



中国联通网络智能化分级及实践白皮书

China Unicom Network Intelligence Level Evaluation and
Practice White Paper

2019年6月

目录

1	概述	1
2	通信网络智能化分级现状、标准和验证驱动	2
2.1	通信网络智能化分级研究现状.....	2
2.2	通信网络智能化分级标准.....	2
2.3	通信网络智能化分级验证驱动.....	4
3	通信网络智能化分级验证范围	6
4	中国联通通信网络智能化分级验证方法	8
4.1	中国联通通信网络智能化分级方法验证流程.....	8
4.2	中国联通通信网络智能化分级方法评分原则.....	9
4.3	中国联通通信网络智能化分级方法验证结果表示.....	11
5	中国联通通信网络智能化分级验证实践	13
5.1	江苏联通网络智能监控系统介绍.....	13
5.2	江苏联通网络智能监控系统评估过程及结论.....	14
6	结束语	17
7	附录	18
7.1	参考文献.....	18
7.2	参编单位与人员.....	18

1 概述

随着大数据和大规模计算技术的迅速发展，人工智能迎来了高速发展的黄金时期，被公认为第四次工业革命的主要使能技术和通用技术之一。人工智能技术在计算机领域已得到了广泛的重视和研究，尤其是在自然语言处理、计算机视觉等方面取得了突破性进展和较大规模的商业应用。近期，人工智能技术在通信网络中的应用日渐成为行业的关注重点和研究热点。行业寄希望于通过引入人工智能技术，帮助解决通信网络当前遇到的各种困难和挑战。

通信网络的发展对智能化的需求越来越迫切。近年来，ICT行业都在积极开展网络智能化研究，但智能化分级和等级验证工作却鲜有成效。研究制定行业共同认可的通信网络智能化能力分级方法，能够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。进行网络智能化等级验证工作，一方面可以通过实践为网络智能化等级划分方法的完善提供指导，另一方面，可以通过对现网智能化程度的评估，发现网络中的潜在问题和不足之处，为未来网络的发展规划提供决策参考。

本白皮书面向通信网络智能化分级验证实践落地，首先分析了当前通信网络智能化分级研究的现状、标准和验证驱动，梳理了通信网络智能化场景，描述了通信网络智能化分级验证范围，提出了一套基于通信网络智能化分级标准进行落地验证的方法和流程，最后重点分析了中国联通江苏省分公司（以下简称“江苏联通”）网络智能监控系统智能化评估的实践案例。我们期望与产业各界共同探讨通信网络智能化分级落地模式，共建通信网络智能化评估体系，全面推动通信网络智能化的发展。

2 通信网络智能化分级现状、标准和验证驱动

2.1 通信网络智能化分级研究现状

目前人工智能技术在通信网络中局部场景和局部领域已经实现单点突破和应用,但是缺乏统一的描述语言和系统的演进思路。网络的智能化并非一蹴而就,需要逐级演进。当前业界主流的评价体系包括:

(1) ITU-T FG ML5G 中中国联通、中国移动与中兴通讯等产业合作伙伴联合提出的网络智能化立体式分级标准,围绕智能能力提升,将网络智能化分为 L0 人工运营网络、L1 辅助运营网络、L2 初级智能化网络、L3 中级智能化网络、L4 高级智能化网络和 L5 完全智能化网络六个级别,并从工作流和智能化范围(子系统)两个维度进行立体式分级评估,综合单项工作流和子系统的智能化级别,确定整网智能化的级别。

(2) ETSI ENI 由意大利电信、葡萄牙电信、华为等联合从技术和市场两个角度提出网络智能化分级标准。从技术角度分级关注的维度是人机接口、决策过程人机参与度、决策分析、智能化程度、环境适应性和支持场景等。而从市场的角度分类关注的维度是调度执行、感知监测、分析决策、客户体验等环节人与系统执行占比。两个角度均划分 L0-L5 共六个级别。

智能化分级体系的提出及其在实践中的不断应用和完善,有利于形成业界统一的智能化分级描述语言,将为运营商的传统网络向智能化网络演进提供一条可行路径。本白皮书将主要参照 ITU-T FG ML5G 提出的智能化分级标准及其应用进行相关研究和探索,该标准将在 2.2 节进行详述。

2.2 通信网络智能化分级标准

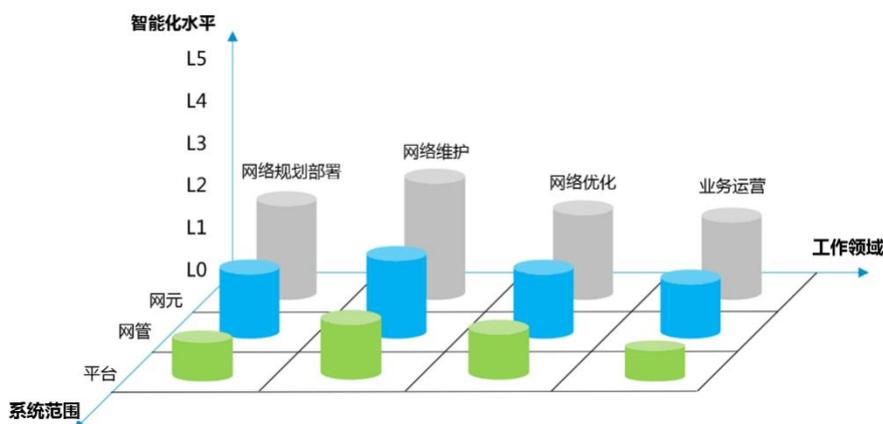


图 2.2-1 移动通信网络智能化能力综合评估方法

自动驾驶分级标准对于我们研究并形成移动通信网络智能化能力分级方法提供了很好的借鉴。但相对于自动驾驶，移动通信网络的智能化分级评估要复杂得多，难以通过单一场景或维度来衡量。

