

# 人工智能在中国航天的应用与展望

岳梦云, 王伟, 张羲格

(北京宇航系统工程研究所, 北京 100076)

**摘要:** 随着物联网、大规模并行计算、大数据和深度学习算法等技术的突破, 人工智能近年来取得了突飞猛进的发展, 在图像识别、语音识别、自然语言处理、无人驾驶、智能机器人等众多领域展现出令人期待的发展前景, 并得到了国内外各政府的关注和支持; 该文将人工智能技术与运载火箭、深空探测器、武器装备等航天应用相结合, 论述其在自主规划航天任务、高效智能地面测试、全面快速设计保障等方面的应用模式, 并从产品规划、顶层设计、产品打造、具体实施几个方面对中国航天后续发展人工智能技术提出了相关的对策建议。

**关键词:** 人工智能; 大数据; 航天应用

## Application and Prospect of Artificial Intelligence in China Aerospace

Yue MengYun, Wang Wei, Zhang Xige

(Beijing Institute of Aerospace System Engineering, Beijing 100076, China)

**Abstract:** With the breakthrough of technology such as networking, massively parallel computing, big data and deep learning algorithms, Artificial Intelligence has achieved rapid development in recent years, exciting prospects for development in image identification, voice recognition, Natural Language Processing (NLP), self-driving, thus got the attention and support from governments of the world. This paper combines artificial intelligence technology with space applications such as rockets, deep-space detector and weapon equipment, then describes its application prospect in space Mission Planning, Ground Testing, Integrated Support, etc. And puts forward relevant countermeasures and suggestions on the subsequent development of AI technology in China Aerospace.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Big Data; China Aerospace

## 0 引言

在十二届全国人大五次会议上, 国务院总理李克强在作政府工作报告时表示, 要“全面实施战略性新兴产业发展规划, 加快新材料、人工智能、集成电路、生物制药、第五代移动通信等技术研发和转化”, 这也是“人工智能”这一表述首次出现在政府工作报告中。

近年来, 物联网、大规模并行计算、大数据和深度学习算法这四大催化剂的发展, 以及计算成本的降低, 使得人工智能技术突飞猛进。2016年12月, 升级版“AlphaGo”化名“master”在60场互联网棋局车轮大战中连胜柯洁九段、陈耀烨九段、朴廷桓九段、聿昱廷九段、唐韦星九段等高手, 取得全胜战绩, 引起各界对人工智能的广泛关注与讨论。

## 1 人工智能的四大先决条件

### 1.1 物联网

随着摄像头、麦克风、各种类型传感器的发展, 基于物联网技术的智能设备得到了飞速提升, 而大量智能设备的出现则进一步加速了传感器领域的繁荣。这些传感器负责采集数据、记忆、分析、传送数据, 将外部世界数字化, 为智能系统提供了多维度的数据输入, 成为数字世界与物

理世界交互、反馈的接口和手段。

### 1.2 大规模并行计算

并行计算 (Parallel Computing) 指同时使用多种计算资源解决一个计算问题的过程, 能够有效的提高计算速度和处理能力的一种有效手段。海量的分布式计算资源和超高速计算能力, 令快速处理大量数据、训练复杂模型、用知识体系代替人类常识成为可能。这些知识和模型为人类和机器人提供智能的辅助决策, 让人工智能成为现实。

### 1.3 大数据

大数据具备 Volume (大量)、Velocity (高速)、Variety (多样)、Value (低价值密度)、Veracity (真实性) 的5V特点。在过去, 要尽可能全面地认识某项事物, 必须合理设计抽样调查的策略, 使样本能够尽量覆盖全集特征。随着计算能力的提升, 可以不再采用随机分析法这样的权衡之策, 而采用所有数据进行分析处理。大数据需要特殊的技术, 以有效地处理大量的容忍经过时间内的数据。海量的数据为人工智能的学习和发展提供了资源。通过知识挖掘, 可以从大量有噪声的随机实际应用数据中, 提取人们事先不了解但是隐藏在数据中的有价值的信息和知识。这种对隐性信息的挖掘是大数据价值的核心, 也是实现人工智能的关键。

