



电信网络人工智能应用 白皮书 (2018 年)

中国人工智能产业发展联盟

2018年9月

引 言

1956 年，在达特茅斯学院举行的一次会议上，人工智能这个研究领域被正式确立，距今 60 多年里，人工智能先后经历了上世纪六十年代和八十年代两次繁荣。进入 21 世纪后，借助互联网、云计算等信息基础设施的广泛应用以及 CPU/GPU 等计算硬件能力的大幅提升，深度学习算法带动了本轮人工智能大发展，并给出了亮眼的成绩。例如：在围棋方面，AlphaGo 力胜世界冠军；语音识别方面，目前所有的商用语音识别算法都基于深度学习算法，并带动了一大批智能音箱、智能手机语音应用的繁荣；在图像分类领域，目前针对某些具体任务的图像算法分类正确率可以达到或超过人的水平，但软件系统处理速度和效率可以远超人类。除此之外，深度学习在人脸识别、通用物体检测、图像语义分割、自然语言理解等领域的应用也取得了突破性的进展并不乏成功商用的案例。

人工智能被认为第四次工业革命的主要使能技术和通用技术之一，获得了各个行业的极大关注。目前，从企业数量来看，人工智能渗透较多的垂直行业主要包括医疗健康、金融、商业、教育和安防等。

电信网络作为信息通信的基础设施，具有应用人工智能技术的巨大空间和潜力。如何利用人工智能算法提供的强大分析、判断、预测等能力，赋能网元、网络和业务系统，并将其与电信网络的设计、建设、维护、运行和优化等工作内容结合起来，成为电信业关注的重要课题。

目前,学术界和工业界相继对人工智能在电信网络的更深入的应用方案进行研究,推动人工智能与电信网络技术的深度结合。国内外电信运营商也已纷纷开始对人工智能技术的应用探索,并在部分领域取得了良好的效果。

本白皮书试图从人工智能技术与电信网络结合的角度,展示人工智能在电信网络应用的研究现状,发掘人工智能在电信网络的应用场景,对处于萌芽期的电信网络人工智能应用领域进行梳理。

目 录

1. 电信网络发展面临的挑战与机遇	1
2. 人工智能在电信网络应用概述	3
2.1. 电信网络应用人工智能技术的优势	3
2.2. 人工智能在电信网络应用范围	4
2.3. 人工智能技术的应用方式	5
2.3.1. 离线应用	6
2.3.2. 在线应用	7
2.4. 目前标准化进展	8
2.4.1. ETSI	8
2.4.2. ITU-T	9
2.4.3. 3GPP	9
2.4.4. CCSA	11
2.5. 电信网络的智能化分级	12
3. 人工智能在网络运维支撑中的应用	13
3.1. 概述	13
3.2. 应用示例	14
3.2.1. 故障处理辅助	14
3.2.2. 日常维护	15
3.2.3. 智能规划	15
3.2.4. 智能预测	16
3.2.5. 智能优化	17
3.2.6. 智能客服	18
4. 人工智能在网络业务拓展中的应用	19
4.1. 概述	19
4.2. 应用示例	20
4.2.1. 业务应用	20
4.2.2. 行业应用	21
5. 人工智能在网络通信和管控技术中的应用	22
5.1. 概述	22
5.2. 应用示例	23
6. 总结	24
缩略语	26
鸣谢	28

1. 电信网络发展面临的挑战与机遇

随着网络规模的扩大和业务种类的发展，电信网络自身也不断面临新的挑战和问题，从而驱动网络自身不断进行技术演进和革新——从 IP 化到云化、软件化等——以期获得更加灵活和高效提供服务的能力。

物联网、软件定义/虚拟化和 5G 是当前电信网络发展的重要路标，每一项技术的实现都将对目前网络架构和技术带来重大改变，同时对网络的设计、运行和维护都将产生巨大的挑战，包括：

- 网络设备和流量不断增长：物联网中 M2M 联网设备数量和数据将迅速增长，视频/VR/AR 等大流量业务不断涌现，大数据和大连接成为网络面临主要问题；
- 软件化/云化带来运维复杂性增加：基于 SDN/NFV/Cloud 的网络架构重构给网络提供了强大的灵活性的同时带来新的多维度管控复杂性。例如：虚拟网元与物理网元的互动、虚拟网元的生命周期管理、产生大量新的逻辑接口以及更加难以定位故障，这需要一整套开发运营维护协同的新模式，在很大程度上抵消了其带来的诸多好处；
- 5G 网络技术日益多样和灵活：5G 网络支持 eMBB（增强型移动宽带），uRLLC（超高可靠低时延通信），mMTC（海量机器类通信）三大业务形态。性能方面，引入大规模天线阵列、灵活空口、非正交多用户接入等技术；灵活性方面，架构上