针对自动化系统，给出了采集、分析、决策和执行4个维度的分级思路。结合通信网络智能化需求及特点，为能够从移动通信网络的不同场景和需求综合评价对应的智能化能力等级，可以从智能化的通用实现过程及场景能力中抽象出具备广泛适用性的智能化能力分级的6个维度：

- 1) **需求映射**：将网络操作人员对应用功能的效果或目标需求转换为网络设备可以理解并执行的具体指令的过程。
- 2) **数据采集**：采集供智能化应用功能所需的原始输入数据的过程。
- 3) **分析**：基于采集到的数据，进行数据分析，感知网络当前运行环境、业务状态、用户行为和体验等，或基于历史数据预测上述内容的未来变化趋势，并由此为智能化应用功能的实现推理得到决策依据或选项的过程。
- 4) **决策**：基于分析过程推理得到的决策依据或选项，选择并确定网络、业务配置调整策略的过程。
- 5) **执行**：基于决策过程确定的策略，在网络中生效执行对应配置、调整的过程。
- 6) **智能化场景**：实现电信网络智能化的场景程度。

需要明确的是，不同的工作领域或单项工作和不同子系统都可以依据上述分级维度评估确定各自的智能化能力的等级。

基于网络智能化能力分级维度定义，从智能化网络系统和网络操作人员在每个维度的介入程度及智能化场景的使用范围考虑，通信网络智能化能力分级方法如表2.1-1所示。

表 2.2-1 移动通信网络智能化能力分级评估方法

等级/名称		分级评估维度				
		执行	数据采集	分析	决策	需求映射
L0	人工运营网络	人工	人工	人工	人工	人工
L1	辅助运营网络	人和系统	人和系统	人工	人工	人工
L2	初级智能化网络	系统	人和系统	人和系统	人工	人工
L3	中级智能化网络	系统	系统	人和系统	人和系统	人工
L4	高级智能化网络	系统	系统	系统	系统	人和系统
L5	完全智能化网络	系统	系统	系统	系统	系统

备注：
 1. 所有等级的决策和执行都支持人工介入，人工审核结论及执行指令具有最高权限。
 2. 在智能化等级评估实施中，可以对各个维度进行单独评估。

进一步说明如下：

- **L0 级别**：从需求映射、数据采集、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采集过程；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辅助实现采集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采集数据；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数据采集、分析和执行的智能化，决策和需求映射仍依赖人工，不支持完整流程的智能化闭环。
- **L3 级别：**执行和数据采集过程全部由系统自动完成，其中部分场景下系统自定义采集规则；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仍依赖人工外，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、数据采集和分析过程全部由系统自动完成，其中采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、数据采集、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。

需要特别说明的是，所有等级的决策和执行过程都必须支持人工介入，且人工审核结论及执行指令具有最高权限。

2.3 通信网络智能化分级验证驱动

通信网络智能化分级验证是指基于通信网络智能化分级方法，在现网中选择合适的网元、网管、系统并结合业务流的某些阶段进行多维度综合评估。网络智能化分级验证流程包括确定评估对象、划分评估维度、评估对象分析、评估维度评分、获取评估结果等步骤。基于目前的分级方法，针对应用案例的智能化实现流程，细化每个环节和步骤的技术要求，制定测试验证方案和规范，量化评估准则和指标要求。

在评估时需避免对智能化具体实现方法的要求，重点关注实现的效果评价，例如自动化程度、是否闭环等。

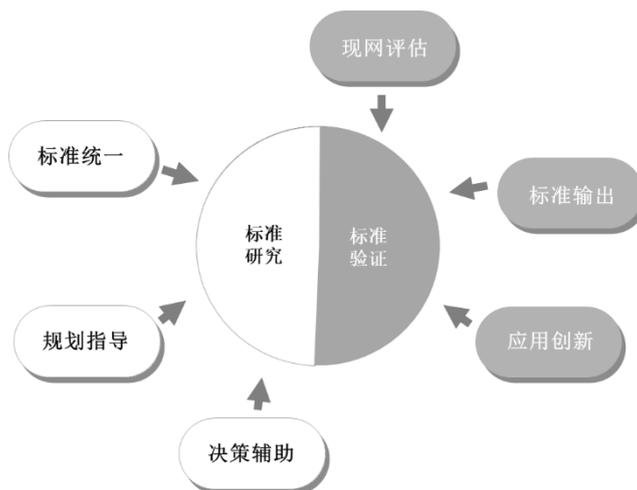


图 2.3-1 通信网络智能化分级验证驱动

网络智能化分级标准制定和验证相辅相成，共同推动网络演进。

网络智能化分级标准制定有以下作用：

- 统一评价：为通信网络智能化等级评价提供依据，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；
- 规划指导：为运营商在制定相关策略和发展规划的阶段划分和阶段性目标时提供参考；
- 决策辅助：为运营商、设备提供商和其他行业参与者在技术引入、产品规划等方面提供决策辅助。

