



通信网络运维多维评估模型设计及应用

徐亮¹, 王烨¹, 郑然¹, 张基恒², 袁萍², 李鑫阳², 田宇²

(1. 中国移动通信集团有限公司, 北京 100033; 2. 中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 通信网络运行维护工作是电信运营商的一项基础性重要工作。当前, 世界各运营商网络运维工作公开披露的信息相对较少, 缺乏评估各运营商电信网络运维水平的有效模型。以平衡积分卡方法为基础, 结合长期通信网络运维体系研究及工作实践, 创新性地提出了通信网络运维多维评估模型, 并应用该模型对国际大型电信运营商、创新型电信运营商、高增长型电信运营商 3 种不同类型的运营商进行对比分析, 以期对国内运营商网络运维工作发展提供有效的评估和指引。

关键词: 网络运维; 电信运营商; 多维评估模型; 平衡积分卡

中图分类号: TN915

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023094

Design and application of multi-dimensional evaluation model of telecommunication network operations and maintenance

XU Liang¹, WANG Ye¹, ZHENG Ran¹, ZHANG Jiheng², YUAN Ping², LI Xinyang², TIAN Yu²

1. China Mobile Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China

2. China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: Telecommunication network operations and maintenance is a basic and critical work for communications service providers (CSP). At present, there is little public operations and maintenance information of CSP. In addition, it is lack of effective evaluation model of telecommunication network operations and maintenance. A multi-dimensional evaluation model of telecommunication network operations and maintenance was proposed, which took abalanced score card as a basis and was combined with long-term operations and maintenance work and research practice. The model was verified by applying different types of CSP, including international large CSP, innovative CSP, and high-growth CSP.

Key words: network operations and maintenance, communications service provider, multi-dimensional evaluation model, balanced score card

0 引言

信息技术 (information and communica-

tion technology, ICT) 运维作为信息通信企业的“综合管控体系”, 是企业正常运行的服务保障和持续优化的基础底座。ICT 的发展以及企业业

务的扩张使得运维体系架构愈发复杂,运维工作难度和强度与日俱增,需要构建模型或框架对运维体系现状加以评估并及时设定优化方向。

业界针对信息技术(information technology, IT)信息服务领域的指导性标准主要包括 ISO 20000、信息技术基础构架库(information technology infrastructure library, ITIL)和信息技术服务标准(information technology service standards, ITSS)。ISO 20000 即信息技术服务管理体系标准,是面向组织机构的 IT 服务管理国际标准认证,目的是提供建立、实施、运作、监控、评审、维护和改进 IT 服务管理体系的模型。ITIL 原为英国在 20 世纪 80 年代开发的 IT 服务管理方面的最佳实践库,现已成为以流程为中心的 IT 管理行业标准。ITSS 是我国研制的一套 IT 服务领域的标准库和一套提供 IT 服务的方法论,对国内 IT 服务提供方的适用度较高。ISO 20000、ITIL 和 ITSS 关键内容对比见表 1,展示了上述标准在性质、范围、适用对象和实施方式 4 个方面的情况^[1]。

与电信领域相关的运营运维框架和模型,主要以国际电信管理论坛(TM Forum)的一系列方法框架为参考,如业务流程框架(增强型电信运营图谱(enhanced telecom operations map, eTOM))、信息框架(共享信息数据(shared information data, SID)模型)、应用程序框架(电信应用程序谱图(telecom applications map, TAM))以及指导运营商数智化转型的开放数字化架构(open digital architecture, ODA)等^[2-3]。但当前全球电信运营商在构建新的网络运维评估

模型,衡量网络及相关系统的规划、建设、运营、维护和优化全生命周期的成效价值方面的实践和探索不足,不能有效反映电信运营商网络运维工作中存在的运维效率及协同性低,运维成本高、客户体验差、产品上线慢等一系列问题,对网络运维管理的科学决策和体制改革难以形成有效的指示支撑。随着信息通信行业积极打造新基建、新业态、新模式等增长引擎,如何构建新型的网络运维成效评估模型和实践基线标准,实现网络运维水平和价值的提升,成为行业内的一项重要研究课题。

1 通信网络运维多维评估模型

1.1 构建思路

网络运维多维评估模型的构建思路结合了平衡计分卡^[4-7]和质量评估模型^[8-11]构建流程。在模型原型选择上,平衡计分卡按客户体验、财务表现、内部效率以及学习与成长 4 个维度,将组织的战略落实为可操作的衡量指标和目标值,既可评估网络运维当前水平又具有面向未来的指导作用。