实现各种解耦，如软硬解耦、控制转发解耦、控制面功能分解、RAN 的 CU 和 DU 分离等，从而使得网络功能更容易部署在云计算平台，实现灵活的网络编排和自动化部署，提高资源利用率，并为千行万业提供网络切片服务。5G 网络在性能和灵活性上带来质的飞跃同时，网络的复杂性在显著增加，网络运维面临更大挑战；

面对上述的挑战，人工智能技术在本轮的蓬勃发展为电信网络带来了新的机遇。对数据和信息的掌控能力是运营商数字化转型的重要能力，人工智能以强大的数据分析和信息提取能力，帮助从运营商从数据红利转化为信息红利。行业寄希望于通过引入人工智能技术，对内帮助解决通信网络当前遇到的种种效率和能力问题，对外能够灵活智能的提供融合的数字和信息服务，使通信网络具备“智慧的大脑”，最终实现网络的智能化。例如：

——针对效率提升和成本控制问题：通过引入人工智能等自动化技术，促进网络的自我维护、自动优化、智慧运营能力和运维效率提升；使得网络自主灵活调整以适配不同场景、不同行业应用、不同用户的个性化需求更具可实施性；

——针对海量网络数据价值挖掘和安全保障问题：通过人工智能技术辅助进行数据采集解析等分析操作，进一步提升大数据分析能力，并及时发现安全风险，增强安全保障措施；

——针对网络开放能力不足问题：将人工智能技术和虚拟化技术相结合，提升网络基础资源的管理能力和效率，缩短新技术应用实施

周期，加速迭代；通过能力开放接口，基于网络大数据的智能分析结果对外提供行业应用能力支持，或开放网络传输、计算资源，提升网络资源利用率。

2. 人工智能在电信网络应用概述

2.1. 电信网络应用人工智能技术的优势

电信网络是信息流通最重要的基础设施，其规模庞大，结构复杂，网元众多，是信息化社会的最直接的参与者和支撑者。在电信网络应用人工智能技术拥有三大天然优势：

- 数据量优势：电信网络中的各种网元、终端和业务系统每时每刻都在产生大量的数据，例如：网元状态、链路流量、告警事件、信号质量、业务日志等，这些数据中蕴含着大量有价值的结构和信息，可以使用人工智能相关算法进行分析、提取转化为帮助网络优化运营的信息。
- 算力优势：以深度学习为代表的人工智能算法在训练过程中需要强大的计算能力支撑。基础电信运营商自身拥有大量的数据中心硬件设施以及云计算软件设施，特别在目前“云网融合”的网络演进趋势下，不论是中心 DC 还是边缘 DC，在计算能力的广度和深度上都将进一步的增强，有利于建成为支撑人工智能算法的大规模 AI 计算加速设施。
- 场景优势：电信网络中拥有丰富的人工智能应用场景，主要

分为内部应用和外部应用两类。首先，电信网自身就是一个规模庞大、分布广泛、数据繁多并不断变化的复杂信息系统。从通信技术、网络技术的研发到实际网络的规划建设、运行维护等存在大量的潜在场景可以通过人工智能技术进行性能或效率上的提升。其次，电信网络服务于社会生活的方方面面，支撑大量的垂直行业的信息化和智能化需求，在智慧城市、安防、交通、医疗、教育、工业、农业等具有智能化需求的场景下，均可借助电信网络提供的信息化服务促进其人工智能应用。

2.2. 人工智能在电信网络应用范围

从网络层级来说，人工智能技术可以应用于链路网元层、网络管理控制层、业务运营编排层以及更上层的业务系统。在每一层级中，人工智能技术都可以利用其独特的数据回归、分类、推断、优化技术为网络服务。

从流程上来说，人工智能技术可以应用于网络的规划、设计、运维、优化以及客户服务等不同的环节。

从网络的范围来讲，人工智能技术即可用于局部的链路通信性能优化增强，也可用于网元/小区级别的资源分配，到子网和网络级别的管理控制和协同。



图 1 人工智能在电信网络的应用范围

对不同层级而言，越上层、越集中化，跨领域分析能力越强，通常对计算能力要求也越高，需要的数据量也越丰富，更适合对全局性的策略和定义集中进行训练及推理，这类场景对实时性要求一般敏感度较低；越下层、越接近端侧的，专项分析能力越强，这类场景通常对实时性和资源消耗的限制有较高要求，但计算能力要求满足业务需求即可，一般适合引入人工智能的推理能力，或具备实时性能力的轻量级的训练能力。

2.3. 人工智能技术的应用方式

人工智能技术的应用可以分为三个通用的步骤：数据的输入、智能算法处理、数据的输出。

根据数据与网络结合的紧密程度，可以分为离线应用和在线应用

两类。

2.3.1. 离线应用

离线应用主要用于辅助电信网络规划/维护人员解决问题，提升工作效率，但不需要人工智能系统与电信网络进行直接连接。通过人工导入网络运行过程中采集的数据进行训练和推断，获得的结果辅助人员进行分析和决策。离线应用采用的数据是静态或批处理方式，产生的结果可由工作人员进行甄别或修正。

