



中国人工智能产业发展联盟
Artificial Intelligence Industry Alliance

电信行业人工智能应用 白皮书

中国人工智能产业发展联盟

2021年3月

版权声明

本白皮书版权属于中国人工智能产业发展联盟，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国人工智能产业发展联盟”。违反上述声明者，将追究其相关法律责任。



致谢

本白皮书是在中国人工智能产业发展联盟产学研融合与应用工作组指导下，由电信项目组组织，中国信息通信研究院标准与技术研究所牵头，中国移动通信有限公司研究院、中国电信股份有限公司研究院、中国联合网络通信有限公司研究院、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、英特尔（中国）有限公司等联合参与起草。限于编写时间、起草人员知识积累与人工智能电信行业应用发展尚未完全定型等方面的因素，内容恐有疏漏，烦请不吝指正。

主要起草人：

中国信息通信研究院：程强、刘姿杉、吕博；

中国移动通信有限公司研究院：张欢、吴博、王静、宋晓佳、李爱华；

中国电信股份有限公司研究院：王峰、赵龙刚、钱兵、曾宇、白燕南；

中国联合网络通信有限公司研究院：韩赛、胡雅坤、张冬月、师严、赵良；

华为技术有限公司：后希旭；

中兴通讯股份有限公司：袁丽雅；

英特尔（中国）有限公司：王海宁。

前言

利用人工智能提供的强大分析、预测与策略优化等能力来赋能网元、网络和业务系统，实现电信网络的智能规建、智能运维、智能优化管控与业务能力提升，已经成为当前国内外电信行业的发展重点。国内外运营商、设备商和服务商等在电信网络智能化方面纷纷布局，电信网络智能化在标准研究、技术验证与落地应用等方面均有重要推进。

2020年，伴随着5G网络的大规模商用和网络人工智能平台的建设成熟，越来越多的网络智能化应用与业务得以落地并发挥良好效果。人工智能作为电信网络的重要使能技术已经成为行业共识，网络内生智能将带动新一代信息基础设施的发展演进，促进网络、计算、数据与影响的融合与协同，为ICT和各个垂直行业带来全面智能能力的支撑与推动。

本白皮书系统分析目前电信网络智能化的总体发展态势与应用现状，集中展示AI技术在移动网、固定网络和业务服务应用场景的落地案例，包括故障根因分析、异常小区发现、基站节能、业务内容智能推荐、网络质量智能监控与业务智能识别调优等。随着电信行业人工智能应用不断在现网落地部署并释放价值，AI将贯穿电信网络端到端全生命周期的运营与演进，实现网络的泛在智能能力，帮助运营商实现数字化转型，带动整个电信产业的智能升级。

目录

一、	电信行业人工智能应用总体发展态势.....	- 1 -
(一)	电信网络智能化成新一代信息基础设施发展重点之一.....	- 1 -
(二)	电信行业加大人工智能的研究投入与应用部署.....	- 2 -
(三)	电信网络智能化标准化工作得到积极开展与推进.....	- 5 -
二、	人工智能在电信行业中的发展应用现状.....	- 10 -
(一)	人工智能在电信行业应用概述.....	- 10 -
(二)	人工智能在电信网络与业务中的应用现状分析.....	- 12 -
(三)	当前网络智能化能力等级已达 2-3 级.....	- 15 -
三、	人工智能在电信行业中的应用实践.....	- 18 -
(一)	移动网应用实践案例.....	- 18 -
案例一：	物联网端到端质差识别与定位定段.....	- 18 -
案例二：	智能基站节能.....	- 19 -
案例三：	无线网络异常小区发现.....	- 20 -
案例四：	Massive MIMO 天线权值自适应.....	- 21 -
案例五：	VoLTE 语音质量智能评估.....	- 22 -
(二)	固定网应用实践案例.....	- 24 -
案例一：	面向 IPTV 业务的接入网设备告警定位与故障预测.....	- 24 -
案例二：	IPRAN 故障分析定位.....	- 25 -
案例三：	光传送网故障根因分析.....	- 26 -
案例四：	光传送网智能传输质量管理.....	- 27 -

案例五：光网络健康度分析及预测.....	- 28 -
案例六：无源光网络（PON）链路弱光问题根因分析.....	- 29 -
案例七：宽带家庭业务识别调优.....	- 30 -
案例八：家宽网络质量智能监测.....	- 31 -
案例九：基于孪生工具的金融数据中心网络智能运维.....	- 31 -
（三） 业务服务实践应用案例.....	- 32 -
案例一：网络满意度智能提升.....	- 32 -
案例二：家宽视频内容智能推荐.....	- 34 -
案例三：智能语音交互.....	- 35 -
案例四：内容分发网络（CDN）智能调度.....	- 36 -
案例五：数据中心智能节能.....	- 37 -
四、 电信网人工智能应用未来发展与展望.....	- 38 -
（一） 网络智能化基础能力持续增强.....	- 38 -
（二） 知识与 AI 融合来更好适配网络智能化应用需求.....	- 39 -
（三） 人工智能技术新范式用于解决网络智能化应用痛点.....	- 39 -
（四） 新技术浪潮下人工智能、云计算与未来网络融合发展.....	- 40 -
缩略语.....	- 42 -

一、 电信行业人工智能应用总体发展态势

（一） 电信网络智能化成新一代信息基础设施发展重点之一

构建智能化社会适应万物互联的新一代信息基础设施，保障信息基础设施的安全，对于促进信息技术与实体经济融合、拓展数字经济空间具有重要意义。目前，全球已经掀起了人工智能应用的浪潮。将人工智能技术引入到新一代通信基础设施，可以为网络、计算、应用等信息基础设施提供基于数据的感知、预测和管控能力，促进网络、计算、应用等基础设施的融合与协同。人工智能在越来越多的复杂场景下可以做出比人类更优的决策，无疑让网络智能化建设开拓了新的视野，给网络的发展带来了前所未有的新机遇，也为电信网络重构转型过程中遇到的众多困难和挑战提供了高效的加速解决路径。

人工智能技术可以应用于电信网络实现智能部署，例如智能网络参数配置和智能资源配置；智能运维，例如故障归因分析和网络异常检测；智能优化，包括 SLA 稳定保障和智能设备节能等；智能管理，例如智能网络切片和智能负载均衡等。据 Tractica/Ovum 预测，到 2025 年，电信业整体 AI 用例软件市场将以 48.8% 的年复合增长率增至 113 亿美元。目前国内外的标准化组织、运营商和服务商在积极探索电信网络智能化的需求、架构、算法和应用场景，人工智能在网络中的应用正逐步由概念验证进入落地阶段。

(二) 电信行业加大人工智能的研究投入与应用部署

1. 国内外运营商在网络规建维优等方面积极引入人工智能技术

从 2017 年起，全球运营商开始探索在网络规-建-维-优等全生命周期引入人工智能和大数据技术，来辅助 5G 时代的网络运维。国内三大运营商都已在人工智能领域布局，在智能客服、智慧城市、智慧医疗、智能交通、智能网络运维、智能 5G 网络等多方面展开工作。中国移动在标准化、基础平台和应用实践等方面均有所推进。标准化方面，先后在 8 个标准化和行业组织积极推动网络智能化水平分级框架和评估方法标准化工作；平台方面，发布了人工智能基础平台“九天平台”，全线孵化系列 AI 能力和应用服务能力；应用方面多个典型案例包括智能客服、网络故障端到端智能运维和业务质量智能感知等均已在网络运营中得到部署，并取得显著成效。中国联通于 2019 年 6 月发布《中国联通网络人工智能应用白皮书》，推出网络智能化发展引擎智立方 CubeAI 平台，构建网络 AI 共赢生态和开放合作体系，并与华为、百度、科大讯飞、烽火等公司均有 AI 项目合作。中国联通目前已经落地部署的应用包括基于 AI 的核心网 KPI 异常检测、IP RAN 的智能事件管理、一站式智能排障、基于 AI 的无线网络自排障、基于 AI 的无线多载波吞吐量参数优化、基于 AI 的弱 PON 信号检测等。中国电信牵头产业界共同编制发布了《网络人工智能应用白皮书》，并基于自身在数据、算法、通用算力和渠道方面的优势，从面向客户与网络运营两大切入领域发展人工智能，目前