1.2 指标选择

结合长期通信网络运维体系研究及工作实践,兼顾数据可获取性,研究团队在客户体验、财务表现、内部效率及学习与成长 4 个维度,共选择净推荐值(net promoter score, NPS)、万投比、可用性、运营成本(operating expense, OPEX)占收比、运维自动化率、客户投诉单平均处理时长、告警处理时长、业务中断处理时长、劳产率、百站运维人数 10 项指标。

表 1 ISO 20000、ITIL 和 ITSS 关键内容对比

标准	性质	范围	适用对象	实施方式
ISO 20000	国际标准	IT 服务管理	IT 服务提供商	框架与流程相结合
ITIL	最佳实践框架	IT 服务管理	个人,即管理者	咨询方法论,强调流程设计
ITSS	标准集	IT 服务	适用于各个行业	服务体系搭建,强调需求分析



1.2.1 客户体验维度

(1) 净推荐值

$$\text{NPS} = (\text{推荐者数} / \text{总样本数}) \times 100\% - (\text{贬损者数} / \text{总样本数}) \times 100\% \quad (1)$$

净推荐值又称净促进者得分,是一种计量某个客户将会向其他人推荐某个企业或服务可能性的指数。这一指数是2003年由美国本恩公司针对企业良性收益与真实增长所提出的客户忠诚度概念,是最流行的客户忠诚度分析指标,用于分析顾客口碑如何影响企业成长。

NPS的最终得分区间为-100~100,一般来说,NPS ≥ 0 会被认为“良好”,NPS > 30 会被认为“优秀”。2012年爱立信公司针对北美某运营商的研究结果显示,若该企业客户的平均网速能提高5%,其用户的净推荐值将从-4变成+5,并带来3个方面的积极影响:一是延长用户的在网时间,二是吸引更多潜在客户,三是降低离网率。

(2) 万投比

$$\text{万投比} = \frac{\text{当月投诉客户数量}}{\text{当月收费客户总量} \times 10\,000} \quad (2)$$

万投比,即网络质量每月万人投诉比例,是用户对运营商网络质量和运营商网络服务满意度的最客观、最直接的评价指标之一,万投比指标恶化意味着潜在加剧的业务流失和用户流失。

(3) 可用性

$$\text{可用性} = \frac{\text{网络服务可用时长}}{\text{提供服务总时长} \times 100\%} \quad (3)$$

可用性是指网络服务/系统在给定时期内处于可用状态的时间占比。高可用性也称为可用性,衡量标准为 n 个9, n 一般为3~5,以1年为周期。若网络可用性为3个9即99.9%,意味着在连续运行1年时间里最多可能的业务中断时间为8.76 h;可用性为4个9即99.99%,意味着最多可能的业务中断时间为52.56 min;可用性为5个9即99.999%,意味着最多可能的业务中断时间为5.256 min。

1.2.2 财务表现维度

$$\text{OPEX 占收比} = \text{OPEX} / \text{收入} \times 100\% \quad (4)$$

OPEX包含维护费用、营销费用和人工成本等。OPEX占收比即企业运营成本占收入的比例。该比例越低,说明企业运营能力越强。理论上,仅采用维护费用会有更强的针对性,但考虑各运营商网络维护费用数值难以获取,此处使用整体OPEX替代。

1.2.3 内部效率维度

(1) 运维自动化率

$$\text{运维自动化率} = \frac{\sum_{n=1}^n T_n}{n} \quad (5)$$

其中, T_n 为运维场景 N 中使用自动化手段的比例。

运维自动化率为各运维场景自动化使用比例总和的算术平均值。以专线开通场景为例,假如共涉及18个环节,若其中9个环节实现自动化,该场景的运维自动化率为50%。

2019年国际电信管理论坛提出自智网络(autonomous network)^[12]及从L0级人工运维到L5级完全自智网络的分级标准。自智网络涵盖了网元、OMC、网管的自动化、智能化,与运维自动化率强相关。在应用网络运维多维评估模型时,电信运营商也可采用自智网络评级结果代替运维自动化率指标。

(2) 客户投诉单平均处理时长

$$\text{客户投诉单平均处理时长} = \frac{\text{客户投诉单总时长}}{\text{客户投诉单总数}} \quad (6)$$

客户投诉单平均处理时长是运营商平均每个投诉的处理时长,反映运营商投诉处理效率。客户投诉单总时长为单个客户投诉从提单到解决的全部时间,投诉单数量为单位时间(通常以1年来衡量)内提交的投诉单总数。找到客户问题的解决方案并交付给客户后,客户投诉单视为已关闭。