离线应用主要用于解决现有网络中产生的大量数据的挖掘、分析以及优化的工作。

例如：

- 1) 由人工解决费时费力的工作
 - a) 无线基站的站址规划
 - b) 海量告警过滤和压缩
- 2) 依赖于人员大量的知识经验积累的工作
 - a) 通过告警信息进行故障定位
 - b) 一线客服准确回答用户问题
 - c) 调整天线进行覆盖的优化
- 3) 对数据进行挖掘，发现数据中隐藏的问题或价值
 - a) 通过巡检数据判断基站等设备的健康度，提出维护建议
 - b) 预测由于老化原因可能发生故障的器件，提前备件
 - c) 通过用户投诉语义发现网络中的潜在问题

4) 经典算法不好解决的工作

a) 无线资源、参数的优化配置

b) 网络路径的规划和优化

在离线应用中，数据的收集、计算和结果应用这几个步骤是松耦合的，几乎不要求当前网络技术、运维方式等做出适配和改变即可应用。因此，离线应用的优点是一旦验证有效，可以快速服务于现有网络，成熟一项，使用一项，受网络技术架构的部署和演进的影响很小。也正是这些特点决定了离线应用的主要形式是一个一个独立的智能化工具，主要用于网络的规划、设计、维护等方面，用于提升现有网络的运营效率和质量。

2.3.2. 在线应用

在线应用指智能化功能成为网络日常运行的某个过程中的必要环节，该过程不能脱离智能化功能而存在。该过程可以存在于网络的各个层面，例如从最底层的光/电信号处理过程，到网络的自动配置和自优化，到顶层的业务编排调度，背后都需要基于人工智能的技术进行支撑。

网络的智能化并不是一个新的概念，例如固定网络中的“智能管道”希望通过对网络状态的感知，资源的灵活指配和网络的动态协同完成用户的灵活差异化服务，而移动网络中的“自组织网络（SON）”概念在网络中引入自组织能力包括自配置、自优化和自治愈等功能。在越来越复杂的无线网络中，通过对大量关键性能指标（KPIs）和网

络配置参数以及功能实体的智能管理，一方面可以降低网络运营商的网络运行开销，另一方面可以提高网络性能。

人工智能技术特别是深度学习的发展为网络智能化提供了更加强大的技术手段。相比传统机器学习算法，深度学习不依赖于高度技巧性的特征提取技术，可以通过通用的学习过程建立模型，大大扩展了机器学习在电信网络智能化处理中的应用范围。

人工智能融入电信网络体系是一个长期和渐进的过程。在这个过程中，网络的智能化程度将从低到高，最终的理想是达到网络运行过程的高度自治。绝大多数电信网络的人工智能在线应用目前主要还处在学术研究和探索阶段，效果还有待检验。但是智能化是网络发展的终极目标之一，在网络能力提升方面有巨大的潜力，对网络技术的发展具有深远的影响。

2.4. 目前标准化进展

2.4.1. ETSI

在 2017 年 2 月成立 ISG-ENI (Experiential Networked Intelligence)，使用人工智能提升运营商体验。目标是定义一个基于“感知-适应-决策-执行”控制模型的认知网络管理架构；通过人工智能技术提高运营商在网络部署和操作方面的体验；根据用户需求、环境条件和业务目标变化，使用 AI 技术和上下文感知策略调整网络服务。核心理念是网络感知分析，数据驱动决策，基于 AI 的闭环控制。

2018 年 1 月,在 ETSI 总部召开了 “ISG-ZSM(Zero touch Network & Service Management)” 成立会议,已有 40 多个单位或组织加入该项目。目标是让所有操作过程和任务(例如交付、部署、配置、维护和优化)自动执行。最初将专注于 5G 端到端网络和服务管理(例如网络切片管理),后续将扩展到对未来网络的管理。

2.4.2. ITU-T

在 2017 年 11 月的 SG13 全会上成立了 “Focus Group on Machine Learning for Future Networks including 5G (FG-ML5G) 面向未来网络及 5G 的机器学习焦点组”。目标是找出相关的标准化差距,以提高面向 5G 的机器学习的互操作性、可靠性和可模块化能力,制定用于未来网络的机器学习研究报告和标准,包括接口、架构、协议、算法和数据格式,分析用于未来网络的机器学习的适应性的影响(例如,网络自主控制和管理)。下设 3 个工作组:

- WG1: 用例、服务和需求;
- WG2: 数据格式和机器学习技术;
- WG3: 机器学习感知网络架构。

2.4.3. 3GPP

在 2017 年 5 月的 SA WG2 #121 会上通过了 “Study of enablers for Network Automation for 5G SI” 的立项建议。目标是研究暴露于 NWDA (NetWork Data Analytics) 的必要数据和 NWDA 输出的必

