

人工智能在导弹控制系统中的应用



邓伟伟*,段朝阳

中国空空导弹研究院 航空制导武器航空科技重点实验室, 河南 洛阳 471009

摘要:针对导弹控制系统的技术要求,本文分析了人工智能在导弹控制领域的应用优势,介绍了神经网络、模糊控制、遗传算法在导弹控制系统中的应用研究现状。探讨了人工智能在导弹控制系统中的应用关键技术,展望了人工智能在导弹控制领域应用的发展方向。人工智能应用于导弹控制系统解决了传统控制方法存在的局限性,使得控制系统具有自学习、自适应能力,未来将实现由“人”来完成导弹控制任务。

关键词:导弹控制系统;人工智能;神经网络;模糊控制;遗传算法

中图分类号:TJ765.2

文献标识码:A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2020.10.005

人工智能自20世纪提出后,得到了广泛的传播,但技术的制约使其发展一直处于理论研究层面。进入21世纪,各种软、硬件技术水平的提高促进了仿真软件和高性能计算机的发展,人工智能不再停留于理论研究层面,在自然科学与社会科学各领域得到了广泛的应用,成为当下的研究热点。

人工智能应用于军事领域方面,主要体现在智能武器装备研究方面。未来是智能化战争时代,各国为占领智能化军事领域制高点,都在加快研究智能武器装备^[1]。导弹作为重要的武器装备,其智能化的研究意义重大。智能化导弹发展分为三个阶段,第一阶段实现导弹子系统智能化,第二阶段实现单位作战导弹智能化,第三阶段实现导弹集群智能化。导弹具有多个子系统,控制系统是其重要的子系统之一^[2]。导弹智能控制系统就是将人工智能应用到导弹控制系统,达到控制要求,并使得控制系统具有自学习、自适应的能力。

1 应用研究现状

导弹控制系统是一个非线性、时变、多变量复杂控制系统^[3],难以建立精确的数学模型,模型的不确定性使得控制系统设计难度加大。虽然通过传统控制方法设计的导弹控制系统可以达到控制要求,但是传统控制方法存在不少的局限性,控制系统参数的确定过程复杂且难以寻得最优参

数,控制系统缺乏自学习、自适应能力。

人工智能应用于导弹控制系统使得控制系统具有学习、推理、决策的能力,并根据环境的变化进行适应性调整,实现由“人”来完成任务^[4]。机器学习的神经网络,模拟人脑推理的模糊控制,生物进化计算方法的遗传算法,在导弹控制系统中主要应用于以下几个方面。

1.1 导弹控制系统参数寻优

空空导弹由于弹体运动复杂,难以建立精确的数学模型进行控制器设计,被控对象与环境的不确定性使得控制器参数难以确定。针对传统比例-积分-微分(PID)控制器存在的问题,可以建立基于神经网络的PID控制器,利用神经网络的自学习与非线性功能,在线优化整定PID控制器的三个参数。参考文献[5]控制器设计过程中引入了反向传播(BP)神经网络与径向基函数(RBF)神经网络优化导弹控制系统,控制算法结构如图1所示。控制系统的实际输出与输入形成的偏差及其积分项和微分项同时作为BP神经网络和PID控制器的输入,BP神经网络的输出为PID控制器所需要整定的三个参数。设计过程中加入了RBF神经网络对受控对象进行系统辨识。通过神经网络与传统PID控制器的结合,优化了PID控制器参数的确定过程,达到了控制效果。

导弹控制系统引入模糊控制,依据控制经验可以建立模糊PID控制器,通过模糊调节器优化整定传统PID控制器参数,提高控制系统的自适应能力。参考文献[6]设计了

收稿日期: 2020-07-01; 退修日期: 2020-08-20; 录用日期: 2020-09-16

*通信作者: Tel.: 13233929780 E-mail: 445926532@qq.com

引用格式: Deng Weiwei, Duan Chaoyang. The application of artificial intelligence in missile control system [J]. Aeronautical Science & Technology, 2020, 31(10): 30-35. 邓伟伟, 段朝阳. 人工智能在导弹控制系统中的应用[J]. 航空科学技术, 2020, 31(10): 30-35.

