



电信网络智能化方案研究

李涛¹, 王春佳², 李姗姗¹

(1. 中国联合网络通信有限公司研究院, 北京 100048;
2. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033)

摘要: 电信运营商迫切需要通过智能化推动网络敏捷、高效、智能, 实现网络的自我配置、自我管理、自我优化。但由于 AI 与通信网络的发展路线、技术特性不一致, 需要系统地考虑如何将 AI 与通信网络深度融合。基于电信网络智能化行业发展情况, 在对电信运营商智能化需求分析和现状评估的基础上, 提出了电信网络智能化目标和技术方案, 涵盖智能化框架、智能化功能模块与流程、数据处理、算法模型构建与集成等。该方案有助于推动电信运营商大规模智能化, 提升运营效能。

关键词: 电信网络; 智能化; 方案

中图分类号: TP18, TN915

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023042

Research on intelligent scheme of telecommunication network

LI Tao¹, WANG Chunjia², LI Shanshan¹

1. Research Institute of China United Network Communication Co., Ltd., Beijing 100048, China
2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China

Abstract: The network of telecom operators needs to be promoted urgently in agility, efficiency and intelligence to realize its self-configuration, self-management and self-optimization. However, due to the inconsistent development route and technical characteristics between AI and communication network, how to deeply integrate AI and communication network is necessary to be considered systematically. Based on the development of the telecommunication network intelligence industry, and on the basis of the analysis of the needs of telecom operators for intelligence and the assessment of the status quo, the goal and technical scheme of telecommunication network intelligence were proposed, which covered the intelligent framework, intelligent functional modules and processes, data processing, algorithm model construction and integration. The scheme was helpful to promote the large-scale intellectualization of telecom operators and improve operational efficiency.

Key words: telecommunication network, intelligence, scheme

0 引言

全球通信产业正在从互联时代、云时代迈向智能时代，信息通信技术与人工智能技术的融合，是新一轮科技革命和产业变革的需要。一方面，随着 5G、软件定义网络（software defined network，SDN）/网络功能虚拟化（network functions virtualization，NFV）、网络切片、网络编排等新兴技术和服务的部署，加上原有的 3G/4G 网络及 IP 多媒体子系统（IP multimedia subsystem，IMS）网络，电信网络变得更加复杂和异构。另一方面，在以深度学习为代表的人工智能第三次浪潮中，网络基本实现云化、SDN 化、NFV 化，网络能力逐步开放，这标志着电信网络大规模智能化已初具条件。电信运营商迫切需要通过智能化推动网络敏捷、高效、智能，实现网络的自我配置、自我管理、自我优化。但由于 AI 与通信网络的发展路线、技术特性不一致，需要系统地考虑如何将 AI 与通信网络深度融合。

本文基于电信网络智能化行业发展情况，

在对电信运营商智能化需求分析和现状评估的基础上，提出了电信网络智能化目标和技术方案，涵盖智能化框架、智能化功能模块与流程、数据处理、算法模型构建与集成等。该方案有助于推动电信运营商大规模智能化，提升运营效能。

1 电信网络智能化行业发展

电信运营商基于自身的智能化强烈需求，纷纷推出以“自智网络”为代表的网络智能化战略，见表 1。

从表 1 可以看出，电信运营商在公司战略层面制定了 2025 年达到自智网络 L4 级的目标，如何能够结合电信运营商网络实际形成智能化技术方案，将公司战略落地，是运营商迫切需要解决的问题。

在电信网络智能化需求的驱动下，通信标准组织纷纷制定标准以集成通信网络与 AI，国际智能化标准进展情况见表 2。

电信网络智能化的研究方向主要有以下几个方面^[1-10]。

表 1 电信运营商网络智能化战略

运营商	智能化战略	战略内涵	目标
AT&T	Network 3.0 Indigo	信息技术（information technology，IT）与通信技术（communication technology，CT）深度融合，网络与大数据密切结合	数据驱动网络
中国移动	打造“自智网络”，赋能数智化社会	构建网络全生命周期的自动化、智能化运维能力，面向消费者和垂直行业客户提供“零等待、零故障、零接触”的新型网络与信息通信技术（information and communication technology，ICT）服务，面向网络智慧运维打造“自配置、自修复、自优化”的数智化运维能力	2025 年自智网络 L4 级
中国电信	随愿网络，三化五圈（网络智能化、业务生态化、运营智慧化+智能连接生态圈、智慧家庭生态圈、互联网金融生态圈、新兴 ICT 生态圈、物联网生态圈）	构建立体化的网络智能化体系，由网络数据中台、网络数字孪生中台和 AI 中台构成的自智网络中台提供基础底座；云网知识图谱、智能仿真决策、智能交互引擎等构成的自智网络引擎是核心驱动；网络智能感知、分析、预测、决策和控制形成的自智网络能力贯穿自智网络建设运营全生命周期	2025 年云网自动驾驶 L4 级
中国联通	构建智能化综合性数字信息基础设施	推动网络敏捷、高效、智能，实现网络的自我配置、自我管理、自我优化，为行业构筑数字新底座	2025 年自智网络 L4 级