要数据以支持：

- UE 级的定制化移动性管理，例如寻呼增强和移动性模板；
- 5G QoS 增强，例如 5G QoS 目标实现验证和非标准化 5QI 的 QoS 画像；
- 动态业务转向和拆分，用户平面功能选择，基于 UE 业务使用行为的 UE 业务路由策略；
- 基于业务分类的资源管理，例如第三方服务提供商和 TV 内容提供商的背景数据传输等。

在 2018 年 6 月的 RAN #80 全会上通过了“RAN-centric Data Collection and Utilization SI”立项建议。目标是研究面向网络自动化与智能化的无线大数据采集与应用，包括：

- 研究无线大数据的应用用例和收益。例如 SON、MDT、uRLLC 增强、LTE-V2x 等；
- 确定数据采集与应用所定义的用例和场景对标准的影响；确定采集和应用所需的测量量。研究对 UE 测量、基站 L1/L2 测量的配置和采集过程，用于分布式及集中式分析的信令过程，确定对相关网络实体的潜在标准影响，以及 MDT 解决方案；研究不同用例所需的过程和信息交互，如：SON、RRM 增强、边缘计算，以及 uRLLC、LTE-V2X 等；如有必要，研究引入逻辑实体/功能以实现 RAN 数据采集和应用的好处和可行性。

2.4.4. CCSA

在 2017 年 7 月的 TC1-WG1 #58 会上讨论通过了“人工智能在电信网络演进中的应用研究”课题立项建议。研究内容包括：机器学习/深度学习方法和主要技术、主流框架；AI 方法在电信网络维护、告警信息处理等方面的适用度和应用方式，如故障分析和定位、故障分析与预测；AI 方法在网络优化方面的适用度和应用方式；AI 方法在 SDN/NFV 网络自管控、自适应、决策控制方面的适用度和应用方式，如网络智能优化、配置。

在 2017 年 12 月的 TC5-WG6 #47 会上启动了“人工智能和大数据在无线通信网络中的应用研究”的课题。研究内容包括：未来无线通信产业趋势和相应的人工智能和大数据技术发展；基于人工智能和大数据的无线信道建模方法；人工智能和大数据在无线信号检测和估计中的应用；人工智能和大数据在无线网络架构和资源管理中的应用；人工智能和大数据在无线网络规划优化和运维的应用；人工智能和大数据在数据业务推送的应用；基于人工智能和大数据的无线通信标准化工作需求分析。

在 2017 年 12 月的 TC5-WG12 #2 会上讨论通过了“智能化 5G 核心网络切片技术研究”的课题立项。主要研究智能化 5G 核心网切片，包括：5G 网络切片与人工智能的联系；智能化切片业务及编排、管理与维护的场景与需求；智能化切片业务及其管理系统对智能化平台的需求；对已有系统的影响；后续标准化建议。

在 2017 年 12 月 TC6-WG1 #67 次会议上讨论通过了“人工智能在

传送网领域的应用研究”课题立项。主要研究人工智能在光传送网络中的应用,包括:深度业务感知业务自动化部署、资源智能管和分配、分层解耦的网络故障分析定位和预测、路径规划优化及流量调度、智能化能耗控制以及基于攻击和流量感知的网络安全、人工智能技术在传送网应用等需要解决的关键问题。

2.5. 电信网络的智能化分级

目前,人工智能技术在电信网络中可能在很多单点上形成了突破和优势,但缺乏一个清晰的商业模式和行业里面的统一的语言。单点的技术突破很难形成具有颠覆意义的整体解决方案。而且网络的智能化之路是一个长期的过程,通过对电信网络智能化程度进行分级,有助于为行业提供衡量通信网络(及其组成部分)智能化能力等级的评价依据,促进全行业形成对智能化网络等相关概念的统一认识和理解。

参考国际机动车工程师协会(SAE)2014年提出的对自动驾驶能力分为0(人工驾驶)到5(完全自动驾驶)的分级方案,业内通过AIIA和CCSA均建立了研究项目开展对“移动网络的智能化能力分级”的研究。通过该研究,认为可以将网络智能化等级分为0到4的五个等级,其中0为最低级,不具备人工智能相关能力,4级为网络通过智能化技术达到高度自治,实现自动的数据采集、实时的状态感知、意图映射和自主的决策和执行。