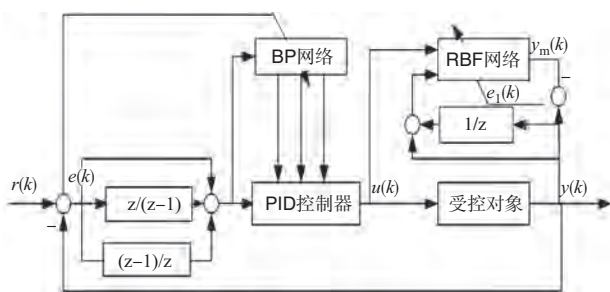


图1 神经网络控制算法结构图

Fig.1 Structure of neural network control algorithm

基于模糊PID控制器的直/气复合控制系统。直接力/气动力(简称直/气)复合控制系统分为气动力控制和直接力控制两个子系统,两个子系统均采用模糊PID控制器来设计,利用模糊控制建立PD调节器,来确定PD控制器的参数。迎角指令的误差以及误差变化率作为PD调节器和PD控制器的输入,PD调节器和PD控制器的输出分别为PD控制器参数的变化量和执行机构的控制量。根据工程实际经验确定模糊控制的论域、隶属度函数,建立相应的模糊控制规则表,完成PD调节器的设计,调整传统PD控制器的参数。仿真验证中气动参数与大气密度参数都进行相应拉偏,模拟气动数据的误差以及环境的不确定性,仿真结果表明传统PID控制器的调节时间为1s,模糊PID控制器的调节时间为0.3s,采用模糊PID控制器能够减少控制器调节时间,保证有效实时性的同时达到更好的跟踪效果。除此之外,系统对于气动误差以及外界干扰也具有较好的鲁棒性。

导弹飞行过程中气动参数变化剧烈,为保证较高的控制精度,控制器参数选择难度较大。遗传算法可以根据控制要求,建立相应的适配值函数,通过迭代筛选确定控制器的最优参数。参考文献[7]针对侧滑转弯(STT)导弹,利用遗传算法寻优确定传统PID控制器的参数,以俯仰通道为例,根据导弹俯仰通道的超调量和调节时间等控制要求,设立遗传算法的目标函数,计算个体的适应度,依据交叉概率和变异概率产生新的个体,根据适应度选择再生个体,迭代 N 次后得到的最优个体即为PID控制器的最优参数。采用插值法完成全弹道仿真验证,系统的调节时间、超调量与上升时间都较小,动态响应特性好。

现代控制方法中线性二次型最优控制(LQR)因其设计过程中充分考虑了系统的指标要求与控制量约束,较适合于导弹控制系统设计。但由于系统性能指标与目标函数加权矩阵 Q 、 R 有关且不存在解析解, Q 、 R 矩阵难以确定,通过引入遗传算法,根据控制系统的性能指标,可以寻优计算

得到权值矩阵 Q 、 R ,从而确定控制器的增益参数。参考文献[8]在直/气复合控制系统中采用LQR控制器,针对导弹俯仰通道建立数学模型,舵偏速率作为控制量,采用三回路自动驾驶仪结构,引入角速度误差补偿,消除跟踪过载的稳态误差。利用遗传算法进行LQR控制器的优化设计。自动驾驶仪增益取决于加权系数,依据遗传算法设计准则,确定适应度函数,设置种群个数为100,迭代100次后得到控制系统的增益矩阵 K 。仿真验证表明,经过遗传算法优化的复合控制系统具有良好的鲁棒性,上升时间、跟踪精度、稳态误差等性能指标都得到了提升。

导弹控制系统中一般存在非线性化问题,遗传算法可以通过参数寻优解决非线性化问题。参考文献[9]针对高机动性导弹自动驾驶仪设计面临的非线性化挑战,自动驾驶仪设计采用经典PI控制器,导弹纵向通道控制策略基于多目标方法,设计要求使用整体标准制定,多目标设计考虑几个步骤的程序闭环响应时间。优化问题使用混合遗传算法(GA)解决非线性优化问题。使用Simulink中的非线性仿真来验证所获得的结果,显示了所设计的飞行控制器的性能、稳定性和鲁棒性。

飞行控制系统是实现导弹所需性能的关键要素。飞行控制系统的首要目的是确保系统的稳定性,然后精确跟踪制导指令。生物进化计算方法为非最小相位导弹设计自动驾驶仪提供了优化算法。参考文献[10]考虑导弹非最小相位模型和带时滞的执行机构模型。适当的指标(如系统响应速度、超调量、稳态误差)被纳入提出创新的成本函数。然后,采用了几种适用的进化计算方法来优化成本函数。在此优化问题中,对遗传算法(GA)、粒子群优化算法(PSO)、人工蜂群算法(ABC)、帝国主义竞争算法(ICA)和布谷鸟搜索算法(CS)进行了比较。对两个基准问题的仿真结果表明,遗传算法具有可接受的速度,可用于非最小相位系统的增益调度控制设计,可以替代增益调度方法中耗时的增益调整过程,自动调整了自动驾驶仪的增益。