表 2 国际智能化标准进展情况

标准组织	标准规范	当前研究方向
电信管理论坛 (TeleManagement Forum, TMF)	已发布多个网络智能化相关规范, 涉及技术架构、演进等级、意图驱动、闭环控制等	技术架构、意图驱动、闭环控制和 Open API 等
ITU-T SG13	重点关注未来网络 (包括 IMT-2020)、云计算、可信网络基础设施, 已发布 Y.317X 系列标准规范, 包括自智网络在内的网络智能化的要求、架构、分级等相关标准	意图、感知、沙箱等相关标准
第三代合作伙伴计划 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP)	自智网络分级、闭环控制、意图驱动网络管理、管理数据分析等标准规范	AI/机器学习 (machine learning, ML) 管理
ETSI ISG	零接触网络与业务管理 (zero-touch network and service management, ZSM) 规范侧重网络和服务自动化管理; 体验式网络智能 (experiential networked intelligence, ENI) 规范侧重定义认知网络管理架构	NFV 启动了使能管理和网络编排 (management and network orchestration, MANO) 领域网络智能化工作, 聚焦于网络云专业领域自动化与智能化赋能
LINUX Foundation	从 AI 平台角度提出了 Acumos 开源平台; 从网络 IT 化、自动化角度提出了开放网络自动化平台 (open network automation platform, ONAP)、网络功能虚拟化开放平台 (open platform for network functions virtualization, OPNFV)、OpenDaylight 等标准	
中国通信标准化协会 (China Communications Standards Association, CCSA)	在多个技术工作委员会展开, 特别是网络管理与运营支撑工作委员会 (TC7)	运营管理智能化

(1) 架构标准: 国际电信联盟电信标准化部门 (ITU Telecommunications Standardization Sector, ITU-T) 从网络智能化角度提出支持网络功能智能化定制的 5G 网络架构, 欧洲电信标准组织 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 从网络管理智能化角度提出通用自主网络架构 (generic autonomic network architecture, GANA), TMF 从运营和闭环的角度提出自智网络三层四闭环核心框架。

(2) AI 与网络技术融合: 重构网络技术架构, 将网络分成智能层、数字孪生层、实体层, 或者将 “AI 能力” 作为 “服务” 开放。

(3) 工程化应用: 引入意图驱动管理来降低管理的复杂性, 或在无线、6G 等场景提出智能化解决方案。

综上所述, 电信网络智能化在架构标准、AI 与网络技术融合、工程化应用等方面均取得了一定的研究进展, 但尚须在电信网络智能化需求与智能化程度评估的基础上, 结合智能化目标, 形成体系化的解决方案。

2 电信网络智能化需求与智能化程度评估

2.1 电信网络智能化需求

由于 AI 尚未发展到通用智能阶段, 当前智能化更多的是将 AI 与具体应用场景结合, 利用数据和算法训练形成场景模型, 部署在生产环境使用。因此, 对智能化需求进行聚类 and 准确划分场景, 对于算法模型规模和数量管控非常重要。

电信运营商的智能化需求繁杂多样, 需要分层归类。按照前、中、后的层次, 将智能化需求划分为应用智能、运营智能和网络智能三大类。应用智能类需求从产品生命周期的角度进行聚类, 可细分为产品管理、市场与销售管理、业务受理等需求。运营智能类需求从保障网络基础设施正常运转、业务敏捷开通、故障快捷处理、客户体验智能感知等方面进行聚类, 可细分为网络保障、网络运营、服务编排与管理、客户体验与服务、基础设施管理等。网络智能类需求从规划、建设、自智方面进行聚类, 可细分为网络规划、网络建设、网络自智等。电信运营商智能化需求聚类如图 1 所示。



图1 电信运营商智能化需求聚类

2.2 电信网络智能化程度评估

电信网络智能化是一个业务、技术、流程相互融合的过程,涉及信息、智能、自动化等诸多关键要素,其中,信息是从数据中提取信息并形成知识,主要涉及数据采集与质量、跨域数据关联、数据标签,以及基于数据形成的知识库等;智能主要是指在智能化场景中应用智能技术的层次及程度,从低到高划分为感知、认知和决策;自动化是指将策略结合业务流程和资源配置进行编排,结合要操作的网络设备适配指令,形成可执行的解决方案并自动化执行,可划分为流程适配、资源匹配、指令适配与执行等。

为了能够提供有效的智能化解决方案,需要从信息、智能、自动化3个维度对电信运营商智能化程度进行评估,查找需要解决的智能化薄弱要素。其中,信息维度是从数据采集及质量、信息抽取程度(数据标签)、知识库构建等方面进行评估;智能维度是从AI感知技术应用(图像识别、语音识别等)、AI认知技术应用(网络故障智能识别和客户体验等)、AI决策技术应用(智能决

策等)进行评估;自动化维度是从业务流程与场景匹配、资源管理与编排、网络设备适配指令与自动化执行等进行评估。电信运营商智能化程度评估指标及结果如图2所示。

从图2可知,在信息方面,电信运营商智能化程度总体较高,如数据为70%、信息为60%,但在知识库方面仅为20%;在智能和自动化方面,电信运营商智能化程度均较低,基本不高于30%。电信运营商需要大力提升智能和自动化水平。

3 电信网络智能化目标

网络智能化要形成信息、智能与自动化的闭环。在智能化闭环中,信息对采集到的各类数据进行加工形成信息,并对信息进行提取形成知识;智能通过AI从信息中感知网络态势,进而通过认知判断存在的问题,通过决策提供解决方案;自动化按照智能决策提供的解决方案与流程、资源进行匹配,形成可执行指令并适配到网元设备,实现指令的自动化执行,并将执行结果以数据方式反馈。

