

人工智能在航电系统的应用前景分析

肖君^{1*} 朱恩亮²

(1. 中航西飞民用飞机有限责任公司, 西安 710089; 2. 航空工业西安航空计算技术研究所, 西安 710068)

摘要: 介绍了人工智能的发展历史和特点, 表明人工智能具有的优势和发展趋势。提出目前人工智能在航空领域的应用方法, 并在合适的应用场景中说明方法的适用性。探究人工智能在航电系统设计优化中的应用场景, 结合人工智能的优势, 分析人工智能在航电系统设计优化中的作用和工程价值。结合现有人工智能在飞机设计中的应用, 分析人工智能在航空领域的应用前景, 总结出适合航空领域的人工智能应用方向。通过人工智能的航电系统的应用研究, 为今后基于人工智能的航电系统开发提出可行性建议。

关键词: 人工智能; 航电系统; 深度学习; 统计方法; 飞行管理

中图分类号: V241; TP18

文献标识码: A

OSID:



0 引言

人工智能是伴随着计算机出现的一个新兴学科, 近年来, 人工智能技术在全球发展迅速, 逐渐向工业、生活领域渗透。通过对人工智能的研究及应用开发, 可以有效促进诸多领域的问题得到有效缓解及解决, 促使各领域的工作负担得到减轻, 工作难度得到降低, 使社会的生活满意度得到提升。尤其在工业领域, 人工智能应用给我们打开了一扇窗户, 使工业领域的工作有了另一维度的扩展可能。航空工业在诸多工业领域里有着举足轻重的地位, 航空领域开展人工智能技术的应用也是大势所趋。

航空领域经历了许多次技术革命, 每一次革命都助推航空业朝更安全、更高效、更便捷的方向发展。最新的革命是人工智能 (artificial intelligence, 简称 AI) 的崛起, 它很具潜力, 有望改变航空业现状。尽管人工智能使我们能够创建智能系统, 为用户提供更先进的辅助解决方案, 帮助优化飞机性能, 改善空中交通管理, 进而以从前无法想象的方式提升安全, 但在航空领域, 只有非常成熟可靠的技术才能得到应用, 人工智能作为新兴的技术在航

空领域的应用和推广上将会带来新的挑战和问题。人工智能技术具有多信息数据处理的优势, 在航空领域的数据处理工作中显而易见具备了先决条件。在保证现有有机载系统的安全情况下, 使用人工智能技术实现机载平台海量数据的综合化、智能化处理是有必要、有可能的。

1 人工智能在航空领域的应用现状

人工智能的概念虽然自 20 世纪 50 年代以来就已经提出, 但出于人工智能技术成熟度、可信度和航空业要求的安全性等问题, 人工智能在航空领域的应用进展是非常缓慢的, 仅在部分数据处理的工作中采用人工智能的概念, 但最近十几年人工智能在航空领域的应用在显著增加。这主要归功于人工智能在采集和存储大量数据时能力的提升, 包括计算能力的提升, 以及其越来越强大的算法和计算体系结构的发展等。人工智能逐渐开始在航空领域中协助地勤、空勤开展工作, 比如进行飞机维修、飞行计划制定、空管调度等。

由于航空领域的特殊性, 欧盟航空安全局 (EASA)、美国联邦航空管理局 (FAA) 和中国民用航空

* 通信作者. E-mail: xiaoj062@avic.com

引用格式: 肖君, 朱恩亮. 人工智能在航电系统的应用前景分析[J]. 民用飞机设计与研究, 2024(3): 65-71. XIAO J, ZHU E L. Analysis of the application prospect of artificial intelligence in avionics system[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(3): 65-71 (in Chinese).

