



工程与应用

算网大脑智能化水平分级方法研究

王琛, 赵鹏, 唐国华, 王晓晗, 袁向阳
(中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 算网大脑是算力网络的智能中枢, 是实现算网多要素融合编排调度的关键系统, 智能化是算网大脑实现和提升业务灵活、敏捷、高效编排管理与运营能力的核心。通信产业界各方在前期算网大脑产品实现的基础上, 聚焦算网大脑的智能化技术引入, 并对算网大脑未来智能化演进提出了较高期望。然而, 当前尚未形成体系化的算网大脑智能化水平评估方法, 无法较好地评估当前算网大脑产品所处智能化水平等级、可提升环节及待优化关键指标等内容。基于业界已有工作和需求分析, 研究算网大脑智能化演进目标和阶段能力, 提出了一种算网大脑智能化水平分级方法, 包含评估对象选择、评估流程分解、约束指标考量等细化步骤, 以及一套完整适配算网大脑智能化级别评估的规则, 并在最后给出了具体应用示例。该方法可有效量化算网大脑系统所处的具体级别以及向下一级演进的方向与指标, 为业界分级评估和系统建设提供参考。

关键词: 算网大脑; 管理编排; 智能化分级

中图分类号: TN915

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2024153

Research on intelligent level of the brain of computility network

WANG Chen, ZHAO Peng, TANG Guohua, WANG Xiaohan, YUAN Xiangyang
China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: Brain of computility network is the intelligent center of computility network, and it is the key system to realize multi-element orchestration and scheduling of computility network. Intelligence is the core of realizing and improving the flexible, agile and efficient orchestration, management and operation capability of the brain of computility network. Many companies in the communication industry have focused on the introduction of intelligent technology of the brain of computility network on the basis of the early realization of the products, and put forward high expectations for the intelligent evolution of the brain of computility network in the future. However, at present, there is no systematic evaluation method for the intelligence level of the brain of computility network, which cannot well evaluate the intelligence level, upgrading stages and key indicators to be optimized. Based on the existing work and demand analysis in the industry, the goal and stage capability of the intelligent evolution of the brain of computility network were studied, and a classification method of the intelligent level of the brain of computility network was put forward, which included detailed steps such as the selection of the evaluation object, the decomposition of the evaluation



process, the consideration of the constraint indicators, and a complete set of rules for the evaluation of the intelligent level of the brain of computility network. Finally a concrete application example was given. The proposed method can effectively quantify the specific level of the brain of computility network system, clarify the direction and index of its evolution to the next level, and provide reference for industry intelligent evaluation and system construction.

Key words: brain of computility network, management and orchestration, intelligent level

0 引言

2020年起, 中华人民共和国国家发展和改革委员会、中央网络安全和信息化委员会办公室、中华人民共和国工业和信息化部等国家机关多次联合发文, 统筹与鼓励加快建设全国一体化大数据中心算力枢纽体系和全国一体化大数据中心协同创新体系, 同时强调要进一步打通网络传输通道, 推动国家核心枢纽数据节点、城市内部数据中心等算力节点的互联互通, 构建新型算力网络体系, 促进要素流通。

算网大脑是落实国家算力网络体系战略的重要平台, 从全局层面进行综合统筹设计, 实现多类型异构算力节点通过高速复杂网络进行跨地区连接协同, 将算力节点、网络线路、能力供应节点(如人工智能能力、数据能力、安全能力等)有机高效结合, 实现多能力要素一体编排调度^[1]。

随着算网大脑产品基础功能逐步实现, 业界对于未来产品智能化演进提升的需求越发强烈, 但当前并未有完整的评估方法可以参考指导, 因此本文提出一种可以指导算网大脑演进优化的智能化水平分级方法, 并结合此方法给出具体应用示例。

1 算网大脑架构及功能概述

2019年起, 通信运营商、通信厂商、高校等开始联合进行算力网络技术研究和体系构建^[2-4], 当前已基本明确算网体系由业务运营层、编排管理层和基础设施层组成。算网体系架构如图1所示, 算网大脑作为编排管理层中负责跨域编排调

度的管控使能平台, 包含设计、编排调度、感知接入、能力接入和智能共5项核心能力模块, 并通过网络域和算力域能力网关对接各专业域管控层系统。



图1 算网体系架构

中国通信标准化协会(CCSA)在多个TC开展算网标准化工作, 当前已初步完善了算网大脑标准体系^[5-7], 其中TC3负责算力网络整体架构和使能管控层关键技术标准化, TC7负责算网运营管理体系架构及编排管理功能技术标准化, TC1、TC6、TC8则针对性地对延伸的应用场景、安全技术、关键指标等进行规范定义。

国际标准方面, 我国企业在ITU-T、IETF等组织开展了标准制定工作, 其中ITU-T SG13制定的算力网络总体需求标准^[8]提出了对算网大脑的基本需求, 并正在开展细化工作。

随着算网大脑设计思想与体系架构逐渐成

型，行业开始系统性制定演进规划^[2,9]，演进可大致分为初、中、高共3个阶段，其中初级阶段旨在实现云网协同、断点打通、概念验证和功能探索，该阶段已在2022年实现。从2023年开始，算网大脑进入中级发展阶段，目标是实现要素融合、智能编排、试点商用和自智探索，预期在2025年实现。高级阶段的目标已明确算网大脑需要进一步引入数字孪生、大模型等关键智能化技术，向算网智脑、原生编排、业务创新、智能闭环的目标演进。

算网大脑演进的本质是智能化技术占比的提升，需要一套方法对所处水平进行评估。通信网领域在算网大脑智能化分级需求出现之前，已开展了具体的分级评估方法制定工作^[10-14]。信息通信网运营管理智能化水平分级的通用方法^[12]见表1，通信智能化分级在评估流程和方法方面已取得较多成果，该方法将基于业务处理流程分为“意图管理—感知—分析—决策—执行”5个步骤，并分别进行水平分级定义。考虑算网领域包含了通信网元素，因此算网大脑智能化分级有必要选择性参考通信网分级思想，并结合算网需求进一步细化。