(3) 告警处理时长

$$\text{告警处理时长} = \frac{\text{全部告警从出现到解决的总时间}}{\text{告警总数}} \quad (7)$$

告警处理时长是指运营商设备或网管侧出现的告警从发生到消除的平均时长。

(4) 业务中断处理时长

业务中断处理时长 =

全部影响业务故障从发生到解决的总时间 / (8)
影响业务故障总数

业务中断处理时长是指运营商影响业务的重大网络故障从发生到解决的平均时长。

1.2.4 学习与成长维度

(1) 劳产率

劳产率 = 运营商总经济收入 /
同一时期总员工数 (9)

劳产率, 即劳动生产率, 是指劳动者在一定时期内创造的劳动成果与其相适应的劳动消耗量的比值。劳产率可以用同一劳动者在单位时间内生产某种产品的数量来表示, 单位时间内生产的产品数量越多, 劳产率就越高; 也可以用生产单位产品所耗费的劳动时间来表示, 生产单位产品所需要的劳动时间越少, 劳产率就越高。聚焦网络运维领域, 劳产率是指根据产品价值计算的运营商单位从业人员在单位时间内的产品生产量, 可以体现运营商生产技术水平、经营管理水平和人员技术熟练程度。

(2) 百站运维人数

百站运维人数 = 总运维人数 / 基站数量 × 100 (10)

百站运维人数是指每百套基站需要的运维人员数量, 包括自有运维人员和外包运维人员。

1.3 模型构建

参考平衡计分卡结构, 将 NPS、万投比、可用性、OPEX 占收比、运维自动化率、客户投诉单平均处理时长、告警处理时长、业务中断处理时长、劳产率、百站运维人数 10 项指标按客户体验、财务表现、内部效率以及学习与成长加以梳理, 构建出网络运维多维评估模型, 如图 1 所示。

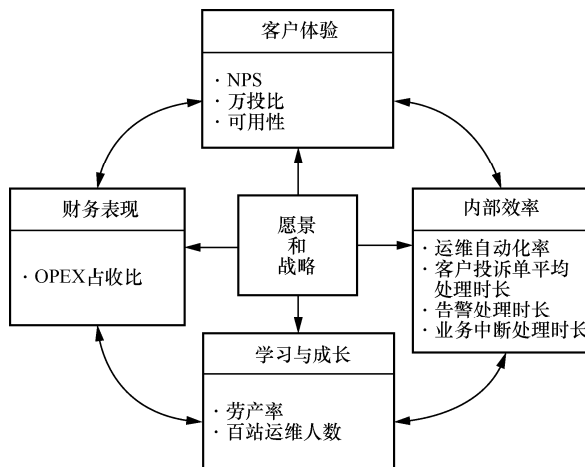


图 1 网络运维多维评估模型

2 网络运维评估模型的验证

2.1 对比对象及调研数据说明

为验证电信运营商通信网络运维多维评估模型的有效性, 研究团队深度调研了亚太、美洲、欧洲、中东及非洲地区共 78 家电信运营商, 以下统称为目标运营商。通过对目标运营商财报等公开披露信息的研究、问卷调研和访谈等形式, 从客户体验、财务表现、内部效率及学习与成长 4 个维度进行分析研究。

2.2 运营商选取范围

地域上, 选择了亚太地区电信运营商 41 家、欧洲电信运营商 23 家、美洲电信运营商 9 家、中东及非洲电信运营商 5 家进行研究分析。

类型上, 按照年收入、提供业务和增长等情况, 将目标运营商划分为国际大型电信运营商、创新型电信运营商和高增长型电信运营商。定义及调研数量如下: 将集团层面连续 3 年收入超过 100 亿美元的电信运营商定义为国际大型电信运营商, 共 25 家; 将 2012 年后开始提供移动业务、能够为客户提供独特的服务或者套餐的电信运营商定义为创新型电信运营商, 共 19 家; 将过去两年收入复合年均增长率 (compound annual growth rate, CAGR) 大于 5% 的电信运营商定义为高增长型电信运营商, 共计 33 家, 其中满足国际大型



电信运营商和创新型电信运营商条件的电信运营商不重复计入。

2.3 对比数据说明

本次对比数据主要来源于 Analysys Mason 和各目标运营商财报,采用 2021 年第四季度的数据或全年数据;因数据收集条件限制,其中部分指标未能获取第四季度或全年数据的,采用 2021 年第三季度或第二季度数据。运营商访谈主要聚焦于与客户体验和运营效率相关的问题。