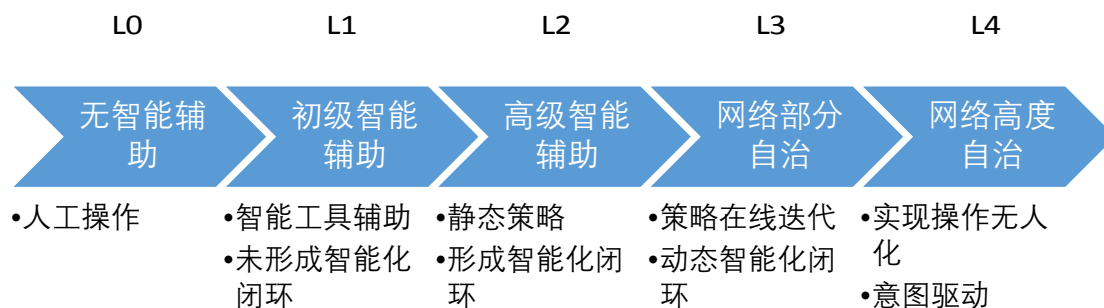


图 2 网络智能化能力分级示意

3. 人工智能在网络运维支撑中的应用

3.1. 概述

在电信领域，随着 SDN/NFV 架构逐步深入、网络云化重构转型的加快以及更多新制式和技术的演进，电信系统的规模和复杂度与日俱增，对电信运营商在网络运营方面将产生巨大的压力和挑战，运维挑战成为网络云化部署实施的重要障碍，以传统人工方式为主的模式已不足以支撑未来网络对高效运营的需求，尤其是在如何有效降低运营成本、提升网络运维效率及便捷性、提升业务和资源编排精准性等方面。

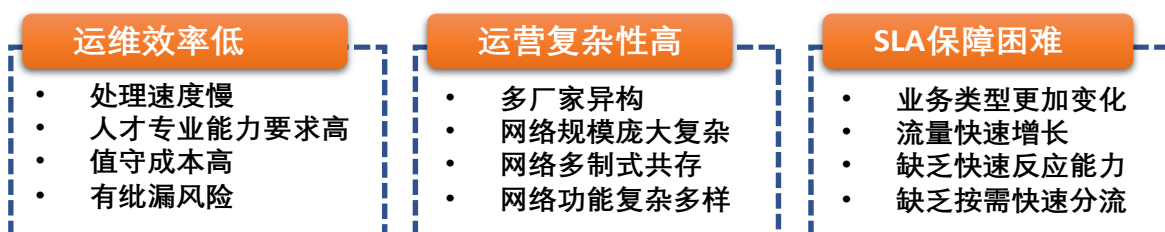


图 3 运营维护面临的困难

移动通信网络现已发展到第五代移动通信技术（5G），网络的传输速率、传输时延、连接规模等关键性能指标在不断提升，应用场景

也越来越丰富，性能和灵活性均发生根本性改变。但 5G 在性能和灵活性上带来质的飞跃同时，网络的复杂性在显著增加，灵活性要求也越来越高，为 5G 网络的运营和维护带来前所未有的挑战，传统运维模式存在的问题更加凸显。

3.2. 应用示例

3.2.1. 辅助故障处理

1) 告警过滤

当多层网络设备发生故障时，底层告警往往会引发高层连锁告警，本端告警引发远端告警等，在短时间内产生大量的各种相互关联的告警，为分析故障原因，需要首先排除掉次要的和继发的告警信息。

通过人工智能算法对关联告警关系进行挖掘，可以自动过滤掉次要和继发告警，大大减少告警数量，便于后续故障分析排查。

2) 故障溯源

网络中的故障通常表现出多样性，单个故障告警很多时候已经不能反映出准确的故障信息。通过人工智能系统根据系统中网络及业务上下游关系，并综合告警、日志、工单、KPI 等多维度历史数据分析，挖掘出依靠人工经验很难总结归纳的潜在特征和规则，输出故障事件和特征的匹配规则库，在多样性告警中提取共性特征、快速导向共性的故障。

3.2.2. 日常维护

1) 站点健康评估

从性能、业务、告警等多个维度采集站点的监控数据，通过人工智能算法对所有基站数据进行聚类，通过异常类检测发现异常站点，结合环境、历史工单和站点重要性等因素可以列为高危站点加强人工巡检和排查。

2) 故障预测

线上通过对网络健康度和关联指标的实时监测，利用训练出的特征规则进行匹配推理，分析健康趋势走向，对网络健康指标趋势进行及时预测。并通过判断预测值是否会超过阈值，判断故障发生的概率，实现前瞻式预防。根据预测范围内下一步的指标状态，提前实施资源预留和定位处理，或指导网络扩容、备品备件储备等。

3.2.3. 智能规划

1) 基站选址和射频规划

随着 4G/5G 的发展，各种组网制式、站型、频段以及小微基站数量的增多，使得规划的复杂性指数级增长，传统的静态规划的方法难以适应。使用人工智能算法对现有站点位置、覆盖、容量、场景特征等信息进行分析和仿真，可对后续站址的选择和频率的分配提出优化的指导。