2 算网大脑智能化分级需求分析

考虑算网大脑智能化需求来源多、待提升方向多、涉及流程多、所需能力多，本节梳理了算网大脑智能化分级方法制定过程中应考虑的各项需求，为分级方法制定提供依据，从而系统性

地指导产品的智能化评估与优化迭代。

算网大脑智能化演进需求来源于国家战略、用户体验和运营商转型等多方面，需要考虑来自业务模式转变支撑、跨域全局编排调度、算网自智3个提升方向。

业务模式转变支撑方面，算网大脑改变传统资源导向的业务模式，通过任务式服务将业务设计复杂度从用户侧下沉到大脑侧，支持用户一站式订购复杂算网业务。

跨域全局编排调度方面，算网大脑需要综合考虑网、云、数、智、安等要素领域情况，分析不同场景业务具体需求，在智能化编排中做到业务和资源合理映射匹配、单域—全局资源最优平衡、单域—全局自治责任分配、业务近实时动态调优等。

算网自智方面，算网大脑需要如知识图谱等支持用户的业务问答与推荐，需要数字孪生等实现业务虚拟验证和评估，需要专有大模型系统化提升算网大脑意图理解、分析、决策等环节的智能化水平。

基于上述需求维度，智能化可以进一步细化。从业务生命周期角度可以分为设计、编排和调度智能。从运营管理流程^[5]来看，实现3类智能的具体能力可分析、决策、预测、优化、平台能力。

业务设计、编排与调度流程如图2所示，设计智能应用于业务设计和需求解析，实现模板设计与匹配、复杂需求拆解等，主要应用于设计

表1 信息通信网运营管理智能化水平分级的通用方法^[12]

级别	名称	执行流程	感知流程	分析流程	决策流程	执行流程
0级	人工运营管理	人工	人工	人工	人工	人工
1级	辅助运营管理	人工+信息通信系统	人工+信息通信系统	人工	人工	人工
2级	初级智能化运营管理	信息通信系统	人工+信息通信系统	人工+信息通信系统	人工	人工
3级	中级智能化运营管理	信息通信系统	信息通信系统	人工+信息通信系统	人工+信息通信系统	人工
4级	高级智能化运营管理	信息通信系统	信息通信系统	信息通信系统	信息通信系统	人工+信息通信系统
5级	全智能化运营管理	信息通信系统	信息通信系统	信息通信系统	信息通信系统	信息通信系统

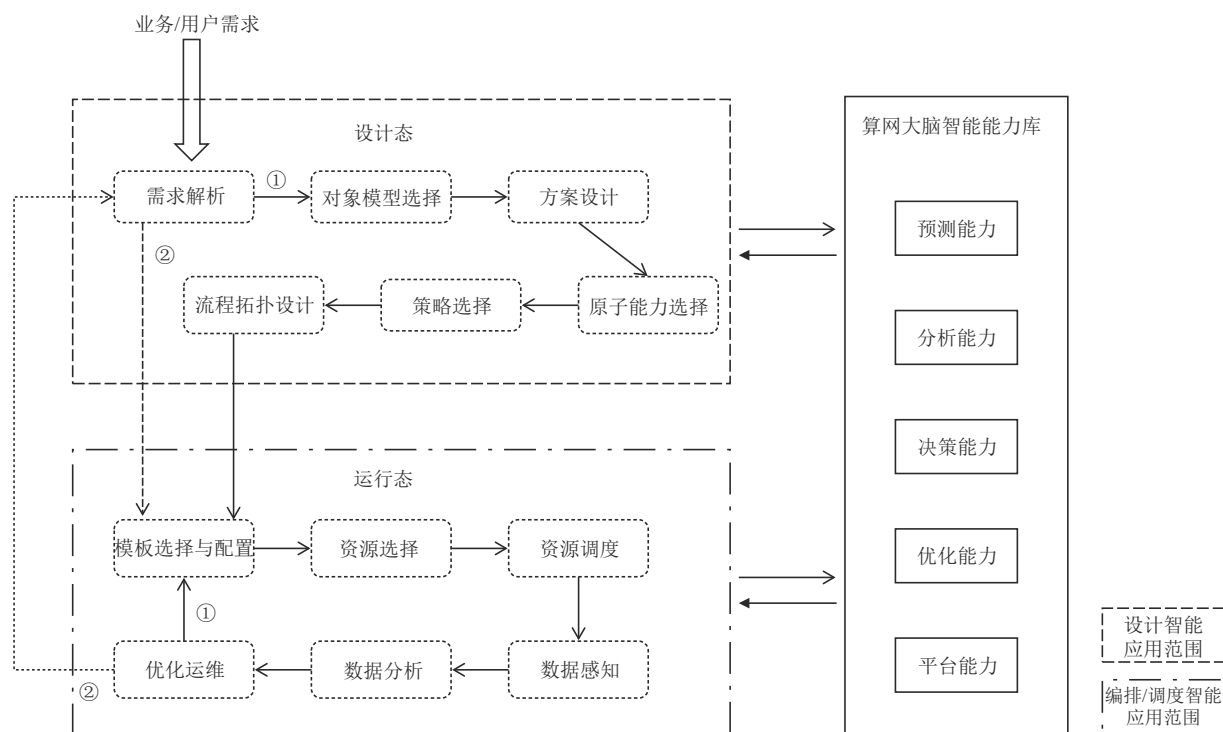


图2 业务设计、编排与调度流程

态,使用分析能力。编排智能应用于生命周期管理和运维优化,实现参数填充、业务拓扑设计、SLA 智能保障等,主要应用于运行态前期和后期阶段,使用预测、分析、决策和优化能力;调度智能应用于资源调度,实现节点内资源分配、调度策略优化等主要应用于运行态中期阶段,使用分析和决策能力。平台能力用于培育智能化能力的训练优化,实现能力持续。