局(CAAC)均非常关注人工智能的可信度及应用人工智能后对航空业的影响。近几年,欧盟航空安全局也先后制定了人工智能路线图 1.0(2020年)、人工智能路线图 2.0(2023年),用于指导航空业各领域合理、安全地应用人工智能,提升飞行器设计质量、飞行运营水平等,但是如何开展符合人工智能路线图的飞机系统设计工作,目前还没有一个明确的思路。在此背景下,深入研究机载系统与人工智能的结合方式,有着明显的现实意义和应用价值。

2 人工智能实现的主要途径

按照“欧洲议会和理事会制定人工智能协调规则的规章提案(欧盟人工智能法案)”的附件表述,人工智能技术和方法可分为机器学习方法(也称为数据驱动的人工智能)、基于逻辑和知识的方法(也称为符号人工智能)和统计方法等三种类型,如图 1 所示。航空领域的活动是庞杂而有序的综合化工业活动,在应用人工智能时,需按照具体工作的要求,选择合适的人工智能方法,或者选择几种人工智能方法综合解决问题。

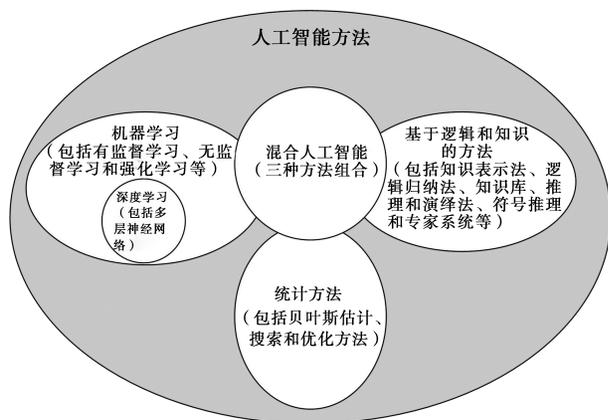


图 1 人工智能方法图

2.1 机器学习

机器学习(machine learning,简称 ML)在人工智能领域有着非常重要的地位。机器学习通过算法,让机器可以从外界输入的大量数据中学习规律,并从中识别判断。机器学习经过了浅层学习和深度学习两次进步,其中,深度学习可以理解为神经网络的学习发展,神经网络是基于人脑或者生物神经网络的基本信息和特征,进行信息提取和数据建模,并从外界环境中学习,形成合理的生物类信息交互模式。

神经网络是在模仿人脑视觉机理基础上发展起来的,像人类的大脑每时每刻都面临着大量的感知数据,但大脑总能很容易地捕获到重要的信息。神经网络就是人工智能的一个重要分支,通过多层网络模型来获取数据,并按合适的神经网络算法实现数据规律的寻找和确认。目前神经网络已经发展到了深度学习阶段,深度学习可通过学习一种深层非线性网络结构,实现物理模型表述的复杂函数的逼近运算,从而实现复杂信息结构的数据。通过构建深度学习机制,采用神经网络算法,实现飞机这一复杂机电系统的数据流智能化处理。

2.2 基于逻辑和知识的方法

基于逻辑和知识的方法(logic and knowledge based approach,简称 LKB)是通过已有的原理、逻辑和知识库,推理出解决问题的方法。依靠相关的知识进行逻辑推理,特别是利用经验性的知识对不完全确定的事情进行精确性的推理。其中,典型的代表就是专家系统。专家系统就是具有推理能力的智能系统,根据某一特定领域专家们的知识和经验,按照一定规律形成的系统。专家系统实质上是一个问题求解的系统,首先从领域专家那里获得知识,通过归纳总结形成知识库,再使用数学算法将知识库与工程实际的情况对应起来,从而实现精确的逻辑推理。

2.3 统计方法

统计方法是一种使用预定方程通过推导得出数据的方法。工程领域中有很多工作具有不确定性,所谓的确定,也是在特定的条件和边界下才能实现的。因此,工程应用中存在大量的不确定性工作,主要的表现为随机性。使用概率论的思想,研究这种随机性,并对工作进行量化,利用随机变量的分布函数来表明工作中遇到的全部情况及其特征。目前统计方法的一个主要分支就是利用贝叶斯公式进行估计推导,在工程领域主要使用基于贝叶斯理论的图表结构化方法,即贝叶斯网络。

3 人工智能在航电系统设计中的应用

在航空领域,目前人工智能主要应用于飞机生产和维修,包括飞机零部件的自动钻铆、飞机部件的自动装配、航后数据优化分析和航后维修等。在其他涉及的航空领域(如:飞行器设计和运行、运营环境优化、空中交通管理、机场场域管理、无人机空

