

人工智能在电子信息工程中的应用与发展

樊华

闽江大学, 中国·福建 福州 350001

摘要: 电子信息工程目前正在经历从数字化向智能化变革的过程, 机器学习以及深度学习作为人工智能当中重要的分支, 为处理系统里的非线性、时变以及复杂难题开辟了新的路径, 将人工智能技术融入电子信息工程, 在信号处理以及通信方面的效能极大程度上得以提升。智能调制识别技术得到了实际运用, 如在信道均衡以及干扰消除, 无线资源优化方面也实现了突破; 在电子系统的设计以及测试当中, 阐述智能布局布线、故障诊断以及预测性维护。此外, 人工智能提高了雷达传感系统开展目标探测、辨识以及追踪工作的能力。未来, 边缘智能、神经形态计算、以及通感算一体化会深度融合, 人工智能正从辅助角色转变为核心驱动力, 它与系统的深度融合将会重构电子信息系统的基础框架以及能力边界。

关键词: 人工智能; 电子信息; 信息科技; 应用; 发展

Application and Development of Artificial Intelligence in Electronic Information Engineering

Fan Hua

Minjiang University, China Fujian Fuzhou 350001

Abstract: Electronic information engineering is currently undergoing a process of transformation from digitization to intelligence. Machine learning and deep learning, as important branches of artificial intelligence, have opened up a new path for dealing with nonlinear, time-varying and complex problems in the system. The integration of artificial intelligence technology into electronic information engineering has greatly improved the efficiency of signal processing and communication. Intelligent modulation recognition technology has been applied in practice, such as channel equalization, interference cancellation and wireless resource optimization. In the design and testing of electronic systems, intelligent layout and wiring, fault diagnosis and predictive maintenance are described. In addition, artificial intelligence improves the ability of radar sensing system to carry out target detection, identification and tracking. In the future, edge intelligence, neuromorphic computing, and synaesthesia integration will be deeply integrated. Artificial intelligence is changing from an auxiliary role to a core driving force. Its deep integration with the system will reconstruct the basic framework and capability boundary of the electronic information system.

Keywords: Artificial intelligence; Electronic information; Information technology; Application; Development

0 引言

电子信息工程领域囊括了多个方面^[1]。传统电子信息是依照精确的数学模型、以及线性系统理论来构建的, 在处理理想环境中的确定性任务时表现优异。随着应用场景朝着高动态、高复杂度、以及强非线性的领域进行扩展, 像 6G 超大规模物联网、毫米波雷达感知以及高密度集成电路等, 传统方法的局限性逐渐显现出来^[2], 如非线性失真难以进行精确建模, 系统状态空间的维数急剧增加导致优化方面的困境, 同时先验知识的匮乏使得算法效能出现了下降趋势。深度神经网络作为一种机器学习技术, 借助它强大的非线性映射以及数据驱动方式提取特征, 结合端到端学习模式, 为破解上述瓶颈提供了有效途径^[3], 电子信息系统得以实现设计理念的创新, 从单纯依靠模型转向

让模型以及数据进行协同驱动。系统能够从复杂数据中自主挖掘模式实现自我调适、自组织以及自优化^[4]。当前, 人工智能正深入应用于信号处理与通信、电子系统设计与测试、雷达与传感系统等领域。本文将系统展示其应用现状与实现路径, 并展望未来可能的发展方向。

1 人工智能在信号处理与通信系统中的应用

1.1 智能调制识别与解调

调制识别是属于非协作通信以及认知无线电方面的核心环节, 传统方法需要专家特征提取, 并且对模式进行分类, 在低信噪比或者信道多径效应比较显著的环境中, 手工提取的特征容易出现失真情况。与之相比, 深度学习驱动的调制识别方法能够从原始同相正交 (IQ) 采样数据里直接开展端到端的高维特征提取工作^[5]。具体来说, 卷积

神经网络 (CNN) 能够对 IQ 数据局部时域以及空间关联性进行捕捉; 长短期记忆网络善于捕捉序列中的时序依赖关系; 近些年来, 引入了自注意力机制的 Transformer 架构, 在复杂信道的情况下提取特征, 其性能得到了提升。在实际工程当中, 研究人员把接收信号当作二维图像来开展研究, 它的维度包含了时间以及 IQ 分量^[6], 依靠 CNN 所具有的平移不变特性实现分类的稳健性, 在信噪比为 0 dB 的条件下, 深度残差网络识别 11 类调制方式, 准确率得以突破 90%, 并且超越了传统高阶累积量方法。