3 网络运维多维评估模型结果分析及启示

3.1 单指标对比结果及分析

(1) 电信运营商 NPS 对比分析

通过案头研究收集整理了目标运营商 NPS,给出了 3 类运营商 NPS 的最大值、最小值和中位值,电信运营商 NPS 对比如图 2 所示。可以发现,一方面发达的亚太、西欧、中欧和东欧、北美等发达市场电信运营商 NPS 整体领先于新兴的亚太、拉丁美洲、中东和北非以及撒哈拉以南非洲地区的新兴市场电信运营商,体现出发达市场电信运营商服务水平整体领先于新兴市场电信运营商。另一方面,创新型电信运营商 NPS 领先于国际大型电信运营商和高增长型运营商,这在很大程度上得益于创新型电信运营商在市场争夺阶段,推出了更高性价比的服务,并且更关注客户体验。

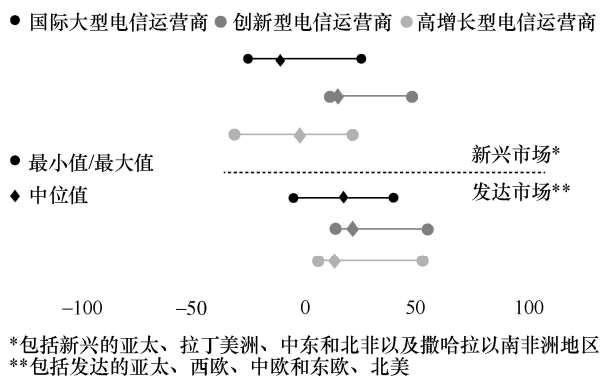


图2 电信运营商 NPS 对比

(2) 电信运营商万投比对比分析

以调研问卷方式收集了目标运营商月均万投比,3 类运营商月均万投比对比如图 3 所示。其中,创新型电信运营商月均万投比仅为 0.2,远低于高增长型电信运营商的 0.398 和国际大型电信运营商的 0.409。结合访谈发现,创新型电信运营商大多积极应用新型基础架构和新技术来解决客户投诉问题,并采用更简化的客户投诉处理流程来缩短投诉呼叫等待时间,大幅降低了重复投诉。

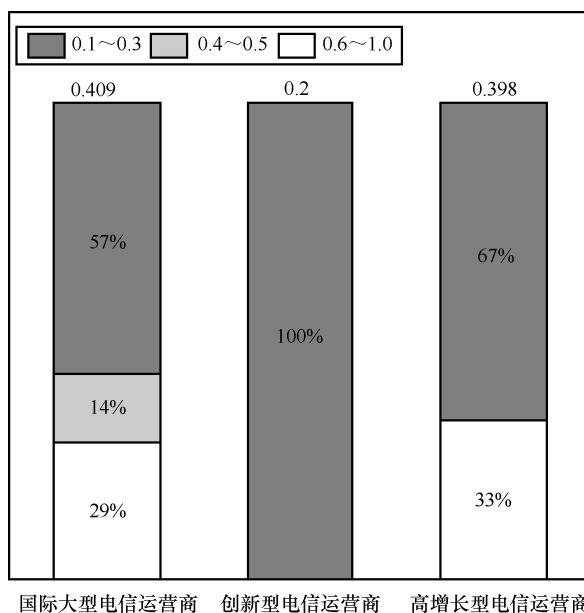


图3 3类运营商月均万投比对比

(3) 电信运营商网络可用性对比分析

3 类运营商计划内和计划外网络可用性对比如图 4 所示。计划外网络不可用场景是指非运营商正常网络调整导致业务不可用,通常由各种类型的故障引发,例如停电导致的基站退服、光纤挖断等;计划内网络不可用场景是指运营商计划内网络调整引发的业务中断。可以看出,创新型电信运营商计划内网络可用性较高,主要是因为应用了云化网络架构,软件升级相对于传统运营商更加平滑和迅速。3 类运营商计划外网络可用性相似。