中交通、飞行器网络安全管理、系统安全智能管理等方面)目前主要是探索性研究。飞行器设计是航空领域工作的基础,而航电系统是实现飞行器显示、控制的主要途径。航电系统设计经过长期的发展,现有开发技术比较成熟,如果航电系统技术上想有所突破,系统能力想有较大的提升,就需积极应用人工智能及其它的新兴技术。

3.1 人工智能在航电系统设计中的应用场景

航电系统可看成飞行器的“大脑”。目前传统的设计方式和手段已经非常成熟,如果希望系统设计更智能、操作更简便、维护更方便,人工智能是一个不错的技术选择。研究人工智能在航电系统中的应用时,依据人工智能的特点,主要从人工智能具有的自主学习特点来入手,从计算机视觉、自然语言处理、传感器数据使用能力提高、飞行控制率优化、传感器校准、飞行管理优化等方面对航电系

统进行优化。

3.1.1 飞行管理智能优化

1) 飞行管理系统介绍

飞行管理系统(flight management system,简称FMS)是飞机上重要的飞行员操作辅助系统,主要实现飞行管理功能,具体分为导航管理和性能管理。目前典型的飞行管理系统是基于卫星导航定位系统而实现功能的系统,进行飞机的飞行计划管理、飞机位置计算、飞机性能管理等,另具有可备份显示无线电调谐功能,测距器(distance measuring equipment,简称DME)、甚高频全向信标(very-high-frequency omnidirectional range,简称VOR)等频率调谐功能。

民用飞机的飞行管理系统一般以软件的形式驻留在飞机的显示系统中,如航电综合显示系统的显示器。飞行管理系统功能架构见图2。

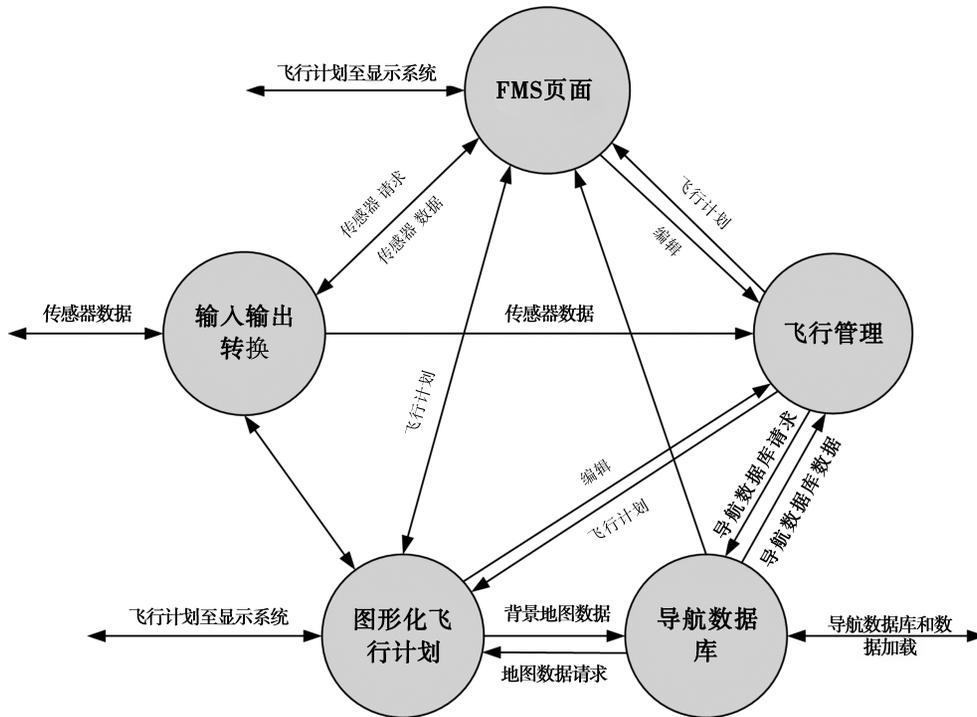


图2 飞行管理系统功能架构图

飞行计划管理在实现时,一般采用将编制好的飞行计划输入飞行管理系统,通过接收飞机上各传感器的数据信息,经过处理解算出飞机的当前位置数据,为水平导航、垂直导航提供基准。另外,在自动飞行模式下,向飞行指引提供水平和垂直的导航控制信息,保证飞机按照计划的航线飞行。从中可看出,在传感器数据信息处理解算时,可通过数据