已在移动基站节能和运维智能化等方面落地部署了人工智能应用。

与此同时，国外电信运营商也在积极推进 AI 应用，美国 AT&T、韩国 SK 电讯、日本 NTT Docomo 等已经将 AI 技术上升到公司战略高度，并通过多种方式介入人工智能领域。AT&T 提出了 Network 3.0 Indigo 下一代网络转型计划，将 AI 技术应用在网络故障预警、移动网络现状分析上，将运营商内部大量常规操作流程转向过程自动化。AT&T 与 Tech Mahindra 合作开发了 AI 开源平台 Acumos，并计划通过 Acumos 来建设智能化网络。日本 NTT Docomo 于 2020 年 1 月发布了白皮书：5G Evolution and 6G，提出将利用 AI 技术实现移动网络的泛在智能。2019 年 5 月，Orange 联合华为共同完成了基于 AI 的光网智能运维测试，并联合智能边缘物联网软件提供商 Octonion 推出了专门为 LTE-M 网络设计的物联网设备，来实现边缘人工智能与网络安全。除此之外，西班牙电信、德国电信、沃达丰等运营商都提出了网络智能转型计划，在网络运维、优化、业务服务等领域引入 AI 技术。

2. 国内外设备商积极推动网络 AI 应用与垂直业务服务

国内外设备商与服务商在电信网络智能化发展上大力投入，并积极展开与运营商的合作，提出网络智能化的应用方案与垂直业务服务。在国内，华为在 2019 年推出 NAIE 人工智能电信网络开源平台，提供了多项网络智能案例，并先后发布多项与网络智能化和自动驾驶网络相关的白皮书，包括《华为面向自动驾驶移动网络的关键场景白皮书》、《华为网络人工智能引擎(iMaster NAIE)白皮书》、《自

自动驾驶网络解决方案白皮书》等。2020年，华为面向全球上市自动驾驶网络解决方案 iMaster 智能运维系列产品，包括网络人工智能单元、跨域智能运维单元等。中兴通讯提出通过云化网络引入数据感知、智能分析、意愿洞察三大 AI 能力，构建端到端的智能化网络，并于 2018 年 2 月发布《人工智能助力网络智能化-中兴通讯人工智能白皮书》、2018 年 10 月发布《中兴通讯 5G 网络智能化白皮书》。大唐移动积极推动智能化网络运维和多网融合，深入推进垂直服务和通用服务，包括智能网联汽车、智能无人书店、智能安防、智能制造、智慧电力等。在国外，爱立信提出多项 AI 网络应用案例，并与多家运营商和服务商展开合作，例如与日本 NTT Docomo 签署了业界最大的 AI 网络优化项目合同，为其提供基于 AI 的无线接入网优化；为日本软银提供基于 AI 技术的无线接入网设计；支持印度最大运营商 Bharti Airtel 构建智能和预测性网络运营；与沃达丰合作将 AI 用于智能小区切换；与中国联通合作共建移动网络人工智能应用联合实验室等。美国高通推出了在智能手机、汽车等终端侧上应用 AI 更快速高效的 AI 引擎，通过将 AI 和 5G 结合，利用 5G 的高容量、低时延和高可靠性的特性来支持终端实现感知、推理和行动。思科在 2019 年 6 月发布了一系列软件增强功能，旨在将人工智能和机器学习更深地融入网络，并提出了基于 AI、数据中心和云在内的基于意图的网络 (Intent Based Network, IBN) 等。

（三） 电信网络智能化标准化工作得到积极开展与推进

从 2017 年起，国际国内的标准组织和产业联盟陆续成立了一系列网络与 AI 技术融合相关的工作组和标准项目，除了中国人工智能产业发展联盟(AIIA)的电信项目组，还包括欧洲电信标准协会(ETSI) 体验网络智能工作组(ENI)、国际电信联盟电信(ITU-T) ML5G 焦点组、ITU-T 自治网络(Autonomous Networks, AN) 焦点组、国际电信论坛(TMF)的自治网络工作组，以及中国通信标准化协会(CCSA)各技术委员会、IMT-2020(5G)推进组的 5G 与 AI 融合项目组、全球移动通信系统协会(GSMA)的网络人工智能(AI in Network)特别工作组；第三代合作伙伴计划(3GPP)的“5G 网络自动化的推动因素研究(eNA)”、“自治网络分级(ANL)”等项目、TD-LTE 全球发展倡议组织(GTI)的 5G 网络智能化项目等。各个组织的研究从点到面，从单域到跨域，结合概念验证项目和试点实践，逐步形成人工智能在电信网络及业务应用等方面的共识。

1. ETSI

ETSI 十分重视 AI 技术在 ICT 领域的应用，于 2020 年 6 月发布“AI 及其用于 ETSI 的未来方向”白皮书。ETSI 于 2017 年 2 月正式成立了体验网络智能工作组(Experiential Networked Intelligence, ENI)，致力于研究如何在电信网络中引入人工智能技术辅助实现智能化网络运维。经过近 4 年的工作，ENI 陆续发布了多个版本系列规范和报告，包括 ENI 用例、需求、术语、架构、智能分级等，在研

和即将发布的还包括网络 AI 智能分级评估方法、基于意图感知的网络自治、架构映射、数据处理机制、随流检测技术等。与此同时，基于第一版 ENI 架构，ENI 启动了 13 项面向智能切片、流量分类、智能缓存、网络和数据中心节能、承载网优化、mMIMO 优化等特定用例的概念验证项目，初步验证了将 AI 用于网络运维的可行性及参考方案。

ETSI 于 2017 年成立零接触网络和服务管理行业规范组 (Industry Specification Group-Zero Touch Network and Service Management, ISG ZSM)。ZSM 工作组偏重无线和核心网，其标准化目标是端到端网络及服务进行自动化管理 (如交付、部署、配置、维护和优化)，在理想情况下实现 100% 自动执行从交付到部署业务的流程和任务，但其所提出的架构并没有强调 AI 能力。目前该小组的输出成果包括 ZSM 的应用案例、需求、端到端切片技术和闭环控制实现等。

2. ITU-T

ITU-T FG-ML5G (面向 5G 等未来网络的机器学习焦点组) 于 2017 年 11 月成立，主要目标是研究输出未来网络中应用机器学习技术的技术报告，包括网络架构，接口，协议，算法和数据格式。在 FG-ML5G 完成了 2 年的研究后，成果输入到其所属研究组 ITU-T SG13 进一步定义了 Y. 317x 系列标准建议，规定了如何在网络中应用机器学习技术，ITU-T ML5G 焦点组的相关工作已于 2020 年 7 月完结并关闭。2020 年，ITU 与 AIIA 共同主办人工智能大赛暨 ITU AI/ML in 5G 挑战赛，

来创新和解决 5G 中的相关问题，包括网络拓扑优化、基站退服告警预测、移动通信网基站小区节能预测、核心网 KPI 指标异常检测等。

ITU-T FG-AN（面向自治网络的焦点组）于 2020 年 12 月 SG13 全会审议通过成立，主要目标是提供一个开放平台来执行与“自治网络”相关的标准研制的前期活动，输出研究报告等。该焦点组的启动会议已于 2021 年 2 月召开。

3. TMF

TMF 是最早认识到自治网络在数字转换业务方面的强大价值的组织之一。2019 年 TMF 开展“自治网络项目”，并先后发布了自治网络系列白皮书，阐述了 TMF 对自治网络用例、愿景与路线图、业务需求和技术架构等方面的研究内容。针对其中一些用例，TMF 成立了催化剂项目 Catalysts，分阶段证明了这些用例的可行性。同时，TMF 还面向自治网络开发了开放 API，并正在与 ETSI 等其他标准组织合作，研讨如何进一步根据 ETSI 相关标准规范实现 API 开发和使用。

4. CCSA

CCSA 下设的多个技术委员会和标准推进组都陆续开展了网络应用人工智能的行业标准和研究项目。CCSA TC1 主要研究面向互联网基础设施和应用的智能化分级、IPRAN 网络故障溯源以及行业应用等。CCSA TC3 主要研究制定核心网智能化切片应用、基于人工智能的网络业务量预测及应用场景研究、面向 SDN 的智能型通信网络架构的意图网络等方面标准。CCSA TC5 目前主要关注 5G 核心网智能切片的应用研究、5G 基站智慧节能技术研究、人工智能和大数据在无线通

信中的应用研究等。CCSA TC7 目前主要关注网络管理与维护、电信运营支撑系统相关领域，其中 TC7 WG1 正在开展“移动通信网络管理与运营智慧化水平等级技术要求”等相关标准项目和无线网络管控智能化增强研究项目。CCSA SP1 NFV 特设标准项目组研究制定了 NFV 智能化部署和智能编排相关的标准。