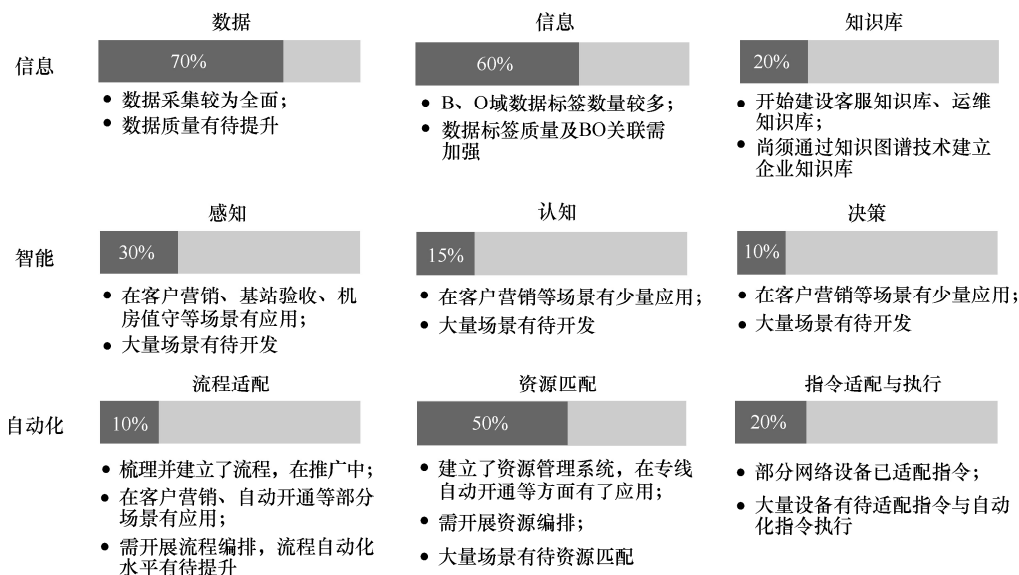


图2 电信运营商智能化程度评估指标及结果

电信网络智能化目标通过在网络及平台上构建智能引擎,形成信息、智能、自动化的智能化闭环,支持全息感知和实时控制,在面向网络与基础设施管理、产品与市场营销、客户感知与服务等方面,实现业务处理的全息感知与认知理解、全网络推演与决策、全场景实时控制。电信网络智能化目标如图3所示。

4 电信网络智能化方案

4.1 智能化框架

电信网络智能化主要涉及智能引擎的构建、网络及平台智能化。

智能引擎是网络智能化的核心,主要负责智能化闭环中的信息处理与认知决策,其核心是算法模型及企业知识库,其功能是结合智能化场景,利用现网数据训练出算法模型,从现网数据中发现网络及平台中存在的问题,并使用企业知识库查找解决方案,结合资源和指令适配形成可执行方案,下发网络及平台自动化执行,并接收反馈,优化算法模型。智能引擎主要包括智能化场景的分类管理、数据采集与处理、AI模型的训练与管理、认知决策、资源查询与调度、自动化执行等。

网络及平台智能化是网络智能化的基础,主要推进网络及平台的云化、NFV化、SDN化,以

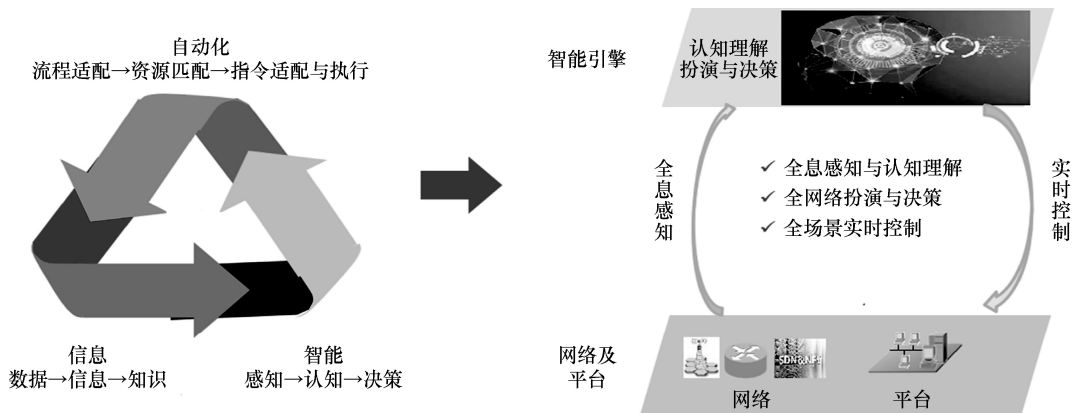


图3 电信网络智能化目标

及开放数据、控制等接口，以支撑数据的实时全量采集、决策指令的自动化执行及效果反馈。

智能化框架如图4所示。

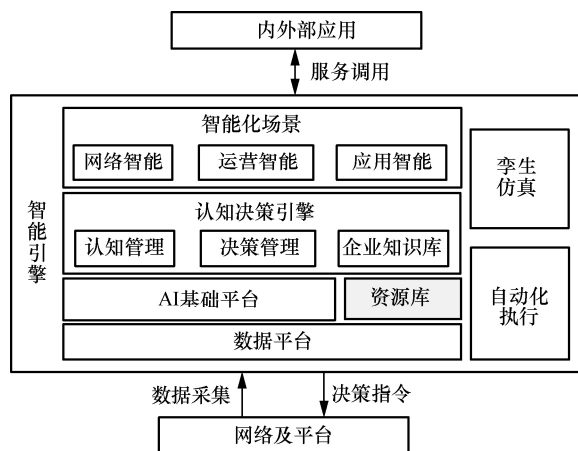


图4 智能化框架

(1) 智能化场景：包括网络智能、运营智能、应用智能等场景。鉴于目前的AI算法尚无法构建通用智能模型，因此较为工程化的做法是按照场景来驱动，即通过对智能化场景进行分类，按场景构建认知决策模型，分场景进行智能化处理。例如，可针对弹性资源管理与编排场景训练出相应模型，制定相应自动化执行方案等。

