

引用格式: 尹静, 温福铨, 安小米. 新兴技术国际标准缺口分析方法研究: 以ITU-T FG-AINN AI原生电信网络为例[J]. 标准化学报, 2026 (9): 23-36.

YIN Jing, WEN Fuquan, AN Xiaomi. Research on Gap Analysis Methods of International Standards in Emerging Technologies: Taking the ITU-T FG-AINN AI-native Telecommunication Network as an Example[J]. Journal of Standardization, 2026 (9): 23-36.

新兴技术国际标准缺口分析方法研究: 以 ITU-T FG-AINN AI 原生电信网络为例

尹 静¹ 温福铨¹ 安小米^{1,2,3*}

(1.中国人民大学 信息资源管理学院; 2.中国人民大学 数据工程与知识工程教育部实验室;
3.中国人民大学智慧城市研究中心)

摘 要:【目的】针对新兴技术国际标准缺口分析中存在方法单一且滞后、语义特征理解不足及流程不规范等问题, 提出一套通用的国际标准缺口分析方法和流程, 为新兴技术领域国际标准缺口识别提供方法支撑和实施路径。【方法】在批判性分析既有国际标准缺口分析方法和流程的基础上, 整合语义特征分析法并补充用例分析法, 提出一套改进的新兴技术国际标准缺口识别方法及流程, 并以ITU-T人工智能原生网络焦点组(FG-AINN)中的AI原生电信网络为例, 验证所提方法和流程的有效性。【结果】有效验证了所提的新兴技术国际标准缺口分析方法和流程, 识别了AI原生电信网络领域既有国际标准在术语界定、网络管理、服务管理、AI模型和智能体管理及可信AI与安全治理方面存在的标准缺口。【结论】改进了既有国际标准缺口分析方法并规范了缺口分析流程, 提升了标准缺口识别的精准性与前瞻性。同时, 为AI原生电信网络这一新兴技术领域的未来国际标准制定提供了方向指引。

关键词: 标准缺口识别; AI原生电信网络; 语义特征分析; 用例分析

DOI编码: 10.3969/j.issn.2097-857X.2026.09.002

Research on Gap Analysis Methods of International Standards in Emerging Technologies: Taking the ITU-T FG-AINN AI-native Telecommunication Network as an Example

YIN Jing¹ WEN Fuquan¹ AN Xiaomi^{1,2,3*}

(1.School of Information Resource Management, Renmin University of China; 2. Key Laboratory of Data Engineering and Knowledge Engineering, Renmin University of China; 3. Smart City Research Center, Renmin University of China)

Abstract: [Objective] To address the problems of single and lagging methods, insufficient understanding of semantic characteristics, and non-standardized processes in the gap analysis of international standards for emerging technologies, this paper proposes a generic gap analysis method and process for international standards, providing methodological support and implementation paths for identifying international standard gaps in the field of emerging technologies. [Methods] Based on a critical analysis of existing international standard gap analysis methods and processes, this paper

基金项目: 本文受国家自然科学基金重大项目“我国政府数据治理与利用能力研究”(项目编号: 20&ZD161)资助。

作者简介: 尹静, 博士研究生, 研究方向为政府信息资源管理、数据治理与利用及标准化。

温福铨, 博士研究生, 研究方向为政府信息资源管理、数据治理与利用及标准化。

安小米, 通信作者, 博士, 教授, 研究方向为政府信息资源管理、大数据治理、标准化协同治理。

proposes a set of improved methods and processes for identifying gaps in international standards for emerging technologies by integrating semantic characteristic analysis and supplementing use case analysis. The effectiveness of the proposed methods and processes is verified using the AI-native communication networks in the ITU-T Focus Group on AI-native Networks (FG-AINN) as a case study. [Results] This paper effectively validates the proposed methods and processes for analyzing gaps in international standards for emerging technologies, and identifies the standard gaps in the field of AI-native telecommunication networks in terms of terminology definition, network management, service management, AI model and agent management, as well as trustworthy AI and security governance. [Conclusion] This paper improves the existing international standard gap analysis method and standardizes the gap analysis process, improving the accuracy and foresight of standard gap identification. It also provides directional guidance for future international standardization efforts in the emerging field of AI-native telecommunication networks.

