能控制，包括武器控制系统、目标定位与识别、攻击轨迹的生成、飞行控制等。上述是实现自主攻击功能的大致流程，但上述的每一部分所采用的技术都还不成熟，还需进一步研究。以下分别就上述技术的简单论述。

4.2.1. 智能认知系统

智能认知系统是人工智能技术之一[23]，无人作战机具有智能认知的功能才能够自主攻击目标。认知计算是建立在神经网络和深度学习的基础之上，基于人工智能和信息科学的技术平台，这些平台包括机器学习、推理与表达、自然语言处理、计算机视觉、人机交互、定性空间表示等技术，通过运用认知科学知识构建模拟人类思维过程的系统。智能认知系统离不开认知计算，目前，量子认知计算成为认知计算发展的一大方向[24]-[29]。量子认知计算是当代量子计算与认知科学相结合的一个新型边缘学科，通过对认知科学中的现象进行建模，运用量子理论的计算方法，研究与描述人的认知及其决策的交叉科学。量子认知计算通过人的大脑接受外界所获得的数据信息，经过人的大脑的加工处理，通过某种方式转换成内在的心理活动和心智活动，进而支配人的行为的信息加工过程，应用量子理论的数学形式为语言符号、人类记忆符号、演绎推理、人类判断逻辑等，以突破传统认知科学的障碍。量子认知计算构架如图6所示。

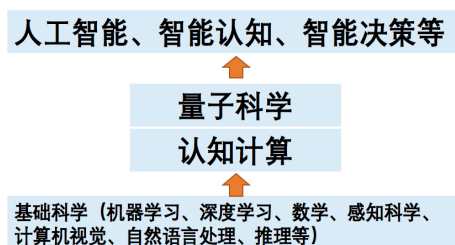


Figure 6. Quantum cognitive computing architecture
图6. 量子认知计算构架

从上图可知，为了实现智能认知，主要有3部分组成，以基础学科为依托，通过认知计算算法使得机器计算能力更强，认知计算更广，与量子科学中的量子算法相结合，从而使得量子认知计算的功能接近于人类的认知功能。将量子认知计算技术应用到智能武器装备，实现智能武器装备具备认知功能是现今研究的课题之一。

4.2.2. 智能决策系统

未来战场必将是智能化的战场，智能决策在智能武器装备中起着关键性的作用。智能决策主要分为3个层次：人来决策、辅助决策、机器自主决策。人来决策的主体是人，战时状态下，通过远程操控，由人来做出决策。辅助决策是人通过借助外在智能设备做出科学决策。最理想的状态是机器能够像人一样的智能甚至超越人的智能做出精准、高效、合理的决策。借助人工智能技术使得机器自主决策是智能决策研究的重要方向之一。智能决策系统结构如图7所示。

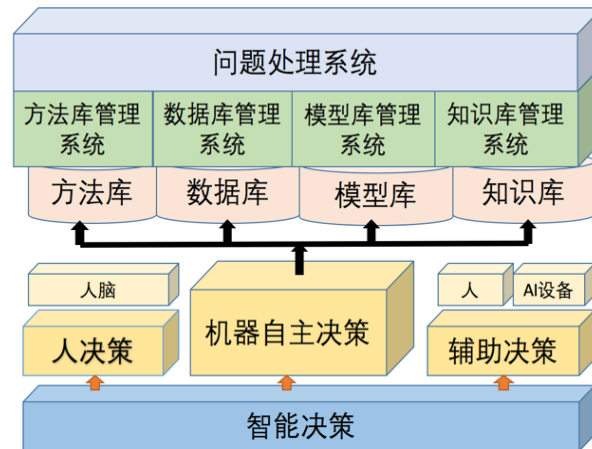


Figure 7. Intelligent decision system architecture
图 7. 智能决策系统结构

从图 7 可以看出, 要想实现机器自主决策, 机器应当具备方法库、数据库、模型库和知识库 4 个主要模块。方法库是存储方法模块的系统, 有各种为了解决问题的算法组成; 数据库是收集数据信息、存储数据信息和加工处理数据信息的模块系统; 模型库存储着各种模型, 用于支持决策系统; 知识库是对输入和输出智能系统的信息数据进行编码和解码, 包括知识定量和定性的表示, 知识表达, 知识推理决策等。4 个主要模块相互作用, 从而实现对问题的智能决策。智能决策算法模型是目前研究的重要课题之一[30]。人工智能技术中, 马尔可夫决策算法和决策树算法是典型的代表。