(2) 认知决策引擎：是智能认知决策的核心，负责认知决策，包括认知管理、决策管理、企业知识库等。

① 认知管理：负责利用AI模型对采集到的数据进行感知和分类，对异常形成遵循如下格式的待决策信息：业务类型（网络、IT、营销、客户感知、客服等）、事件类型（故障、优化、感知、容量等）、事件特征、涉及资源类型、涉及资源编号、开始时间等。数据感知与分类模块为多智能体结构，包括网络、IT系统、营销、客户感知、客服等智能体。其包括数据理解、问题分类、根因分析、异常定位、认知多智能体管理等功能模块。

② 决策管理：负责根据认知管理输出的根因分析及解决方案，生成决策策略。决策管理为多智能体结构，包括网络决策、IT系统决策、营销

决策、客户感知决策、客服决策等智能体。其负责接收待决策信息，通过多智能体管理将数据感知与分类模块输出的待决策信息，按照业务类型（网络、IT、营销、客户感知、客服等）、事件类型（故障、优化、感知、容量等）组合，分配到相应的决策模型智能体进行处理（若涉及多个决策智能体，则分配至多个决策智能体分别进行处理），由其形成决策，并与解决方案库、资源库配合生成可执行方案。若涉及多个决策智能体，则对多个决策智能体的可执行方案进行归并。其包括解决方案、资源匹配、可执行方案、模拟执行、执行反馈、解决方案优化、决策多智能体管理等功能模块。

③ 企业知识库：企业知识库是在对企业各类数据进行信息加工、知识提取后形成的。其包括事件节点、解决方案节点、事件与解决方案属性、事件与解决方案关联关系等功能模块。其以知识图谱的三元组（实体、属性、关系）方式提供预置的解决方案知识库，主要基于网络数据、工单、业务手册、维护手册、专家知识等，通过自然语言处理技术抽取实体、属性和关系，并以知识图谱技术构建解决方案三元组，包括实体节点、事件节点、解决方案节点、节点属性、节点关联关系等。对外提供查询接口，外部系统可通过该查询接口携带事件、属性等，查询对应该事件的解决方案。企业知识库提供客户、业务/产品、渠道、网络、平台、客服等方面的资源信息、标准配置信息、常见故障及特征、解决方案等。企业知识库示例如图5所示，构建客户类节点、故障类节点、网络类节点，并附加相应的节点属性，节点属性间可进行关联。通过手机号码关联用户投诉，匹配故障特征，关联相应网元。

(3) AI基础平台：负责基于数据平台的数据进行事件感知与分类模型、决策模型等AI模型的训练，并将模型分别部署到事件感知与分类模块、决策模块等。其提供算法与框架、模型训练与部署、模型市场等功能。

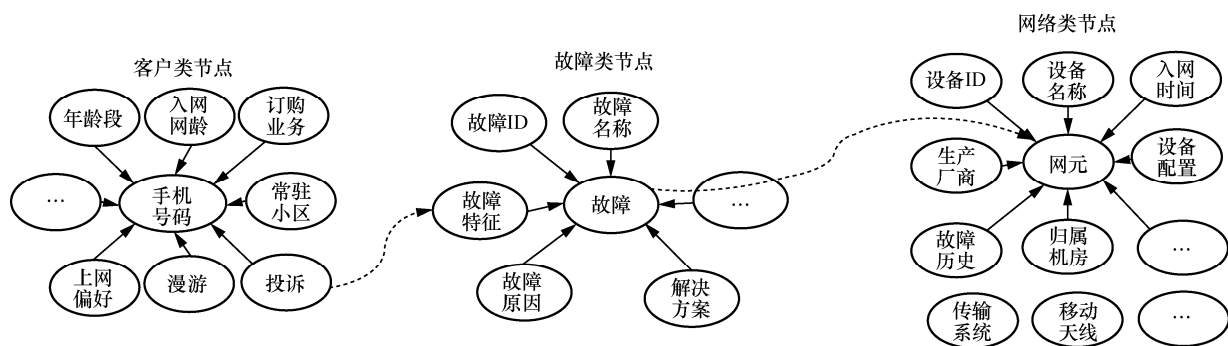


图5 企业知识库示例

(4) 资源库：负责提供基础空间资源、网络资源、云资源、业务资源等，为资源编排提供基础。

(5) 数据平台：提供模型训练、企业知识库构建、认知决策所需的各类数据，并对其进行数据融通处理。

(6) 孪生仿真：负责提供数字仿真环境，对网络进行孪生和动态仿真。能够接收实例化的解决方案进行动态仿真测试，验证解决方案的可行性。

(7) 自动化执行：负责对认知决策引擎形成的解决方案进行实例化和执行，包括端到端流程、资源编排、指令适配、指令下发。

① 端到端流程：负责以流程方式按业务场景端到端串接企业的平台、网络、组织、人员等。

② 资源编排：负责按照端到端流程匹配资源。

③ 指令适配：负责将解决方案中的通用文本指令翻译成与网络设备匹配的指令，以便网络和设备执行。

④ 指令下发：负责将可执行解决方案以指令方式下发给相应的网络和设备执行，并接收执行结果。

4.2 智能化关键技术方案

4.2.1 智能化功能模块与流程

为使智能化引擎更具操作性，需要在智能引擎框架下细化智能引擎的功能模块，并通过流程串接各个功能模块形成合力。智能化引擎的功能模块包括数据平台、AI平台、认知管理、决策管理、企业知识库、资源库、自动化执行等。数据