网络智能化分级验证可以达到以下目的：

- 现网评估：将网络智能化分级标准在现网环节中进行验证，评估真实网络智能化能力的水平。
- 标准输出：通过验证工作，输出对通信网络智能化分级标准的修订建议，完善已有方法；
- 应用创新：结合新技术的发展趋势，针对当前网络、应用中的不足，在通信网络智能化研究方法的指导下，积极开展应用创新和新技术验证工作。

3 通信网络智能化分级验证范围

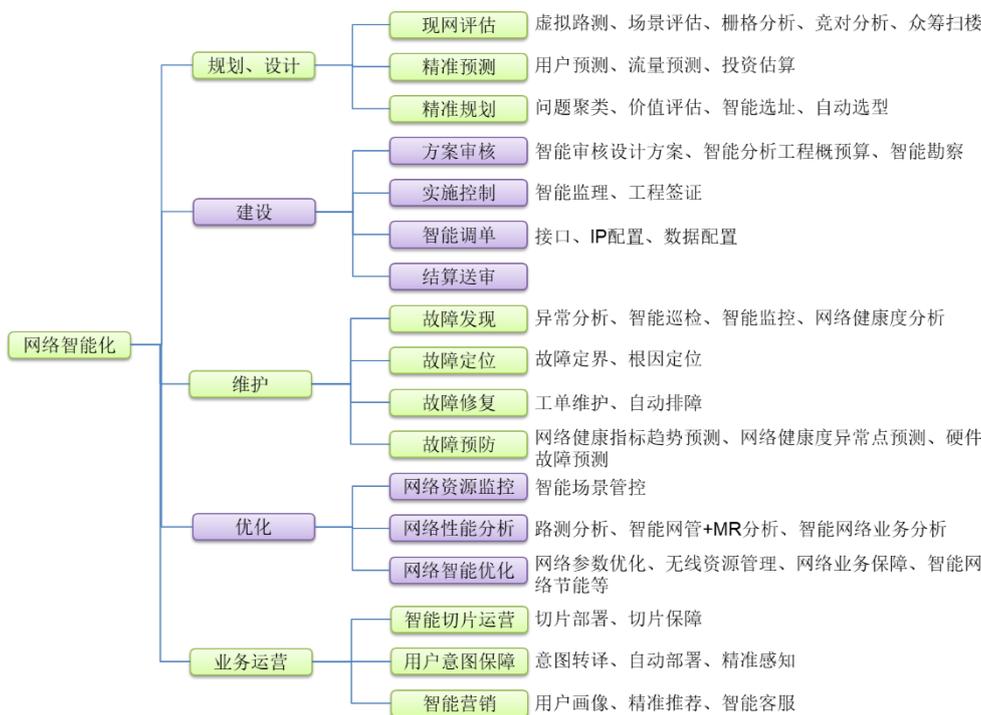


图 3-1 通信网络智能化分级验证范围

上述智能化分级标准中，网络智能化分级需要考虑网元、网管、平台各个不同的系统范围，同时考虑网络规划部署、网络维护、网络优化、业务运营等工作领域。我们进一步将网络规划部署细分为网络规划设计和网络建设，从网络规划设计、网络建设、网络维护、网络优化、业务运营五大智能化场景进行验证。

网络规划设计包括现网评估、精准预测、精准规划三部分，现网评估是指对现网的情况进行分析评估，是网络规划设计工作的基础，常用到的手段包括虚拟预测、场景评估、栅格分析、竞对分析、众筹扫楼等。精准预测是指对网络规划设计方案效果的价值预测，常见的包括用户预测、流量预测、投资估算。精准规划是指使用 AI 技术辅助进行网络规划方案制定，主要包括问题聚类、价值评估、智能选址、自动选型等手段。

网络建设在网络规划设计之后，是方案实施阶段。这一环节的工作包含方案审核、实施控制、智能调单、结算送审四部分。使用 AI 赋能方案审核具体是指智能审核设计发难、智能分析工程概预算、智能勘察；使用 AI 进行实施控制主要体现在，智能监理和工程签证自动化两部分；智能调单包括使用 AI 自动进行接口、IP、数据等配置。

电信网络设备日趋虚拟化、自动化和智能化。电信网络系统的规模和复杂度的不断增加，运维人员必须面对各种高度集成的设备产生的大量实时信息，维护变得越来越繁杂。需要以更智能的方法实现故障发现、定位、修复、预防，提高

运维效率，降低运维成本。

故障发现方面，目前现网中故障告警具有数据量大、突发故障情况多的特点。希望在网络维护中引入人工智能技术，实现对通信网络告警的全局监控、巡检，实时采集到告警数据，进行单指标异常检测、多指标异常检测、文本日志异常检测，从而实现异常分析和网络健康度分析。

故障定位主要是利用人工智能技术通过对告警信息进行合适的过滤、筛选、匹配、分类等流程实现对告警信息的确定、分类，从而屏蔽掉次要及衍生告警，实现对网络故障的快速诊断。同时配合相应的通信业务模型和网络拓扑结构实现故障定界、根因定位。

故障修复是基于历史排障的经验数据，构建可自愈故障场景库。当故障发生时，基于 AI 算法计算出故障自愈策略，决策是否下发故障自愈操作。可自愈的故障将快速恢复且用户无感知；无法自愈的故障将通过精准诊断，实现精准派单，帮助运维人员快速处理故障。