4.2.3. 智能路径规划

智能武器装备执行任务过程中, 在执行攻击目标之前, 需要对攻击路径进行规划。路径规划包括三维空间中的路径规划, 陆路与地面路径规划, 水中路径规划。路径规划具有几何的特征, 主要研究位置关系。目前常见的路径规划算法见表 2 所示。

Table 2. Generate path planning algorithms for ground and space
表 2. 生成的地面和空间路径规划算法

地面路径规划	优点	缺点	空间路径规划	优点	缺点
APF	同控制结合	不完备	APF	简单问题实用	不完备、不最优
图搜索算法	完备	-----	PRM、RRT	无需知道C空间情况	-----
可视图	完备、最优	-----	PRT+ RRT+	-----	-----
栅格化法	完备、最优	-----			
概率地图法	完备	不最优			
随机树法	完备	不最优			
GA、蚁群法	完备、最优	-----			
Walk to	简单	不完备			

近年来, 基于人工智能技术的路径规划方法成为新的研究方向之一, 其中, 监督学习就是一个很好的例子。利用监督学习的框架做路径规划, 在路径简单的情况下可以实现, 但是这种方法需要提前给数据标注标签。深度强化学习弥补了监督学习的不足, 不依赖于人工标记的轨迹, 只需要指定规划目标, 让智能体不断尝试、迭代更新网络即可。路径规划实现的深度强化学习原理如图 8 所示。

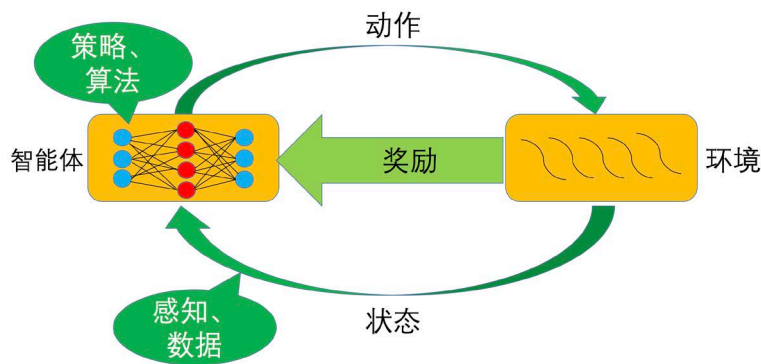


Figure 8. Principles of deep reinforcement learning
图 8. 深度强化学习原理

深度强化学习是通过智能体与周围环境的交互系统，具有很强的交互性、学习性和通用性，同样适应于智能体的路径规划问题。把深度强化学习的方法应用到路径规划问题的过程可以描述为：

- 1) 首先，在当前时刻，智能体通过某些算法、策略发出一种动作与外界环境交互，利用基于深度学习的方法来感知、获得数据信息和观察，得到具体的外界环境反馈的状态特征表达；
- 2) 其次，智能体获得由外界环境给予的奖励来评估和衡量各动作的价值函数，并通过某种策略、算法和模型将当前状态映射为相应的动作，以做出相应的状态调整，得到最佳的状态；
- 3) 最后，智能体将最佳状态作为当前的状态再次与外界环境交互，环境对此动作快速做出反应，智能体再次得到下一个状态。通过不断循环迭代过程，不断的去学习外界环境的状况来适应外部环境，从而找到一条最佳的路径规划方案[31]。

4.2.4. 智能控制

智能控制是人工智能技术和自动控制的交叉产物，被控质量取决于被控对象的测量程度，并计算出与实际情况的偏差，同时控制系统接受外界信息，根据收集的信息和已有的知识进行演绎推理，得到对被控对象的输出控制结果，使得控制能够得到最优化。采用的人工智能控制方法有进化算法、神经网络、机器学习、模糊逻辑和蚁群算法等。

基于人工智能技术的控制方法应用到智能武器装备中，在不受人为干预的情况下，要能够自主地驱动智能武器装备实现智能控制功能。要实现智能武器装备能够自主智能控制，智能算法和模型是智能控制的核心技术，智能控制中的高层控制环节起着决定性的作用。目前，智能控制需要有一下几个方面取得突破。

- 一是类人智能控制技术。在战时复杂环境下，控制环节应该达到类人的智能控制，将人类所具有的控制能力赋予智能武器装备。
- 二是协同集群控制技术。战时状态下，多军种、多类型智能武器装备应该协同配合，群体智能作战。
- 三是自主诊断控制技术。在复杂的战时状态，根据局势的变化，可以随时调整智能控制策略，以快捷、高效、精准的方略赢得战场的主动权。
- 四是智能控制反控制技术。战争中，要能够具有反控制的能力，对于敌方的控制性攻击技术，能够快速识破，采取反控制措施。