3.2.4. 智能预测

1) 流量预测

随着网络规模和复杂度的持续增长，尤其是物联网、网络切片等新技术和场景的加入，在路径规划和流量调度方面，未来网络需要能够满足高吞吐、低时延、随需而动的需求。基于人工智能，可以利用众多项目和场景所积累的多维历史数据，综合考虑业务特性、历史流量、人口迁徙、节假日、流量套餐等因素进行数据分析和算法探索，进行流量预测，辅助后续的路径优化处理和网络资源准备。

2) 虚拟化平台负载预测

数据中心提供大量的虚拟机用于支撑云服务和 NFV 功能，这些虚拟机的负载随业务量的周期性存在着变化规律。通过人工智能算法对大量虚拟机负载（比如 CPU 利用率、内存使用率、磁盘 IO 数量）的历史变化数据进行训练，发现资源使用率和虚拟机负载随时间变化的规律，可以主动将轻载虚拟机迁移集中，休眠部分物理服务器，达到节能降耗降低成本的作用。

3) KPI 趋势预测

对于网络中的关键性能指标的门限目前多是采用静态的方式指定，但实际的网络环境和负载是在不断的波动，导致 KPI 的制定要考虑波动情况采用较为保守的值。对于高负载下 KPI 裕度较小，而在低负载下产生的性能异常往往不能通过固定 KPI 正确体现。通过人工智能算法学习历史 KPI 变化数据，对 KPI 值随时间和环境的变化进行预测，可以使得 KPI 指标更加贴近网络实际情况，提升网络服务质量。

3.2.5. 智能优化

1) 路径优化

利用智能流量预测的结果,结合实时监控,如流量、性能、拓扑、路由等信息,以及负载、冗余、业务等策略定义和策略匹配的控制信息,利用人工智能算法进行最优路径计算和资源调度来指导流量调优,进行合理、敏捷的资源分配和优化调度,实现网络整体流量均衡和高效。

2) 覆盖优化

4G/5G 等无线网络中基于规划的频段、MR 数据、3D 电子地图、邻区关系、邻区信号强度、传播路径上的遮挡物位置和高度等信息和特性,利用人工智能技术进行无线覆盖特性的学习与建模,给出对应的覆盖效果评估。结合站址选择智能规划,优化 4G/5G 网络的覆盖。

3) 参数优化

在无线网络中经常需要人工配置一些策略参数,而这些策略参数可能需要针对不同场景、网络开通的不同阶段等,进行人工识别和调优。无线网涉及的参数类别多数量大,涵盖无线资源、负载均衡、切换、移动性、缓存、回传、覆盖和容量等多维数据。利用人工智能算法可以通过场景特性分析和群体用户行为画像,自动进行场景识别。分析场景、参数、指标的关联因果关系,利用算法对无线网络参数进行与场景相匹配的精细优化,提升各场景下的服务质量和业务体验。

4) 数据中心节能优化

数据中心的能耗是由冷却系统、服务器系统和计算负载共同决定

的。其中冷却设施是能耗的大户，包含多种不同设备，有冷却器、冷却塔、水泵、热交换器和控制系统，每一个装置都需要调整自己的运行参数，且参数之间的关系是非线性的。通过人工智能算法跟踪设备能耗、室外气温以及制冷等机电设备的设置情况，从大量数据中发掘设置参数与能效之间的模型关系，对制冷设施配置进行优化。

3.2.6. 智能客服

在运营过程中，客服水平极大的影响用户的体验和满意度，客服系统往往需要投入大量的人力确保用户响应的及时性和有效性。人工智能的出现，依托于语音识别、自然语言处理、人脸识别、知识工程等技术，在智能客服领域为电信运营辅助提供了全新的途径。

1) 智能问答

对于即时消息、网页交互等文字客服渠道，可以利用人工智能中的自然语言处理技术理解问题语义，搜索相关知识库，自动做出回答。对于无法理解或回答的问题，可以自动转到人工座席进行处理。自动问答系统大大减轻了客服人员工作量，分流了大量常见咨询，提升了客服效率。

2) 智能服务导引

对于语音渠道客服，可以通过语音识别和交互技术直接引导客户到对应的服务排队队列，替代传统的多级数字号码选择，提升用户体验；对于营业厅服务，可以利用人脸识别技术识别进入营业厅的客户，辅助实名制认证，提前判断客户业务诉求，做到主动服务。

3) 客服信息挖掘

用户的咨询和投诉信息中隐含着大量对网络故障、质量和服务的反馈信息，通常除非明显的故障情况，其它隐含的质量问题难以通过客服渠道发现。通过语音识别技术将大量的客服对话转为文字并通过自然语言处理等技术分析客服语义中网络和服务问题的影响范围、故障程度，辅助网络进行处理和修复。