5. IMT-2020 (5G) 推进组

我国 IMT-2020 (5G) 推进组于 2020 年初成立了 5G 与 AI 融合研究任务组，目标是通过系统性研究推进 5G 与 AI 融合发展。任务组组织面向 5G 与 AI 深度融合的相关理论和需求方向进行研究，协调推进 3GPP 等国际标准化工作，加速 5G 引入 AI 技术，加大 5G 支持 AI 的力度，支撑 5G 网络与应用发展更加智能、高效和协同。目前，任务组已开展了支持 AI 的无线及核心网架构、基于 AI 的 MIMO 技术、基于 AI 的覆盖和容量优化、基于 AI 的移动性管理、AI 应用在 5G 网络中传输的业务特性和需求等 10 余项面向 5G 端到端网络的 5G+AI 研究项目。

6. 3GPP

3GPP 非常重视网络发展与人工智能技术的融合。3GPP SA WG2 工作组在 2017 年 5 月第 121 次会上完成 5G 网络智能化的研究项目“5G 网络自动化的推动因素研究 (Study of Enablers for Network Automation for 5G , eNA)”的正式立项。该项目将网络数据分析功能 (Network Data Analytics Function, NWDAF) 引入 5G 网络，通过对网络数据的收集和分析，生成分析结果，然后利用分析结果

进行网络优化,包括定制化的移动性管理、5G 服务质量(Quality of Service, QoS)增强、动态流量疏导和分流、用户平面功能(UPF)选择、基于 UE 业务用途的流量策略路由、业务分类等。

3GPP SA WG5 在 2018 年 9 月的第 81 次会上通过了“意图驱动的移动网络管理服务(IDMS_MN)”,在该项目的输出 TR 28.812 中明确了意图驱动的网络管理服务的概念、自动化机制、应用场景以及描述意图的机制等。在 2020 年 6 月召开的第 131e 次会议上,3GPP SA WG5 成立“自治网络分级(Autonomous Network Levels, ANL)”标准项目,旨在 3GPP 框架内,基于网络“规-建-维-优”四大类典型场景,规范自治网络的工作流程、管理要求和分级方法,明确不同网络自治能力标准对 3GPP 现有功能特性的增强技术要求,牵引网络智能化相关标准工作。

7. GSMA

GSMA 于 2019 年 6 月成立 AI in Network 特别工作组,并于 2019 年 10 月发布《智能自治网络案例报告》白皮书。白皮书汇集了人工智能在移动通信网络应用中的七大标杆案例,包括网络站点部署自动化、Massive MIMO 参数智能优化、智能报警压缩及原因分析、智能网络切片管理、智能节能、垃圾短信智能分析与优化、智能投诉处理。除此之外,GSMA 还积极举办全球 AI 竞赛,吸引更多研究者与运营商、设备商投入到网络 AI 的研究与实践中。

8. GTI

GTI 于 2020 年初发起成立了 5G 网络智能化项目,下设 INL(智

能化网络分级)、INA(智能化网络架构)、INE(智能化网元)、INM(智能化网管)共4个任务组,并于11月发布了《5G智能化网络白皮书 v1.0》,内容包括5G网络智能化的标准现状、典型应用案例、分级评估、网络架构、网元和网管功能要求等。后续,GTI将继续积极探索、研究,面向应用功能落地和产业推进开展相关工作。

二、 人工智能在电信行业中的发展应用现状

(一) 人工智能在电信行业应用概述



图 1：电信行业人工智能应用概述

人工智能在电信行业有潜力赋能移动网络和固定网络的规-建-维-优的各个环节、在接入网、传输网和核心网等各个层级得到应用。同时,在满足用户业务需求方面,人工智能技术促使电信行业不断优化当前的服务效果和性能,并在垂直领域打造智能化解决方案。根据人工智能在电信网络中应用的能力维度,将其分为智能配置、

智能运维、智能管控、智能优化和业务应用等，如图 1 所示。

- 智能配置：随着电信网络越来越复杂，网络的设计与配置过程需要大量的人工成本和专家经验，利用人工智能技术结合网络历史数据、将专家经验数字知识化，通过对网络性能进行预测和自动化操作配置，有望实现移动站点智能规划、基站业务快速开通、智能路径规划和光传送网自动化部署等应用。
- 智能运维：作为目前人工智能应用于电信行业后落地实践最大的应用类型之一，利用人工智能技术为网络提供运维故障根因定位、网络健康度分析及预测、网络自愈合等能力，实现物联网端到端质差识别与定位、无线网络异常小区发现、IPRAN 故障分析定位等应用，可以有效减轻运维人员负荷、提升运维故障处理效率，不断促使网络运营和运维模式发生根本性变革。
- 智能管控：利用人工智能技术基于网络历史数据对网络进行预测，动态且自适应地对网络进行资源管理和参数调整，可以实现的典型应用场景包括智能频谱管理、智能切片管理、智能负载均衡、智能缓存管理、智能路由、自适应传输功率控制与传输质量管理等。
- 智能优化：在现有电信网络中，为了保障网络的全覆盖及网络资源的合理分配，运营商在网络优化工作中投入了大量的人力物力。在网络日趋复杂和业务多样化的趋势下，基于人

工智能技术可以实现网络的主动优化和全局优化，主要应用包括于移动性管理增强、智能基站节能、无线网策略参数智能优化、智能路径优化等。

- 业务应用：依托于人工智能的语音识别、自然语言处理、人脸识别、知识工程等技术，在业务服务与内容提供方面，可以在电信行业实现 CDN 智能调度、网络满足度智能提升、智能内容推荐、智能客服与语音交互等应用。

(二) 人工智能在电信网络与业务中的应用现状分析

1. 大“时间”、“数据”颗粒度应用率先落地商用

从电信网络智能化应用展开所需时间颗粒度和对应数据颗粒度，可将应用分为以下三大类。第一类主要面向小时/天/月为时间单位的管理面优化，一般所需的数据为整网运维和性能数据。此类应用主要面向网络的“规-建-维-优”，具体包含如智能基站节能、无线网络异常小区发现、网络故障定位与根因分析、KPI 异常检测等。第二类相比于第一类所需的数据颗粒度和时间颗粒度更细，一般是秒级到分钟级别的智能决策，主要是面向解决子网级别和用户级别的控制面优化问题，包含的典型应用场景为智能负载均衡、移动性管理增强、智能路由管理、QoS/QoE 优化等。第三类应用与业务更加实时，一般为秒以下甚至毫秒级别，所需的数据为网元/用户的实时数据，可以用来实现实时的链路自适应、智能 MIMO 控制、频谱感知与多用户调度等。

在这 3 类应用场景中，第一类目前由于数据主要基于现有网络运维(O 域)、管理域(M 域)及业务域(B 域)数据，行业内已出现较成熟的数据共享平台，且最后智能决策运行环境一般依托于集中的数据分析或网络运营维护平台。此类应用对传统网络通信设备的影响较少，目前的研究相对成熟，部分网络智能化应用已经进入商业应用阶段，且已经在现网中提供服务；第二类应用和第三类应用由于受限于数据的时间颗粒度更细，数据获取难度大且 AI 智能决策实体与网络设备耦合度较高，无线控制对实时性、准确度和鲁棒性的要求也更高，目前第二类应用主要处于测试验证阶段，有部分应用已经在进行实验室及现网的试点测试；第三类应用则多处于理论研究阶段，距离现网试点和商用还有一段距离。

2. 感知预测类应用率先落地，决策控制类应用尚待突破

目前电信网络智能化逐步落地的应用集中在感知预测类，通过数据中心对网络数据进行收集和分析，输出结果为运维人员提供网络运维和管理参考。典型的落地应用包括 KPI 异常检测、故障预测、故障根因分析与定位、光网络健康度分析及预测、家宽业务识别与内容智能推荐等。AI 算法输出结果一般为人所用，不直接影响网络执行、网元功能和网络控制面，而网络内生自治化能力较弱。决策控制类目前典型的落地应用主要集中在网络的 B 域与 O 域，包括 DC 智能巡检、业务智能热迁移与设备节能等，而直接影响网络运营的应用尚处于试点或研究节点，例如智能基站节能、智能 M-MIMO、智能负载均衡、大规模天线智能控制等。在这类应用中，AI 智能决策