4.3. 分布式作战或蜂群作战技术

分布式作战包括空中分布式作战、陆路分布式作战、海上分布式杀伤、水下分布式作战、空间分布式结构等，蜂群作战是一种仿照生物作战的结构体系，如图 9 所示。

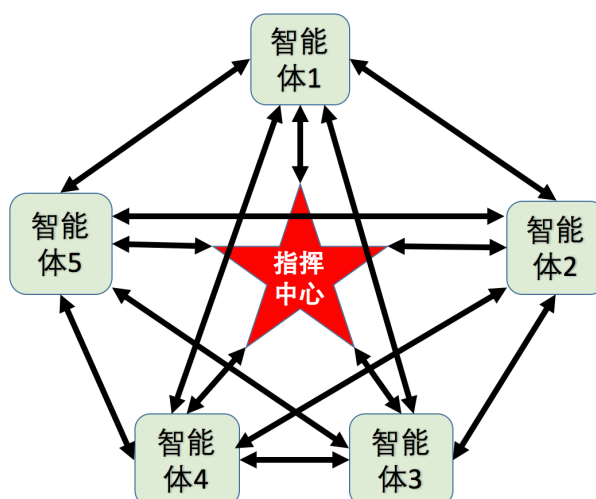


Figure 9. Distributed operations or swarm operations concept map (from network)

图 9. 分布式作战或蜂群作战概念图(来源于网络)

图 9 作为一个分布式作战体系结构，由一个指挥中心控制多个智能体，这里用智能体 1、2、3、4、5 表示。每一个或多个智能体与指挥中心之间、多个智能体之间相互关联，协同作战，包括自主攻击、智能规避威胁、信息数据高速传输与共享等，形成一个乱中有序的蜂群作战模式。

作战状态下，智能武器装备之间不仅可以协调配合，还可以协同配合，通过自主协同、群体智能技术提高作战能力，具有灵活性强，对抗性强的特点。目前，分布式作战或蜂群作战应该在以下方面还需取得进一步研究。

一是战场信息化网络技术。由单一智能体转为多智能体，智能体之间需要由协调转为协同，在特定战场中，依赖于智能网络组成的作战体系，要求智能体之间的数据传输极强，实时性极高，能够保证智能体之间的稳定性、可靠性。

二是分布式或蜂群人工智能技术。战时状态下智能体要具有智能定位与识别目标、智能决策、智能控制、智能协同、智能认知、自组织等作战能力，这就需要在分布式或蜂群人工智能技术方面取得新突破。

三是分布式或蜂群协同作战技术。分布式或蜂群作战，每一个子成员都是一个智能体，既能够单独完成任务，也可以协同自身以外的子成员完成任务，单个或多个智能体之间都具有自主控制、自主决策、自主认知的能力，这就需要在协同作战技术上取得新突破。

四是分布式或蜂群编队控制技术。作战环境中，只有一定的战术策略才能够赢得战场的主动权。分布式或蜂群之间要具有极高效的控制能力，包括自主控制、障碍回避，自主威胁识别能力，需要在编队控制技术上取得新进展。

4.4. 作战机器人技术

作战机器人作为未来战争的主力军，是拥有人类智慧的参战者，从作战指挥到协同推进，从物质运输到侦查勘探以及实战进攻都扮演着重要的角色，必须具备自我认知与推理能力、定量或定性空间表示、知识表示、智能规划、感知与认知能力等。如图 10 所示。

图 10 为作战机器人的概念图，环境为地面作战，要求机器人之间协同配合，精准识别目标，对目标进行精准打击，这就需要机器人获取外界信息和高效计算的能力，智能控制能力等。除了上述的作战场景的之外，智能作战无人机、水下智能机器人、空间智能机器人等都可以在复杂不确定的环境下参与作战。作战机器人技术主要包含以下方面。