4. 人工智能在网络业务拓展中的应用

4.1. 概述

人工智能技术作为一种通用赋能技术，可以服务于各行各业。运营商借助完善的网络和云基础设施和全程全网的业务提供能力，借助人工智能发展的契机，一方面可以对运营商电信业务进行人工智能赋能，拓展业务能力和提升业务质量，另一方面积极拓展面向垂直行业的服务能力和渠道，是助力运营商实现综合信息服务数字化转型的重要契机。实现跨越多个垂直市场的服务组合后，电信运营商将需要开辟新的市场渠道，最大限度地提升收益。这些渠道基于特定的垂直行业、地点或零售场景，缺乏服务开发能力。

目前基于深度学习的计算机视觉、计算机语音识别和自然语言处理等已经具有实用化和成功商用的经验，可以快速的与电信网络的业务运营能力结合，形成大规模的人工智能能力提供服务，帮助电信企业从电信管道业务向综合数字化服务转型。

4.2. 应用示例

4.2.1. 业务应用

1) 垃圾信息治理

垃圾短信的过滤在短信网关侧和终端侧都是重要的功能，传统的基于贝叶斯的分类器方式效率较高、所依赖数据较少，但也存在适应性差，精度不高的缺点。目前基于深度学习的短信分类器可对海量数据的信息进行深度挖掘，从信息的语义和内容上对垃圾信息进行甄别，不再需要人为提取垃圾短信特征，提升垃圾短信的识别精度和适应能力。

2) 威胁站点评估

所有的网站均需通过运营商网络接入，网站的流量特征可以作为发现网站行为异常的一种重要方式。综合使用威胁情报、流量特征标记的训练模型和无监督训练对流量特征进行分类，可以对大量的网站的安全状况做出评估，筛选出可疑站点后在利用其它工具进行深入分析和判别。

3) 智慧家庭

人工智能技术在感知方面的巨大进步在家庭终端方面带来全新交互模式，完全颠覆智能设备跟人的互动体验，为日常生活带来极大的便利性，以智能音箱为代表的语音交互和控制方式已经走入千家万户。电信运营商在家庭网关和机顶盒智能化的基础上，布局智慧家庭生态，积极打造家庭视频、语音、控制的增值服务，提升家庭服务广

度和深度。

4.2.2. 行业应用

1) 智能监控

在传统的视频监控业务的基础上，通过机器视觉处理系统，按需提供视频中的图像分类、对象检测、目标跟踪等能力，提升视频监控业务的含金量和竞争力。通过云计算平台提供视频智能识别能力，为第三方视频提供人脸识别、车牌识别等专业能力。电信运营商的优势在于可以建立集中的智能视频处理能力平台，通过大量的数据提升训练效果，更好的为不同的视频来源提供服务。

2) 智能交通

智能交通可以利用新一代的通信网络和数据处理能力，提高现有交通系统的整体效率，降低能量损耗，增加运输的安全和便捷程度，智能交通的管理与网络通信技术密不可分。各类路面摄像头采集大量的视频数据需要网络进行传输，并通过人工智能技术对车辆数量、车速、路面情况进行智能的判断，指导路网的交通流量疏导和紧急状况的处理。另外，随着 V2x 技术应用，车/路协同中产生大量的交通信息，人工智能技术可以利用这些信息进行辅助车辆驾驶、路线规划、交通疏导等。

5. 人工智能在网络通信和网络管控技术中的应用

5.1. 概述

将人工智能算法用于通信和网络控制一直被学术界所关注，传统数据科学的机器学习算法(例如线性模型、决策树、k 均值聚类等)日臻成熟并投入应用。而近年来，深度学习方法(例如 CNN、RNN、增强学习等)迅速发展，并在认知技术等领域取得了重大突破。凡是给定场景涉及到了数据的统计、推断、拟合、优化及聚类，均能找到其典型应用场景。

目前，从底层的链路通信技术，到网元的运行控制以及网络的管理协同等均能找到人工智能算法的用武之地，但是在实际网络中还没有形成重要的能力。一是这些研究和应用呈现独立的点状突破，网络中缺少成系统成体系的人工智能应用架构和配套功能；二是很多功能的投入产出没有机会获得验证，仅仅停留在理论分析层面。

在当前技术更迭、网络转型的大背景下，网络智能化的大方向逐步获得了业界的认可，开始在系统性标准、技术研发等方面加大投入。例如：ITU-T 成立的 FG-ML5G 焦点组开始进行智能化网络架构以及电信基础数据集和数据格式的研究。3GPP 在 5G 核心网和接入网开始定义智能化相关功能和接口。

5.2. 应用示例

1) TCP 优化

通过人工智能算法对业务流和端到端信息进行分析(比如用户终端、空口资源、请求业务的类型及服务器等),将用户的业务从终端状态、无线资源、应用协议等各方面建立大数据规则分析,通过学习训练,形成相应的业务行为与无线网络环境匹配的智能化模型。将该模型应用到业务中,辅助应用端进行 TCP 窗口调整及优化,减少传送延时,提升传输效率。