3 算网大脑智能化水平分级方法

结合上述算网大脑架构、功能以及智能化分级需求来源的三大方向,本节给出智能化水平分级整体方法以及具体各步骤所包含的细节。该分级方法包括具体评估对象确定方法、任务拆解方法、应考虑约束指标类型以及通用分级规则。最后,给出一些可量化评估指标的示例,供企业结合自身需求进行细化制定。

3.1 方法概述

算网大脑分级首先应确立评估对象,本文创

新性地提出新的三维评估对象确定方法,通过具体算网交付任务、算网面向的用户类型和运营管理过程,确定评估对象。其次是针对已确立的评估对象分解算网编排管理流程,分析各关键任务的实现难度和需求紧迫性,为分级规则制定提供参考。然后,本文创新性地引入约束指标的概念,给出传统评估过程中未考虑的隐性指标,支持分级评估更加全面与合理。最后结合上述要素,给出具体分级规则,并结合用户需求趋势和产品进展,移除全人工参与的L0级、细化意图管理各级别规则、明确各级智能化占比,以进行更好的适配。

3.2 评估对象

算网大脑智能化水平分级评估对象的确定可以从3个维度进行综合选择,包括运营管理过程、应用范围和算网业务类型。

(1) 评估维度1——运营管理过程

该维度从算网包含阶段流程出发,保证算网分级方法全方位涵盖算网设计时和运行时环节。

- 算网规划：旨在对算网业务构建所需的资源部署方案、资源预留容量、用户需求等与算网业务供应相关的内容进行预测、方案设计、合理性评估和给出建议等。
- 算网建设：旨在基于规划方案进行算网大脑管理系统内部建设和配置、纳管对象接入配置部署，以及测试验收。
- 算网维护：旨在基于单业务实例保障和全局优化双需求，实现单业务层面的质量识别定位、方案制定以及全局层面的资源协同编排调度优化等工作。
- 算网优化：旨在基于单业务实例保障和全局优化双需求，实现单业务层面的质量识别定位、方案制定以及全局层面的资源协同编排调度优化等工作。
- 算网运营：旨在实现跨域多要素算网业务的一体化运营，如LCM需求分解、方案设计或匹配、资源勘查等环节，也包括投诉内容分析、定位、告警原因分析等。

(2) 评估维度2——算网业务

该维度从算网业务类型出发，保证算网分级方法考虑并覆盖丰富的算网专业场景。

- 安全业务：一种通过网络向不同需求客户在近源侧和集中侧提供如防火墙、Web应用防火墙（WAF）、日志审计、堡垒机等安全能力的业务场景。
- 视频业务：一种通过网络向用户提供包括边缘侧和中心侧视频处理、转发、渲染和AI检测识别等能力的业务场景。
- 东西协同业务：一种通过网络向东部用户提供包括西部计算算力、存储能力、AI模型、大数据分析能力等的业务场景。
- 云电脑业务：一种通过网络向端侧用户提供包括办公桌面、视频会议、电脑游

戏等能力的业务场景。

(3) 评估维度3——应用范围

该维度从算网面向业务客户类型出发，保证分级方法考虑不同类型用户的感受。

- 公众类：面向个人用户和家庭用户的单实例小规格需求用户的算网业务类型，具体可包括传统业务类、新兴应用类、终端类等。
- 政企类：面向政府、企业或其他具备大规模业务需求用户的算网业务类型，具体可包括基础资源型产品、标准任务型产品、解决方案型产品等。
- 综合类：同时面向政企用户和公众用户提供的算网业务类型，需要同时向企业和用户提供业务资源、编排运维和质量保障能力，具体可包括云游戏、智能驾驶等。

3.3 任务分解

算网大脑的运营管理流程包括意图管理、感知、分析、决策、执行共5个任务。

意图管理是直接承接各类用户意图的首要环节，也是将上层意图转换到其他4个步骤的关键中转纽带。意图管理是减少用户交互成本最直接的步骤之一，用户对于意图管理的期望已转变为基本功能。

感知主要体现在3个方面，首先是感知全局资源和原子能力资源的状态，第二是感知业务实例的状态信息，第三是感知用户侧信息。

分析是利用规则、策略和AI能力实现对运营管理过程中遇到的情况进行智能化分析并给出对应的建议操作或方案。智能化分析对象包括资源情况分析、业务质量分析和用户行为分析等，分析要求包括需求预测、故障分析、优化方案制定等。

决策是指基于分析过程产生的输出，再结合决策需考虑的关键信息综合选择最佳解决方案或



操作。

执行是基于决策输出进行操作实现。因为大脑对接各管控系统，指令通过接口实现，执行智能化是最易实现的。

算网大脑各任务难度和紧迫性如图3所示。

3.4 约束指标

网络智能化分级方法关注网络性能提升方面和业务效益增加的相关指标。而算网大脑作为算力网络国家战略的核心使能管控系统，需要承担更多额外算网国家战略的支撑责任^[15]，如国产化