优化实现更好的导航数据输出,如何优化数据是飞行计划管理的要点。

飞机性能管理在实现时,一般在飞行计划输入完成和各项性能数据初始化和输入完成后,贯穿飞行全过程,按照规定的性能管理要求和飞行执行的阶段顺序,计算得到完整的关于起飞、爬升、巡航、下降、等待、进近、着陆/复飞、飞至备降场过程的性

能预计数据。并在飞机进行起飞、爬升、巡航、下降、等待、进近及着陆的过程中,对于每个飞行阶段,根据环境参数变化、任务需要和空勤可更改的性能参数值,如推力、速度、高度、航迹角等,在预计的飞行剖面即将发生改变时,通过性能管理对飞行剖面预计数据进行更新计算,得到更新后的路径或轨迹以及其他预计性能数据。在飞行过程中,飞机性能管理实时周期性计算到达航路上每个航路点或空勤定义的定位点的距离、时间、燃油消耗量。综上,飞机在进行性能管理时,初始的性能管理很重要,但是在飞行过程中,需根据环境参数和任务需要的变化,重新计算并为相关的系统提供重要数据。如何提高输入数据质量将是性能管理的要点。

2) 人工智能应用

在飞行器飞行过程中,会遇到很多计划外的场景,如雷雨、机场管制、飞机自身故障等,需要按照飞行过程中飞行器的实际状态,动态地调整飞行器的飞行计划,改变原本设定好的飞行性能数据。如图 3 所示,在原有的飞行管理系统中增加一个人工智能模块就可实现飞行管理的自动动态优化,可有效避免飞行员陷入困难境地,或减轻飞行员在遇到困难情况时的操作负担。

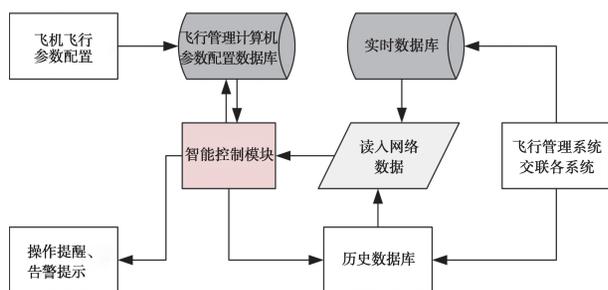


图 3 基于人工智能的飞行管理功能架构图

具体实现时,飞行管理系统与各交联系统在飞行任务中,产生了种类繁多的数据,将这些历史数据归类后放入历史数据库。飞机在天空中运营时,产生的实时数据放入实时数据库。历史数据库和实时数据库将有效数据通过网络总线发给智能控制模块,智能控制模块首先采用深度学习的方法(如神经网络算法)从参数配置数据库(可看做专家系统)中调用经过原始数据迭代好的参数模型对数据进行分析,并生成有效的输出信息,如故障信息、故障告警、飞行性能参数设置提醒等。然后,将智能控制模块优化的模型信息反馈给参

数配置数据库更新相关信息。最后,智能控制模块将有效数据传给历史数据库进行历史数据的优化。

通过对飞行管理系统接收的各机载系统飞行数据进行智能化管理,智能控制系统调用预先训练和设计好的不同子系统数据参数,实现对飞行性能的故障监测和故障预检测,达到提前预警的目的,实时报警显示故障报警信号,预报警显示故障趋势。智能化的飞行管理系统将是未来的发展方向。