1.2 信道估计与均衡

信道估计以及均衡是补偿无线信道衰落、多径效应以及干扰的核心技术, 其重要性不言而喻。传统方法基于信道模型的先验假设来开展工作, 要是实际信道和假设存在偏差, 性能会显著劣化^[7]。基于人工智能开展信道处理方法, 主要借助深度神经网络替代传统估计算法中的矩阵求逆等复杂运算, 通过离线训练, 让网络去学习导频信号到信道响应的映射关系, 降低了在线计算的复杂度。此外, 生成对抗网络 (GAN) 以及变分自编码器 (VAE) 被用来开展隐式建模信道分布工作, 导频开销受到限制也能实现高精度信道重建。在处理长记忆信道时, 基于递归神经网络的均衡器相比传统判决反馈结构, 在恶劣条件下仍能维持较低误码率。

1.3 无线资源管理与干扰抑制

蜂窝网络、自组网以及物联网场景中, 无线资源的管理常常会形成非凸优化方面的难题, 传统的求解策略借助凸松弛或者迭代计算的方式来开展, 很难在毫秒级的时间中寻得全局最优方案。在资源管理方面, 凭借深度强化学习, 决策智能会逐步取代以规则驱动的传统模式^[8]。具体来说, 把基站以及用户设备当作智能体来定义, 将信道状态、缓存队列长度、干扰水平等方面定义成状态空间, 把资源分配动作定义为动作空间, 系统吞吐量、把时延、能效等参数纳入到奖励机制中。智能体和环境交互, 逐步掌握资源调度的最优方案, 在超密集组网场景中, 各个小基站可以凭借多智能体深度确定性策略梯度方法, 自主开展发射波束方向以及调整功率的工作, 实现干扰协调, 提高边缘用户吞吐量。

2 人工智能在电子系统设计与测试中的应用

2.1 智能电路布局与布线

在集成电路以及印制电路板设计流程中, 布局和布线耗时是最长的。对元件布局以及连线路径进行优化时, 需要兼顾电气规则、热约束以及电磁兼容性等多个方面的条

件, 即典型的 NP-hard 难题, 近年来, 强化学习布局算法方面取得了显著突破。在芯片宏单元布局方面, 人工智能把它当作序贯决策问题来处理: 智能体每次会把一个宏单元放置到芯片的某个位置, 并且依据最终线长、拥塞度、功耗等指标来获得奖励, 开展强化学习来对布局策略进行优化, 使时序裕量等综合指标得以改善。图神经网络对电路图表结构信息进行提取, 智能体凭借这些信息对模块连接紧密程度开展学习, 进而做出全局优化布局决策, 生成对抗网络在布线阶段拥塞热图的预测工作, 指导布局调整, 提前发现并且解决拥塞问题, 减少设计迭代次数。同时, 深度学习电热耦合预测模型可以在布局阶段快速评估芯片或者电路板的热场分布, 帮助设计人员预先对热管理以及电源完整性进行优化, 相比较而言, 传统仿真工具运行的速度比较慢, 难以开展大规模搜索需求的支撑工作。

2.2 故障诊断与预测性维护

电子系统故障诊断方法在不断革新, 从依靠人工经验判断逐渐向基于传感器数据来开展智能分析转变, 复杂电子系统当中内部节点数量多、故障模式呈现出多样化的特性, 传统方法 (故障树或者专家系统) 难以全面覆盖到所有失效情况。借助机器学习技术监测电压、电流、温度以及频谱等关键节点数据, 并且能够自主进行故障特征的辨识, 卷积神经网络可以开展多通道时序传感器数据的分析工作, 把故障模式识别转化成时间序列分类问题; 图神经网络能够有效对电子系统中各个功能模块的信号流动以及耦合关系进行捕捉, 在故障传播路径的解析方面具备重要价值。以开关电源故障诊断作为例子, LSTM 模型会对输出电压纹波信号时序模式开展分析, 预测电容老化或者功率管退化趋势, 从而得以实现预测性维护。