CPU/GPU/DPU 芯片等的有效纳管，新技术如网计算、SRv6的落地支撑、双碳目标的贯彻实现等。

基于上述需求，本文给出需要在分级中额外进行考虑的3类指标类型，以保证算网大脑智能化分级评估的全面性，约束指标类型见表2。

- 前置条件类：在评估前应考虑的指标，主要用于避免算网大脑仅针对某个单一特性或场景进行强化，不考虑全局效果，甚至弱化了全局整体效果。

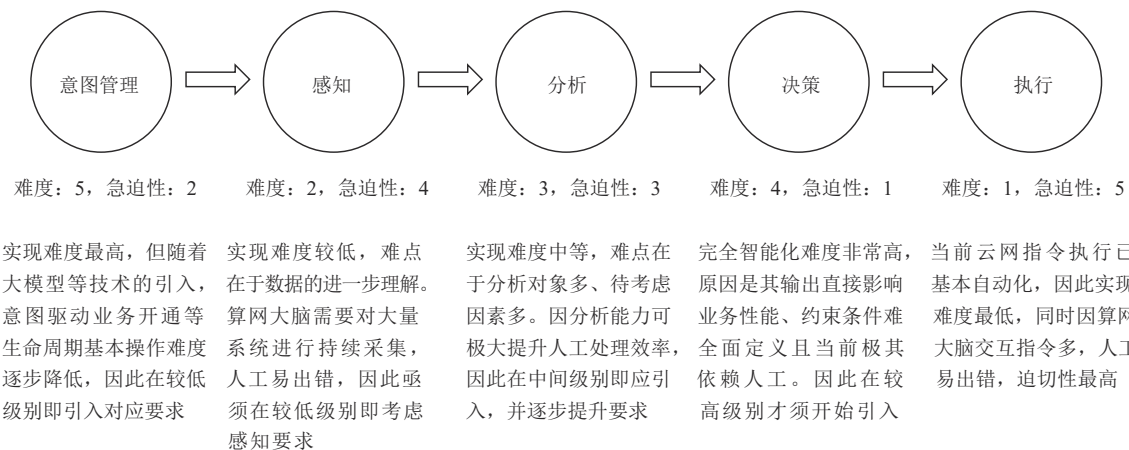


图3 算网大脑各任务难度与紧迫性

表2 约束指标类型

指标类型	指标举例	说明
业务场景覆盖类（前置类）	东数西存、东视西渲、云桌面、智能视频	可提供的业务类型丰富度。只有覆盖场景达到一定数量，分级得分才具有指导意义
行业场景覆盖类（前置类）	教育、医疗、智能制造	业务覆盖行业类型的丰富度。只有覆盖场景达到一定数量，分级得分才具有实际意义
技术应用覆盖类（前置类）	SRv6、在网计算 ^[16] 、区块链、联邦学习	可识别和使用的关键技术随着丰富程度的增加，算网大脑能够向用户交付的业务性能将随之提升，运维难度将随之下降
单域质量优化类（后置类）	单域资源利用提升比例、单域资源使用成本下降比例	对单专业域业务和资源的优化提升程度。该类指标从业务所在的专业域角度评估影响
全域质量优化类（后置类）	跨域资源利用提升比例、跨域资源使用成本下降比例	对全局业务和资源的优化提升程度。该类指标从全局出发，从多专业域出发综合评估全局影响
国产设备支持类（其他类）	国产GPU、国产CPU、国产DPU、国产FPGA	支持纳管的国产资源类型的丰富度。该类指标体现适配国产设备能力以及对社会责任的承担程度
绿色节能类（其他类）	碳足迹 ^[17] 、碳手印 ^[18]	对节能减排的整体支持程度。该类指标体现对业务赋能后所实现的节能减排效果，体现算网大脑对节能战略的贯彻程度、节能减排方法论的贡献程度等
安全可信类（其他类）	算网SASE ^[19] 、原生可信 ^[20-21]	在编排过程中对安全可信要求的支持程度和对业务的安全可信赋能提升程度。该类指标覆盖范围涵盖政策支持、算网大脑和未来网络技术演进支持等

- 后置条件类：在评估后应考虑指标，目的与前置条件类相同。
- 其他类：在评估中应考虑指标，与性能、能效、费用之类不同，该类指标与社会因素相关，主要体现在与国家算力网络战略规划的一致性，应在评估中给予额外关注。

3.5 分级规则

基于算网大脑在不同环节的自动化/智能化覆盖比例，本节给出算网大脑在不同智能化级别应具备的水平和分级逻辑，算网大脑智能化分级规则见表3。

算网大脑是在网络智能化基础上演进而来，不经历全人工参与阶段，因此分级方法中不定义0级人工运营管理水平。考虑算网大脑既提供业务的一体化交付，也提供资源的管理运维，因此在分级中通过定义智能化在流程中的占比这一概念细化区分智能化级别，具体占比比例计算方法应由实际部署中的私有部署实现方法与细化功能场景数量确定。

智能化1级水平要求算网大脑在执行与感知2个流程中具备系统参与辅助水平，其余3个流程则可由人工完全参与完成。考虑执行过程实现难度小且急迫性强，不细化定义系统参与执行智能化的占比。感知过程因为实现难度相对执行过程难度大且感知内容多，因此要求1级能力中感知

智能化辅助占比小于50%即可。考虑分析、决策、意图管理的技术实现难度较高且急迫性小于其余2项，因此1级水平中不对其智能化水平给出要求。

2级初级智能化运营管理水平是在1级水平基础上进行提升，要求执行过程完全由大脑自动化和智能化实现，感知过程辅助人工场景占比大于50%。同时要求分析过程和意图管理过程引入智能化能力进行辅助。考虑2个流程的具体实现难度不同但是均有急迫性需求，2级水平要求分析过程的智能化占比与感知过程1级占比相同，而意图管理小于25%即可达到要求。

3级中级智能化运营管理和4级高级智能化水平则是在原有基础上继续提升占比或者演进为完全无人工参与的水平，而5级完全智能化运营管理水平则要求算网运营管理全流程实现自动化、智能化的闭环实现，以自主实现自优化、自演进等高阶智能化。

3.6 量化指标

在进行智能化级别评估过程中，应考虑在不同场景所涉及的各个环节中相关指标所达成的数量和效果。在上述通用分级方法的基础上，本节给出不同评估环节应考虑的指标类型与示例。在实际应用实践中，应结合典型场景的特点和企业建设需求，丰富具体指标以及在不同级别中所应达到的阈值。算网智能化分级可量化指标示例见表4。