3.1.2 数据记录优化

1) 数据记录系统介绍

数据记录系统是飞机上重要的数据采集记录系统,主要进行飞机飞行数据记录、下载。目前典型的数据记录系统就是基于人们传统认知的“黑匣子”形成的,可以实现飞机的飞行数据、发动机维护数据、驾驶舱音频等数据的记录。其还具有在飞机受到冲击后切断数据记录系统电源、坠毁防护和水下定位等功能。

按照民航适航要求,民用飞机的数据记录系统一般安装在特定的区域,保证飞机失事时的数据存活性。数据记录系统功能架构见图 4。

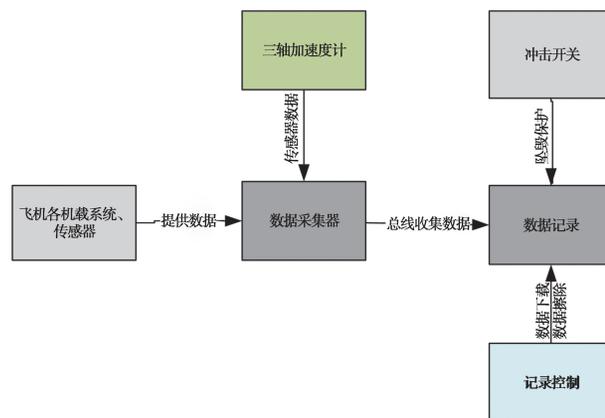


图 4 数据记录系统功能架构图

数据记录在实现时,一般通过专用总线(如 ARINC717 总线等)接收、记录飞机上由数据采集器发送的飞行数据。同时,采集和记录来自驾驶舱拾音设备的音频信息。系统中的独立电源(RIPS)作为记录系统的备份电源,在遇到飞机主电源丧失的应急情况下,可为数据记录系统提供供电保证。数据记录系统主要实现数据(包括数据和音频)的记录和查看,因此查看数据并从中找到飞机运营时的问题,是数据记录系统优化的方向。

2) 人工智能应用

数据记录系统采集并记录了飞机在运营过程中所需的数据,但是传统的数据记录系统需要借助人员对数据进行分类、处理,因此,数据处理的效果依赖于工程人员的素质,数据处理时间慢、效率低、易出错。引入人工智能将大大缓解数据记录的解析困难。数据记录系统的数据分析工作是一项复杂而经验性很强的工作,经验性知识一般都带有某种程度的不确定性,数据记录系统的数据分析推理是一种不确定推理,引入专家系统的概念可极大减轻因人员素质造成的数据分析不确定性,基于人工智能的飞机数据处理功能架构如图5所示。

专家知识库的建立通过专家对飞机故障现象的描述推理,从已知的现象中归纳已有知识,发现新知识,从而逐步得出结论。在专家知识库不能满足需求时,将记录的数据和已有的专家知识经验发送给人工智能模块(如:贝叶斯网络分析)进行迭代处理,基于不定性推理和模糊推理的原则,形成新的专家知识,

并将专家知识反馈给专家知识库,经确认后,形成更新的专家知识,从而解决数据解析的不确定性问题。

3.2 人工智能在航电系统设计应用的思路

前述的两种航电系统的人工智能应用场景,从本质来看都是基于历史数据、工程经验先形成相应的专家系统,并基于专家系统,采用深度学习或统计方法对专家系统不确定的问题进行迭代优化后,形成新的专家知识,并将新的专家知识更新进专家系统,从而解决需要大量人员或人员经验才能胜任的工作。

航电系统实现功能主要通过数据的交互实现,其核心是数据的处理。在数据处理问题上,是非常适合采用人工智能技术介入的。通常意义上,人们主要从专家处获取数据处理结果。使用人工智能后,人们的数据处理工作可以用智能计算模块替代,借助智能编辑程序、归纳程序、数据库知识发现等方式进行自动化、智能化的数据处理。基于数据处理的特点,提出如图6所示的航电系统人工智能活动的基本思路。