平台模块主要包括用户基础数据、信令面/用户面数据、告警数据等，以及进行跨域数据融通。AI平台模块包括算法与框架、模型训练与部署、模型市场等。认知管理模块主要包括数据理解、问题分类、根因分析等。决策管理模块包括解决方案、资源匹配、可执行方案等。企业知识库模块包括事件节点、解决方案节点等。资源库模块包括基础空间资源、网络资源、云资源等。自动化执行包括端到端流程、资源编排、指令适配、指令下发等。

智能化功能模块与流程如图6所示。数据中台从网络中采集数据，预处理后送入AI平台进行模型训练，生成适合某类场景的认知模型、决策模型并分别部署至认知管理和决策管理模块。当认知模型接收到网络态势数据后，认知模型负责对事件进行分类，并由决策模型调用企业知识库的解决方案，与资源库的资源进行匹配，形成解决方案，提交给自动化执行模块来与网络对接执行。

(1) 数据平台从网络及平台采集数据，进行预处理并存储。

(2) AI平台利用历史数据模块的数据进行模型训练，形成事件感知与分类模型、决策模型等。

(3) AI平台将事件感知与分类模型、决策模型分发部署到认知管理模块、决策管理模块。

(4) 认知管理模块按照从网络及平台采集的实时数据，对现网进行感知和分类。

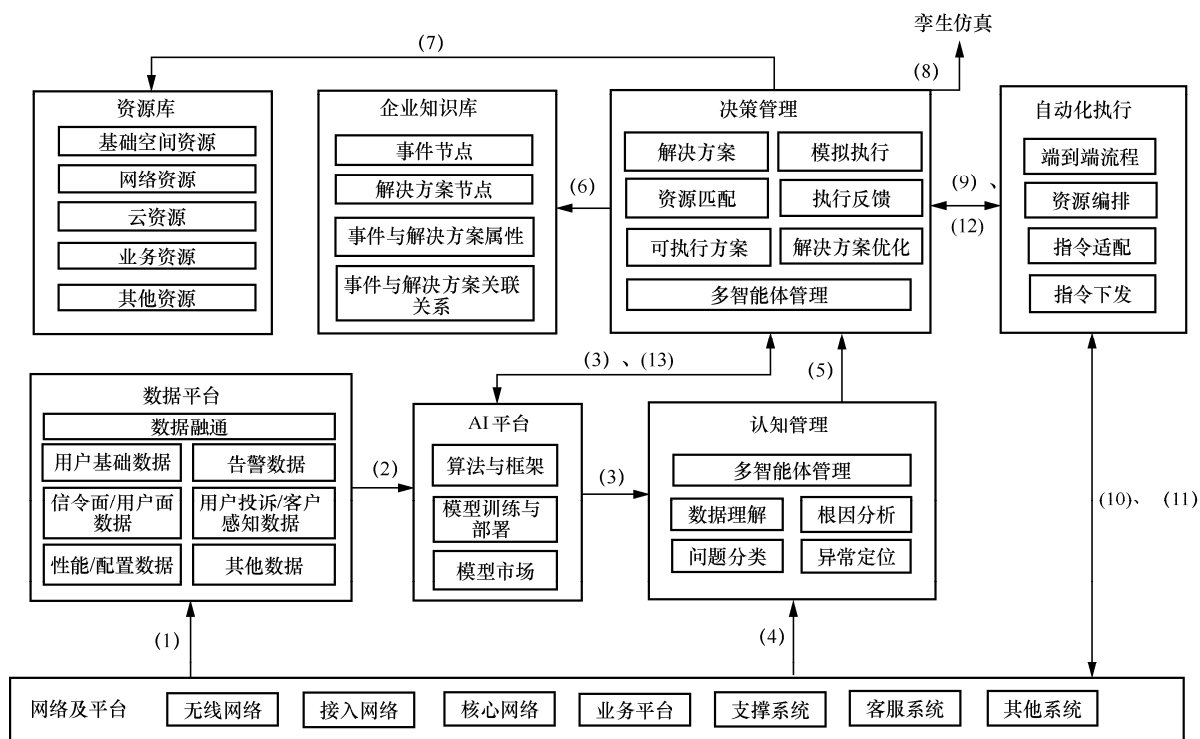


图6 智能化功能模块与流程

(5) 认知管理模块发现网络状态异常后生成待决策信息，并传递给决策管理模块。以核心网故障为例，生成的待决策信息包括业务类型（如网络）、事件类型（如故障）、事件特征（如性能指标异常）、资源类型（如用户面功能（user plane function, UPF））、资源编号（如 R-C-UPF-0001）、开始时间（如 2021-10-16 10:00）等。

(6) 决策管理模块通过企业知识库以业务类型、事件特征、事件类型、资源类型进行匹配，匹配到对应的特征节点（如故障），并找到该特征节点下的解决方案，进而关联到相应网元，查找出/入网时间、设备配置、归属机房、故障历史等。决策管理模块将上述信息结合，形成初步解决方案。