1.2 导弹控制系统参数辨识与建模

针对导弹控制系统的自适应鲁棒问题,利用神经网络能够逼近任何非线性函数的特性,可以确定控制系统的动态逆误差,进而对系统的不确定性和外界扰动进行实时补偿。参考文献[11]采用RBF神经网络建立自适应控制器来补偿系统的动态逆误差。在线RBF神经网络根据系统的误差 e 进行权值调整,神经网络输出线性控制器的补偿信号。神经网络的输出完全补偿动态逆误差时,系统的误差 e 趋于0,完成期望信号跟踪。仿真算例中气动参数进行20%

的拉偏并且引入垂直阵风的影响,结果表明基于RBF神经网络优化的控制系统能够快速、精确地跟踪输入指令,对于气动参数的扰动具有良好的自适应能力。

导弹控制系统存在不确定性与干扰,利用神经网络可以逼近控制系统的不确定性,消除外部干扰,但是神经网络自身存在逼近误差,影响了导弹控制系统的控制精度。模糊控制与神经网络相结合可以建立模糊神经网络,神经网络的输入量与权值变为模糊控制所用的模糊量,通过样本数据的学习得到模糊规则,利用模糊规则产生神经网络的前向传播结构。模糊神经网络理论上具有万能逼近性,消除了神经网络自身存在的逼近误差。参考文献[12]针对BTT导弹控制系统的不确定性,采用模糊神经网络逼近系统的不确定项。模糊神经网络采用Sugeno模糊推理计算模型、高斯型隶属度函数,通过神经网络学习得到模糊控制规则,相应地调整隶属度函数,神经网络与模糊控制相互补充,确定了控制系统的不确定项,消除了神经网络自身存在的逼近误差。仿真表明模糊神经网络很好地消除了控制系统的不确定影响,系统的跟踪性能得到提升。

导弹控制系统需要建立精确的动力学模型,从而确定控制器参数,动力学模型的精确性影响控制系统性能。神经网络可以解决建模过程中存在的非线性与不确定性问题。参考文献[13]利用BP神经网络的逼近特性建立舰载导弹垂直发射的辨识模型。海浪横摇角度为神经网络输入,角速度为神经网络输出,设置网络结构,利用信息熵概念定义目标函数,训练后学习误差趋于0。仿真表明,基于BP网络的舰载导弹垂直的发射模型,实现了输入与输出的逼近,取得了理想的收敛效果,建立的模型具有良好的泛化效果。

T-S型模糊控制能以任意精度逼近定义域上的非线性函数,是非线性不确定系统辨识与建模的一个重要工具。参考文献[14]针对导弹网络化控制系统中存在不确定时延,采用T-S型模糊控制建立了系统的离散模型,用李雅普诺夫方法分析了系统的稳定性,并设计了模糊状态反馈控制器设计,通过求解一组线性矩阵不等式,获得模糊状态反馈控制器参数。仿真结果表明,模糊状态反馈控制下滚动角响应渐进稳定,验证了离散模型的精确性。

神经网络可用于改善不确定的非线性系统,通过在线学习自适应地消除系统误差,确保闭环系统的稳定性。敏捷防空导弹空气动力学数据,在大迎角时是非线性的。参考文献[15]针对敏捷防空导弹自动驾驶仪设计问题,首先基于导弹的六自由度非线性动力学的近似反演设计控制律,然后添加具有在线学习能力的神经网络,通过李雅普诺

夫稳定理论确定神经网络权值,辨识并消除系统的非线性,从而增强了该非线性控制器的性能。敏捷防空导弹的数值仿真结果证明了该自动驾驶仪设计的可行性。

1.3 导弹控制系统控制器设计

神经网络具有强大的自学习能力与逼近能力,通过样本数据的学习,可以建立神经网络控制器,使得导弹控制系统具有自学习、自适应的能力。参考文献[16]对于导弹俯仰/偏航通道控制器设计,采用离线训练RBF神经网络。通过传统PID控制器获得神经网络的训练样本,RBF神经网络输入为过载误差,输出为舵偏信号。仿真验证拟合误差量级几乎为0,离线训练的RBF神经网络完美拟合了导弹俯仰/偏航通道控制器。