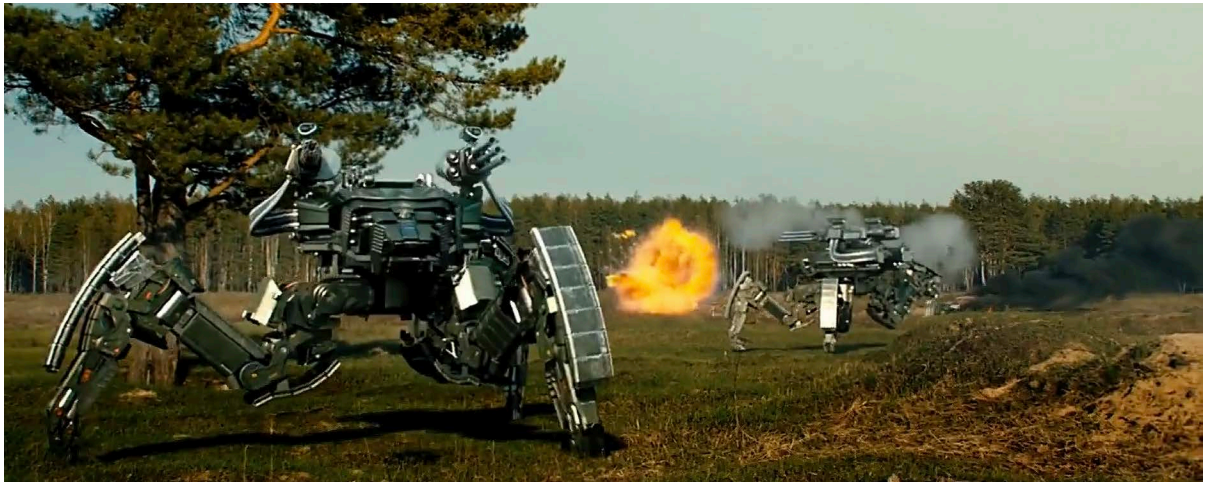


Figure 10. Concept of super intelligent robot(from the internet)

图 10. 超级智能机器人概念图(来自网络)

一是如何赋予机器人人的智慧或者超越人的智慧。复杂的作战环境下，要求机器人必须要有人的感知能力、认知能力、创造力，机器人的灵活性和灵敏性必须能够达到人的灵活性和灵敏性，应当具备群体智能的能力。

二是作战机器人自我隐蔽技术。战争状态下，要求作战机器人要具有极强的隐蔽性，动作灵活，特别是侦查机器人，不能够发出噪声。

三是作战机器人超长待机技术。战场中环境复杂多变，机器人必须保证自己的能量不受威胁，长期作战情况下，机器人要具有获取能量自我补充的能力。

四是人工智能芯片技术。作战机器人的智能芯片有待发展，智能芯片作为机器人的核心部分，需要具备更加完备的能力。将人工智能技术应用到作战机器人已成为该领域研究的一大方向。

5. 人工智能技术在智能武器装备中的应用

人工智能武器应当具有机智的决策、理性的辨别目标能力，具有明辨自然语言的能力，是一种能够对外部环境具有极强的洞察力、实时应对各种复杂挑战，能认知会思考的武器系统[32]。科技发展至今，利用人工智能技术的智能武器装备也在不断研制和应用，例如，目前美国的联合全域指挥控制系统(JADC2)正处在研发阶段，根据五角大楼的最新规划，现代军队总参谋部的每一个组成部分，包括作战计划、信息采集、情报收集、后勤与保障、通信和决策都将移交给由传感器、计算机和软件、算法和模型组成的复杂集合体负责。所有这些组成部分随后都会被整合进一个“综合各个系统的系统”。最终，这种多系统集合体可能会代替人类的职能，甚至超越人类所应承担的职能，以此来代替美军高级将领及其资深参谋所承担的大部分职能。如图 11 所示。

除了 JADC2 外，美军在役或在研的智能化导弹主要有战术战斧、远程反舰导弹(LRASM)、标准-3、灰狼等，它们都是运用人工智能技术的产物，将人工智能技术应用到导弹中，使得智能导弹具备自主识别目标和自主攻击的能力。以下是不同的智能化导弹、类型和状态的基本情况，如表 3 所示。

在分布式作战和蜂群作战方面，2020 年 9 月，俄罗斯军方采用苏-57 战斗机进行试验，在真实作战条件下，利用一架苏-57 战斗机作为指挥和控制多架苏-35 战斗机，执行协同攻击任务。美国军方也正在利用新型 F-35 战斗机进行类似的分布式作战或蜂群作战试验。另外，灰狼巡航导弹试验成功也将具备蜂群攻击的能力。不过，无论是分布式作战，还是蜂群作战，目前还处于初级试验阶段。其核心是先进的算法模型和合理的数据以及高效的运算能力，因此还需要不断探究。