(7) 决策管理模块通过网元、归属机房等到资源库查找关联的备用资源等，与初步解决方案结合，形成待执行解决方案。

(8) 决策管理模块将待执行解决方案传递给

孪生仿真进行模拟执行。若模拟执行得分低于设定的阈值，直接反馈解决方案失败信息给决策管理模块，流程中止。

(9) 决策管理模块将待执行解决方案传递给自动化执行模块执行。

(10) 自动化执行模块按解决方案匹配端到端流程，并对涉及的资源进行编排，将解决方案中的通用指令翻译成网元和平台可执行指令，形成可执行指令。自动化执行模块将可执行指令传递给网络及平台的相关网元执行。

(11) 网络及平台反馈指令执行结果给自动化执行模块。

(12) 自动化执行模块将指令执行结果给决策管理模块。

(13) 决策管理模块对指令执行结果进行评价，并将评价数据传递给 AI 平台进行模型优化。

4.2.2 数据处理

数据是智能认知决策的基础，电信运营商的



数据来源涉及业务（B）、运营（O）、管理（M）等多个域，由多个系统产生和采集，存在数据字段同义不同名的情况，需要进行梳理、归类和贯通处理，形成可用的基础数据。数据处理方法是通过统一 ID（MSISDN（mobile subscriber international ISDN/PSTN number）/ 国际移动用户标志（international mobile subscriber identity, IMSI）/ 国际移动设备标志（international mobile equipment identity, IMEI）、编号、数据字段名称，采用 ALBERT 等自然语言处理模型对不同表的统一 ID、数据字段进行模糊匹配，关联市场前端数据、业务办理数据、用户行为数据、网络与平台数据，融通企业数据，充分发挥数据的智慧赋能价值。可先关联域内，再进行域间关联，具体如下。

（1）市场前端数据的关联 ID 是客户号码等，可先关联域内的业务、产品、客户、渠道、终端、员工、组织树等，再与业务办理数据和用户行为数据进行域间关联。

（2）业务办理数据的关联 ID 是订单 ID 等，可先关联域内的订单、订购关系、工单、合同、项目等，再与市场前端数据、用户行为数据、网络与平台数据进行域间关联。

（3）用户行为数据的关联 ID 是客户号码等，可先关联域内的业务使用记录、客服记录等，再

与市场前端数据、业务办理数据、网络与平台数据进行域间关联。

（4）网络与平台数据的关联 ID 是设备 ID 等，可先关联域内的资源、空间、设备、网络拓扑、性能、配置、告警等，再与业务办理数据、用户行为数据进行域间关联。

基于历史的因素，关联 ID 存在同义不同名的情况，需要利用 ALBERT 等自然语言处理预训练模型进行模糊匹配，可进一步提升。

电信运营商的数据类型与关联关系如图 7 所示。

4.2.3 算法模型构建与集成

算法模型是智能认知决策的核心，理想情况是构建能够适配所有场景的通用模型，但受限于通用智能技术的发展水平，目前只能结合具体场景构建认知决策智能体模型，还无法实现通用模型。为此，需要在对业务场景进行归类的同时，梳理智能化场景与主要 AI 算法的关联关系，以便利用相应 AI 算法训练相应场景的智能模型。智能化场景包括网络规划、网络建设、网络自智、网络保障、服务编排与管理、基础设施管理、产品管理、市场与销售管理、业务受理（意图）、客户体验与服务等，AI 算法包括经典机器学习、深度学习、强化学习、计算机视觉、自然语言处理、语音处理、知识图谱等。智能化场景与 AI 算法基

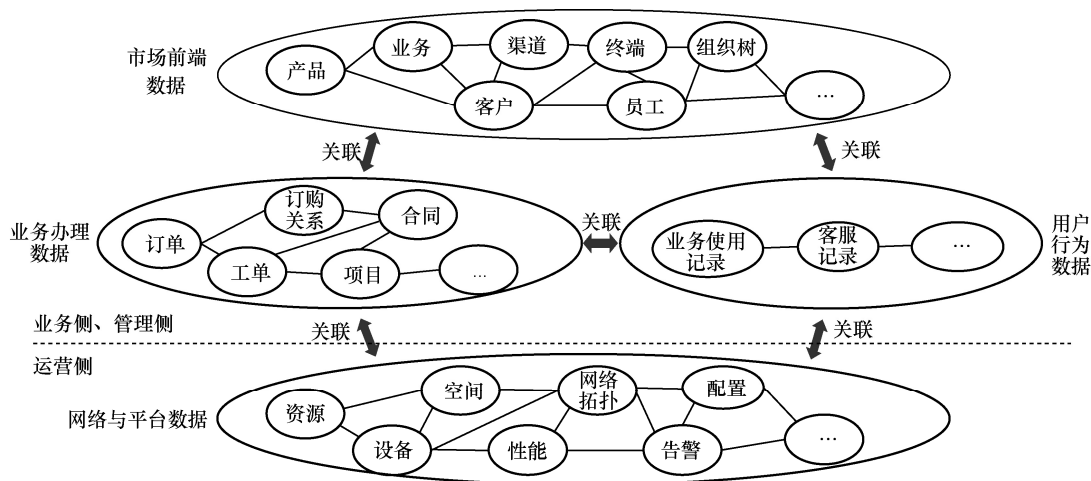


图 7 电信运营商的数据类型与关联关系

本上是多对多的关系，同一个智能化场景会用到多个 AI 算法，需要考虑 AI 算法模型的集成、部署及模型参数实时更新，即一个场景的智能体要包含多个 AI 算法模型，其能够依据输入的数据参数（特殊标识或差异化数据字段）确定训练和调用智能体中的相应的 AI 算法模型，并进行模型参数更新。