故障预防是在监控实时运行状态的基础上，引用人工智能技术，利用系统现有状态以及历史经验完成长期网络健康指标趋势、网络健康度异常点以及硬件故障预测。这种长短期故障预测对于发现潜在风险和降低故障的危害性有很大帮助。通过与网络故障定位能力结合，可以极大缩短故障恢复时间，为运维系统对故障的快速反应提供基础。

网络优化部分的场景主要分为网络资源监控、网络性能分析、网络智能优化三部分。网络资源监控是指利用合理的策略对网络环境中的资源状态进行实时监控，从而减少状态信息上报所需的时延和带宽。网络性能分析是网络优化的基础，是合理选择网络优化措施的条件和判断网络优化效果的依据，常用的分析方法包括路测分析、智能网管 MR 分析、智能网络业务分析。网络智能优化包括网络参数优化、无线资源管理、网络业务保障、智能网络节能等。

随着 5G 商用进程的不断推进，通信网络针对不同场景支持的业务类型也越来越多，如何保障个性化业务的智能运营也是网络智能化一个重要的研究领域。智能切片运营通过在一张统一的物理网络中虚拟出多个不同的专用网络，满足不同的业务场景需求。具体包括切片订购、切片部署和切片保障等。用户意图保障通过意图洞察，实现用户意图转译、自动部署和精准感知。智能营销则基于大数据分析和 AI 技术，针对不同用户群体实现个性化业务推荐和服务，提升客户满意度。智能营销包括用户画像、精准推荐和智能客服等。

4 中国联通通信网络智能化分级验证方法

4.1 中国联通通信网络智能化分级方法验证流程

通用的通信网络智能化分级方法验证流程包括确定评估对象、划分评估维度、评估对象分析、评估维度评分、获取评估结果五个步骤，具体流程如下：

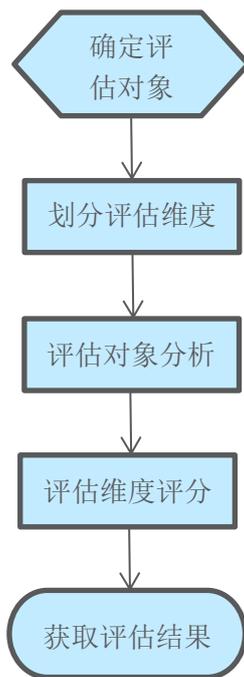


图 4.1-1 通信网络智能化分级方法验证流程

1. 确定评估对象

从实际生产系统选择评估对象，根据 2.2 章节中智能化等级评估维度，需要从系统范围和工作流两个维度对评估对象进行定义，常见的评估对象举例如表 4.1-1。

表 4.1-1 通信网络智能化分级方法评估对象示例

	网络规划设计	网络建设	网络维护	网络优化	业务运营
网元	智能硬件识别	网元割接上线	网元故障定位	MM 参数优化、基站节能	
网管	站点规划工具	网络扩容工具	专业网管系统	无线网优工具	业务管理系统
平台	网规系统平台	设备上线平台	智能监控系统	智能网优系统	运营支撑系统

2. 划分评估维度

按照评估对象的需求映射、数据采集、分析、决策、执行、智能化场景六个维度进行评估，也可以根据实际情况对部分维度进行裁剪或合并。

3. 评估对象分析

针对 2 中确定的评估维度，对如下指标进行分析和信息获取，明确各指标的状态。

表 4.1-2 通信网络智能化分级验证评估对象分析

执行	数据采集	分析	决策	需求映射
执行内容	采集内容	分析维度	决策维度	用户需求
执行方式	采集方式	分析方式	决策方式	映射方式
执行结果	采集结果	分析结果	决策结果	系统需求

4. 评估维度评分

在获取到每个维度的详细状态后，根据 4.2 章节的评分原则对每个维度进行打分。

5. 获取评估结果

依据各个维度的得分进行加权计算，得到整个被评估系统的最终得分，从而获取评估结果，评估结果的表示方法参见 4.3 章节。

4.2 中国联通通信网络智能化分级方法评分原则

1. 维度智能化评分

这一步的目的是完成数据采集、分析、决策、执行、需求分析等各个维度的智能化程度评分，评估各个维度的智能化程度，为评估对象的整体评分打下基础。基于表 2.3-1 网络智能化分级方法，各维度的智能化程度包含以下三种：

S0：人

S1：人与系统

S2：系统

为了和整体 L0-L5 的智能化程度对齐，S0~S2 的取值范围为 0~5。规定如下：S0 取 0，S1 取 1-4，S2 取 5。当系统完成的工作占比小于 50%时，S1=1；当系统完成的工作占比在 50%~75%时，S1=2；当系统完成的工作占比在 75~90%时，S1=3；当系统完成的工作占比在大于 90%时，S1=4。

2. 评估对象智能化程度评分

在完成各维度的评分之后，可基于以下公式完成整个评估对象的智能化程度评分：

$$S = w_{ac} * S_{ac} + w_{da} * S_{da} + w_{an} * S_{an} + w_{de} * S_{de} + w_{dm} * S_{dm}$$

S_{ac} , S_{da} , S_{an} , S_{de} , S_{dm} 分别表示执行、数据采集、分析、决策、需求映射各个维度的智能化程度评分， w_{ac} , w_{da} , w_{an} , w_{de} , w_{dm} 表示对应维度在整体评分中的权重。权重的取值可以由人为制定，也可以使用层次分析法确定。权重的确定需要综合考虑实现难度和该维度在系统中的重要性。一般认为，重要性越高，权重越高，实现难度越大，权重越高。