Figure 11. Visualization of JADC2 (source: <https://www.monch.com/mpg/news/ew-c4i-channel/7334-saic-and-usaf-partner-for-jadc2.html>)

图 11. JADC2 可视化(来自: <https://www.monch.com/mpg/news/ew-c4i-channel/7334-saic-and-usaf-partner-for-jadc2.html>)

Table 3. General situation of American military intelligent missile

表 3. 美军智能化导弹基本情况

序号	导弹名称	导弹类型	状态
1	战术战斧	巡航导弹	2004 年服役
2	远程反舰导弹 LRASM	反舰导弹	2018 年具备初始作战能力
3	标准-3 Block IIA	防空反导导弹	2020 年 11 月试验成功
4	灰狼	巡航导弹	2020 年 12 月完成最大推力试验
5	战斧 Block5	反舰导弹	2020 年 3 月服役

类似的,利用人工智能技术在军事中的应用实例还包括在信息化武器装备中的应用[33]、在导弹领域的应用[34]、导弹控制技术[35]、美军智能武器装备的发展等[36],虽然这些人工智能技术有些已经付诸实践之中,有些还在研究中,但是总体还不够成熟,需要进一步的研究与技术突破。

6. 总结与展望

人工智能技术应用领域广泛,包括医疗、教育、航空航天、工业生产、农业、经济等。从民用、工用到军事应用,人工智能技术发挥着越来越重要的作用,尤其在智能武器装备的研究与应用逐步深入,未来战场,智能武器装备是战争的主力军,但目前的研究与应用还处于初级阶段,目标定位与识别技术、自主攻击技术、分布式作战或蜂群作战技术、作战机器人技术等尖端技术还有待进一步研究。展望未来,从目前的弱人工智能阶段到超级人工智能阶段还需要很长时间,但随着各学科融合交叉,科技的不断进步与发展,相信,人工智能技术一定会在人类生产、生活中,在智能武器装备中发挥着不可替代的作用。

参考文献

- [1] 罗通. 人工智能的概念及发展前景分析[J]. 无线互联科技, 2019, 16(10): 147-148.

- [2] 梅剑华. 理解与理论: 人工智能基础问题的悲观与乐观[J]. 自然辩证法通讯, 2018, 40(4): 1-8.
- [3] 程运江, 张程, 赵日, 周国峰, 许泽宇. 人工智能的发展及其在未来战争中的影响与应用思考[J]. 航空兵器, 2019, 26(1): 58-62.
- [4] 李洋洋, 胡红萍, 白艳萍. 基于 CNN-PCA-DT 算法的合成孔径雷达目标识别[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(4): 53-58.
- [5] Liu, S., Qi, L., Qin, H., *et al.* (2018) Path Aggregation Network for Instance Segmentation. 2018 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Salt Lake City, 18-23 June 2018, 8759-8768. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00913>
- [6] Li, Y., Chen, Y., Wang, N., *et al.* (2019) Scale-Aware Trident Networks for Object Detection. 2019 *IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Seoul, 27-28 October 2019, 6053-6062. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00615>
- [7] Duan, K., Bai, S., Xie, L., *et al.* (2019) CenterNet: Keypoint Triplets for Object Detection. 2019 *IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Seoul, 27-28 October 2019, 6569-6578. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00667>
- [8] Zhu, C., He, Y. and Savvides, M. (2019) Feature Selective Anchor-Free Module for Single-Shot Object Detection. 2019 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Long Beach, 15-20 June 2019, 840-849. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00093>
- [9] Zhao, Q., Sheng, T., Wang, Y., *et al.* (2019) M2Det: A Single-Shot Object Detector Based on Multi-Level Feature Pyramid Network. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, **33**, 9259-9266. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019259>
- [10] Tian, Z., Shen, C., Chen, H., *et al.* (2020) FCOS: Fully Convolutional One-Stage Object Detection. 2019 *IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Seoul, 27-28 October 2019, 9626-9635. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00972>
- [11] Cai, Z. and Vasconcelos, N. (2018) Cascade R-CNN: Delving into High Quality Object Detection. 2018 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Salt Lake City, 18-23 June 2018, 6154-6162. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00644>
- [12] Fu, C.Y., Shvets, M. and Berg, A.C. (2019) RetinaMask: Learning to Predict Masks Improves State-of-the-Art Single-Shot Detection for Free. ArXiv, abs/1901.03353
- [13] Kim, S., Park, S., Na, B., *et al.* (2019) Spiking-YOLO: Spiking Neural Network for Energy-Efficient Object Detection. *The Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-20)*, New York, 7-12 February 2020, 11270-11277. <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i07.6787>
- [14] Liu, Y., Wang, Y., Wang, S., *et al.* (2020) CBNet: A Novel Composite Backbone Network Architecture for Object Detection. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, **34**, 11653-11660. <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i07.6787>
- [15] Bochkovskiy, A., Wang, C.Y. and Liao, H. (2020) YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv:2004.10934 [cs.CV]
- [16] Dong, Z., Li, G., Liao, Y., *et al.* (2020) CentripetalNet: Pursuing High-Quality Keypoint Pairs for Object Detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, 13-19 June 2020, 10516-10525. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.01053>
- [17] Tan, M., Pang, R. and Le, Q.V. (2019) EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, 13-19 June 2020, 10781. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.01079>
- [18] Cao, J., Cholakal, H., Rao, M.A., *et al.* (2020) D2Det: Towards High Quality Object Detection and Instance Segmentation. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, 13-19 June 2020, 11485-11494. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.01150>
- [19] Wang, N., Gao, Y., Chen, H., *et al.* (2020) NAS-FCOS: Fast Neural Architecture Search for Object Detection. 2020 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Seattle, 13-19 June 2020, 1-9. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.01196>
- [20] Beery, S., Wu, G., Rathod, V., *et al.* (2020) Context R-CNN: Long Term Temporal Context for Per-Camera Object Detection. 2020 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Seattle, 13-19 June 2020, 1. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.01309>
- [21] Li, X., Wang, W., Hu, X., *et al.* (2020) Generalized Focal Loss V2: Learning Reliable Localization Quality Estimation for Dense Object Detection. 2020 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Seattle, 13-19 June 2020, 1-10.