算法模型部署到生产环境后，需要结合生产实际不断优化。为解决算法模型的自优化问题，可采用强化学习模式，借鉴 DeepMind IMPALA 算法框架，即总部集中部署智能体（学习者），由其集中学习模型，并将模型参数分发给智能体（行动者）进行模型参数更新；分布式部署智能体（行动者），与区域/本地数据中心（data center, DC）的管理系统对接，由智能体（行动者）在环境中进行推理决策及执行动作，并将状态和动作数据反馈给智能体（学习者）进行模型优化。智能体部署及模型参数更新模式如图 8 所示。

由图 8 可知，智能体分为行动者和学习者，其中，行动者是训练好的模型（认知决策引擎），部署在网络环境中，负责接收网络数据并进行认知决策和动作执行，同时也负责将状态和动作数据传递给学习者；学习者集中部署在 AI 平台和数据平台，对模型进行持续训练和优化，并将更新后的模型参数传递给行动者进行参数更新。

5 结束语

本文在电信运营商智能化需求分析的基础上，提出了一种电信网络智能化方案，包括智能化框架、智能化功能模块与流程、数据处理、算法模型构建与集成，有助于推动电信运营商网络与 IT 的敏捷高效和智能，为智慧运营赋能，实现效率最大化和价值最大化。本文对该方案进行了初步原型验证，证明了该方案具备可行性，但也存在一些待解决的问题，例如，不同类型数据的

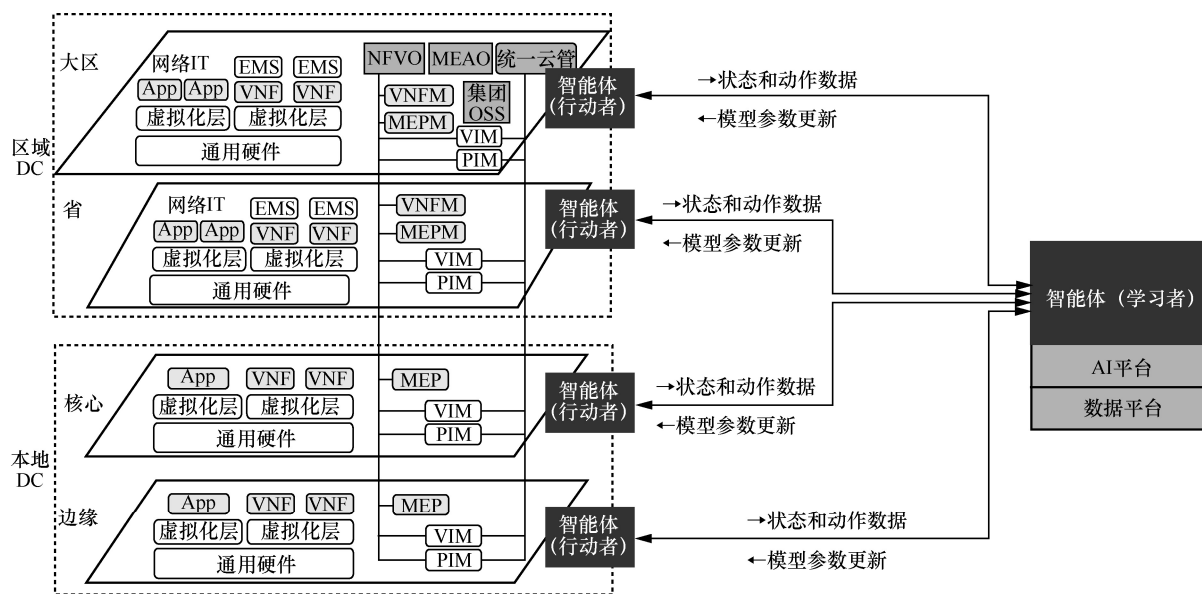


图 8 智能体部署及模型参数更新模式

注：网元管理系统（element management system, EMS）；网络功能虚拟化编排器（network functions virtualisation orchestrator, NFVO）；多接入边缘应用编排器（multi-access edge application orchestrator, MEAO）；运行支撑系统（operational support system, OSS）；虚拟化的网络功能模块（virtual network function, VNF）；虚拟化的网络功能模块管理器（virtual network function manager, VNF）；移动边缘平台（mobile edge platform, MEP）；移动边缘平台管理器（mobile edge platform manager, MEPM）；虚拟资源管理器（virtual infrastructure manager, VIM）；物理基础设施管理（physical infrastructure management, PIM）



关联 ID 表达不一致, 需要提升模糊匹配能力; 认知模型无法穷举种类繁多的网络事件; 多智能体协作不足等。下一步将针对上述问题进行深入研究, 提出解决方案。

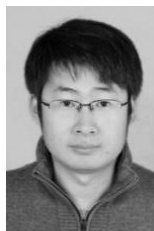
参考文献:

- [1] 3GPP. Intent driven management services for mobile networks(version 17.1.0)[S]. 2022.
- [2] 杨震, 赵建军, 黄勇军, 等. 基于网络演进的人工智能技术方向研究[J]. 电信科学, 2022, 38(12): 27-34.
YANG Z, ZHAO J J, HUANG Y J, et al. Study on the direction of artificial intelligence technology based on network evolution[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(12): 27-34.
- [3] 李涛, 李姗姗, 方虬. 运营网络智能化体系研究[J]. 信息通信技术, 2022, 16(5): 47-54.
LI T, LI S S, FANG Q. Research on intelligent operation network system[J]. Information and Communications Technologies, 2022, 16(5): 47-54.
- [4] ETSI. Generic autonomic network architecture (GANA) (version 1.1.1)[S]. 2020.
- [5] ITU-T. Architectural framework for machine learning in future networks including IMT-2020: ITU-T Y.3172[S]. 2019.
- [6] TMF. Autonomous networks whitepaper (3.0)[R]. 2021.
- [7] 梁春晖. 5G 通信与人工智能的技术融合分析[J]. 电子技术, 2022, 51(3): 250-251.
LIANG C H. Analysis on technical integration of 5G communication and artificial intelligence[J]. Electronic Technology, 2022, 51(3): 250-251.
- [8] 刘光毅. 通信和人工智能导读[J]. 无线电通信技术, 2022, 48(4): 559-561.
LIU G Y. Guide to communications and AI[J]. Radio Communications Technology, 2022, 48(4): 559-561.
- [9] 黄秋萍, 刘晓峰, 高秋彬, 等. 基于人工智能的大规模天线信道状态信息反馈研究[J]. 电信科学, 2022, 38(3): 74-83.
HUANG Q P, LIU X F, GAO Q B, et al. Study of channel state information feedback based on artificial intelligence[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(3): 74-83.
- [10] 王东, 管婉青, 张海君, 等. 基于人工智能的 6G 网络技术[J]. 无线电通信技术, 2021, 47(6): 724-731.
WANG D, GUAN W Q, ZHANG H J, et al. 6G network technology based on artificial intelligence[J]. Radio Communications Technology, 2021, 47(6): 724-731.

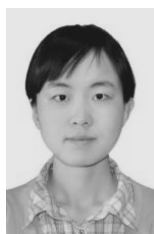
[作者简介]



李涛 (1978—), 男, 中国联合网络通信有限公司研究院数智化规划与研究室主任、正高级工程师, 中国通信学会人工智能技术与应用委员会委员, 中国人工智能学会高级会员, 主要研究方向为智能化体系、网络 AI、数智化规划等。



王春佳 (1984—), 男, 现就职于中国联合网络通信集团有限公司, 主要研究方向为数字化转型、战略规划、项目管理、质量管理、研发管理。



李姗姗 (1986—), 女, 中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为数智化规划、大数据挖掘、数字化效能评价等。

《电信科学》第六届编辑委员会

顾 问:

邬贺铨

邬江兴

刘韵洁

何 友

余少华

张 平

韦乐平

蒋林涛

主 任 委 员:

陈山枝

副主任委员:

文 剑

刘华鲁

彭木根

赵慧玲

高 鹏

孙智立

王重钢

编 委: (按姓氏笔画排序)

马 炬

王卫红

王 桐

王继业

方景龙

艾 渤

卢光跃

曲 桦

刘 瑜

刘永祥

刘建明

江 涛

安建平

孙晓颖

孙爱晶

孙鹏飞

孙韶辉

阳小龙

纪越峰

李 赞

李长海

李玉峰

苏 洲

杨婷婷

吴 巍

吴大鹏

冷甦鹏

汪春霆

沈连丰

宋令阳

张云勇

张成良

张同须

张建军

陈芳炯

陈章渊

易东山

金 石

金耀初

周 亮

周一青

周华春

孟维晓

赵 楠

赵军辉

胡卫生

胡宇翔

段向阳

段晓东

敖 立

徐文渊

唐雄燕

黄永明

曹卫平

曹先彬

崔 勇

章坚武

梁宏斌

梁海滨

董振江

蒋 力

程 方

谢高岗

窦 笠

蔡 康

戴凌龙

收录声明

本刊已被中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)全文收录,被本刊录用的文稿,将一律由编辑部统一纳入中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)。若作者不同意被收录,将在来稿时向本刊说明,本刊将做适当处理。若无特别声明,视同将录用文稿的电子网络版、汇编或合订本的使用权授予本期刊社,本刊支付的稿费中已包含上述费用。

The articles of *Telecommunications Science* have been embodied by WANFANG DATA and CNKI. The accepted articles will be unified into WANFANG DATA and CNKI. If the author does not agree to his or her article to be included, the author must illustrate when the article is submitted. The editorial department will properly handle. If the authors do not give a special announcement, the editorial department believes that the authors have granted the right of their articles to *Telecommunications Science*. The expenses have been included in the fee paid by editorial department.

道德声明

本刊发表的文稿是作者独立取得的原创性研究成果,无一稿多投;文稿内容不涉及国家机密;未曾以任何形式用任何文种在国内外公开发表过;文稿内容不侵犯他人著作权和其他权利。若发生一稿多投、侵权、泄密等问题,文稿作者将承担全部责任。

The authors of *Telecommunications Science* guarantee that their submitted articles are original and contain nothing confidential. The said article is only submitted to *Telecommunications Science*. The said article has not been published before and has not been submitted elsewhere for print or electronic publication consideration. The said article is in no way whatever a violation or an infringement of any existing copyright or license from the third party. Otherwise, the authors of the said article shall take the blame for the violation or infringement of the related copyright and the leakage of secrets.

电信科学

Telecommunications Science



邮发代号: 2-397 国外代号: M841 定价: 68.00元

ISSN 1000-0801