最终智能化得分与等级之间的对应如表 4.2-1。

表 4.2-1 智能化等级与智能化得分对应关系

智能化等级	智能化得分 S
L0	$S < 1$
L1	$1 \leq S < 2$
L2	$2 \leq S < 3$
L3	$3 \leq S < 4$
L4	$4 \leq S < 5$
L5	$S = 5$

层次分析法是一种解决多目标复杂问题的定性与定量相结合的决策分析方法。将该方法应用在网络智能化分级中的具体步骤如下：

(1) 建立层次结构模型

首先根据决策的目标、考虑的因素（决策准则）和决策对象之间的相互关系分为最高层、中间层和最低层，绘出图 4.2-1，即层次结构图。

- 最高层指决策的目的或要解决的问题，此处为验证目标即评估对象的智能化等级。
- 中间层指考虑的因素或决策的准则，此处为评估维度即需求映射、数据采集、分析、决策、执行。
- 最低层指决策的备选方案，此处为智能化等级 L0~L5。

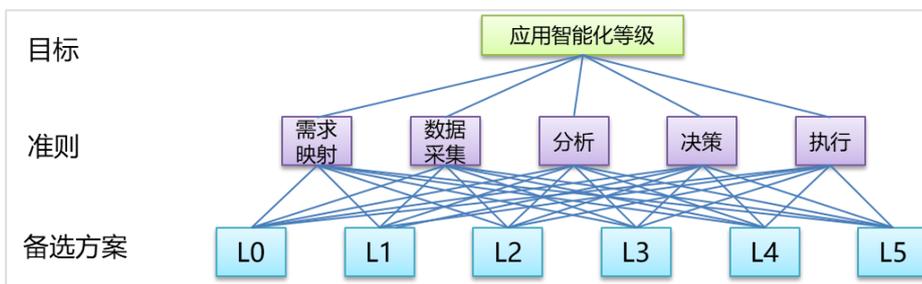


图 4.2-1 层次结构图

(2) 构造判断(成对比较)矩阵

利用专家经验判断各准则相对于目标的重要程度，并合理地给出每个准则的权数，权数是一个准则相对于另一个准则的重要程度，可通过表 4.2-2 两两对比量化获得。

表 4.2-2 权数量化值

准则（维度）i 比准则（维度）j	量化值
同等重要	1
稍微重要	3
较强重要	5
强烈重要	7
极端重要	9
两相邻判断的中间值	2, 4, 6, 8

将权数依次排列构造出如下判断(成对比较)矩阵:

$$A = \begin{pmatrix} a_{ac_ac} & a_{ac_da} & a_{ac_an} & a_{ac_de} & a_{ac_dm} \\ a_{da_ac} & a_{da_da} & a_{da_an} & a_{da_de} & a_{da_dm} \\ a_{an_ac} & a_{an_da} & a_{an_an} & a_{an_de} & a_{an_dm} \\ a_{de_ac} & a_{de_da} & a_{de_an} & a_{de_de} & a_{de_dm} \\ a_{dm_ac} & a_{dm_da} & a_{dm_an} & a_{dm_de} & a_{dm_dm} \end{pmatrix}$$

其中 a_{ac_ac} 、 a_{ac_da} 、 a_{ac_an} 、 a_{ac_de} 、 a_{ac_dm} 分别表示执行相比于自身权数、执行相比于数据采集的权数、执行相比于分析的权数、执行相比于决策的权数、执行相比于需求映射的权数, 其他行依次类推。

(3) 层次单排序及一致性检验

对应于判断矩阵最大特征根 λ_{max} 的特征向量, 经归一化 (使向量中各元素之和为 1) 后记为 W 。 W 的元素为评估维度相对于评估目标的相对重要性的排序权值, 这一过程称为层次单排序。

定义一致性指标 $CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$:

- n 代表维度数;
- $CI = 0$, 有完全的一致性;
- CI 接近于 0, 有满意的一致性;
- CI 越大, 不一致越严重。

为了衡量 CI 的大小, 引入随机一致性指标 RI

表 4.2-3 随机一致性指标 RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

一般认为一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 时, 认为 A 的不一致程度在容许范围之内, 有满意的一致性, 通过一致性检验。可用其归一化特征向量得到最终权向量:

$$W = \{w_{ac}, w_{da}, w_{an}, w_{de}, w_{dm}\}$$

否则要重新构造成对比较矩阵 A 。

4.3 中国联通通信网络智能化分级方法验证结果表示

为了更好的展示智能化评估过程和结果, 使用元组和雷达图表示单维度评估结果和整体评估结果。

1. 单维度评估结果表示

单维度评估结果使用三元组的形式表示，包括应用名称、维度、智能化程度三个要素。应用名称和维度用于唯一标识所评估对象，智能化程度为评估方法中维度对应的三种智能化水平，包括系统，人和系统，人。

{应用名称，维度，智能化程度}

2. 整体评估结果表示

整体评估结果可使用五元组或雷达图的形式表示。

(1) 五元组表示

五元组包括应用名称、网络专业、系统范围、工作领域、智能化等级各个要素。全方位展示评估对象的关键信息。表示形式如下：

{应用名称，网络专业，系统范围，工作领域，智能化等级}

网络专业包括无线网、传输/承载网、核心网、数据网、分组网、动环等专业。

工作领域分为网络规划部署、网络维护、网络优化、业务运营等环节，覆盖网络全生命周期。

系统范围包括网元、网管、平台。

(2) 雷达图表示

雷达图每个轴代表一个维度，雷达图可以直观表示各维度智能化程度的分布状态，同时可以直观的对比评估对象当前智能化水平与演进目标的差距。示例如图 4.3-1.