模糊控制基于经验与数据,一般不需要精确的数学模型,控制系统中引入模糊控制,可以提高导弹控制系统的自适应能力。参考文献[17]针对直/气复合控制导弹,设计了俯仰平面模糊控制自动驾驶仪。加速度误差与角速度误差作为模糊控制器的输入,直接力控制信号和舵偏角控制信号作为模糊控制器的输出。根据工程经验,确定输入输出的论域,选取三角隶属度函数,建立输入输出的模糊控制规则表,确定输入与输出的非线性映射关系。仿真验证表明模糊控制自动驾驶仪在响应速度、跟踪精度等方面都优于传统的自动驾驶仪。

神经网络具有快速学习能力,但是网络的结构及训练参数难以确定,影响了模型的实现和控制效果。遗传算法可以全局、并行寻优,引入遗传算法可以确定并优化神经网络的权值,提高神经网络的学习速率,进而提高导弹控制系统的控制性能。参考文献[18]针对导弹姿态控制系统建立RBF神经网络控制器,导弹姿态角与角速度的误差作为RBF神经网络的输入,姿态控制信号作为RBF神经网络的输出。通过遗传算法在线寻优调整神经网络的权值,网络权值采用二进制编码,交叉与变异后进行迭代寻优,完成权值的优化。经遗传算法优化,确定了神经网络的最优权值,避免了神经网络收敛速度慢、学习精度限制等问题。仿真验证,经过遗传算法寻优的导弹控制系统相较于未寻优的导弹控制系统快速收敛于期望姿态,保证了控制系统的动稳态特性。

模糊控制设计依据工程经验,不需要建立被控对象的精确数学模型。参考文献[19]建立了超声速导弹的非线性纵向短周期运动模型,并在过载指令分配中采用了几种模糊控制策略,以使气动子系统与直接力子系统分离。针对直接力子系统设计了二维模糊控制器,以减少精确模型的

依赖性。仿真结果表明,所提出的控制器能够克服扰动的影响,从而实现满意的跟踪性能,控制器可以在整个巡航阶段实现良好的跟踪性能。

2 人工智能在导弹控制系统中的应用的关键技术

人工智能在导弹控制系统中的应用不局限于解决传统控制方法存在的问题。针对未来飞行器发展趋势^[20-21],结合智能化导弹的三个发展阶段要求,导弹智能控制系统需要适应飞行环境变化,接收智能探测系统的探测信息,结合导弹自身飞行参数,做出智能决策^[22]。因此,导弹智能控制系统应该具有以下能力。

(1) 面向故障的容错控制

人工智能可以处理不确定性信息,解决不确定性故障,使得导弹控制系统具有恶劣环境自适应能力。面对导弹飞行过程中出现的故障,控制系统接收故障诊断信息,评估故障信息,切换容错控制律维持导弹工作^[23]。容错控制基于典型故障的大数据学习,主要研究故障诊断、飞行能力评估以及容错控制律。容错控制整合优化系统资源,隔绝与修复故障,提高导弹的自适应能力。导弹飞行过程中出现故障时,容错控制能够对飞行状态进行评估,并进行故障隔离与系统修复,自主决策完成控制律与作战任务的重构。

(2) 面向飞行状态的适应性控制

智能化导弹决策自主化,需要控制系统面对导弹的飞行状态进行适应性控制。战场情况瞬息万变,导弹根据作战环境与作战任务的变化,自主化决策进行智能突防、智能变形等。导弹的自身参数与飞行状态发生变化,控制系统自适应动态地改变控制策略,调整自身姿态、方向、速度等,高精度跟踪目标。面对不同的飞行状态,导弹智能控制系统对仿真与试验的“大数据”进行精细化建模与学习,提高控制算法性能,适应导弹不同的自身参数与飞行状态。

(3) 面向任务的协同控制

未来战争是陆、海、空、天的空间立体化战争,单位作战导弹难以满足战争要求,参照自然界蜂群等行为模式,面向作战任务的多弹协同编队可以提高导弹的综合攻击、防御能力。编队飞行通过协同控制完成队形生成、保持、重构以及编队避障。协同控制主要为信息交互控制策略与队形控制算法。导弹智能控制系统根据作战任务与限制条件自适应调整协同控制策略,完成单位作战导弹的弹道规划,实现多弹集体智能决策。经过大数据学习,协同控制可以完成导弹与无人平台、导弹与人之间的协作。