2) 移动性管理

针对移动性相关大数据进行收集、并采用机器学习等方法进行分析,提取出较细颗粒度的移动性行为特征,从而实现对每个移动终端的移动性管理功能的自动化定制,达到优化移动性管理机制、减少网络信令、终端节能等目的。

3) 智能 Cache 管理

对于 CDN 或 MEC 的内容分发,需要在满足时延要求情况下,设计尽可能高效的缓存算法,优化缓存性能、提升缓存命中率。可以基于人工智能对用户的业务流进行预测分析,有针对性地确定预存内容。同时,可以利用算法对用户特性进行分析(比如喜好、用户的活跃程度等),对覆盖区域内的内容请求概率进行预测,可以有效减小对后端网络和源服务器的压力,以节省计算存储资源。

4) 场景自适应 Massive MIMO

Massive MIMO 利用波束调整,可以根据用户的分布规律,灵活调

整广播/控制信道的波束分布，达到覆盖和容量的最优，减少干扰。基于网管、MR 等数据，结合人工智能场景识别和相关算法，识别出场景类别比如针对固定场馆类的场景，可以根据人员的分布在长时间内相对固定不变这一特点设计广播权值自适应来达到最优覆盖。对于具备潮汐效应的区域，还可以根据每个区域内的话务分布特点，结合潮汐效应时段进行智能化调整。

5) 无线传输技术

将人工智能技术应用于无线传输技术和无线资源管理是一个尚在探索中的领域。学术界对人工智能应用于无线通信的功控、Qos、资源管理、调制解调、估计和检测和实现等多个方面积极开展研究，是今后无线系统技术发展的重要探索方向。

6. 总结

将人工智能技术应用到电信网络中虽然目前仅处于起步阶段，但其发展空间和作用巨大，已经成为电信业持续关注的重要方向：

- 1) 对电信网络内部来说，通过人工智能技术挖掘分析大量运营数据中隐藏的信息，可以用于辅助运营商提升运营和服务效率，提升网络运营和服务质量。
- 2) 对电信网络外部来说，人工智能技术用于增强业务能力，拓展多元业务。基于业已成熟的图像、语音、语义智能技术，促进电信业务多元化，拓展新的业务形态和市场空间。
- 3) 长期来看，人工智能是实现网络智能化的目标和愿景的重

要手段。人工智能技术自身经过 60 多年的积累，各种技术路线、算法、思想仍处在不断的演进，同时电信网络技术也处在不断的变革和创新的前沿，两者的结合必将拥有巨大的创新空间。随着人工智能与网络各方面结合的深入，人工智能技术将成为网络中不可或缺的基本组成，从物理层到业务层，从数据面到管理面都将发挥重要作用，为电信网络的发展带来长远的影响。

缩略语

本白皮书中用到的缩略语如下：

3GPP：第 3 代合作伙伴计划（3rd Generation Partnership Project）

5G：第 5 代移动通信系统（5th Generation）

5QI：5G 服务质量指标（5G QoS Indicator）

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

AIIA：中国人工智能产业发展联盟（Artificial Intelligence Industry Alliance）

AR：增强现实（Augmented Reality）

CCSA：中国通信标准化协会（China Communications Standards Association）

CU：集中单元（Central Units）

CPU：中央处理器（Central Processing Unit）

DU：分布单元（Distributed Units）

ETSI：欧洲电信标准协会（European Telecommunications Standards Institute）

GPU：图形处理器（Graphics Processing Unit）

ITU-T：国际电信联盟-电信标准化部门（ITU Telecommunication Standardization Sector）

KPI：关键性能指标（Key Performance Indicators）

M2M: 机器到机器 (Machine to Machine)

MDT: 最小化路测 (Minimization of Drive Tests)

MIMO: 多入多出 (Multi-input Multi-output)

NFV: 网络功能虚拟化 (Network Functions Virtualization)

NWDA: 网络数据分析 (NetWork Data Analytics)

RRM: 无线资源管理 (Radio Resource Management)

SDN: 软件定义网络 (Software-defined networking)

QoS: 服务质量 (Quality of Service)

RAN: 无线接入网 (Radio Access Network)

SON: 自组织网络 (Self Organizing Networks)

TCP: 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)

V2x: 车辆到 x (Vehicle-to-everything)

VR: 虚拟现实 (Virtual reality)

UE: 用户设备 (User Equipment)

鸣谢

本白皮书在撰写过程中吸收了大量人工智能产业发展联盟产学研融合与应用工作组电信项目组的相关研究和讨论成果，感谢下列单位在参与联盟工作过程中对本白皮书的贡献，包括：中国移动研究院，中国联通网络技术研究院，中国电信北京研究院，中兴通信技术有限公司，华为技术有限公司，大唐电信科技产业集团，中国信息通信研究院。