实体需要与网络设备进行耦合，AI 决策与控制结果对实时性、准确度、鲁棒性要求较高，网络内生自治化能力提升，但网络架构也需要一定的演进与变革。

3. 网络运维嵌入 AI 技术，展现良好运维效果

当前的电信网络 2G、3G、4G、5G 共存形成“四世同堂”的叠加网，其差异化的业务保障需求，对运维工具、运维流程、运维能力提出新要求，对传统运维模式提出挑战。于此同时，电信业 OPEX 随着网络规模增加而逐年增加的产业结构化矛盾亟待解决。网络 AI 特性开发业务活动中，对很多运维场景有共性需求，比如异常检测、故障定位、故障预防预测等。以 KPI 异常检测为例，运营商网络中存在海量 KPI，例如路由器有 70000+KPI，其中丢包和统计类有 4000+KPI，运营商和企业客户对于 KPI 实时监控，快速定位故障有共性需求。利用 AI 技术，有望打通网络运维过程中从故障预警、告警聚合与根因分析、故障定位与自愈等全栈流程，从而减轻运维人力成本，提高网络运维效率。

目前国内各大运营商的网络运维中台已经嵌入 AI 技术，通过提供运维故障根因定位、精准诊断、自动愈合等能力，减轻运维人员负荷、提升运维故障处理效率，不断促使网络运营和运维模式发生根本性变革。目前，智能运维方面已经出现的应用落地示范包括：

- 智能排障：故障自动识别、快速根因分析、故障自动修复；
- 智能预警：网络故障预测、物联网端到端质差识别与定位定段、智能异常预警；

- 智能巡检：网络巡检智能、机房巡检智能化、值班巡检智能化；
- 智能监测：运维知识图谱、智能小区监测、运维数据可视化。

(三) 当前网络智能化能力等级已达 2-3 级

ITU、3GPP、ETSI、GSMA、TM Forum、GTI与CCSA等联盟与标准化组织此前均已展开对电信网络智能化能力分级相关的研究工作。结合电信网络智能化需求及特点,可以从网络智能化的通用实现过程中抽象出具备广泛适用性的智能化能力分级的6个等级来进行评估,如表1所示。

表1：电信网络智能化能力分级评估方法

等级/名称	关键特征	分级评估维度						
		执行	感知	分析	决策	需求映射	智能化场景	
L0	人工运营网络	全人工操作	人工	人工	人工	人工	人工	无
L1	辅助运营网络	工具辅助数据采集 人工分析决策	系统为主	人工和系统	人工	人工	人工	部分场景
L2	初级智能化网络	部分场景基于静态策略自动分析 人工决策	系统	系统为主	人工和系统	人工	人工	部分场景
L3	中级智能化网络	特定场景实现动态策略自动分析 预先设计场景系统辅助人工决策	系统	系统	系统为主	人工和系统	人工	部分场景
L4	高级智能化网络	系统实现动态策略完整闭环 预先设计场景系统自动完成需求	系统	系统	系统	系统为主	人工和系统	部分场景

等级/名称		关键特征	分级评估维度					
			执行	感知	分析	决策	需求映射	智能化场景
		映射						
L5	完全智能化网络	全部场景系统完成全部闭环系统自动完成需求映射	系统	系统	系统	系统	系统	全场景
备注说明			所有等级的决策执行都支持人工介入执行过程，人工审核结论及执行指令具有最高权限；					

- L0 级别：从需求映射、数据感知、分析、决策到执行的网络运营全流程均通过人工操作方式完成，没有任何场景实现智能化。
- L1 级别：执行过程基本由系统自动完成，少数场景需要人工参与；在预先设计的部分场景下依据人工定义的规则由工具辅助自动完成数据收集和监测过程；分析、决策和需求映射全部由人工完成；整体来看仅在少数场景通过工具实现辅助数据感知和执行流程的智能化，不支持完整流程的智能化闭环。
- L2 级别：执行过程全部由系统自动完成；大部分场景下系统依据人工定义的规则自动收集和监测数据；在预先设计的部分场景下系统根据静态策略/模型完成自动分析过程；人工完成其他过程。整体来看部分场景下可实现从数据感知、分析和执行的智能化，决策和需求映射任依赖人工，不支持完整流程的智能化闭环。

- L3 级别：执行和数据感知过程全部由系统自动完成，其中部分场景下系统自定义数据收集规则；大部分场景下系统自动完成分析过程，其中特定场景下分析策略/模型由系统自动迭代更新，形成动态策略；在预先设计的场景下系统可辅助人工自动完成决策过程；人工完成其他过程。整体来看部分场景下除了需求映射任依赖人工外，其他流程可实现智能化，系统在人工辅助下接近形成完整流程的智能化闭环。
- L4 级别：执行、数据感知和分析过程全部由系统自动完成，其中收集规则由系统自定义，分析策略/模型由系统自动迭代更新，形成动态策略；大部分场景下系统自动完成决策过程；在预先设计的部分场景下系统可自动完成需求映射。整体来看部分场景下，系统已形成完整流程的智能化闭环，部分场景仅需要人工参与需求映射并辅助决策。
- L5 级别：在全部场景下，由系统完成需求映射、数据感知、分析、决策和执行的完整流程的智能化闭环，实现全场景完全智能化。

基于网络智能化能力分级的原则，根据前几节对于人工智能在电信网络中的发展态势的分析，目前电信网络智能化应用能够达到能力等级的 2-3 级。以智能网络运维应用为例，目前电信网络系统已经能够基于专家经验总结生成的分析规则来辅助人工进行告警根因分析，生成关联规则并基于专家经验给出故障处理方案建议；基于系统生成的关联规则和故障处理方案建议，人工决策判断告警根因

和故障处理方案，下发网络配置操作指令或派发故障处理工单（2级），而对于特定的告警和故障类型，智能运维系统可以自动决策判断告警根因和故障处理方案，并根据网络拓扑和其他环境变化来自动更新对应规则（3级）。经过以上分析总结，当前电信网络智能化应用已达到2-3级智能能力等级，网络的闭环执行与内生智能将成为未来的发展与演进重点。

三、人工智能在电信行业中的应用实践

（一）移动网应用实践案例

案例一：物联网端到端质差识别与定位定段

随着物联网技术的发展，目前物联网的业务类型与业务量与日俱增，物联网业务呈现流程繁、规模大、环节多的特点，故障发现与定位困难的问题日益显著，亟需在对物联网客户端到端的业务质量进行更有效的质量监控及故障定界定段。然而不同厂商的质差评价标准存在相似性但也存在差异性，现阶段需要对不同厂商不同型号终端建立质差识别模块，费时费力。

物联网业务涉及设备终端、物联网平台、无线小区网、地市本地网、省核心网等多个环节，采用人工智能技术、利用和关联各环节业务数据，可以提供业务故障的快速诊断、定界定段能力，整体提升物联网业务质量。同时，通过搭建基于大数据的质差量化感知指标体系，基于现有的物联网质差评价方法，结合离线大数据分析手

段建立量化的质差感知指标体系，可以实现日常业务故障排查、潜在隐患预警。而不同企业的质差评价标准存在差异性但也存在相似性或者相关性，因此可以基于关键指标分布与迁移学习，建立企业特征库，支撑终端升级、变更等业务场景。

在中国电信的物联网业务保障项目中，基于大数据聚合分析手段，通过建立分厂家的企业特征指纹库，结合终端历史行为构造单用户行为画像，利用“标准值+偏移量”的方法搭建动态的质差感知体系，适配多种复杂情况，目前已经完成多场景多厂家的终端质差识别，上线推广应用可得到较高的准确率。

案例二：智能基站节能

传统网络能耗居高不下、能耗不均衡造成浪费，随着 5G 的到来，5G 基站耗能更大，如何制定基站节能策略、定制自动化节能方案、提高能源效率已经成为构建全网覆盖的基站智慧节能核心能力。

结合 B（业务）-O（运营）域关联、测量报告覆盖分析来，利用时序预测等 AI 技术，能够更精准的预测基站业务量，结合客户感知分析，制定节能策略。在 5G 基站方面，对 5G 基站和数据中心服务器进行适时的休眠和唤醒操作，实现动态节能。通过构建基站节能分析引擎、节能智慧决策引擎及相关模型算法完成从 4G 节能分析建议手动执行到 4G 节能分级策略半自动实施再到 4/5G 协同的自动节能。

利用时序预测等 AI 技术，结合客户感知分析，能够更精准的预

测基站业务量，制定节能策略。在 5G 基站方面，对 5G 基站和数据中心服务器进行适时的休眠和唤醒操作，实现动态节能。通过构建基站节能分析引擎、节能智慧决策引擎及相关模型算法完成从 4G 节能分析建议手动执行到 4G 节能分级策略半自动实施再到 4G/5G 协同的自动节能。现网当前已经出现利用机器学习、时间序列预测等人工智能模型构建基站节能分析引擎，实现多种节能场景分析、节能时段寻底、多维场景识别、多层覆盖分析、时空智能预测、B（业务）-O（运营）关联分析；利用深度学习、自动机器学习等人工智能模型构建的节能智能决策引擎，来实现智能分级决策、参数自动寻优、业务感知分析、智能刹车/唤醒。通过构建基站节能分析引擎和节能智慧决策引擎，中国电信已经构建 4G 基站智慧节能系统，并完成节能系统迭代优化，操作维护中心（OMC）节能打通，省级自动节能策略试点优化，支持二阶段的半自动节能；初步建立集团-省基站节能体系和闭环流程，对 3 个以上省提供节能分析推荐建议，实现 4G 自动节能策略试点，场景节能策略日综合节能效率提升显著。