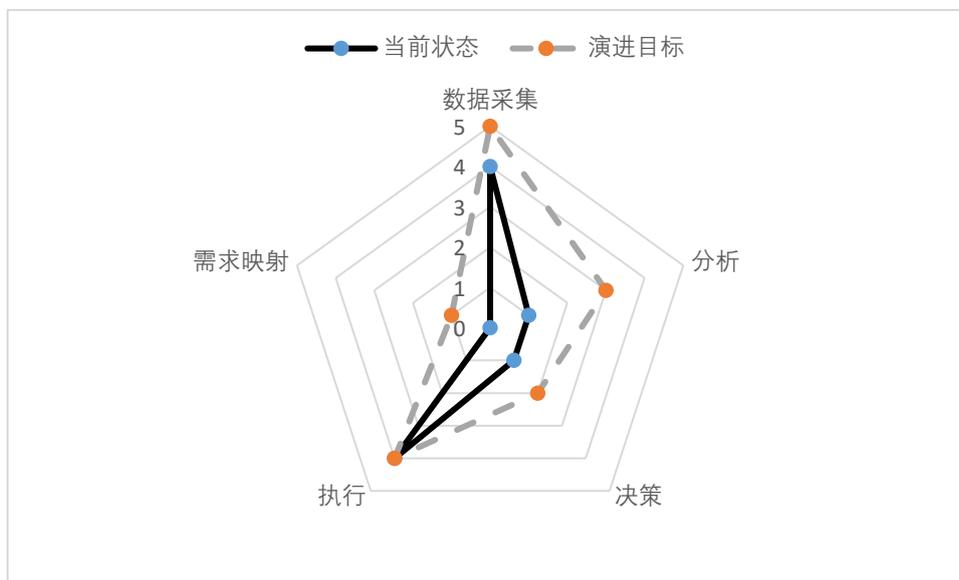


图 4.3-1 通信网络智能化分级方法验证结果雷达图表示示例

5 中国联通通信网络智能化分级验证实践

5.1 江苏联通网络智能监控系统介绍

中国联通基于网络智能化分级验证方法，对江苏联通网络智能监控系统进行了评估。

江苏联通网络智能监控系统实现了跨厂商、跨专业、面向全网的告警集中管理，消除各厂家网管以及专业网管系统之间的信息孤岛，实现全网各专业告警在同一平台上的标准化呈现、故障的主动发现与快速定位、故障工单的快速派发（自动/手动）与督办，达到告警全生命周期的集中监控、集中管理，从而提高监控工作效率。

智能监控主要分为概况监控、告警监控、场景监控、拓扑监控、系统设置（包含性能监控告警设置）五大功能。提供概况监控、拓扑监控、场景监控、值班长视图、当班人员窗口、自定义窗口、告警关联视图、故障追踪视图、割接跟踪视图等多种监控方式；支持日常监控、重点区域监控、节假日监控等各种场景。