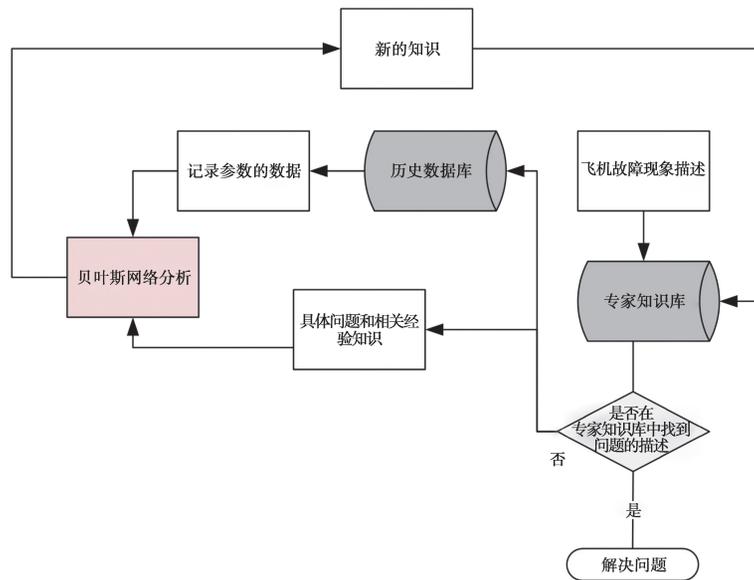


图5 基于人工智能的飞机数据处理功能架构图

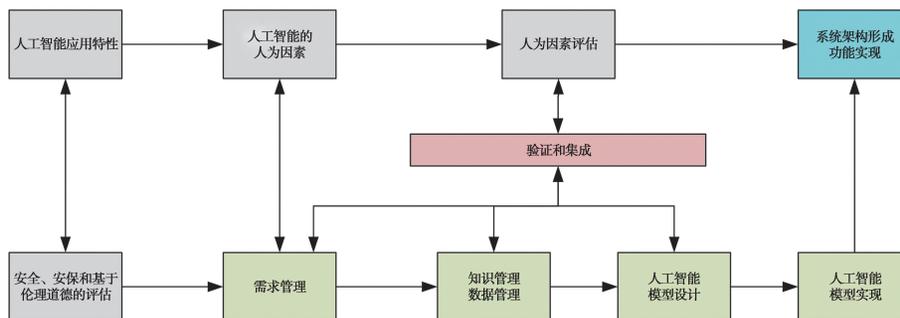


图6 航电系统人工智能活动路线图

执行中,航电系统先根据现有的功能需求提出人工智能应用的场景,并定义人工智能应用的特性。对梳理出的人工智能应用特性进行安全、安保分析,并同时评估伦理道德和人为因素。在进行人工智能开发时,需要反复迭代基于人工智能应用特性的需求、数据及知识,并进行人工智能模型的开发,此处工作需反复迭代,最终形成一个航电系统可接受的人工智能模型。最后在系统架构设计中将训练好的人工智能模型用于系统功能实现及优化。

3.3 人工智能在航电系统设计中的难点

3.3.1 人工智能系统的稳定性和鲁棒性

航电系统作为飞机的显示和控制系统,对飞机的运营安全起着举足轻重的作用。将人工智能引入系统功能设计后,原有航电系统平台的稳定性和鲁棒性将具有不确定性,目前也没有明确的行业标准对此进行约束,人工智能在进行数据处理时,输出的结果可能发生变化,而且造成的原因为输入的细微变化,工程师无法察觉,所以需要飞机设计工程师不断地进行人工智能算法优化和系统功能验证。

3.3.2 人工智能运用在系统的不可预测性

航电系统应用人工智能概念进行建模时,人工智能模型是确定的,但由于训练数据的筛选需要飞机工程师的经验和判断,在建立设计历史数据集及其后推理数据的时候,会造成一定的困难,输入推理数据与历史数据集的匹配度决定了人工智能可能存在不可预测的输出。在人工智能功能设计时,需要尽可能提高输入推理数据与历史数据集的匹配性,并提供更容易理解、易区分的数据分析结果。

3.3.3 人工智能模型建立的困难

人工智能模型建立的核心是智能算法的确定,虽然算法好确定,但是算法的参数训练是一个难点,需要飞机工程师对知识库和数据库进行合理的筛选和确定,对人的要求很高,但人员之间存在着不小的认知和能力差异,建立可用、可靠的人工智能模型不容易,需要经过长期的验证和优化才能实现。