案例三：无线网络异常小区发现

对于无线网络异常小区发现，传统技术方法是通过省地市业务专家人工排查核对，发现小区是否存在异常、存在什么样异常以及如何解决异常。然而随着 5G 网络小区数目的增大、KPI 参数的大量增加，采用人工经验的方法难以精准对比与判断不同时间维度、空间维度下小区的异常情况。同时，利用人工经验和传统方法难以根

据 KPI 指标来自动发现小区异常波动并识别哪些 KPI 指标是引起小区异常的关键。

人工智能与大数据分析方法，例如通过统计学的 Z-score 建立动态阈值法自动监测异常波动时间点，对关键 KPI 指标的巨大波动进行快速响应。同时基于 NLP 和知识图谱可以建立无线网领域的小区异常专家知识库，对异常小区的清单派发业务进行智能推荐，以节约地市专家人工判断小区异常类别、异常原因和处理办法的时间成本。

由中国电信主导的海牛——基于运维大数据的智能精准预孵化器项目中，从2018年开始利用人工智能算法尝试替代专家人工识别，实现关键 KPI 指标无监督算法异常诊断、单指标有监督算法异常诊断，到目前已经实现基于多指标无监督算法的小区异常诊断并利用专家规则进行研发迭代。通过对比数十种经典的统计学和机器学习模型，最终选用的 OneclassSVM 算法应用上线后有较高的准确率。

案例四：Massive MIMO 天线权值自适应

Massive MIMO 是 5G 的关键技术之一，通过利用大规模阵列天线和三维波束赋形，有效提升复杂场景下立体纵深覆盖和系统容量。相比传统天线，Massive MIMO 大规模阵列天线具有更多参数调整维度，包括水平波瓣宽度、垂直波瓣宽度、方位角、下倾角和波束数量，每个维度都可以设置合理步长进行精细化调整，一个小区理论上可能的天线参数权值就达上万种，在实际网络中靠人工根据场景/

业务变化进行多小区协同优化调整，几乎是不可能完成的任务。

通过引入 AI 的多维分析、预测判断等手段，智能 Massive MIMO 方案可以实现智能化的 Massive MIMO 权值自适应。5G 基站从 UE 采集位置信息并发送至网管系统后，通过 AI 计算 UE 的分布情况，根据设定的 RSRP/SINR 分布目标，多轮迭代后找到天线权值设置的最优解，大幅降低优化搜索时间，在实现最优覆盖的同时，兼顾话务量和频谱效率，以最大化利用系统容量和保障用户体验。

例如针对体育馆场景，中兴的智能 Massive MIMO 方案引入 AI 后，系统根据体育馆内用户分布情况进行场景识别，如比赛场景用户分布在四周看台，演唱会场景用户分布在全场，并根据每场用户上座率及位置分布情况，给出最佳的 Massive MIMO 覆盖对应的权值配置。以某城市 4 小区 RSRP 覆盖优化为例，中兴的智能 Massive MIMO 采用 AI 算法的天线权值寻优比传统搜索方案效率提升 12 倍，优化后的 5G 单波束 RSRP 提升 5.12dB，多波束 RSRP 提升 4.73dB。

案例五：VoLTE 语音质量智能评估

传统的运营方案与技术使得运营商缺乏获取用户业务体验的有效手段。语音业务作为移动网络承载的重点业务之一，需要投入大量人力进行业务保障、投诉处理、问题复现及定位解决工作，解决方案实时性较差，经常发生问题难以复现、解决效率低，人力成本高的情况。业界常用 MOS 分评估语音业务质量，而标准的 POLQA MOS 计算方式需要对比收发语音得出。如何及时准确的评估业务质量、

发现并定位质差是运营商重点需求之一。在不侵犯用户隐私的前提下，从网络侧统计数据入手，通过收集不同覆盖场景、不同业务行为的数据，利用人工智能算法训练出适用不同场景的高精度评估模型，可以帮助运营商掌握业务质量信息，及时定位并解决质差问题。

在具体实现方案中，首先选取不同覆盖场景且容易产生业务质差情况的区域作为数据采集点，通过模拟现网用户不同类型的语音业务行为，使用路测工具产生含 MOS 评分的标签数据，同步收集网络侧深度包解析（DPI）系统采集的业务明细记录（XDR）数据、终端测试数据（MR）等运营商易于获取的数据作为特征数据，两者关联形成训练数据集。基于已有数据，通过神经网络等深度学习算法，决策树、支撑向量机等机器学习算法，训练得到具备较高评估精度的模型作为基准模型，然后一方面持续收集路测数据，优化基准模型精度；一方面广泛获取不同地区的现网未标注业务数据及少量路测数据，基于迁移学习、半监督学习等方法，提升基准模型在不同场景不同地区的应用效果，最后通过模型集成的方法形成精度更高、更具泛化能力、可规模应用的评估系统。

中国移动推出智能语音评估 AI MOS 系统，可达到 85% 以上的评估精度，针对业务质差召回率超过 90%，目前已经在浙江、北京全省落地应用，服务 VoLTE 用户 6000 万，帮助业务保障及投诉处理人员完成大量质差情况发现及定位工作，大幅提升工作效率。

（二） 固定网应用实践案例

案例一：面向 IPTV 业务的接入网设备告警定位与故障预测

IPTV 业务接入网设备各层级关联关系复杂，且故障频发，一个故障往往会产生多层级的告警，排障需要结合下挂设备、同级设备、上联设备的告警情况，梳理关系来定位根本原因，传统方案需要人工专家经验的规则梳理，工作量大且效率较低。人工智能算法强大的分析与预测能力为 IPTV 业务接入网进行潜在故障及可能因素的分类预测提供了有效途径，可以提高故障排查与故障设备精准根因定位的准确度与效率。

中国电信采用基尼系数算法，通过构建各层级设备（OLT、交换机、BRAS）质量优良率的基尼表特征库，来直观反映各层级设备下挂的质差分布均衡程度。同时依据上下级设备的基尼分布情况，实现上下级设备的快速联动分析，进行接入段设备告警的精确定段。通过相关性指标与质差设备的卡顿指标的联合分布分析，将省内网络设备性能数据与机顶盒探针侧上报数据打通，实现 OLT 设备性能与设备优良率的关联分析，统计分析发现 OLT 设备性能指标与 OLT 设备质差指标有较强的相关性，找到造成 OLT 设备质差的性能阈值，从而实现 OLT 设备告警的根因定位。通过神经网络和机器学习算法对单设备不同时间的丢包卡顿率变化建立时间序列模型，对设备未来一周内接入网设备的质差率指标进行预测，同时通过深度学习 LSTM 算法针对不同设备（PON、OLT 等）分别建立分类模型，最终实

现对故障设备的精准根因定位，将未来一段时间内接入网设备（如 PON、OLT、SW、BRAS 等）潜在故障及可能的影响因素，并将信息以告警的形式推送给维护人员进行提前整治。

目前中国电信的 IPTV 端到端监测系统已纳入生产流程，在全国多个省份实现故障告警单（含精确定界段信息、设备维度含定位信息）实时派发、巡检单按日、按周派发到省内，输出指导建议并提前干预处理，减少用户申告，彻底由被动故障处理转变为主动运维，实现对 IPTV 业务服务保障的智能支撑。

案例二：IPRAN 故障分析定位

现网运维中网络故障的根因分析传统方式主要依赖人工总结经验，排障效率低、故障定位难、运维难度大。在综合网管每天都收到的大量告警数据中，其实际根源的告警信息往往会被掩盖，导致现有的维修派单难以充分利用数据来覆盖与分析所有的故障。

在 IPRAN 网络故障维护中，通过人工智能技术对关联告警关系进行挖掘，从而代替人工总结经验能够提高告警关联分析的准确度和对最根本告警信息的发现，提高运维效率。具体实施方案可以根据系统中网络及业务上下游关系，利用关联规则挖掘算法对告警、工单、资源以及其他多维度数据进行综合处理，分析告警中存在的根源告警和衍生告警的规则信息。通过频发告警过滤、用户侧告警过滤、基于关联规则的衍生根源告警过滤，来筛选出告警数据中冗余数据，而保留关键和核心告警信息，从而更精准有效为运维人员提