表3 算网大脑智能化分级规则

级别	名称	执行流程	感知流程	分析流程	决策流程	执行流程
0级	人工运营管理	—	—	—	—	—
1级	辅助运营管理	人工+算网大脑	人工+算网大脑 (占比(0, 50]%)	人工	人工	人工
2级	初级智能化 运营管理	算网大脑	人工+算网大脑 (占比(50, 100]%)	人工+算网大脑 (占比(0, 50]%)	人工	人工+算网大脑 (占比(0, 25]%)
3级	中级智能化 运营管理	算网大脑	算网大脑	人工+算网大脑 (占比(50, 100]%)	人工+算网大脑 (占比(0, 50]%)	人工+算网大脑 (占比[25, 50]%)
4级	高级智能化 运营管理	算网大脑	算网大脑	算网大脑	人工+算网大脑 (占比(50, 100]%)	人工+算网大脑 (占比[50, 100]%)
5级	全智能化 运营管理	算网大脑	算网大脑	算网大脑	算网大脑	算网大脑



表4 算网智能化分级可量化指标示例

评估环节	指标举例	说明
意图	意图理解支持场景数	算网大脑可支持意图驱动的场景和功能数量，如云电脑业务开通意图、智能视频业务变更意图、东数西存性能优化意图
	意图—模板匹配数	算网大脑支持将意图与不同的规则、策略、流程模板、方案模板等进行匹配的数量，如优化意图与资源优化策略、优化意图与费用优化策略的匹配
	多轮对话场景支持数	算网大脑在与用户进行自然语言对话过程中，支持通过多轮次对话实现意图填充、完善的业务场景数，如支持云电脑业务开通意图填充等
感知	可采集资源类型数	算网大脑可进行数据采集感知的资源类型数，如算力类的vCPU已分配数、存储类的存储卷总容量、网络类的链路时延等
	可数据拓扑建立类型数	算网大脑可进行耦合数据进行关联组合，构成业务数据拓扑或者功能数据拓扑的类型数，如异构数据节点的关联、数据节点与不同链路的拓扑
	可核查数据类型数	算网大脑可实现数据勘查、校验的数据类型数，如对BBU、RRU等网络类数据的完整性检查；对vCPU、vMemory等云资源数据的配置一致性检查
分析	质量问题识别数	算网大脑在业务实例运营过程中所能识别和分析的质量问题类型数，如指标劣化风险、用户体验下降识别、业务用量峰值预警等
	质量问题定位数	算网大脑针对所识别到的问题，可以进行问题定界定位、根因分析的类型数量，如针对云资源数据劣化的定界定位、用户投诉的根因分析等
	质量优化方案数	算网大脑基于问题识别与分析结果，可进行质量优化方案生成的类型数，如针对算力资源的质量优化方案生成、针对算+网资源联合优化方案生成
决策	质量优化决策场景数	算网大脑基于分析环节所生成的解决方案、预定义规则和策略，所能支持的质量优化方案评估与选择执行的场景类型数
	能效优化决策场景数	算网大脑基于分析环节所生成的解决方案、预定义规则和策略，所能支持的能效优化方案评估与选择执行的场景类型数
	故障解决方案类型数	算网大脑基于分析环节所生成的解决方案、预定义规则和策略，所能支持的故障解决方案评估与选择执行的场景类型数
执行	开通调度场景数	算网大脑可支持运维人员和决策结果而进行任务拆解、执行的场景数，如云电脑业务基于流程模板的开通等
	资源勘查场景数	算网大脑可支持进行算网资源勘查与汇总的场景数，如对互联网专线的资源勘查、AI能力可部署位置确认等
	业务测试场景数	算网大脑可支持的，为保障算网业务质量而进行的预先测试或运行时动态测试的场景数，如视频业务拨测、网络链路时延测试等

4 分级应用实践

本节基于上述算网大脑智能化水平分级方法，对典型算网业务场景下智能化分级的应用实践给出了详细描述，具体包括该特定场景应考虑

4.1 云电脑场景

4.1.1 评估对象确定和流程分解

云电脑业务面向远程办公、游戏娱乐、影视制作等场景，提供云化资源帮助用户无须自行购买软硬件即可使用相关算力服务。

云电脑开通为公众类云电脑场景算网基础设施建设中的基本流程，主要实现对云电脑租户和资源的开通。评估对象——公众类云电脑算网设施建设如图4所示。

云电脑开通智能化流程任务分级如图5所示，在意图管理阶段，需要实现意图的开通策略生成和达成评估，在感知—分析—决策—执行阶段，全业务开通生命周期包含算网数据采集、资源使用分析、配置方案生成、配置方案确定和资源部署等任务。