3.3.4 使用人工智能后人机权责分配问题

航电系统是应用于飞机的重要系统之一,乘客对飞机的安全性、舒适性要求非常高,而目前人工

智能可信度还在行业研究中,因此在不影响飞机安全性的前提下,如何界定空地勤飞机操作者与人工智能的控制权限,是在系统进行人工智能优化设计中需要考虑的问题。后续可根据 EASA 定义的人工智能等级界定,按人工辅助、人工智能合作、高级自动化三个阶段进行飞机控制权限的定义,并开展可靠的设计。

4 结论

人工智能可在需要数据优化、具备大数据筛选要求的系统或子系统中应用。承载了人工智能的系统,系统工作效率可以得到质的提升,同时改善降低空地勤人员的工作难度。人工智能技术除在航电系统中应用,在航空领域的其他方面应用前景也十分广泛,如飞机运营、飞机生产、飞机维修、航空对环境影响评估、空中交通管理、机场场域管理、无人机空中交通等。未来,随着航空领域工业的不断发展和新技术的不断涌现,航空领域的工作将会朝着更加数字化、自动化和智能化的方向发展。

参考文献:

- [1] 丁世飞. 人工智能[M]. 北京:清华大学出版社, 2011.
- [2] EASA. EASA artificial intelligence roadmap 2.0 [R]. Cologne:European Union Aviation Safety Agency, 2023.
- [3] 史忠植. 神经网络[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
- [4] 史忠植. 知识发现:第二版[M]. 北京:清华大学出版社,2011.
- [5] 《新航空概论》编写组. 新航空概论[M]. 北京:航空工业出版社,2010:170-190.
- [6] 郭丽丽,丁世飞. 深度学习研究进展[J]. 计算机科学,2015(5):28-33.
- [7] 王伟钢,丁团结,楚晓东. 智能化航空飞行控制技术的发展[J]. 飞行力学,2017,35(3):1-5.
- [8] 吴青. 探究人工智能技术在空中交通管理中的应用[J]. 智库时代,2018(49):172-173.
- [9] 丘宏俊. 基于知识的飞机装配工艺设计关键技术研究[D]. 西安:西北工业大学,2006.
- [10] 赵建喆. 具有认知特性的贝叶斯网络结构学习方法研究[D]. 沈阳:东北大学,2014.
- [11] 王天真. 智能融合数据挖掘方法及其应用[D]. 上

海:上海海事大学,2006.

- [12] EASA. Concept paper: guidance for level 1 & 2 machine learning applications-proposed issue 02. Cologne: European Union Aviation Safety Agency, 2023.

作者简介

肖君 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:航空电子。
E-mail: xiaoj062@avic.com

朱恩亮 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:航电设备与系统。E-mail: enliangzhu@163.com

Analysis of the application prospect of artificial intelligence in avionics system

XIAO Jun^{1*} ZHU Enliang²

- (1. AVIC XAC Commercial Aircraft Co., Ltd., Xi'an 710089, China;
2. AVIC Xi'an Institute of Aeronautical Computing Technology, Xi'an 710068, China)

Abstract: This paper introduces the development history and characteristics of artificial intelligence, and shows the advantages and development trend of artificial intelligence. The current application methods of artificial intelligence in the field of aviation are proposed, and the applicability of the methods is explained in the appropriate application scenarios. Explore the application scenarios of artificial intelligence in avionics system design optimization, combined with the advantages of artificial intelligence, analyze the role and engineering value of artificial intelligence in avionics system design optimization. Combined with the existing application of artificial intelligence in aircraft design, the application prospect of artificial intelligence in aviation field is analyzed, and the application direction of artificial intelligence suitable for aviation field is summarized. Through the application research of artificial intelligence avionics system, this paper puts forward feasible suggestions for the future development of avionics system based on artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence ; avionics system ; depth learning ; statistical methods ; flight management

* Corresponding author. E-mail: xiaoj062@avic.com