供网络设备、网络线路故障的维修派单信息，减少不必要的运维开销。

目前，中国联通已开发 IPRAN 告警智能分析系统，在部分省份进行了试点验证。通过采集现网承载网络运行数据如流量、告警、拓扑、网元、业务、工单数据等，运用人工智能和大数据技术进行流量分析和趋势预测、告警根因关联和故障智能诊断，促进网络的自我维护、智能运营能力和运维效率提升，多维度探索网络运维能力的自动化和智能化。

案例三：光传送网故障根因分析

随着光传送网络（OTN）规模不断的扩大，OTN 设备和光链路的数量不断的扩增，网络一旦出现问题，通常会在短时间内触发一系列设备产生不同类型的、大量的告警。在目前的运维工作中主要依赖人工的方式完成网络监控处理，传统的人工方式难以在短时间内从庞杂的告警中找到有价值的信息，正确地判断出故障的位置并及时修复故障，如何提高告警分析、故障定位的效率成为亟需解决的问题。

由于大量的告警之间存在关联性，因此可利用大数据和人工智能技术分析告警特征，挖掘告警之间的关联规则，利用关联规则进行根因分析，找到根因告警；建立告警属性与故障定位、工单操作的映射关系，实现工单的自动派发。利用关联规则算法处理多维历史数据，如历史告警（以太客户层告警、SDH 客户层告警、ODU 层告警

以及 OTU 层告警等)、网络拓扑等, 获取告警之间的关联规则。基于关联规则对网络中产生的告警进行分析, 从而确定当前告警中的根因告警; 通过神经网络技术设计故障派单模型设计和故障定位模型。

目前中国联通已经开展基于开放光网络的智能运维系统研发工作, 相关功能模块包括智能告警维护模块, 具备告警相关性分析、故障溯源以及告警查询等功能。

案例四：光传送网智能传输质量管理

随着光传送网络的高速发展, 网络中需要监控的信息越来越复杂, 运维人员难以对网络运行状态进行实时有效地监控, 光传送网的维护和管理问题日渐凸显。同时, OTN 设备在运行期间, 会发生变形、腐蚀或者老化, 从而造成网络的性能降低。当性能劣化到一定程度会对传送网的正常运行造成严重的影响。如果能够准确的预测网络性能的劣化趋势, 在性能劣化到影响网络正常工作之前进行优化工作, 可以有效地避免设备失修和设备过修造成的事故和损失。

利用人工智能技术分析网络历史性能指标数据, 从而对网络性能指标进行预测, 分析性能指标劣化的趋势, 根据性能劣化的程度采取相应的措施。首先从网元管理系统上采集网元拓扑等网络数据或者设备定期上报的性能指标数据, OTN 性能数据主要包括以太网客户层性能、光通路数据单元 (ODUk) 子层性能、光信道(OCh) 子层性能以及光复用段 (OMS) 层性能等, 对数据进行清洗、筛选等

处理工作；将采集后的数据分为训练集和测试集，采用机器学习算法构建性能预测模型，根据性能预测的结果分析性能劣化的趋势，当性能指标出现越限的趋势时采取相应的性能优化措施。

中国联通已经开展基于开放光网络的智能运维系统研发工作，相关功能模块包括智能性能维护模块，具备光网络性能预测、光网络性能数据异常检测、光网络性能数据存储等功能。

案例五：光网络健康度分析及预测

当前的光网络存在光层故障多且影响范围大、故障处理周期长和成本高、故障难以提前预测、故障出现后，再进行被动处理将影响业务体验，导致客户体验差、投诉多。基于秒级采集，对数据进行清洗、标定和特征提取，基于 AI 算法结合当前状态和未来趋势对光纤和 OCh 子层进行健康预测和劣化预警。通过实时监控波分设备的性能指标，预测关键性能指标，提前发现性能劣化并上报预警，预警触发故障自动精准定位，对接工单快速派单修复，能够提升运营效益和效率，增强网络的健壮性。

目前相关应用案例已经在现网中得以应用，例如 2020 年 10 月，在江苏联通与华为合作进行光网健康保障现网试点运行期间，协助江苏联通政企专网提前预警亚健康 10 余次，发现中断事件 30 余项，自动定位故障 10 余次。2020 年 11 月浙江移动与华为合作进行光网健康保障试运行期间，通过监控 18 个站点，38 条单向 OTS 光纤，2 条双向 OCh，识别亚健康 10 余次，自动定位 5 次，光功率抖动定界

16 次，发现割接质量不合格 8 次，有效地保障了网络的健壮性。

案例六：无源光网络（PON）链路弱光问题根因分析

影响光接入业务展开的一个重要方面是 PON 链路弱光问题，据统计与光路相关的光接入服务投诉占比高达 20% 以上。传统的 PON 网络弱光分析整治面临一系列问题，包括依赖人工经验判断、弱光根因定位不准、反复整治；弱光整治缺乏有效准确的数据分析指导，影响整治效率；工程实施中需要人工上站进行光功率逐段测量，处理时间长；而光路弱光导致的上网异常不能主动发现等。利用 AI 算法对 PON 光路拓扑还原，实现 PON 链路弱光问题根因分析与定位，可以有效解决上述问题。

目前中兴通讯提出智能光接入方案，通过积累 ONU 弱光历史数据，基于 DTW 和社区发现等算法，实现 ODN 拓扑还原，提供对资管信息的对接和校验；采用无监督学习算法来基于同一分光器下光路特征趋势一致原理，进行关键特征提取；并基于特征工程建立样本库，利用 AI 算法实现弱光根因定界。最后，提取 ONU 收发光功率时间序列特征，通过时间序列数据的平稳性检验方法，建立各种故障光路指标特征模型，实现弱光根因精准定位，包括光模块劣化，光纤弯曲、工程施工、ONU 设备故障、分光比超限、光器件和线路超额光衰等。目前中兴通讯基于 AI 的 PON 链路弱光根因分析方案，工程实践验证准确率达 92%，大幅度提高了 PON 弱光检测和根因定位准确率，已经成为 PON 链路弱光分析整治的高效支撑工具。

案例七：宽带家庭业务识别调优

随着家庭宽带业务的高速发展，家庭用户的诉求已经从带宽的需求转向对网络质量和体验的保障。现如今游戏、视频、教育办公等行业发展迅速，但体验一直无法稳定保障。各大运营商在不断推出差异化套餐，试图破局 ARPU 持续下滑的困境。

在网络应用中，流量驳杂，数据量大，识别并保障价值业务流量能有效的提高用户体验。ONT 作为家庭接入设备，是所有用户业务上下行的出入口，也是家庭网络的控制中心。通过大数据建模分析，利用 AI 算法，实现网络流量的分类，识别出高价值业务进行差异化体验保障。将网络流量的基本信息作为特征数据，基于家宽业务，使用大数据离线训练、卷积神经网络与神经网络压缩法，挖掘流量拓扑、双向平衡、包时序关系以及包速度熵变化特征等，在 ONT 侧落地轻量级的嵌入式 AI 算法，实现对价值业务的识别，进行差异化业务体验保障。

目前国内外已经出现了基于人工智能的家庭业务识别调优落地应用。泰国的 3BB 于 2019 年 9 月首发 “Smart Mesh” 智慧家庭业务，采用我国华为游戏 EAI 加速，通过智能识别游戏业务，为游戏业务提供独有的 Wi-Fi 通道，来降低 50% 以上 Wi-Fi 时延，从而实现游戏操控与画面的流畅无延迟。国内中国联通与华为于 2020 年 4 月推出了基于 EAI 的 VIPKID 智能加速解决方案，实现了 25 分钟课堂的零卡顿，通过人工智能技术降低在线教育业务 50% 以上的时延。

云南电信基于人工智能技术的直播和游戏宽带套餐已在瑞丽玉石城商用环境稳定运行 4 个月。

案例八：家宽网络质量智能监测

家庭宽带网络具有业务流程长、端到端环节多、故障监测定位难的特点。传统的以人工为主、机器自动操作为辅的运维方式，难以高效高质地支撑家宽网络运维。以宽带 4K 电视业务为例，其易受牌照方内容源、CDN 系统、光接入网等各环节网元性能波动而引发用户体验劣化，但传统网管系统可能仍未出现告警。如何检测到此类异常并定位原因，是家庭宽带运维中的难题。