### 1.4 深度学习算法

深度学习算法作为机器学习的一个分支, 由 Hinton 等人于2006年提出, 是人工智能迎来新一轮飞速发展最重要

收稿日期:2019-02-18; 修回日期:2019-02-26。

作者简介:岳梦云(1988-),女,安徽合肥人,硕士,工程师,主要从事运载火箭与导弹的地面测发控系统设计方向的研究。

的核心技术<sup>[1]</sup>。深度学习算法用非监督式或半监督式的特征学习和分层特征提取高效算法来替代手工获取特征，其中最广为使用的算法包括卷积神经网络 (convolutional neural networks, CNN)、循环神经网络 (recurrent neural network, RNN) 长短期记忆网络 (long short-term memory, LSTM) 等，需要根据具体应用场景和数据特征加以选择。深度学习是对人类思维方式的建模，让机器能够理解人的行为，并将知识运用到与用户的交互中，达到机器“人性化”的终极目标，实现人工智能技术在商业中的落地。

## 2 人工智能的细分领域

### 2.1 图像识别

通过结合大数据的训练，人工智能可以对图像进行预处理、图像分割、特征提取和判断匹配。在图像识别的技术框架中，人脸识别应用非常广泛。人脸识别是基于人的脸部特征信息进行身份识别的一种生物识别技术。目前国内领先企业旷视科技的人脸识别准确率已高达 99.999%。此外，在产品生产质量检验上，图像识别技术应用也非常广泛，例如：机械类产品的裂纹自动识别检测。

### 2.2 语音/语义识别

利用特征提取技术、模式匹配准则及模型训练技术，语音识别能够让机器对采集到的语音信息进行识别和理解，转化为文本或命令。例如在军事上，可通过语音识别确认说话人的身份、侦听情报内容、或下发操作指令，具有非常重要的价值。目前，针对中小词汇量非特定人的语音识别系统识别精度已超过 98%，针对特定人的识别精度甚至更高。

### 2.3 自然语言处理

语言是人类区别其他动物的本质特性，因此理解语言也是人工智能的一个核心方向。综合语言学、计算机科学、数学等多种科学，自然语言处理研究能实现人与计算机之间有效通信的各种理论和方法，以一种智能高效的方式，对文本数据进行系统化分析、理解与信息提取。通过使用自然语言处理技术，可以管理大块的文本数据，或执行大量的自动化任务，并且解决如自动摘要，机器翻译，命名实体识别，关系提取等语言相关任务<sup>[2]</sup>。

### 2.4 无人驾驶

无人驾驶的核心技术是即时空间建模和人工智能技术。低成本高效率的感知解决方案是无人驾驶的基础，高精度底图的建立是无人驾驶的关键，具有深度学习的算法芯片是无人驾驶的核心。在过去六年内，谷歌无人驾驶汽车在公路上安全行驶 220 多万公里，仅发生 17 起交通以外，而且均是由人类失误引发的。

### 2.5 智能机器人

智能机器人融合了几乎所有人工智能分支技术，它至少需要具备感觉要素、反应要素和思考要素。它能够理解人类语言，感知、分析周围环境信息并调整自己的动作。目前已发展出多样化的机器人种类，从智能水平较低的工业机器人，到智能陪护机器人再到高级智能机器人。

## 3 人工智能在中国航天上的应用前景

### 3.1 更自主的任务规划

航天飞行任务规划是一个典型的知识处理过程，其中涉及较为复杂的逻辑推理和众多的约束条件，这种问题适合采用人工智能的方式加以解决，实现“人工智能+”。

#### 3.1.1 “人工智能+运载火箭”——高容错飞行

运载火箭的飞行入轨面临的的是一个地面难以复制和仿真等效的全新环境，飞行阶段程序转弯、发动机关机、级间分离、再次点火、姿态修正、载荷分离诸多环节中数百个零部件任一失效偏差都可能给火箭带来不可挽回的损失，是运载火箭成败与否的核心一环。高机动性、短飞行周期、恶劣环境都意味着人无法有效干预，因此，发动机推力下降、姿控极性接反均直接造成了任务失败，飞行风险居高不下。

目前的箭载计算机大多不具备重新规划飞行任务的能力，或需要地面人工计算制导诸元后，通过测量系统进行了上行注入，一定程度上实现弹道的重规划，将卫星送入轨道<sup>[3]</sup>。