3 结束语

人工智能在导弹控制系统中的应用解决了传统控制方法存在的问题,但工程应用还有诸多的约束条件,如人工智能依赖于大数据、数据采集难度大、可解释性较差等。目前,知识图谱、贝叶斯网络、深度学习等当下人工智能理论的最新成果可为上述难题提供新的研究思路。硬件方面可建立通用的计算框架,AI芯片是人工智能应用的重要突破口。

智能化导弹的不同发展阶段对于导弹控制系统提出了不同的要求。人工智能引入导弹控制系统,由最初的子系统智能化,逐渐发展到针对作战环境与作战任务变化,智能接收探测系统的探测信息,“自适应”改变控制策略,集感知、反馈与自主决策于一体,控制过程拟人化思考,最终实现由“人”来完成导弹控制要求。

AST

参考文献

- [1] 刘代军,王超磊.空空导弹智能化技术的发展与展望[J].航空兵器,2019,26(1):25-29.
Liu Daijun, Wang Chaolei. Development and prospect of air-to-air missile intelligentization [J]. Aero Weaponry, 2019, 26(1): 25-29. (in Chinese)
- [2] 文苏丽,陈琦,苏鑫鑫,等.智能化导弹与导弹智能化研究[J].战术导弹技术,2015,10(6):21-26.
Wen Suli, Chen Qi, Su Xinxin, et al. Study of intelligent missile and missile intelligentization [J]. Tactical Missile Technology, 2015, 10(6): 21-26. (in Chinese)
- [3] Song Jianmei, Zhang Tianqiao. A survey for modeling and control of missile system using neural network [C]//Proceedings of the 4th Beijing International Conference on System Simulation and Scientific Computing, 1999.
- [4] 刘金琨.智能控制[M].北京:电子工业出版社,2006.
Liu Jinkun. Intelligent control [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006. (in Chinese)
- [5] 连春红,马建伟,刘忠.神经网络PID在空空导弹自动驾驶仪中的应用[J].火力与指挥控制,2010,35(5):145-148.
Lian Chunhong, Ma Jianwei, Liu Zhong. The application of neural network PID for the autopilot of air-to-air missile [J]. Fire Control & Command Control, 2010, 35(5): 145-148. (in Chinese)
- [6] 高晨,马文涛,张庆振.基于模糊PID的直/气复合再入控制

- 方法研究[J]. 系统仿真学报, 2010, 22(1): 146-148.
- Gao Chen, Ma Wentao, Zhang Qingzhen. Reaction-jet/aerodynamic compound re-entry control method research based on fuzzy PID control [J]. Journal of System Simulation, 2010, 22(1): 146-148. (in Chinese)
- [7] 郑佳焜, 杨雅君, 廖瑛. 基于遗传算法的导弹控制系统设计与仿真[J]. 弹箭与制导学报, 2014, 34(5): 33-36.
- Zheng Jiakun, Yang Yajun, Liao Ying. Design and simulation of missile control system based on genetic algorithm [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2014, 34(5): 33-36. (in Chinese)
- [8] 周小志, 彭明焱, 李友年. 基于遗传算法优化LQR复合控制导弹控制器设计[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(4): 1157-1162.
- Zhou Xiaozhi, Peng Mingyan, Li Younian. Autopilot for dual aero/propulsive missile using genetic algorithm LQR control[J]. Computer Measurement & Control, 2014, 22(4): 1157-1162. (in Chinese)
- [9] Ali Reza M, Nastaran N. A genetic approach to anti-air missile control system design[J]. IFAC Proceedings Volumes, 2007, 40(7): 61-66.
- [10] Vahid B, Alireza K, Pouria S. Optimal acceleration autopilot design for non-minimum phase missiles using evolutionary algorithms[J]. International Journal of Bio-Inspired Computation, 2016, 8(4): 221-227.
- [11] 方群, 王祥. 基于在线RBF神经网络的BTT导弹控制器设计[J]. 西北工业大学学报, 2014, 32(3): 446-450.
- Fang Qun, Wang Xiang. Designing BTT missile flight controller with on-line RBF neural network [J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2014, 32(3): 446-450. (in Chinese)
- [12] 刘刚, 杜涛, 王园园, 等. 基于模糊神经网络的BTT导弹自适应控制[J]. 弹箭与制导学报, 2011, 31(1): 26-28.
- Liu Gang, Du Tao, Wang Yuanyuan, et al. Adaptive control of BTT missile based on fuzzy-neural network [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2011, 31(1): 26-28. (in Chinese)
- [13] 彭侠夫, 李大为, 高贞彦. 基于BP神经网络的舰载导弹垂直发射系统建模与仿真研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2000(6): 10-13.
- Peng Xiafu, Li Dawei, Gao Zhenyan. Study of modeling and simulation of vertical launching ship-based missile based on BP neural network[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2000(6): 10-13. (in Chinese)
- [14] 许哲, 许化龙. 基于T-S模糊模型的导弹网络化控制系统建模与控制[J]. 上海航天, 2010, 27(2): 49-55.
- Xu Zhe, Xu Hualong. Model and control for missile networked control system based on T-S fuzzy model[J]. Aerospace Shanghai, 2010, 27(2): 49-55. (in Chinese)
- [15] McFarland M, Calise A. Neural networks and adaptive nonlinear control of agile anti-air missiles[J]. IEEE Transactions on Control Systems Technology, 2000, 23(5): 749-756.
- [16] 徐世昊, 崔乃刚, 韦常柱. 基于RBF神经网络的导弹智能控制系统设计[J]. 宇航总体技术, 2018, 2(6): 19-26.
- Xu Shihao, Cui Naigang, Wei Changzhu. Design of missile intelligent control system based on RBF neural network [J]. Astronautical Systems Engineering Technology, 2018, 2(6): 19-26. (in Chinese)
- [17] 赵艳辉, 张公平, 杨育荣. 直接力气动力复合控制导弹的模糊逻辑自动驾驶仪设计[J]. 弹箭与制导学报, 2014, 34(3): 33-36.
- Zhao Yanhui, Zhang Gongping, Yang Yurong. Autopilot design based on fuzzy logic for a dual-controlled missile [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2014, 34(3): 33-36. (in Chinese)
- [18] 秦莉, 杨明, 郭庆. 遗传算法在质量矩导弹姿态控制中的应用[J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33(7): 769-772.
- Qin Li, Yang Ming, Guo Qing. Moving-mass attitude control law based on genetic algorithm [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2007, 33(7): 769-772. (in Chinese)
- [19] Yang Pengfei, Fang Yangwang, Chai Dong, et al. Fuzzy control strategy for hypersonic missile autopilot with blended aero-fin and lateral thrust[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 2015, 230(1): 72-81.
- [20] 田宏亮. 临近空间高超声速武器发展趋势[J]. 航空科学技术, 2018, 29(6): 1-6.
- Tian Hongliang. Development trends of near space hypersonic weapon[J]. Aeronautical Science & Technology, 2018, 29(6): 1-6. (in Chinese)