Keywords: standard gap analysis; AI-native telecommunication network; semantic feature analysis; use case analysis

0 引言

在新兴技术不断衍生发展与全球科技竞争日益加剧的背景下,国际标准已由单纯的技术规范演变为引领技术扩散、重构产业体系并提升国家竞争力的重要战略资源。人工智能、脑机接口、第六代移动通信(6G)等新兴技术的发展往往伴随着新一代技术标准体系的形成,而标准制定权决定着技术路线选择、产业生态构建和价值分配格局^[1]。因此,积极参与并推动新兴技术标准研制,已成为各国实现技术战略布局与提升全球话语权的重要途径。近年来,我国高度重视新兴技术领域的标准化工作。《国家标准化发展纲要》明确提出,要加强关键技术领域标准研究^[2],加快重点标准研制,集中研制一批引领新一代信息技术与各产业良性互动、深度融合的标准,以标准体系建设支撑新技术创新与产业发展。然而,新兴技术领域技术演进与产业应用迭代速度显著快于标准制定周期,现行标准易在技术规范、覆盖范围、应用适配性等方面呈现滞后性。系统分析现行标准与实践应用需求之间的偏差,科学识别现行标准存在的缺口,对明确新兴技术领域未来标准体系的重点优化方向具有重要意义。

标准缺口分析作为一种识别实践需求与标准制定现状间差异的方式,在各行业领域得到广泛应用。其核心目标在于评估和分析现行标准规范与现实实践之间的适配性,以识别现行标准存在

的结构性不足与功能缺口,为组织明确标准制定方向提供决策依据。这一目标的实现,一方面依赖于对标准文本进行系统性解析与结构性审视,以揭示现行标准的规范边界与内在逻辑;另一方面亦依赖于对实践应用需求的调查,以准确把握技术发展对现行标准提出的实际要求。长期以来,制度文本研究主要聚焦政策文件。实证主义范式下的政策文本分析多以词频统计和主题分类为主,侧重识别政策研究热点主题,梳理政策变迁,揭示发展规律并作出预测。政策文本承担价值宣示与治理导向功能,其话语结构侧重理念表达与议题构建,适合借助词频统计、主题建模、情感分析等计量方法揭示其议题分布与价值导向。相比之下,标准文本则以界定技术要求、规范行为边界、构建功能结构为核心目标,其规范内容通过精确术语、层级化条款结构与逻辑关联规则加以呈现^[3]。标准文本的核心意涵并非简单体现在高频词汇和显性主题中,而是更多隐含于概念的界定、规则条款的逻辑关系以及规范对象与技术功能间的对应关系之中。若仍沿用以词频统计和主题分类为主的文本量化分析路径,难以有效识别标准体系中的技术或功能上的不足以及概念层面的潜在空白。因此,标准缺口分析有必要从传统文本量化分析转向强调语义解析的文本释义性分析,以提升标准缺口识别的精准度与领域相关性。此外,在新兴技术标准缺口分析过程中引入用例分析方法尤为关键。现行标准通常滞后于新兴技

术发展,仅依赖标准文本识别缺口难以充分反映实践应用中的需求变化及技术挑战。用例分析可从实践层面识别关键功能需求及技术问题,弥补传统标准文本分析可能忽视的实践需求,为新兴技术标准制修订工作提供实践依据。

已有学者在不同领域开展了缺口分析研究,相关工作多采用内容分析法和主题分类法分析既有标准文本及其制定现状以识别缺口^[4-8]。然而,此类方法仅局限于对文本表层词频和主题的统计与概括,未能捕捉语义单元间的关系,因而无法揭示文本内容的深层含义和逻辑关联。此外,不同领域开展缺口分析的流程与步骤存在差异,尚未形成统一规范的分析框架和操作路径。针对既有研究在方法单一与流程规范性方面的不足,本文旨在改进已有缺口分析方法和流程,构建一套结构化、可操作且可复用的新兴技术国际标准缺口分析方法体系。研究基于三大国际标准组织发布的缺口分析相关标准,系统梳理已有国际标准缺口分析方法与实施流程,在此基础上提出融合语义特征分析与用例分析的新兴技术国际标准缺口分析方法体系。相较于传统的文本内容分析法和主题分析法,基于概念和特征的语义分析方法增强了国际标准缺口识别的精准性、相关性,在方法上更具先进性。基于用例的分析方法可以补充既有标准所缺失的最新实践需求,突破传统国际标准缺口分析方法滞后于实践的局限,具有前瞻性。此外,本文选取ITU-T人工智能原生网络焦点组(Focus Group on AI-native networks, FG-AINN)中开展的人工智能(Artificial Intelligence, AI)原生通信网络国际标准缺口分析为例,进一步验证所提方法的适用性和有效性。该方法体系在回应当前标准化实践需求的同时,也为新兴技术领域国际标准缺口识别研究提供了新的方法路径与理论视角。