图 5.1-1 为江苏联通网络智能监控系统工作流程示意图，系统利用 IT 手段对故障一点监控、穿透到末梢，智能化运营实现工单派发、通知、跟踪的自动化管理。

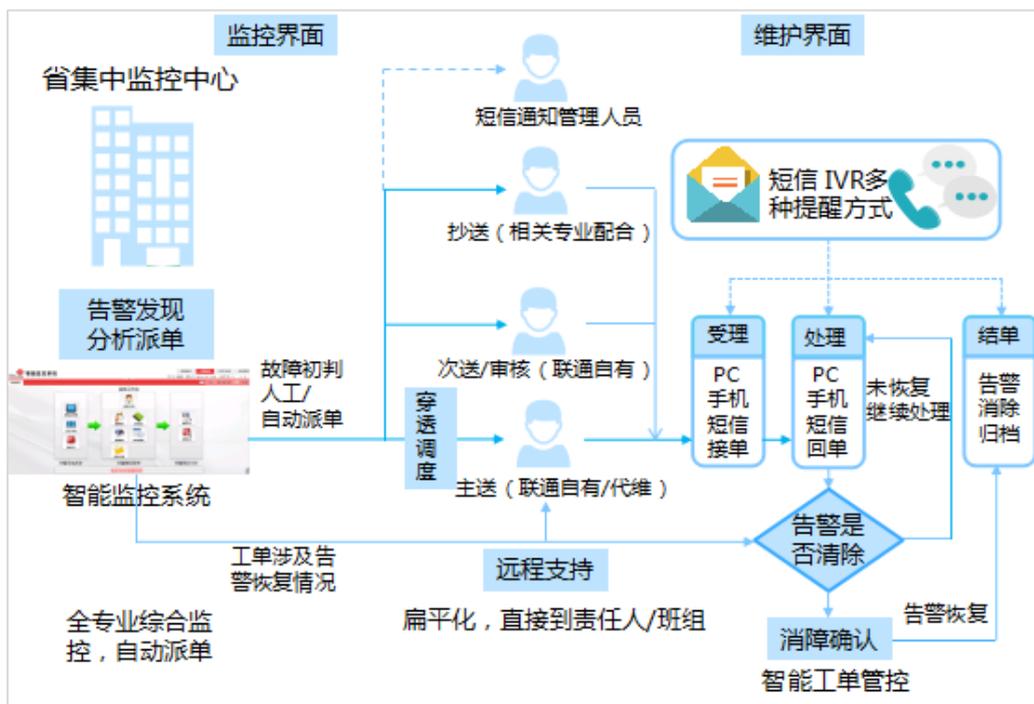


图 5.1-1 江苏联通网络智能监控系统工作流程示意图

5.2 江苏联通网络智能监控系统评估过程及结论

基于网络智能监控系统当前的状态，将各个功能模块对应到需求映射、数据采集、分析、决策、执行各个维度，并梳理出当前的状态，结果如图 5.2-1。

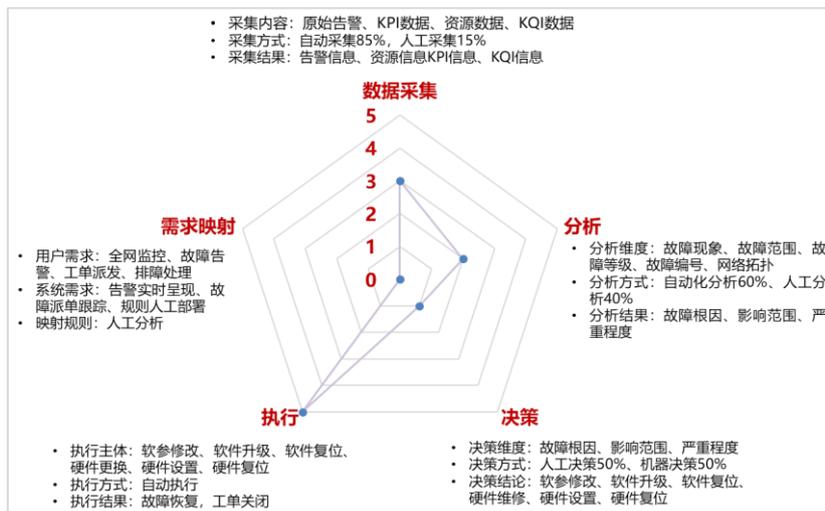


图 5.2-1 江苏联通网络智能监控系统各维度评估结果

各维度结果如下：

- {网络智能监控系统，需求映射，人工}
- {网络智能监控系统，数据采集，人和系统}
- {网络智能监控系统，分析，人和系统}
- {网络智能监控系统，决策，人和系统}
- {网络智能监控系统，执行，人和系统}

使用层次分析法确定各维度的权重进行整体智能化评分。基于执行、数据采集、分析、决策、需求映射各维度的重要程度构造对比矩阵。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 2 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 2 & 2 & 4 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/4 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

计算获得对比矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} = 4.8925$ ，对应的特征向量经归一化后：

$$W = \{0.2599 \ 0.3676 \ 0.1447 \ 0.1447 \ 0.0830\}$$

一致性指标：

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0269}{1.12} = 0.024 < 0.1$$

具有满意的一致性，通过一致性检验。

因此执行、数据采集、分析、决策、需求映射各维度权重分别为 0.2599, 0.3676,

0.1447, 0.1447, 0.0830, 最终智能化程度计算结果为:

$$S = w_{ac} * S_{ac} + w_{da} * S_{da} + w_{an} * S_{an} + w_{de} * S_{de} + w_{dm} * S_{dm} = 2.9194$$

根据表 4.2-1 获得网络智能监控系统的智能化等级:

{网络智能监控系统, 全专业, 平台, 网络维护, L2}

总体结论如下:

1. 当前系统总体处于 L2 初级智能化网络;
2. 各维度自动化程度如下,
 - 执行实现的自动化程度最高;
 - 需求映射的自动化程度最低, 目前没有系统参与;
 - 各环节系统实现的多为简单部分, 人工实现的为复杂部分。
3. 系统到达 L3 等级主要的瓶颈在于, 数据采集还需要人工参与。