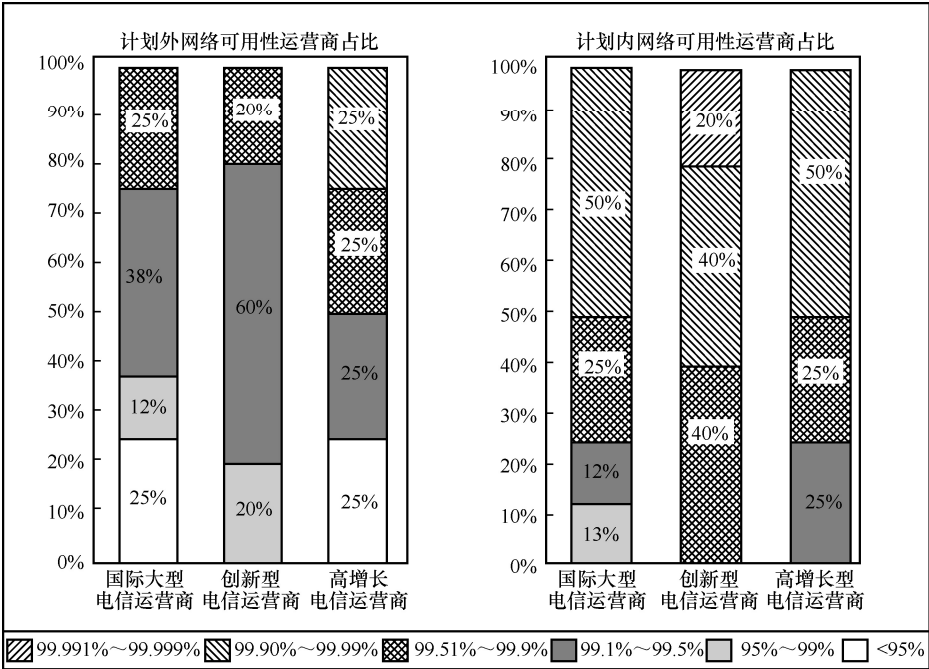


图4 3类运营商计划内和计划外网络可用性对比

(4) 电信运营商 OPEX 占收比对比分析

电信运营商 OPEX 占收比是运营商运营能力的重要体现,通过目标运营商公开财报分析得出国际大型电信运营商、创新型电信运营商和高增长型电信运营商的 OPEX 占收比分别为 66%、112%和 58%。其中,创新型电信运营商采用大规模营销手段和低价策略吸引客户,导致 OPEX 占收比高于 100%,而高增长型电信运营商利用用户和流量红利,采用创新型业务提高整体收入,降低了 OPEX 占收比。

(5) 电信运营商运维自动化率对比分析

调研发现,目标运营商运维自动化能力集中部

署在业务发放与数据配置、业务质量和客户体验管理、客户投诉处理等七大方面。3 类运营商运维自动化率对比见表 2。创新型电信运营商运维自动化率明显高于国际大型电信运营商和高增长型电信运营商,这主要得益于新建网络采用云化架构,不会束缚于存量网络。另外,3 类运营商的告警过滤与预防预测场景自动化程度均较高,这是各运营商普遍首先应用自动化手段的主要场景之一。

(6) 电信运营商客户投诉单平均处理时长对比分析

覆盖质量投诉和数据下载投诉是运营商网

表 2 3 类运营商运维自动化率对比

运维场景	国际大型电信运营商	创新型电信运营商	高增长型电信运营商
业务发放与数据配置自动化率	50%	79%	66%
业务质量和客户体验管理自动化率	33%	68%	44%
客户投诉处理自动化率	46%	82%	68%
应急保障与事件管理自动化率	43%	79%	48%
业务保障及性能管理自动化率	34%	79%	45%
客户问题自助服务自动化率	20%	30%	20%
告警过滤与预防预测自动化率	70%	80%	70%
全场景平均自动化率	42%	71%	52%



络类投诉中占比较高的两类,这两类投诉的处理时长可以有效反映运营商整体网络类投诉处理能力。电信运营商客户投诉单平均处理时长对比如图 5 所示。从图 5 可知,创新型电信运

营商表现较好;国际大型电信运营商因网络复杂,问题定位和处理时间较长;高增长型电信运营商聚焦于数据业务,在网络覆盖质量方面存在明显短板。

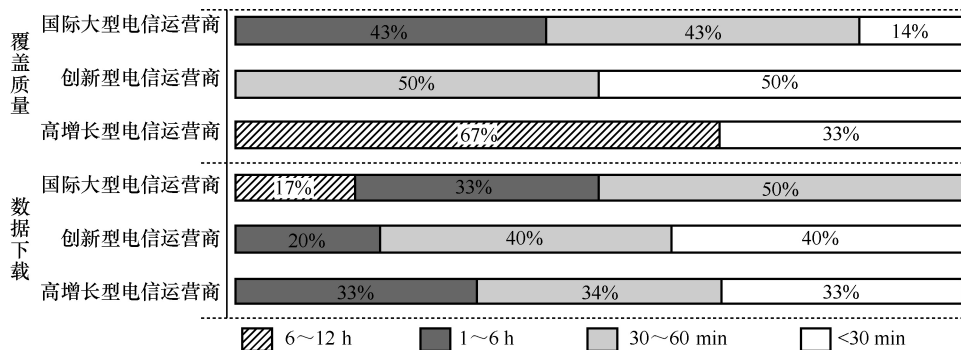


图 5 电信运营商客户投诉单平均处理时长对比

(7) 电信运营商告警处理时长与业务中断处理时长对比分析

通过案头研究、访谈和调研收集了目标运营商处理告警和业务中断故障的表现,3 类运营商告警处理时长与业务中断处理时长对比如图 6 所示,给出了最大值、最小值。国际大型电信运营商因其多代网络融合、情况复杂,问题定位和处理时间较长。创新型电信运营商普遍采用网络功能虚拟化(network functions virtualization, NFV)等技术、积极应用自动化处理手段,故障处理表现相对较好。

