



社论:

智能无人系统：新一代人工智能重要成果及其应用

吴澄^{1,2}, 张涛^{†‡1,2}

¹清华大学自动化系, 中国北京市, 100084

²北京信息科学与技术国家研究中心, 中国北京市, 100084

[†]邮箱: taozhang@tsinghua.edu.cn

本文译自 Wu C, Zhang T, 2020. Intelligent unmanned systems: important achievements and applications of new generation artificial intelligence. *Front Inform Technol Electron Eng*, 21(5):649-651. <https://doi.org/10.1631/FITEE.2030000>

科学技术发展水平是一个国家综合实力的重要指标。最近, 随着新一代人工智能 (AI) 兴起, 我们正面临一场新的工业革命, 例如, 智能无人系统 (IUS) 的开发应用将很快成为人工智能发展的里程碑式成就。未来 3~5 年, 中国智能机器人在服务业和工业等领域的应用将取得长足进步, 无人飞行器 (UAV) 将在多个行业大规模应用, 自动驾驶系统将加快研发和普及, 中国还将开发轨道交通自动驾驶的核心通用技术, 与此同时, 智能车间和智能工厂将取得重大进展, 并形成一套符合国际标准的中国标准。

IUS 是一种人造系统, 其使用先进技术进行操作或管理而无需任何人工干预。迄今为止, 人类创造了各种无人系统, 随着人类知识的累积和发展, 无人系统的技术水平也在逐渐提高。IUS 是一个复杂系统, 涉及机械、控制、计算机、通信和材料等多个领域技术, 而 AI 无疑是开发 IUS 所需的关键技术之一。自治和智能是 IUS 的两个最重要特征, 而实现和优化这两个特征的最有效方法是使用各种 AI 技术, 例如智能感知 (图像、语音识别等), 人机交互, 智能决策, 学习, 推理等。

无人系统是指不需要人工干预的系统, 但是“无人”系统的最高级别是人机耦合的。人机耦合意味着人类将其神经系统与计算机和其他设备相连, 以弥补人的感官和动作缺陷, 因此无人系统运作还是需要人的参与。人工智能和无人系统的结合有望发展出可以改变生活的技术, 例如全自主辅助机器人外骨骼系统, 增强佩戴者功能 (特别是残疾人和老年人), 改善人类生活质量。通常来讲, 人机集成包括人机合作, 人与机器之间的关系不再是主从关系或替代关系, 而是伙伴关系。如果人们控制多个无人系统一起工作, 则可以明显提高效率和灵活性。因此, 人与无人系统之间的协作和交互, 将显著改善系统功能的不同方面。然而, 对于许多劳动密集型工作, 无人系统可能效率不高, 因此, IUS 将成为人机集成的重要体现。

与传统无人系统相比, IUS 具有更大应用潜力, 各种类型 IUS 的出现将对人类生活和社会产生重大影响。目前, IUS 主要包括自动驾驶汽车、无人机、面向服务的机器人、智能工业机器人、太空机器人、航海机器人以及无人车间/智能工厂。

中国发布的新一代 AI 开发计划涵盖了自主无人系统的智能技术, 着重于突破通用智能技术, 例如自主无人系统的计算架构、对复杂动态场景的感知和理解、实时精确定位、复杂环境的自适应智能导航、无人机的自主控制, 以及其他智能

[‡] 通讯作者

ORCID: 张涛, <https://orcid.org/0000-0002-2980-6281>

© Zhejiang University and Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

技术, 包括无人驾驶的汽车、轮船和铁路运输以及核心技术(如服务机器人和特种机器人)等, 以支撑无人系统的应用和工业开发。

在此背景下, 中国工程院院刊《信息与电子工程前沿(英文)》(FITEE)组织出版本期 IUS 特刊。本期特刊呈现的 IUS 类型包括机器人外骨骼系统、智能地面车辆、水下车辆和无人机。经严格审阅, 共遴选 10 篇文章, 包括 2 篇综述、1 篇指南和 7 篇研究论文。

随着对可重复使用的发射器的需求不断增加, 以及太空探索产生的潜在价值逐渐清晰, 精确软着陆已成为一项基本技术要求。宋征宇等总结了在天体表面精确软着陆的自主制导方法, 通过比较月球、火星和地球 3 种着陆场景特征, 总结了 3 自由度和 6 自由度着陆问题的约束条件和性能指标函数, 形成一般性问题描述, 与此同时, 详细讨论了分析算法、数值优化算法和基于学习的方法在软着陆问题的应用。