未来，将运载火箭设计阶段梳理的飞行过程故障模式与传感器参数相结合，研究基于人工智能的运载火箭飞行阶段故障自诊断以及深度学习训练方法，在分秒必争的运载火箭飞行段完成故障预测、故障定位与故障隔离工作，并通过轨迹弹道重规划、制导姿控模型重生成，有效隔离局部故障，规避失败风险，最优化飞行轨迹与姿态控制，有效挖掘潜在运力资源<sup>[4]</sup>。

除此之外，在运载火箭发动机关机、级间分离后，分离的舱部段通过自主感知和自主控制技术，与卫星定位信息、地形布局信息动态匹配，通过发动机再次点火，实现舱部段自主飞行、平稳下落、精准落地以及主动防护，通过舱部段及各级发动机的回收再利用，显著压缩运载火箭任务周期，降低运载火箭制造成本。

#### 3.1.2 “人工智能+深空探测器”——自主规划

现有行星探测器的主要前进方式为：拍摄前方照片通过遥测发回地面站，操作人员根据图像确定前进路线，再通过上行通道上注行动指令，实现探测车的行驶操作。这种模式过于依赖地面测试人员，效率较低，很多时候由于行星表面环境较为恶劣，或者由于距离的确过于遥远，遥测控制信号也比较微弱，或者由于地球自转引起相对位置改变，无法实现遥测遥控，更难以实现探测器的实时控制。基于人工智能、视觉计算、监控装置的自动驾驶将大幅提高探测、地形勘测的效率。根据视频摄像头、雷达传感器以及激光测距器来了解周围的地形状况，利用图像识别等智能感知技术、智能决策和智能控制技术可以实现行星探测车的自主行动，选取最优探测路线，智能避开障碍物，以最小的代价、最高的效率采集有用信息，大大辅助深空探测应用。

深空探测应用中，复杂航天器是由大量元器件和软件组成，长期的在轨运行，元器件的故障和软件的不完善在

所难免,由于太空环境的特殊性,当某部分损坏时,难以通过人员进入太空进行判别和修复,利用人工智能技术结合空间高精度、高灵敏度机械臂,通过智能分析航天器数据,实现故障的自主定位、自动识别和在轨自主修复,在轨操作、组装、拆卸、管理。

### 3.1.3 “人工智能+武器装备”——智能作战

通过多维度侦查探测系统,智能感知、发现、定位、跟踪敌方动态、电磁频谱信息、作战行动等战场态势信息,以最少的人员、更少的代价、最大化地获取战场情报数据,辅助智能判别与智能决策应用。如利用覆盖红外、可见光、微波雷达等多种技术手段,实现一体化、集成化的多模融合探测装置,智能感知多维度、多层次、多类型数据,然后应用数据配准、智能去噪等预处理手段获取高质量多源数据,再利用深度学习、模糊推理、专家系统等智能技术,建立目标识别和威胁判别模型,实现武器装备作战环境中目标智能探测感知和识别。

通过给武器装备各类传感器、探测器,智能探测感知飞行空间信息、拦截弹信息等,数据传输给弹载智能“大脑”,设定相应的优化准则、目标等,通过数据分析,智能自主决策,规划调整飞行弹道,通过动力学气动调整,改变飞行轨迹,增强突防性能<sup>[5]</sup>。

人工智能使无人机个体具备较高的智能水平,协同作战能力显著提高,从而形成低成本的无人机蜂群战术。目前,以美国国防高级研究计划局(DARPA)为首的众多机构,都投入了大量经费就无人机集群在空中的协同作战理论和技术展开研究,包括无人机的快速编队、多机间通信协同,自主战术决策与下达作战命令等,构建多无人飞行器的任务自组织系统分布式体系结构。

## 3.2 更高效的地面测试

运载火箭的测试发射同样是一个多学科交叉,多专业耦合的复杂系统工程,是运载火箭成败与否的关键一环。状态准备、测试操作、预案决策、数据判读,每一环都是技术能力的保障,都是知识经验的考验,同样每一步都离不开人的参与,成败维系在每一名人员身上,高水平人员的稀缺造成测试发射无法多任务并举,以及连续疲劳带来的风险造成测试发射周期无法进一步压缩,通过应用人工智能技术,可显著提升测试效率,降低发射成本<sup>[6]</sup>。

### 3.2.1 采集层

通过多样化的手段代替传统的传感器采集或人工直接观测,基于视频语音识别技术的应用可以大大减少火箭本身测点的布置。例如:发动机工作状态,可以通过对其工作时的声音进行频谱分析;一些机构的动作,可以通过非接触的摄像机直接观察;仪器仪表的指示灯状态监控,可以通过摄像头拍摄信息,之后在后台用图像识别的方式进行自动判断。