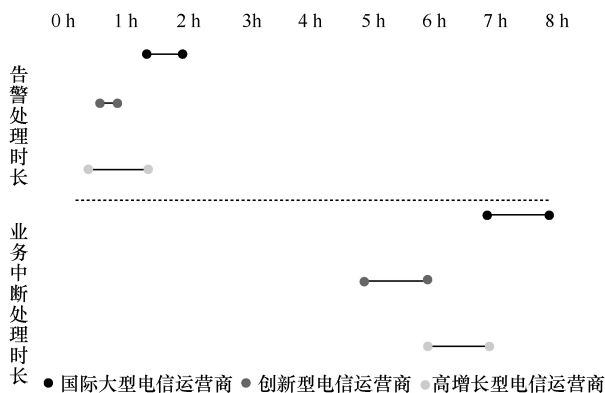


图 6 3 类运营商告警处理时长与业务中断处理时长对比

(8) 电信运营商劳产率对比分析

通过分析目标运营商公开财报可以得出国际大型电信运营商平均劳产率为 602 万元,远高于

创新型电信运营商的 339 万元和高增长型电信运营商的 118 万元。主要原因是国际大型电信运营商主要服务欧美发达国家,所处的国家人均国内生产总值(gross domestic product, GDP)及每户平均收入(average revenue per user, ARPU)均较高。

(9) 电信运营商百站运维人数对比分析

运营商网络运维人员包括现场运维人员和网络运维中心(network operations center, NOC)人员,后者主要包括后台运维人员、管理人员等。3 类运营商 NOC 和现场运维人员百站运维人数如图 7 所示。国际大型电信运营商大量使用外包人员处理现场运维工作,现场运维人员是 NOC 人员的 3 倍左右。创新型电信运营商由于自身网络结构简单,软件化程度较高,百站运维人数低于其他两类运营商。

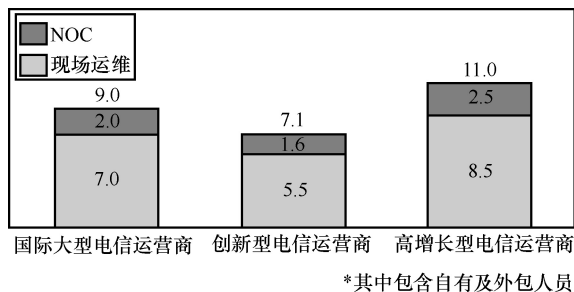


图 7 3 类运营商 NOC 和现场运维人员百站运维人数

3.2 电信运营商网络运维水平差距总体分析

将各指标中位值作为对比基准得出 3 类运营商网络运维 10 维度综合评估结果并绘制雷达图, 3 类运营商网络运维水平差距总体分析如图 8 所示。综合分析可得出, 第一, 得益于云化网络的极简结构、运维自动化程度高以及互联网式运营思路, 创新型电信运营商在客户体验和内部效率两个方面整体领先; 第二, 国际大型电信运营商主要集中在欧美等发达地区, 运营商收入水平高、网络资源及覆盖丰富, 其劳产率和可用性两个指标领先; 第三, 高增长型电信运营商所处位置以发展中国家为主, 仍拥有人口红利, 其 OPEX 占收比和告警处理时长两个指标领先。

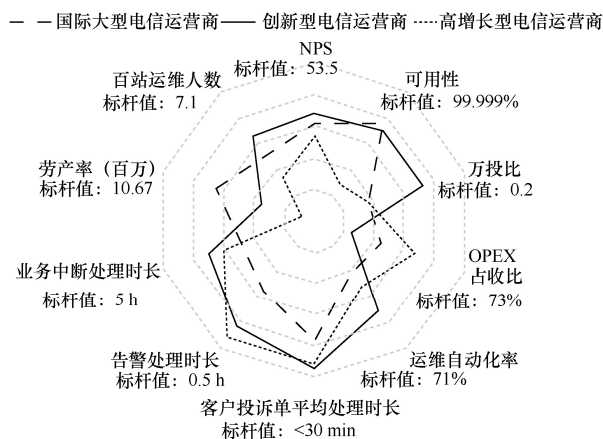


图 8 3 类运营商网络运维水平差距总体分析

3.3 提升电信运营商网络运维水平的建议

(1) 电信运营商百站运维人数对比分析

网络是电信运营商最重要的产品, 保障网络安全运行是电信运营商的生命线。2022 年全球多家大型运营商接连发生了影响较大的网络故障, 例如, 2022 年 7 月 2 日, 日本电信运营商 KDDI 移动通信网络发生故障, 影响日本全国范围内用户手机通话业务和数据上网业务, 影响用户规模达 3 915 万, 故障历时约 63 h; 2022 年 7 月 8 日, 加拿大电信运营商 Rogers 发生重大网络故障, 影响蜂窝网络、互联网和有线电视服务, 导致加拿