[21] 吴蔚.NASA 明确未来 25 年航空研究工作重点[J]. 航空科学技术,2020,31(4):81-82.

Wu Wei.NASA clarifies priorities for aviation research in the next 25 years[J]. Aeronautical Science & Technology,2020,31(4):81-82.(in Chinese)

[22] 槐泽鹏,佟泽友,梁雪超,等. 智能导弹武器系统综述[J]. 导航与控制,2017,16(5):104-112.

Huai Zepeng, Tong Zeyou, Liang Xuechao, et al. Overview of smart missile weapon system[J]. Navigation and Control, 2017, 16(5):104-112.(in Chinese)

[23] 程进,齐航,袁健全,等. 关于导弹武器智能化发展的思考[J]. 航空兵器,2019,26(1):20-24.

Cheng Jin, Qi Hang, Yuan Jianquan, et al. Discussion on the development of intelligent missile technology [J]. Aero Weaponry, 2019,26(1):20-24.(in Chinese) (责任编辑 王为)

作者简介

邓伟伟(1996-)男,硕士研究生。主要研究方向:空空导弹控制系统设计。

Tel: 13233929780 E-mail: 445926532@qq.com

The Application of Artificial Intelligence in Missile Control System

Deng Weiwei*, Duan Chaoyang

Aviation Guidance Weapon Key Laboratory of Aerospace Science and Technology, China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China

Abstract: According to the technical requirements of the missile control system, the application advantages of artificial intelligence in the field of missile control are analyzed. The application research status of neural networks, fuzzy control and genetic algorithm in missile control system are introduced. The key technologies of artificial intelligence application in missile control system are discussed. The development direction of the application of artificial intelligence in the field of missile control is forecasted. The application of artificial intelligence to the missile control system solves the limitations of traditional control methods, and enables the control system to have self-learning and self-adaptive capabilities. In the future, "people" will be able to complete the missile control task.

Key Words: missile control system; artificial intelligence; neural networks; fuzzy control; genetic algorithm

Received: 2020-07-01; Revised: 2020-08-20; Accepted: 2020-09-16

*Corresponding author. Tel.: 13233929780 E-mail: 445926532@qq.com