-
- [22] Yang, X., Hou, L., Zhou, Y., *et al.* (2020) Dense Label Encoding for Boundary Discontinuity Free Rotation Detection. *2021 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Nashville, 19-25 June 2021, 1-12.
- [23] 郑南宁. 人工智能新时代[J]. 智能科学与技术学报, 2019, 1(1): 1-3.
- [24] 陈伟宏, 安吉尧, 李仁发, 李万里. 深度学习认知计算综述[J]. 自动化学报, 2017, 43(11): 1886-1897.
- [25] Sharma, M. (2019) Augmented Intelligence: A Way for Helping Universities to Make Smarter Decisions. In: Rathore, V.S., *et al.*, Eds., *Emerging Trends in Expert Applications and Security*, Springer, Berlin, 89-95. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2285-3_11
- [26] Dobrescu, E.M. and Dobrescu, E.M. (2018) Artificial Intelligence (Ai)—The Technology That Shapes the World. *Global Economic Observer*, **6**, 71-81.
- [27] Makridakis, S. (2017) The Forthcoming Artificial Intelligence (AI) Revolution: Its Impact on Society and Firms. *Futures*, **90**, 46-60. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2285-3_11
- [28] West, D.M. (2018) *The Future of Work: Robots, AI, and Automation*. Brookings Institution Press, Washington DC.
- [29] Rajna, G. (2015) Cognitive Quantum Computing, 1-24. <https://vixra.org/abs/1510.0005>
- [30] 冉雨, 陈大勇, 程郁凡, 等. 基于改进人工蜂群算法的认知抗干扰智能决策技术研究[J]. 信号处理, 2019, 35(2): 240-249.
- [31] 刘全, 翟建伟, 章宗长, 钟珊, 周倩, 章鹏, 徐进. 深度强化学习综述[J]. 计算机学报, 2018, 41(1): 1-27.
- [32] 刘珺, 王文华. 人工智能军事应用发展扫描[J]. 军事文摘, 2020(9): 11-15.
- [33] 张晓娟, 郭洁. 人工智能技术在信息化武器装备中的应用[J]. 集成电路应用, 2021, 38(4): 60-61.
- [34] 普睿铁, 张炜翔, 朱彧. 人工智能在空面导弹领域的应用研究[C]//第九届中国航空学会青年科技论坛论文集. 中国航空学会. 中航出版传媒有限责任公司(China Aviation Publishing & Media CO.,LTD.), 2020: 387-392
- [35] 张力丹, 胡洲, 何立. 人工智能应用于导弹控制技术研究[J]. 军民两用技术与产品, 2020(8): 39-42.
- [36] 张申, 季自力, 王文华. 美军智能武器装备发展概况[J]. 军事文摘, 2019(17): 43-46.