4.1.2 细化规则

公众类云电脑业务开通场景分级细化规则见

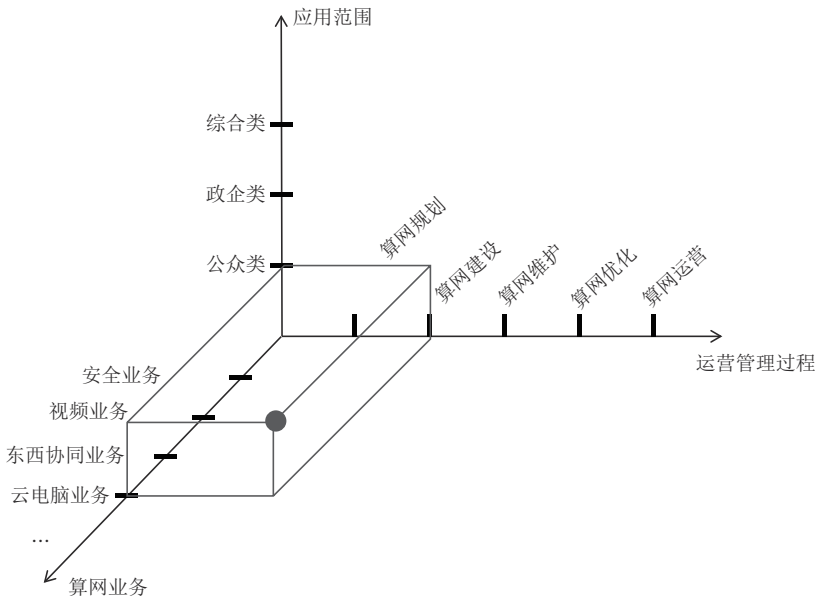


图4 评估对象——公众类云电脑算网设施建设

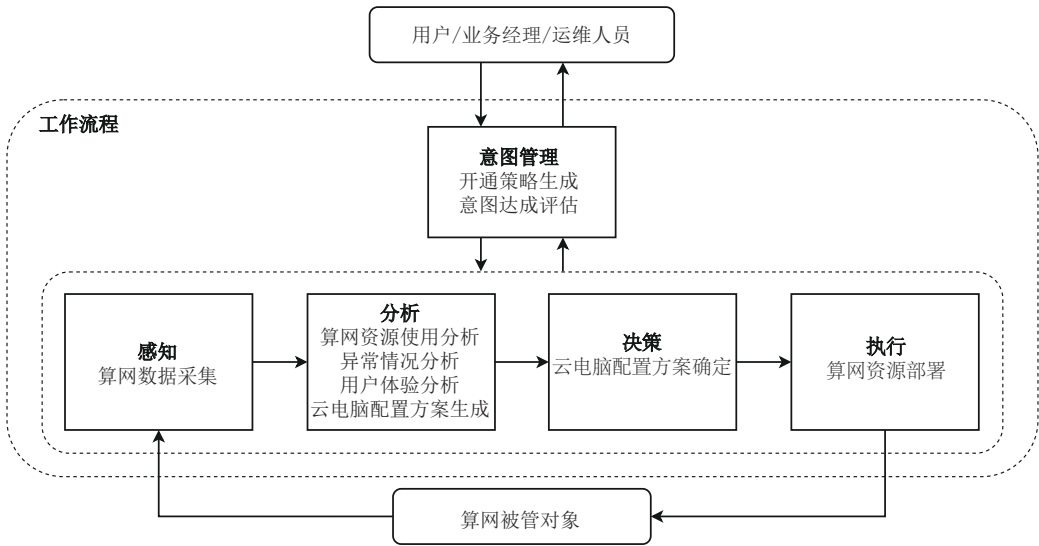


图5 云电脑开通智能化流程任务分级

表 5，可细化为 5 级，具体要求如下。

(1) 1 级——人工运营管理

算网运营管理系统支持基于人工制定规则实现算网资源部署和算网数据采集，具体包括以下要求。

- 算网资源部署：算网运营管理系统自动生成模板，支持通过人工介入填写参数、自动化执行算力资源配置（包括云电脑 CPU、系统盘、云硬盘配置）下发和网络

资源配置下发。

- 算网数据采集：算网运营管理系统支持自动化批量采集算力、网络领域资源数据。

(2) 2 级——辅助运营管理

在 1 级的基础上，算网运营管理系统支持算网资源部署自动化，并支持基于人工制定规则实现算网数据采集、算网资源使用分析、云电脑配置方案生成、开通策略生成和意图达成评估。具



体包括以下要求。

- 算网数据采集：算网运营管理系统支持基于人工指定的规则实现自动化批量采集算力、网络领域资源数据和性能数据。
- 算网资源使用分析：人工清洗数据，去除重复值和异常值，算网大脑自动生成分析图表。
- 云电脑配置方案生成：算网大脑根据现有资源使用情况和用户需求，自动生成方案模板，人工填写模板参数。
- 开通策略生成：人工解析用户需求，算网大脑根据资源使用情况和用户需求自动生成方案模板，人工填写模板参数生成方案。
- 意图达成评估：定性评估意图达成效果。

(3) 3级——中级智能化运营管理

在2级的基础上，算网运营管理系统支持算网数据采集自动化，自动实时感知网络算网资源和性能数据，并支持基于人工制定规则实现算网资源使用分析、云电脑配置方案生成、云电脑配置方案确定、开通策略生成、意图达成评估。具体包括以下要求。

- 算网资源使用分析：算网大脑自动清洗数据，去除重复值和异常值，人工二次审核，并由算网大脑自动生成数据分析图表。
- 云电脑配置方案生成：算网大脑根据现有资源使用情况和用户需求，自动生成方案，人工选择。
- 云电脑配置方案确定：算网大脑使用加权法生成云电脑配置方案的优先级，人工确认方案。
- 开通策略生成：人工解析用户需求，算网大脑根据资源使用情况和用户需求自动生成方案及优先级，人工确认方案。
- 意图达成评估：算网大脑生成满意度数

据，人工定量评估意图达成效果。

- 其他约束指标：至少支持单一问题最优化方法。

(4) 4级——高级智能化运营管理

在3级的基础上，算网运营管理系统支持自动化算网数据采集，生成动态实时变化的算网地图，自动化算网资源使用分析，数据清洗并生成分析报告，自动化云电脑配置方案生成，解析用户需求并自动生成方案，并支持基于人工制定规则实现云电脑配置方案确定、开通策略生成和意图达成评估。

- 云电脑配置方案确定：算网大脑使用AI算法生成推荐方案，人工确认。
- 开通策略生成：人工解析用户需求，算网大脑根据现有资源使用情况和用户需求自动生成方案并决策。
- 意图达成评估：算网大脑自动评估意图达成效果，人工根据用户反馈情况复核。
- 其他约束指标：至少支持1类自然语言处理方法，支持1类多目标优化方法。

(5) 5级——全智能化运营管理

算网运营管理系统无须人工参与，自动感知算网资源数据和性能数据，生成算网资源地图，智能分析用户需求，生成云电脑配置方案，实时感知意图达成效果并动态调整，实现云电脑开通场景的智能化完整闭环。