3 人工智能在雷达与传感系统中的应用

3.1 智能目标检测与识别

传统雷达系统依靠恒虚警率 (CFAR 算法), 在距离-多普勒谱上动态调整检测门限。这个方法基于杂波会均匀分布的预设前提, 在面对海面、城市建筑等非均匀干扰杂波环境时, 其性能通常会下降, 深度学习检测技术把距离-多普勒谱当作二维图像来使用, 借助 YOLO 等框架开展目标定位、多普勒速度估计以及分类等工作。这个方法把检测和识别自然结合, 避免传统流程也就是先检测、再提取特征、后识别所带来的信息损耗, 在合成孔径雷达 (SAR) 图像解译的领域当中, 舰船以及车辆目标识别精度目前是由卷积神经网络来主导的, 和传统 CFAR 方法相比, 它在复杂环境下开展虚警抑制的表现更为突出。此外,

借助微多普勒效应识别雷达目标，是雷达目标识别的一个重要方向。无人机、行人、车辆以及其他目标的旋转部件或者运动姿态，会在回波中产生独特的微多普勒调制。融合时频分析技术与深度卷积网络，系统可以自主开展各类目标微多普勒特征形态的学习工作，能够准确地处理无人机型号、行人步态以及直升机旋翼数量的辨识工作。

3.2 雷达波形设计与抗干扰

雷达波形的设计工作会涉及到系统的距离分辨率、速度分辨率以及抗干扰能力，传统波形设计常常基于模糊函数的优化工作来开展，但是在复杂电磁环境当中，难以进行实时调整。认知雷达架构把雷达系统当作具有环境感知能力的智能体来使用，自主进行波形调整，雷达智能体凭借强化学习机制，根据实时所侦测到的干扰状况，筛选出效能最优发射波形，在多传感器融合感知中，传统方法难以基于神经网络实现异构数据环境感知的端到端映射，此问题需依托深度学习融合方法予以解决。同时把目标侦测的几率提高到极大程度。认知雷达凭借深度 Q 网络，在扫频以及脉冲干扰情况下，掌握波形切换方法，信干噪比能够提高 3-5 dB，自编码器在接收端对回波信号的编码以及解码重建，目标回波以及干扰在隐空间分布方面具有可分性，得以实现抗干扰，自编码器在重建过程中，有效处理干扰分量的过滤工作，尤其适宜用于存在与目标回波时频域重叠情况的复杂干扰环境。

3.3 多传感器融合感知

雷达、摄像头、激光雷达以及惯性测量单元，构成现代电子信息系统的感知基础，这些传感器相互进行协作，从而为系统提供多维度的环境信息。传统的融合手段是借助卡尔曼滤波以及它的衍生算法来开展的，需要精确掌握传感器观测模型以及噪声统计特性。然而，在工程实践当中，很难实现多传感器异构数据借助神经网络开展环境感知的端到端映射，这个过程是凭借深度学习融合方法去处理的。自动驾驶感知系统在处理点云以及图像时，面临数据结构方面的差异。研究者构建了借助注意力机制来开展多模态融合的网络，特征提取首先在各个模态的内部进行

展开，随后，交叉注意力模块开展模态间信息的交互工作，输出了 3D 目标检测框以及语义分割结果。该融合策略凭借数据驱动，自主开展各个传感器在不同环境中置信程度的学习工作，在雨雾以及光照变化导致单一传感器性能出现下降的场景中，这个方法比传统的融合方式所具备的鲁棒性更强。

4 人工智能与电子信息工程融合发展分析

目前，人工智能技术如今已深入到电子信息工程的各个方面当中，表 1 对各个技术领域的融合深度以及应用效益进行了收益与挑战方面的归纳，清晰地呈现出了技术路径以及关键收益。

从技术演进的视角来看，人工智能融入电子信息工程经历了三个阶段的跃迁。最初阶段的表现是模块替换，即把神经网络当作传统算法中特定模块的替代来使用，系统架构保持原来的状态不变；在协同优化阶段，人工智能模块以及传统信号处理模块进行联合设计。神经网络会辅助进行信道状态信息反馈，同时兼顾性能以及反馈开销；借助人工智能驱动系统架构开展革新工作，进行端到端通信实现发射机、信道以及接收机的协同优化，突破传统分层设计模式。与此同时，人工智能以及电子信息工程结合会面临特殊挑战，通信基带处理工作有毫秒乃至微秒级的严苛时限，深度学习模型在边缘侧的推理延迟以及算力消耗构成了显著挑战，无线通信以及雷达系统大多在动态开放环境中运行，训练数据难以全面覆盖各种各样的场景，模型部署之后的分布外泛化能力成为了工程应用方面的关键瓶颈。电子信息系统对可靠性以及可解释性方面具有极高要求，黑盒模型的故障模式没办法进行预测，在航空航天、军事等安全关键领域当中难以直接开展应用工作。