### 3.2.2 处理层

人工智能技术极大的提升了设备的数据处理与故障诊断的能力。对地面测试数据进行统一管理和应用,除了完

成流程自闭环的反馈判断,还能够对数据的趋势、关联进行综合分析,设备不但可以掌握自身的运行状态,实现故障检测与隔离,启用合适的故障预案,还能够想设计操作人员提供辅助决策和任务规划建议。

### 3.2.3 执行层

前端无人值守是未来火箭发展的必然趋势。电测过程中的脱查脱拔等人为操作、异常故障时的抢险操作,可以采用带视觉定位系统的机械臂来完成。此外,后端的人机交互也可以加入语音识别、手势感知等新型指挥手段,提高测试效率。

## 3.3 更全面的设计保障

### 3.3.1 智能设计

引入人工智能技术,可以将目前的半智能化计算机辅助设计系统升级为智能化计算机辅助设计系统,整合现有的海量资料及资源,模拟人脑思考的过程,彻底解决上述三类问题。采用人工智能技术的“航天大脑”可以根据型号需求提供总体文件的初稿,总体设计师进行决策修改后,“航天大脑”将系统需要的文件自动下发至系统级,并形成系统级文件的初稿,系统设计师进行决策修改后,“航天大脑”再将单机需要的文件下发至单机。在进行具体设计时,设计师仅需将设计输入文件提交至“航天大脑”,系统则会根据需求以及所学习的设计文件完成设计工作。如设计电缆网图时,设计师仅需将电缆的几何尺寸、点位定义等提交至“航天大脑”,“航天大脑”会自动绘制出电缆网图的模板,并自动给出诸如线缆型号推荐、连接器型号推荐等辅助决策信息,设计师将不需逐个翻阅厂家的手册即可完成设计,设计效率将大大提高。此外,由于“航天大脑”能够在很短的时间内完成大量文件的学习工作,并从中找出最优方案,设计的标准化和设计水平也能够得到保证。

### 3.3.2 智能制造

智能制造是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智研制造系统,通过人与智能机器的合作共事,扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。它把制造自动化的概念更新,扩展到柔性化、智能化和高度集成化。

利用大数据技术,对于运载火箭制造装配需要的物资、工具、生产线、场地、工装、人员、运输车辆都统一进行编码采集与实时定位管理,将散布在全国各地的运载火箭制造装配资源条件,进行投筹管理,真正做到全国一盘棋。并与运载火箭发射任务计划有机对接,通过态势分析与智能预测,实现生产规模进度的最优化预测管理,成本进度最优化,并能够实现突发风险的动态应变处置,实现成本最优化管理。

在生产过程中,也完成了对火箭全生命周期信息的收集与保障。建立火箭的综合档案履历资料库,收集制造、装配、测试各个过程的数据与知识,构建大数据分析中心,作为智慧火箭的数据支撑与健康诊断的依据,降低设计和研制成本、提升测发效率、提升火箭的可靠性<sup>[7]</sup>。

### 3.3.3 远程支持

随着在运载火箭高密度发射、零窗口点火变得常态化,靠大量人力在靶场保障发射任务的模式已难以适应未来的发展需求。发射中心将从逐步从靶场向远程后方迁移,以日本 epsilon 火箭为例,科研人员远程使用两台笔记本就可实现火箭发射控制。

远程支持中心能够统一接收、存储各靶场各型号发回的测试数据并存储,并通过智能搜索引擎随时搜索查看关心的数据及相关文档;针对当发测试数据,结合历史数据进行大数据分析,提前识别出可能有质量隐患的关键节点;当靶场出现故障时,远程支持中心通过多媒体、虚拟现实等手段开展协同排故工作。