大国内数百万用户无法上网、打电话, 故障历时约 19 h 等^[13]。这些网络故障持续时间长、影响范围大, 造成了大面积用户投诉和极大的网络舆情。随着经济社会加速进入数智化时代, 网络通信服务逐步融入大众生活及千行百业, 网络运行一旦出现异常, 极易对生产生活造成严重影响。

在网络运维多维评估模型中, 可用性指标体现了网络安全运行水平, 业务中断处理时长体现了运营商恢复故障的能力。不断提升网络运行安全性, 保障网络运行安全, 提升重大故障处理水平, 仍然是电信运营商提升网络运维水平的首要工作。

(2) 提升网络运维数智化水平

新一轮科技革命和产业变革推动全社会加速迈入“数智化”时代, 信息技术、数据成为驱动发展的新要素。伴随生活、生产活动加快向数字空间迁移, 信息技术、数据要素的放大、叠加、倍增效应将日益显现, 推动突破发展瓶颈, 实现生产力跃升^[14-15]。以数智化赋能网络运维, 提供敏捷泛在、智能高效的数字化基础服务是充分发挥电信运营商核心优势、服务各行各业数智化转型的必然要求。在网络运维多维模型中, 运维自动化率、告警处理时长、客户投诉单平均处理时长、业务中断处理时长、劳产率、百站运维人数等指标均与网络运维数智化水平直接相关, 提升网络运维数智化能力可以极大提升电信运营商网络运维工作整体水平。

(3) 降低网络运维成本

目前, OPEX 已经超过资本性支出 (CAPEX) 成为大多数电信运营商的第一大支出, 部分电信运营商的电费、网络维修费等网络运维成本支出也超过了营销费用等前端支出。5G 网络高能耗也给电信运营商带来巨大挑战, 5G 基站耗电大约是 4G 的 3 倍。电信运营商在不断引入云化、节能等新技术的同时, 也要注意通过精细化网络运维手



段,如通过载波动态调整、基站智能节电、设备全生命周期精细化管理等一系列运维手段降本增效。在网络运维多维模型中,OPEX占收比、百站运维人数等指标与网络运维成本直接相关,降低网络运维成本可以提升电信运营商综合竞争力。

(4) 提升客户服务水平

当前电信运营商与互联网厂商正面争夺数字化服务市场,围绕网络质量和服务品质的竞争日趋激烈。5G时代,工业互联网、车联网、增强现实(augment reality, AR)/虚拟现实(virtual reality, VR)等多种场景更要求提供更稳定、更优质的服务体验。网络运维水平与网络质量直接相关,网络运维售前、售后工作,特别是故障处理和投诉处理等客户服务工作更会直接影响客户感知。在网络运维多维模型中,NPS、客户投诉单平均处理时长、告警处理时长等指标与客户感知直接相关,提升网络运维客户服务水平已成为电信运营商优化客户感知,吸引增量客户、保有存量客户的重要手段。

4 结束语

本文以平衡计分卡量化评估为牵引,构建了网络运维多维评估模型,通过量化网络运维工作水平,帮助各运营商发挥竞争优势,补足短板,进而推动电信运营商网络运维工作健康发展。由于研究水平有限,当前模型仍存在两方面不足。一是网络运维评价指标通常为20个以上,而当前模型为了最大限度对比世界一流企业,考虑各企业数据披露水平及信息可获得性,只选择了10项最具有代表性的指标,后续研究将持续丰富指标数和维度。二是当前模型10项指标的权重赋值方法为专家经验判定法,该方法基于个体经验决策,存在片面性,后续将通过矩阵对比法、专家打分法等方式改善权重赋值。

本文的研究得到了华为技术有限公司咨询团队的大力支持,特此鸣谢!