4.2 智能视频场景

4.2.1 评估对象确定和流程分解

智能视频业务面向公共服务、行业监管、工业生产等领域视频监控与AI检测需求，为客户提供视频处理和分析融合的视频产品。

智能视频优化为公众类智能视频场景算网维护中的基本流程，主要实现对智能视频终端、视频、AI、网络等能力的优化变更。

在意图管理阶段，须实现意图的意图转译、开通策略生成和达成评估，在感知—分析—决策

表5 云电脑开通场景分级规则

级别	名称	1级—人工 运营管理	2级—辅助 运营管理	3级—中级智能化 运营管理	4级—高级智能化 运营管理	5级—全智能化 运营管理
执行	资源部署	人工+算网大脑 算网大脑生成 模板，人工填 写参数	算网大脑 自动部署资源	算网大脑 自动部署资源， 错误重发	算网大脑 自动部署资源， 错误重发， 动态调整	算网大脑 自动部署资源， 错误重发， 动态调整
感知	数据采集	人工+算网大脑 算网资源数据	人工+算网大脑 算网资源数据和 算网性能数据	算网大脑 自动实时感知网络 算网资源和性能数据	算网大脑 自动实时感知， 算网地图	算网大脑 自动实时感知， 算网地图
分析	资源使用 分析	人工	人工+算网大脑 人工数据清洗，生成 分析报告	人工+算网大脑 数据自动清洗， 人工二次审核， 生成分析报告	算网大脑 自动数据清洗并 生成分析报告， 动态变化	算网大脑 自动数据清洗并 生成分析报告， 动态变化
	异常情况 分析	人工	人工+算网大脑 算网大脑统计异常数据， 人工定位异常	人工+算网大脑 异常定位， 人工分析根因	算网大脑 自动故障定位+ 根因分析	算网大脑 自动故障定位+ 根因分析
	用户体验 分析	人工	人工+算网大脑 算网大脑预置分析规则， 人工定性分析用户体验	人工+算网大脑 算网大脑预置分析规 则，人工定量 分析用户体验	算网大脑 自动分析用户 使用体验	算网大脑 自动分析 用户使用体验
	优化方案 生成	人工	人工+算网大脑 自动生成方案模板， 人工填写参数	人工+算网大脑 自动生成方案， 人工选择方案	算网大脑 解析用户需求，自 动生成方案	算网大脑 解析用户需求， 自动生成方案
决策	优化方案 确定	人工	人工	人工+算网大脑 加权法生成方案 优先级，人工决策	人工+算网大脑 AI算法生成推荐方 案，人工决策	算网大脑 AI算法自动决策， 实时动态调整
意图管理	优化策略 生成	人工	人工+算网大脑 人工解析用户需求， 自动生成方案模板， 人工填写参数	人工+算网大脑 人工解析用户需求， 自动生成方案及优先 级，人工决策	人工+算网大脑 人工解析用户 需求，自动生成方 案并决策	算网大脑 解析用户需求， 自动生成最优方案， 动态调整
	意图达成 评估	人工	人工+算网大脑 定性评估意图 达成效果	人工+算网大脑 生成满意度数据，人工 定量评估意图达成效果	人工+算网大脑 自动评估意图 达成效果， 人工复核	算网大脑 自动评估意图 达成效果， 动态调整策略
约束指标	自然语言 处理	—	—	—	至少支持一种自然 语言处理算法	支持多类型自然 语言处理方法
	异常根因 定位	—	—	—	至少支持一种异常 根因定位方法	支持多类型根 因定位方法

一执行阶段，全业务开通生命周期包含算网数据采集、用户体验数据采集、资源使用分析、异常分析、用户体验分析、优化方案生成、优化方案确定和资源部署等任务。

4.2.2 细化规则

政企类视频业务优化场景分级规则，可细化为5级，具体要求如下。

(1) 1级——人工运营管理

算网运营管理系统支持基于人工制定的规则

实现算网资源部署和算网数据采集。

(2) 2级——辅助运营管理

在1级的基础上，算网运营管理系统支持算网资源部署自动化，并支持基于人工制定规则实现算网数据采集、算网资源使用分析、异常分析、用户体验分析、优化方案生成、优化策略生成和意图达成评估。

(3) 3级——中级智能化运营管理

在2级的基础上，算网运营管理系统支持算网



数据采集自动化, 自动实时感知算网资源和性能数据, 并支持基于人工制定规则实现算网资源使用分析、异常分析、用户体验分析、优化方案生成、优化方案确定、优化策略生成、意图达成评估。

(4) 4级——高级智能化运营管理

在3级的基础上, 算网运营管理系统支持自动化算网数据采集, 生成动态实时变化的算网地图, 自动化算网资源使用分析, 数据清洗并生成分析报告, 自动根因定位, 自动解析用户需求并生成方案, 并支持基于人工制定规则实现优化方案确定、优化策略生成和意图达成评估。

(5) 5级——全智能化运营管理

算网运营管理系统无须人工参与, 自动感知算网资源数据和性能数据, 生成算网资源地图, 智能分析用户需求, 自动根因定位, 生成智能视频优化配置方案, 实时感知意图达成效果并动态调整, 实现智能视频优化的智能化完整闭环。

5 结束语

本文在对算网大脑智能化能力演进进行详细分析的基础上, 创新性地提出了一种算网大脑智能化水平分级方法, 包括评估对象选择、流程分级、约束指标等关键内容; 明确了需求来源、需求类型、作用对象和效能指标等核心因素; 给出了指导行业优化的智能化分级评估详细规则与应用示例。本文的研究内容为算网大脑智能化能力提升, 向算网“智脑”演进提供了重要参考。