## 4 中国航天发展人工智能的对策建议

### 4.1 聚焦航天“大脑”技术体系,做好战略规划和顶层设计

基于对大数据与人工智能的探索和积累,提出以技术—产品—服务为核心的航天“大脑”,其技术体系设想如图 1 所示。

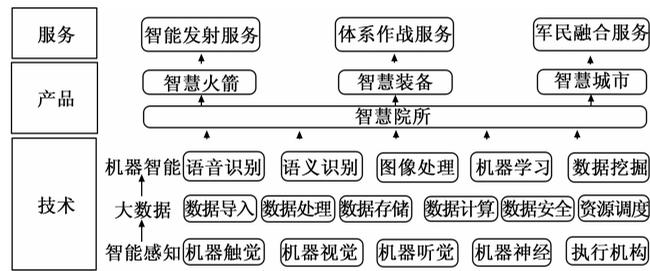


图 1 航天“大脑”技术体系

#### 4.1.1 技术层

智能感知是为机器装上触觉、视觉、听觉、神经和运动机构等智能硬件,使其具备感知世界的的能力。通过集群和虚拟化技术实现对海量数据的快速预处理、分布式存储、并行计算等,为智慧大脑提供强大的“记忆”和“计算”能力。

#### 4.1.2 产品层

智慧产品包括智慧院所、智慧火箭、智慧装备和智慧民用产业。其中,智慧院所是所有智慧产品研制的基础,其可以充分激发员工创新创业热情,并为员工提供高效便捷的管理方式;智慧火箭指的是为火箭装上“触觉”和“大脑”,降低测发控对人的依赖,提升火箭可靠性;智慧装备指的是通过全生命周期的健康管理,实现装备自主保障;智慧民用产业指的是通过军民融合方式,将军用技术转向民用领域,如智能健康监测、智慧家电远程测控、智慧照明、智慧安防等领域。

#### 4.1.3 服务层

未来应全力推动大数据人工智能等技术与航天装备的结合,实现装备信息智能采集、远程保障、智能决策的完美集成,发展模式也将由提供产品向提供全方位解决方案

的服务转变。

### 4.2 打造航天“大脑”系列产品,快速形成专业的能力和队伍

#### 4.2.1 智慧院所

以创新为驱动、以信息化为基础、以知识为载体,利用智能科学理论、技术、方法和信息及自动化技术工具,充分有效地整合和优化利用各类内外部资源,保证能够持续创新,不断开发新产品、新服务,为航天单位的发展提供智能决策。

#### 4.2.2 数据银行

建立航天大数据中心,成立“航天数据银行”,对产品研制、生产等多环节的数据进行统一管控、统一挖掘,实现数据挖掘效果的最大化,创造服务价值。智慧管理通过实现产品全生命周期的统一管控,建立基于数据信息驱动的智能化管理模式,提升工作效率。智慧决策基于大数据技术,将先进管理理念、业务流程和管理模式等融合,实现管理信息化和智能化,达到“降本增效”的目的。

#### 4.2.3 智能装备

通过大数据与互联网等高新技术,实现火箭的高度信息化与智能化。包括智慧的远程发射支持平台,智慧的测发指控平台,智慧的全生命周期综合保障平台。智慧的远程发射支持平台通过大数据技术,训练后方的智能机器大脑,提升异地协同保障能力,减免专家到一线协助排故,解决问题。智慧的测发指控平台依托于语音识别、图像识别、大数据等技术,实现自主的测发指控过程。智慧的全生命周期综合保障平台利用大数据技术保障数据统一化规范,完成自主健康评估、精准的寿命预测和数据驱动的视情维修<sup>[8]</sup>。

#### 4.2.4 智慧产业

依托剩余载荷和末级监控,实现对地观测等服务,依托远程测控、健康监测、大数据、新一代信息应用技术,通过融合智慧城市中的多源数据,在智慧城市和智慧产业中,提升城市的精细化管理水平,同时为航天单位军民融合开拓增收,锻炼队伍。

### 4.3 分布落地执行,拓展航天“大脑”的服务

未来,应全力推动大数据人工智能等技术与航天装备的结合,实现装备信息智能采集、远程保障、智能决策的完美集成,航天企业的发展模式也将由提供产品向提供全方位解决方案的服务转变,如智慧的发射服务、全面的体系作战服务和智慧的军民融合服务。智慧发射最终要实现输入一个指定的位置坐标,为其精准、快速、智能、高效、低廉地发射到指定地点。全面的体系作战服务基于大数据和人工智能技术,能够实现装备的自主保障、战时智能决策和一体化的体系作战。智慧的军民融合服务结合现有的技术和民用产业,开展更多的智慧产业服务,通过信息和通信技术的应用,提升城市的管理水平,提高市民的生活质量,令城市运行和市民生活更加智能。

(下转第 12 页)