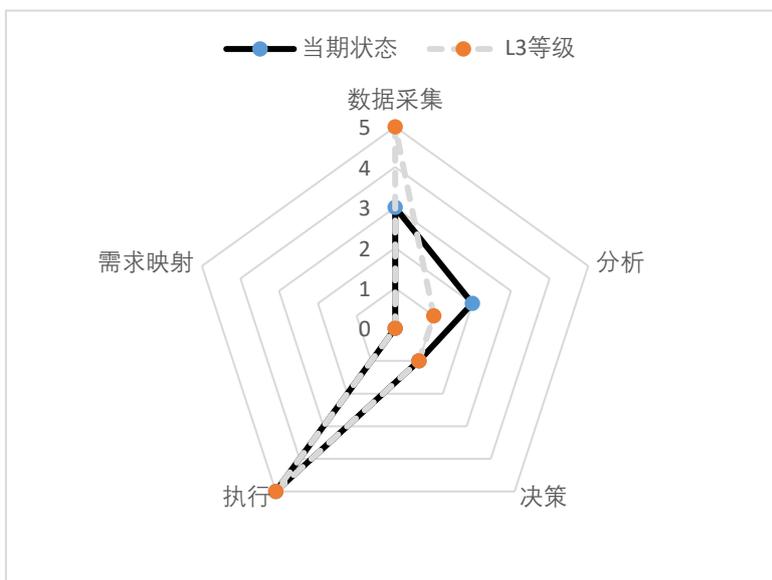


图 5.2-2 当前状态与 L3 中级智能化网络对比

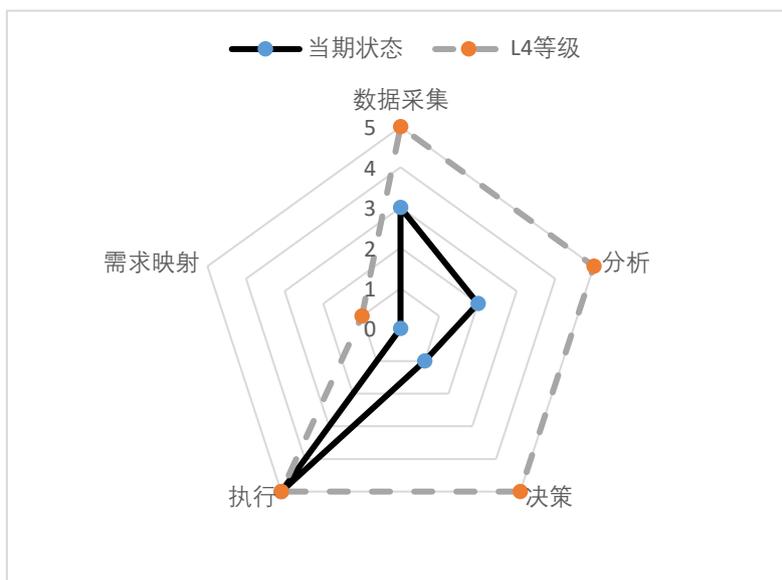


图 5.2-3 当前状态与 L4 高级智能化网络对比

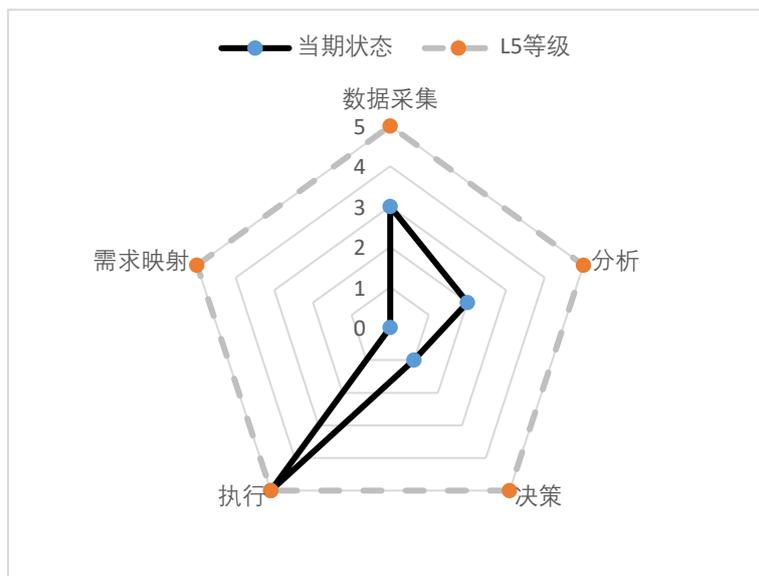


图 5.2-4 当前状态与 L5 完全智能化网络对比

对系统现状和各个智能化水平进行比较，给出以下演进建议：

1. 达到 L3 等级，系统需在实现 L2 的基础上，数据采集实现完全自动化；
2. 达到 L4 等级，系统需在 L3 的基础上，分析和决策实现完全自动化，同时人工可以辅助完成一部分需求映射工作；
3. 达到 L5 等级，系统需在 L4 的基础上，需求映射实现完全自动化。

6 结束语

本白皮书基于中国联通和中兴通讯等合作伙伴联合提出的立体式分级标准，定义了网络智能化分级在网络全生命周期的验证范围，提出了一套科学、通用、标准化的验证方法。同时针对江苏联通网络智能监控系统进行全面的分析和智能化评级验证，对江苏联通网络智能监控系统的智能化程度有了深入的了解和科学的评价，也为江苏联通网络智能监控系统以及全网智能化提出了建议和指导意见，具有很高的理论价值和实践意义。

通信网络智能化的演进是一个长期过程，智能化分级的方法和实践也将随着智能化的演进不断发展和完善。中国联通希望联合产业链合作伙伴，不断推进智能化网络的技术进步和商业化应用，打造智能、敏捷、集约、开放的 CUBE-Net2.0+ 的网络，推动全社会的数字化和智能化进程。

7 附录

7.1 参考文献

- [1] Grading method for intelligent capability of mobile networks, ITU-T ML5G-I-151, 2018.
- [2] 移动通信网络智能化能力分级研究,CCSA,2018.
- [3] ENI Definition of categories for AI application to Networks, ETSI GR ENI 007 V0.0.7 (2019-02), 2018.

7.2 参编单位与人员

中国联通网络技术研究院	李亚梦, 黄兵明, 刘永生, 廖军
中国联通江苏省分公司	赵越, 孙宏, 王瑜
中兴通讯股份有限公司	张健, 左罗, 张嗣宏, 叶良