随着传感器融合技术的发展, 关于智能地面车辆的研究日益增多, 其中障碍物检测是车辆驾驶的主要内容之一。潘泉等总结了野外环境中智能地面车辆的车载多传感器配置方法, 为用户提供了根据其性能要求和应用环境选择传感器的指南; 与此同时, 综述了最新多传感器融合方法和系统模型, 解释了其与异构传感器配置的关联。

电子商务的快速增长、劳动力成本的持续攀升以及消费者越来越高的期望, 促使全球范围内的仓库采用更新、更先进的自动化技术。仓储自动化技术需具备如下特点: 高效率、自适应性、可扩展性、强容错力。蔡凯提出一种新的信息物理控制方法, 以实现多机器人服务“货到人”物流作业的安全、无锁死、高效和自适应行为。

可穿戴式外骨骼是一种动力拟人化的机电系统, 用于增强力量、承重、锻炼康复和步行辅助。准确的加速度获取是机器人外骨骼系统设计中的关键问题。张涛等基于神经网络提出机器人外骨骼的固定时间约束加速度重构方案。该方案可实现高性能观测, 并在实际外骨骼系统中提供高精度加速度估计。这些新特性将帮助开发依赖于加速度的更好控制算法。

下肢辅助外骨骼被广泛研究以实现运动辅助或康复训练。尽管研究人员已开发出绳驱动的外骨骼设备, 由于顺应性和轻量化的限制, 现有大多数绳驱动外骨骼设备只能辅助单向运动。王田苗等开发出一种独立可穿戴式绳驱动踝关节外骨骼, 通过一对单电机实现跖屈-背屈双向运动。

阮婉莹和段海滨提出一种多目标社会学习鸽群优化(MSLPIO)方法, 用于无人机避障。与改进的多目标鸽群优化算法和改进的非占优排序遗传算法相比, MSLPIO 具有更好收敛性能。

西太平洋马里亚纳海沟深约 11 000 米。自主遥控水下机器人“海斗”被开发用于在这个地球最深处进行科学勘测。海斗最大下潜深度为 10 905 米。确定最深处准确位置是其任务之一。陈传绪等提出一种地形匹配方法克服定位难题, 无需使用声波定位系统。“海斗”成为全球仅有的几种可在全海深潜航的水下航行器之一。

点集配准问题一直是移动 IUS 领域的重要课题。赵文杰等提出一种新的三维点集配准方法, 其基于一种高斯过程图的新型地图表示形式, 可用于完整的同时定位和制图(SLAM)框架。

飞行控制系统是无人机各种任务和应用中的关键要素。胡欢和王庆领提出一种采用积分补偿器的近端策略优化技术, 用于无人机智能控制器开发, 可有效减少速度跟踪中的稳态误差, 显著改善跟踪精度。

在高度动态和复杂的环境中协调多个无人机是一项有难度的技术。赵志峰等提出一种有限先验信息下的多无人机系统协同方法, 该方法基于数字信息素和当前主流无人系统控制算法, 在覆盖范围、检测和重访效率以及避障等方面展示出出色性能。

本期特刊涵盖了有关 IUS 的广泛研究主题, 包括自主制导、地图重建、障碍物检测、定位、控制和多系统协作等。希望这些文章对 IUS 和相关领域读者有所帮助。

最后, 特别感谢作者和审稿人的支持和宝贵贡献, 感谢编辑人员及主编潘云鹤院士和卢锡城院士。



吴澄教授分别于 1962 和 1966 年在清华大学获得电子工程学士和硕士学位。1981 至 1983 年，为美国凯斯西储大学博士后研究员。中国工程院院士，现任国家 CIMS 工程研究中心主任。研究领域涉及计算机集成制造系统、复杂系统建模、调度和计划、网络化制造等。



张涛教授分别于 1993、1995 和 1999 年在清华大学获得自动化专业学士、硕士和博士学位，于 2002 年在日本佐贺大学获得第 2 个博士学位。现为清华大学信息科学技术学院教授，副院长，自动化系主任。为 IET 会士，IEEE 高级会员，IFAC 机器人技术委员会成员，AIAA 会员以及 *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 编委。研究领域涉及机器人技术、人工智能、控制理论等。

Front Inform Technol Electron Eng