目前，中国移动已经采用基于全网家庭宽带终端设备（包括网关、机顶盒）的软探针应用系统，通过人工智能算法构建典型网络指标异常检测模型，实现对关键网络指标的实时监测。针对不同区域的网络条件，基于聚类算法训练异常检测阈值，保证异常检测的高准确性和低漏警率；同时，通过关联规则分析算法对多维指标数据综合分析，输出故障根因网元，辅助运维人员快速排障。目前，基于软探针的家宽网络群障监测派单功能支持分钟级粒度检测网络指标异常，准确率超过 90%，提供先于用户投诉和传统网管系统发现现网问题的能力，显著提升运维排障效率。

案例九：基于学件工具的金融数据中心网络智能运维

基于人工智能的网络运维已经成为当前电信行业关注的重点应

用，例如异常检测、故障定位与预防预测等。针对特定领域的网络场景，比如金融骨干网，AI 模型的建模过程面临获取数据成本较高、AI 建模周期较长、效率低并且精度较差等问题。以异常检测为例，基于 AUTOML 和学件等技术，通过数据特征画像识别数据类型，自动推荐训练算法与特征，采用无监督、有监督和动态基线等进行联合检测，通过专家经验对训练与检测进行调优，得到最终检测结果。模型训练完成后，可以将特征画像的结果、特征和参数、模型和参数都保留下来。后面仅需要使用新的数据，重训练模型，不用再重新做特征分析和模型分析，从而更高效的生成多维场景所需的 AI 模型，提高故障识别定位的精度以及模型构建的高效与重用能力。

中国银联与华为金融网络实验室在 2020 年 8 月正式启动金融数据中心网络智能运维学件联创项目，不仅基于学件技术实现了一站式的 AI 建模能力，同时也开展了生产应用的探索实践并取得了较好的效果。在实践过程中，通过选择金融骨干互联网 TCP 重传率、客户端请求平均传输时间、连接无应答率、平均用户响应时间、上行 TCP 重传率、上行比特率、下行比特率等关键 KPI 进行异常检测，指标检测准确率均达到 95% 以上。

（三） 业务服务实践应用案例

案例一：网络满意度智能提升

越来越多的电信运营越来越关注终端用户体验， 并把净推荐值

(Net Promoter Score, NPS) 作为网络满意度考核的重要指标，然而 NPS 的评估和提升存在 7 大挑战：a) 资费、服务与网络交叉影响，质量好满意度未必高； b) 难定位：质差关联用户，难定位用户哪里质差； c) 流程长：很难立刻修复好，如需规划建站、需要客户关怀、管理 IT 支撑部门协同和闭环； d) 波动大：样本少，不到全量用户 1%，过度友好，盲从差评使调研结果波动大； e) 难定界：可能是终端或内容问题，找牵头责任部门难； f) 周期长：无短期特效药，需长期努力提升网络整体质量。

利用大数据和人工智能技术，采集 O 侧网络数据、B 侧业务数据和调研感知数据，提取用户体验特征、轨迹特征、行为特征、交互特征，并以用户行为相似度和用户交互亲密度进行用户分群，对用户网络体验进行建模，能够实现对网络潜在贬损者的识别、用户/业务画像，与规建维优生产流对接。通过封装专家经验规则、对贬损用户的语音数据 5 类业务的大数据采集预处理、利用人工智能手段可以实现评估定界定位作业自动化。

目前国内外已经出现了智能 NPS 管理相关的落地应用。其中，中国移动贵州公司网络 NPS 满意度从 19 年第 1 期开始出现大幅下滑，短板主要在手机上网方面。通过试点华为智能 NPS 提升方案，对覆盖、容量、基础维护、客户关怀等提升手段的不断落实后，网络 NPS 逐步回升。泰国 DTAC 公司 2018 年数据业务 NPS 为负，分值为-30.6，通过与华为合作，利用智能 NPS 提升方案，数据业务 NPS 提升为 -7.4。

案例二：家宽视频内容智能推荐

目前在家宽数字内容运营中采用人工编辑统一发屏的方式。首先，每个用户看到的推荐内容是一样的，主要是热门新片，无法满足用户个性化的观看需求；其次，统一发屏的时间较为固定，内容更新频率较低，无法给用户丰富多变的选择，无法实时捕获用户的观看兴趣。

将人工智能技术引入家庭、大屏业务，实现一人一面的家宽视频内容实时个性化推荐服务，将更多用户偏好的长尾内容展示给用户，并根据用户实时反馈行为更新推荐内容，给用户丰富多变的选择，重点解决大屏智能化、精细化运营问题，能够实现规模化应用，提升业务收入和用户满意度。目前已经出现的解决方案中，利用实体识别、对齐等技术，对接多家牌照及 CP 方内容，形成最大规模的内容资源库，增加推荐内容丰富度和用户新鲜感。结合牌照方、省公司、互联网网站的多源数据，多角度、多层次构建用户特征和视频特征，实现全面刻画用户画像和人物画像。采用三阶段推荐框架（召回+重排+策略），融合机器学习、集成学习、深度学习、知识图谱等业界先进算法，综合解决推荐结果的丰富性和精准性，满足家庭多用户、多兴趣的观影需求。

截止到 2020 年 4 月，中国移动已在江苏全省 13 个地市 1000 万用户规模化落地应用，其中活跃用户 650 万，日访问量 1500 万次，实现点击率提升 37%，新增收入提升 11.7%。目前，中国移动开始在江西、浙江、山东、四川等省份进行拓展应用来提升业务收入和用

户满意度。

案例三：智能语音交互

传统网络中，用户对于陌生来电通常会陷入接与不接的两难境地，选择不接电话，可能会错过重要信息；选择接听来电，可能会遇到骚扰电话。在日常生活中，也存在未及时接听电话或者不方便接电话的情况。因此，实现一种代替用户自动接听电话并进行智能交互的应用十分重要。人工智能与智能交互技术能够实现 AI 智能小秘书话术自动回复，从而给用户带来全新的通话使用体验，帮助用户从多种漏接、拒接的通话场景切换到智能代接。通过智能代接识别来电的信息意图，可以让机主放心拒接，安心挂机。同时提供有效的信息记录，帮助用户对自身的未接来电意图做出有效判断。

利用客服领域的数据集，基于语音识别、语音合成、自动问答、多轮对话等技术，提供智能交互解决方案。使用语音识别模型对主叫方语音进行实时识别与文本转写，使用自然语言处理技术分析语句意图，利用多轮对话技术和语音合成技术生成智能交互应答内容。在智能交互应答过程中，根据对话文本，识别来电总体意图，对每次交互过程的对话进行标签标注，便于用户分类处理。

中国移动推出“和留言·智能小秘书”，能够帮助用户在无法接听电话，或不愿接听来电时帮助用户对来电进行智能应答的移动端应用，基于大网的呼转能力和目前最先进的人工智能算法，为个人用户提供来电接听服务。和留言智能小秘书目前提供 3 种音色交互，

支持自定义开场白、场景话术、白名单、可设置号码拦截等。智能交互应答的语音和文字数据将以对话式聊天记录的形式，通过微信公众号、邮件、短信多种渠道反馈给用户。上线后用户数达到 131 万，留言率提升 1.6 倍，留言时长提升 3.78 倍，产品用户满意度达到 94%。目前，小秘书已在广东、河南、湖北、湖南、安徽、陕西等重点省份重点推广试用。

案例四：内容分发网络（CDN）智能调度

目前网络视频业务的规模增长带来 CDN 系统运维复杂度的提升，传统的以人工为主、辅以统计报表和检测告警的运维模式在监测时效、指标灵活性、快速故障定位等方面已不能适应 CDN 业务发展的需要。运营商需要一种更加智能化的方式来提升 CDN 系统的运维效率，保障 CDN 系统运行的稳定性、可靠性和服务质量。

在 CDN 智能运维中引入 AI 技术，将极大提升运维智能化程度和运维有效性。其中，基于 AI 的 CDN 智能调度是关键，借助 AI 预判实现智能调度，通过提前预测网络的拥塞点和节点负荷情况，将用户精准调度到最优的服务节点，均衡各节点负荷，实现整网的调度智能化，从而节省传输、提高能效。

目前中兴通讯推出智能 CDN 调度方案，开发了基于 CDN 指标体系的告警、监测、报表、智能调度、访问日志记录等功能，以满足 CDN 智能运维的要求。CDN 智能调度由调度决策支撑系统、服务系统两个功能模块组成，可支持 IPTV、CDN、OTT、CDN、B2B、CDN 等多种业

务场景，满足 5G 时代运营商视频业务融合与开放的价值诉求。中兴通讯在国内落地应用的某项目中使用 CDN 智能调度方案，实现 CDN 整体资源利用率提升 50%，系统可用性提升 20%，运维效率提升 100%。