算网大脑的智能化水平分级是十分复杂的, 是主观评估与客观指标的结合, 需要结合企业自身的特点去落地, 很难用一套普适、通用的方法去囊括所有评估维度与指标。本文给出的方法是一种细化的指导性方法, 后续企业可结合自身需求进一步细化适配, 而行业团体则可以基于本文内容进一步凝聚共识, 推动分级评估方法的标准化规范制定。

参考文献:

- [1] 中国移动通信集团有限公司. 算网大脑白皮书[R]. 2022. China Mobile Communications Corporation Co., Ltd. Brain of computility network whitepaper[R]. 2022.
- [2] 中国移动通信集团有限公司. 算力网络技术白皮书[R]. 2022. China Mobile Communications Corporation Co., Ltd. Computing force network technology whitepaper[R]. 2022.
- [3] 段晓东, 姚惠娟, 付月霞, 等. 面向算网一体化演进的算力网络技术[J]. 电信科学, 2021, 37(10): 76-85. DUAN X D, YAO H J, FU Y X, et al. Computing force network technologies for computing and network integration evolution[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(10): 76-85.
- [4] TANG X Y, CAO C, WANG Y X, et al. Computing power network: the architecture of convergence of computing and networking towards 6G requirement[J]. China Communications, 2021, 18(2): 175-185.
- [5] CCSA. 算力网络运营管理 总体技术要求[S]. 2023. China Communications Standards Association. Computing and network convergence operation and management-general technical requirements[S]. 2023.
- [6] CCSA. 算力网络运营管理 云电脑应用场景和管理要求[S]. 2024. China Communications Standards Association. Computing and network convergence operation and management-application scenarios and management requirements of cloud computer service[S]. 2024.
- [7] CCSA. 算力网络运营管理 业务协同编排技术要求[S]. 2024. CCSA. Computing and network convergence operation and management-technical specification of service orchestration[S]. 2024.
- [8] ITU-T. Coordination of networking and computing in IMT-2020 networks and beyond - requirements: Y.3400[S]. 2023.
- [9] 中国移动通信集团有限公司. 中国移动算力网络白皮书[R]. 2021. China Mobile Communications Corporation Co., Ltd. Computing force network white paper[R]. 2021.
- [10] TM Forum. IG1252: autonomous network levels evaluation methodology (v1.2)[R]. 2023.
- [11] 3GPP. Management and orchestration; levels of autonomous network: TS 28.100[S]. 2020.
- [12] CCSA. 信息通信网运营管理智能化水平分级技术要求通用部分[S]. 2022. China Communications Standards Association. Technical requirements for generic intelligent level of information & com-

- munication operation manage[S]. 2022.
- [13] CCSA. 信息通信网运营管理智能化水平分级评估技术要求移动通信网(第一阶段)[S]. 2023.
- China Communications Standards Association. Technical requirements for intelligent level evaluation of information & communication network operation and management—mobile network (phase 1)[S]. 2023.
- [14] 邓灵莉, 顾宁伦, 袁向阳, 等. 网络智能化标准、开源与产业研究[J]. 电信科学, 2021, 37(10): 12-21.
- DENG L L, GU N L, YUAN X Y, et al. Network intelligence standards, open source and industry research[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(10): 12-21.
- [15] 中国工业和信息化部. 2021—2022年中国算力建设网络传播分析报告[R]. 2022.
- MIIT. 2021—2022 China computing power construction network communication analysis report[R]. 2022.
- [16] KIANPISHEH S, TALEB T. A survey on In-network computing: programmable data plane and technology specific applications[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2023, 25(1): 701-761.
- [17] P V R. Gauging carbon footprint of AI/ML implementations in smart cities: methods and challenges[C]//Proceedings of the 2022 Seventh International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC). Piscataway: IEEE Press, 2022: 1-5.
- [18] 中国通信标准化协会, 中国信息通信研究院, 中国移动通信集团有限公司, 等. ICT 技术赋能碳中和(数字碳手印)白皮书[R]. 2023.
- China Communications Standards Association, China Academy of Information and Communications Technology, China Mobile Communications Corporation Co., Ltd., et al. White paper on ICT technology enabling carbon neutrality (digital carbon hand-print)[R]. 2023.
- [19] 叶朝阳, 王欣, 张士聪, 等. SASE 云安全研究与实践[J]. 电信科学, 2022, 38(1): 140-149.
- YE C Y, WANG X, ZHANG S C, et al. Research and practice of SASE cloud security[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(1): 140-149.
- [20] 邱勤, 徐天妮, 张智杰, 等. 算力网络安全应用需求与关键技术研究[J]. 信息技术与标准化, 2022(11): 19-24, 33.
- QIU Q, XU T N, ZHANG Z J, et al. Research on security application requirements and key technologies of computing force network[J]. Information Technology & Standardization, 2022(11):

19-24, 33.

- [21] 华为技术有限公司. 6G: 无线通信新征程白皮书[R]. 2022.
- Huawei Technologies Co., Ltd.. 6G: a new journey for wireless communication[R]. 2022.

[作者简介]



王琛 (1995-), 男, 中国移动通信有限公司研究院人工智能与智慧运营中心解决方案工程师, 主要研究方向为算力网络运营管理、算网大脑标准化等。



赵鹏 (1987-), 男, 中国移动通信有限公司研究院人工智能与智慧运营中心主任研究员, 高级工程师, 主要研究方向为人工智能、算力网络、5G等。



唐国华 (1990-), 男, 中国移动通信有限公司研究院人工智能与智慧运营中心解决方案工程师, 主要研究方向为算力网络、算网大脑等。



王晓晗 (1997-), 男, 中国移动通信有限公司研究院人工智能与智慧运营中心解决方案工程师, 主要研究方向为算力网络、人工智能等。



袁向阳 (1978-), 男, 中国移动通信有限公司研究院人工智能与智慧运营中心副总经理, 主要研究方向为BSS、OSS等IT支撑系统及AI技术在网络智能化中的应用。