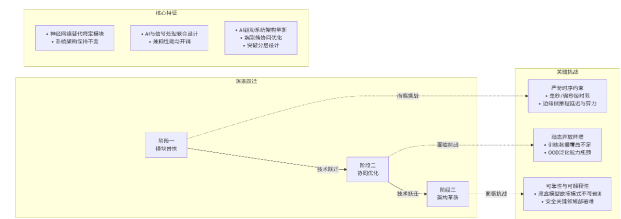


图1 人工智能融入电子信息工程的演进路径与瓶颈

表1 人工智能在电子信息工程核心领域的应用路径与效益分析

应用领域	核心技术路径	关键收益	典型挑战
信号处理与通信	深度学习 (CNN/RNN/Transformer)、深度强化学习	提升频谱效率、降低导频开销、自适应资源调度。	实时性要求高、信道环境迁移导致泛化能力下降。
电子系统设计与测试	强化学习 (例如布局布线)、图神经网络、生成模型	缩短设计周期、提高测试覆盖率、实现预测性维护。	训练数据获取困难、约束条件难以完全建模。
雷达与传感系统	卷积神经网络、认知雷达架构、多模态融合	提升低可观测目标检测概率、增强抗干扰能力。	标注数据稀缺、物理机理与数据驱动融合不足。

人工智能在信号处理以及系统设计方面具有优势,但是,当它实用化部署到真实的电子信息系统当中,仍然会遭遇模型轻量化和环境泛化等多项难题,(1)边缘智能与模型轻量化。边缘设备对于延迟、功耗以及存储资源有严格限制,大规模深度模型就难以直接部署工作,模型剪枝、量化以及知识蒸馏共同构筑轻量化版本的工程化路径;FPGA以及NPU协同实现算子融合,同时兼顾推理精度以及资源开销。(2)动态环境下的分布外泛化与自适应。无线信道以及目标特性在运行过程中会持续发生变化,离线训练数据很难把所有场景都覆盖到,域自适应技术可以实现增强跨场景鲁棒性;模型部署之后,借助在线学习机制来实现持续更新;数字孪生技术为增强混合数据提供了支持,有助于处理数据分布漂移方面的问题。

5 结语

人工智能不断革新电子信息工程的理论根基以及工程应用,本文展示了人工智能在信号处理、通信、以及传感系统等方面的核心应用价值,与此同时,融合二者会面临实时性、泛化能力以及可解释性等方面的挑战,人工智能是推动电子信息系统朝着智能化、自主化持续开展演进工作的关键力量。未来,边缘智能、神经形态计算、通感算融合、以及知识与数据结合等方面会进一步深化两项技术的融合,不断推动新型电子信息系统拥有自学习以及自决策的能力。

参考文献:

- [1] 任红红. 人工智能在县域电子信息产业发展中的应用研究[J]. 无线互联科技, 2026,23(03):72-75.
- [2] 陈璐森. 人工智能在电子信息工程中的运用分析[J]. 软件, 2024,45(07):47-49.
- [3] 韩菁. 人工智能在信息技术中的应用探究[J]. 中国新通信, 2024,26(03):83-85.
- [4] 黑晨阳, 王贺滨. 人工智能在电子通信行业的发展与应用研究[J]. 电子元器件与信息技术, 2021,5(12):233-234.
- [5] 刘星宇. 电子信息工程中的智能技术应用[N]. 城市经济导报, 2026-03-20(006).
- [6] 方鑫. 人工智能在电子信息安全检测与防护中的应用[J]. 数字技术与应用, 2026,44(01):22-24.
- [7] 应家驹, 周冰, 王文伯等. 电子信息类光学工程方向专业学位研究生数字图像处理课程教学改革探索[J]. 中国教育技术装备, 2025,(24):51-54.
- [8] 周荃. 电子对抗协同训练系统关键技术研究[D]. 江苏科技大学, 2025.

作者简介: 樊华(2005.09-), 女, 汉族, 湖北省老河口, 本科, 研究方向: 人工智能在电子信息工程中的应用与发展。