案例五：数据中心智能节能

移动互联网，云计算以及物联网业务快速增长，带动了用户对数据需求量急剧的增加，数据中心正变得越来越重要。随着云网融合以及数字化转型的发展，用户对数据的潜在需求的持续增加，使得中国电信 IDC 规模不断增大，其能源成本与机房节能目标相矛盾。但是传统节能手段已经很难再降低服务器能耗、空调能耗、供电能耗以及照明能耗。因此如何通过新的技术降低 IDC 机房的 PUE 已经成为需要突破的重点问题。

基于 AI 和大数据技术，叠加边缘计算、大数据处理、节能分析决策、节能控制，构建分层协作的 IDC 智慧节能平台，有望实现精细化、定制化、动态的节能管理，提高能源效率。中国电信提出的 IDC 智慧节能通过大数据处理模块，AI 模型分析模块，设备智能控制模块和数据综合展现模块，对数据中心静态、动态数据进行采集，分析包括机房面积、机柜数量、机柜温湿度、IT 负载、地板出风量、空调出/回风温度、冷冻水出/回水温度等多维度数据，利用 AI 模型分析实现精准化建模，构建机房“画像”，定制策略、输出个性化节能建议，实现“千房千面、一站一策”。可视化展现机房基础信

息、能耗信息、热点告警信息以及其他统计分析信息，刻画机房画像，展示节能前后能耗对比，为节能策略持续优化提供依据。

目前中国电信已经实现了数据中心节能的落地应用，基于自主研发的翼节能平台，采集数据中心的静态、动态数据，建模分析实现数据中心能耗的综合管理和监控，在全国多省份进行试点落地，实现了近千万度的年化节电量。中国电信提出的节能架构已经输出到 ETSI ENI 国际标准，并主导了首个运营商智慧节能概念验证项目。

四、 电信网人工智能应用未来发展与展望

（一） 网络智能化基础能力持续增强

人工智能在电信网络中的应用与业务开展需要电信数据、算力、基础实施、商业模式与人才经验等方面的支撑升级。随着运营商和设备商等在智能云平台 and 数字化方向的发力，目前电信行业对网络智能化所需的数据、算法、算力、工具、人才等进行的聚集和积累已初具规模。与此同时，随着电信网络开放数据集、智能算法库的逐步开放与共享、国内国际网络智能化竞赛的举行、标准化工作的推进、开源项目与平台的建设等，都为筑牢网络人工智能技术、人才底座，为网络智能化能力的持续增强、网络人工智能的应用开展奠定坚实基础。网络智能的发展需要网络节点、存储、数据、计算与通信能力的高度融合与协同，通过网络与 AI 技术的螺旋发展、互相推动，实现网络智能化基础能力的持续增强。

（二） 知识与 AI 融合来更好适配网络智能化应用需求

电信网络已经存在大量通信理论与经验知识，网络的运维建设在过去也大都依赖于专家经验。如何将专家经验数字化，并与 AI 算法相结合来进行工程化融合，是目前电信网络智能化发展的关注重点。电信网络专家经验在特征工程、模型优化等方面发挥着重要作用，通过进一步深入研究知识+AI 的融合，能够更好的适配电信网络 AI 应用的需求，提高智能应用的性能、运营效率与可解释性。电信网络知识与人工智能技术进行融合应用的路线可以分为以下几个阶段：1，基于专家经验的总结文档，包括专家经验的数字化、领域专家知识库、网络与业务配置模板；2，基于规则的专家系统，包括机器学习与规则引擎、专家经验规则化、利用机器学习进行规则挖掘与系统执行的自动化；3，人工智能与知识融合的感知系统，包括知识表示的多样化、系统感知的智能化、知识图谱与图神经网络等算法应用；4，基于知识推理的认知系统，包括利用人工智能进行知识的自主发现、推理决策的智能化与网络的闭环自动化实现。

（三） 人工智能技术新范式用于解决网络智能化应用痛点

目前电信网络智能化应用与服务对人工智能计算的需求的痛点还包括：1) 网络中的大部分数据涉及用户隐私，需要遵守严格的数据隐私保护规定，数据样本的获取成本较高，尤其是带标签的数据，需要专业人士进行标注，很难获得足够的样本；针对特定应用场景

的AI模型需要算法专家结合场景需求,选择合适的模型并进行调优,建模门槛高;AI模型在线部署后,网络应用场景往往不是静态的封闭环境,数据分布会随着环境的变化发生漂移,导致AI模型性能劣化;同时由于大多数AI模型由数据驱动,模型的可解释性较差。

为了解决以上问题,联邦学习、迁移学习和学件等技术开始得到更多应用与关注。其中,联邦学习可以在数据保留在本地的前提下,联合多个参与方共同进行模型训练,提高模型泛化能力并提高算力资源利用效率。学件技术则利用一定的模型归约对AI模型进行特征画像,通过集成不同种类的特征库,可以在不同网络应用场景下根据数据特征自动进行模型的选择适配,结合元学习与迁移学习实现模型的高效重用,满足网络特定场景与复杂场景的AI建模需求。目前行业内已经开始关于联邦学习、迁移学习、运维学件等相关的标准化工作与落地示范,例如在3GPP SA2第139次电子会议上,由中国移动提出的“多NWDAF实例之间联邦学习”解决方案的标准提案获得通过;华为启动了智能运维学件技术研究,实现一站式的AI模型集成与建模能力。随着人工智能新范式的提出与发展,网络智能化与应用将得以更好的展开。

(四) 新技术浪潮下人工智能、云计算与未来网络融合发展

以云化、数字化、智能化为特征的第四次工业革命席卷而至,随着新技术、新模式、新业态对传统产业冲击的不断加强,越来越多的企业注重数字化转型,面对着数字化转型的浪潮,人工智能、云

计算、5G 等新兴数字技术的相互融合发展与支撑作用体现的愈发明显。目前电信行业已经开始探索 AI、云、网的融合建设，通过构建云网统一的数据湖，将云和网中不同类型的数据以原始格式进行统一存储，分析和提供；通过构建多层多级的 AI 赋能平台以打造云网智能内生的能力，基于 AI 赋能平台，将云网的大数据资源（数据湖）通过人工智能算法转化为云网的智能规划、分析、故障诊断、动态优化能力，并为各种用户提供云化的人工智能服务（AIaaS），在云计算和网络互相渗透的基础上，围绕云网融合形成差异化的“网+云+AI”的整体服务能力并进行了最新应用实践。利用未来网络构建 AI 分布式算力、数据治理框架与云功能，将实现信息技术、通信技术、数据和行业智慧在网络内的深度融合，重新定义端管云生态，构建电信行业的新商业模式，使能智能普惠的真正到来。

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）

6G：第6代移动通信系统（6th Generation）

API：应用程序接口（Application Programming Interface）

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

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

ARPU：每用户平均收入（Average Revenue Per User）

BRAS：宽带远程接入服务器（Broadband Remote Access Server）

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

CDN：内容分发网络（Content Delivery Network）

DTW：动态时间规整（Dynamic Time Warping）

ENI：体验网络智能（Experiential Networked Intelligence）

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

GSM：全球移动通信系统协会（Global System for Mobile communications Association）

GTI: TD-LTE 全球发展倡议 (Global TD-LTE Initiative)

IBN: 基于意图的网络 (Intent Based Network)

IDC: 互联网数据中心 (Internet Data Center)

IPTV: 网路协定电视 (Internet Protocol Television)

ISG: 工业规范组 (Industry Specification Group)

ZSM: 零接触网络和服务管理 (Zero Touch Network and Service Management)

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)

MOS: 平均主观意见分 (Mean Opinion Score)

NLP: 自然语言处理 (Natural Language Processing)

NPS: 净推荐值 (Net Promoter Score)

NWDAF: 网络数据分析功能 (Network Data Analytics Function)

ODN: 光配线网络 (Optical Distribution Network)

OLT: 光线路终端 (Optical Line Terminal)

OMS: 光复用段 (Optical Multiplex Section)

ONU: 光网络单元 (Optical Network Unit)

OTN: 光传送网络 (Optical Transport Network)

OTS: 光纤传输系统 (Optical Transport System)

PON: 无源光网络 (Passive Optical Network)

QoS: 服务质量 (Quality of Service)

RAN: 无线接入网 (Radio Access Network)

RSRP: 参考信号接收功率 (Reference Signal Receiving Power)

SDH: 同步数字体系 (Synchronous Digital Hierarchy)

SINR: 信号与干扰加噪声比 (Signal to Interference plus Noise Ratio)

TMF: 国际电信论坛 (TeleManagement Forum)