参考文献:

- [1] 刘颖,姚玉红,潘纯峰. ITSS/ITIL/ISO 20000 对比分析[J]. 信息技术与标准化, 2011(8): 17-20.
LIU T, YAO Y H, PAN C F. ITSS/ITIL/ISO 20000 comparative analysis[J]. Information Technology & Standardization, 2011(8): 17-20.
- [2] TM Forum. Metrics framework R19.0.1: GB935[S]. 2019.
- [3] TM Forum. Business metrics specifications V7.1.1: GB935-A[S]. 2013.
- [4] KAPLAN R S, NORTON D P. The balanced scorecard: measures that drive performance[J]. Harvard Business Review, 1992(1): 71-79.
- [5] KAPLAN R S. Conceptual foundations of the balanced scorecard[J]. Handbooks of Management Accounting Research, 2009(3): 1253-1269.
- [6] 樊艳琴. 平衡记分卡在企业绩效管理中的运用[J]. 财会学习, 2021(19): 170-172.
FAN Y Q. Application of balanced scorecard in enterprise performance management[J]. Accounting Learning, 2021(19): 170-172.
- [7] 王招治,雷金英,薛见寒. 基于DCF-BSC模型的移动互联网企业价值评估:以移动互联网企业XW公司为例[J]. 福建金融, 2020(12): 16-24.
WANG Z Z, LEI J Y, XUE J H. Value evaluation of mobile Internet enterprises based on DCF-BSC model—taking XW company as an example[J]. Fujian Finance, 2020(12): 16-24.
- [8] 任志军,李焱,宋俊德. 多视点业务运维质量综合评估模型[J]. 电信科学, 2007, 23(5): 80-83.
REN Z J, LI Y, SONG J D. A multiple viewpoint service operation quality evaluation model[J]. Telecommunications Science, 2007, 23(5): 80-83.
- [9] 毛斌宏,阳志明. 客户可感知的电信服务质量指标体系模型的研究与实践[J]. 电信科学, 2010, 26(7): 122-126.
MAO B H, YANG Z M. Research and practice on customer perceived telecom service quality index system model[J]. Telecommunications Science, 2010, 26(7): 122-126.
- [10] 吴沐阳. 网络运维质量评估模型构建及其关键技术研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2019.
WU M Y. Construction of network operation and maintenance quality evaluation model and research on its key technologies[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2019.
- [11] 谢晓军,石彦彬,喻琦. 通信服务建模原则和典型场景研究[J]. 广东通信技术, 2020, 40(10): 2-6.

- XIE X J, SHI Y B, YU Q. Research on modeling principles and typical scenarios of communication services[J]. Guangdong Communication Technology, 2020, 40(10): 2-6.
- [12] TM Forum. Autonomous networks from concept and framework to practice v1.0.0: IG1269[S]. 2022.
- [13] 周钰哲, 彭璐. 国外运营商断网事件对我国的启示[J]. 网络安全和信息化, 2022(10): 13-15.
- ZHOU Y Z, PENG L. Enlightenment of the disconnection incident of foreign operators to China[J]. Cybersecurity & Informatization, 2022(10): 13-15.
- [14] 赵继学, 孙浩文. 网络智能可视自动化运维[J]. 数据通信, 2022(6): 8-11, 27.
- ZHAO J X, SUN H W. Network intelligent visual automatic operation and maintenance[J]. Data Communications, 2022(6): 8-11, 27.
- [15] 詹勇, 吴枫. 5G 网络自动化: 从人工运维到全自治[J]. 电信科学, 2022, 38(8): 140-150.
- ZHAN Y, WU F. 5G network automation: from manual operating to full autonomous[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(8): 140-150.

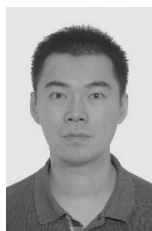
[作者简介]



徐亮(1982-), 男, 博士, 中国移动通信集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为信息通信产业与技术、网络运营体系、通信网络技术发展演进、无线通信技术、核心网络通信技术等。



王辉(1975-), 男, 中国移动通信集团有限公司高级工程师, 曾获得国家科学技术进步奖二等奖、多项省部级科技进步奖一/二等奖、行业管理创新一/二等奖, 长期从事国际电信管理论坛(TM Forum)、中国通信标准化协会(CCSA)等国际、国内标准化组织工作。



郑然(1984-), 男, 中国移动通信集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为网络运维体系规划、最佳实践应用等。

张基恒(1990-), 女, 中国移动通信有限公司研究院工程师, 主要研究方向为新基建、网络运维等。

袁萍(1994-), 女, 中国移动通信有限公司研究院战略发展研究员, 主要从事战略与产业研究工作, 重点聚焦算力经济、网络运维等领域工作。

李鑫阳(1993-), 女, 中国移动通信有限公司研究院战略发展研究员, 主要从事信息通信、网络运营、固定资产投资、金融科技等领域的产业分析与研究工作。

田宇(1989-), 女, 中国移动通信有限公司研究院战略发展研究员, 主要从事信息通信、教育、医疗等产业研究, 以及大数据、人工智能等技术研究工作。