1 既有国际标准缺口研究

1.1 标准缺口分析方法研究现状

现有标准缺口分析研究已广泛拓展至多个行

业领域,不同领域的分析对象和核心关注点呈现显著的行业特征,并形成了多样化的缺口分析路径。总体而言,当前研究可归纳为以下3种缺口分析路径。第一种路径基于文本内容分析法,对领域相关标准进行文本分析解读与总结归纳,识别标准文本与现实实践之间的差距。这类研究主要通过文献回顾、政策与法规梳理、专家访谈、问卷调查等手段了解某一领域的发展现状,将其与标准文本内容进行对照,以评估现行标准在该领域的适用性和一致性^[4-5]。第二种路径基于对研究现状和标准制定现状的调查,进一步利用主题分析法将标准或指南文件分类为结构化的主题、子主题或功能要素,通过构建对比矩阵或列标准化活动清单,实现不同标准间的横向比较,以识别标准覆盖不足或相互冲突的交叠区域。该路径相比于第一种路径,具有更为清晰的缺口分析框架^[6-8]。第三种路径以算法模型为核心方法^[9-10],研究者自主研发适用于本领域的缺口分析方法以实现缺口自动识别,旨在克服传统人为分析效率低、主观性强以及对专家经验依赖程度高等局限,增强分析结果的客观性。

1.2 国际标准文本调查及研究

1.2.1 调查目的

本文通过调查现有缺口分析相关的国际标准文本,梳理总结国际标准缺口分析方法和流程。在此基础上,对现有方法和流程进行改进,提出一套可复制、可推广的通用国际标准缺口分析方法及流程。

1.2.2 调查对象与资料来源

本文以“gaps”“gap analysis”“standardization gap”为检索词,从国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)和国际电信联盟(ITU)三大国际标准组织发布的标准文件中检索国际标准。经过筛选,最终选取16项与缺口分析高度相关的国际标准作为后续分析对象。

1.2.3 调查流程

标准文件调查流程如图1所示。本文遵循以下调查流程:(1)标准文本收集。根据预设检索词从

国际标准数据库中系统获取并筛选与缺口分析相关的标准文件,构建分析样本库作为后续分析的基础。(2)标准内容分析。对所收集标准的文本内容进行解析,识别其采用的缺口分析方法、分析逻辑和操作流程。(3)缺口分析方法分类。在内容解析的基础上,对标准缺口识别方法进行整理与分类,明确不同分析方法的特征。(4)缺口分析流程归纳。结合方法分类结果,对现有标准中的缺口分析步骤进行提炼、归纳与总结,为后续研究构建通用性缺口分析流程奠定基础。

1.2.4 调查结果

(1) 现有国际标准缺口分析方法。对现有国际标准开展缺口分析时,常采用以下2种分析方法:1) 文本内容分析法,是通过深入理解和解释文本的内在意义、结构、语境和作者意图,挖掘文本深层含义的解释性分析方法。2) 主题分析法,是通过识别、分析、解释和报告给定数据中共享的主题以理解人们的观点、意见、知识、经历或价值观^[11]。该方法帮助研究者从零散的资料中找出反复出现的想法、观点与意义结构,将它们归类为不同主题,进而发现一种稳定结构。这2种分析方法往往被结合使用。研究者通常采用文本内容分析法对某领域收集的相关政策、行业报告或现

行标准进行深入剖析与解读,了解该领域的发展现状。随后,利用主题分析法识别资料中若干共享的主题,从资料中归纳出概念、模型或解释框架用以概括该领域标准化活动的主要工作与逻辑结构,为后续缺口识别提供统一的分析框架。在分析过程中,现有标准的分类依据通常包括标准所属领域、标准内容涉及的主题等。

(2) 现有国际标准缺口分析流程。现有国际标准大多遵循“标准现状梳理—实践需求调查—缺口识别—缺口分析报告形成”的流程开展缺口分析。首先,根据全球范围内相关标准制定组织及其他权威机构发布的现有标准、政策、指南、行业报告等资料,系统梳理某领域的发展现状及其标准化活动。在此过程中,研究者会根据其专业知识和分析能力明确该领域的核心议题,基于此构建缺口分析维度与框架。其次,根据相关报告和研究资料调查该领域发展目标、关键问题和实践需求。再次,依据分析框架,将既有标准化活动与领域需求和愿景进行对照映射及相关性分析,调查当前实践与现行标准之间的偏差。分析结果通常通过构建标准化矩阵的方式或以统计图表的形式展示各主题类别下的标准化活动现状全景。在此基础上,进一步识别尚未被已有标准充分覆盖、存在空

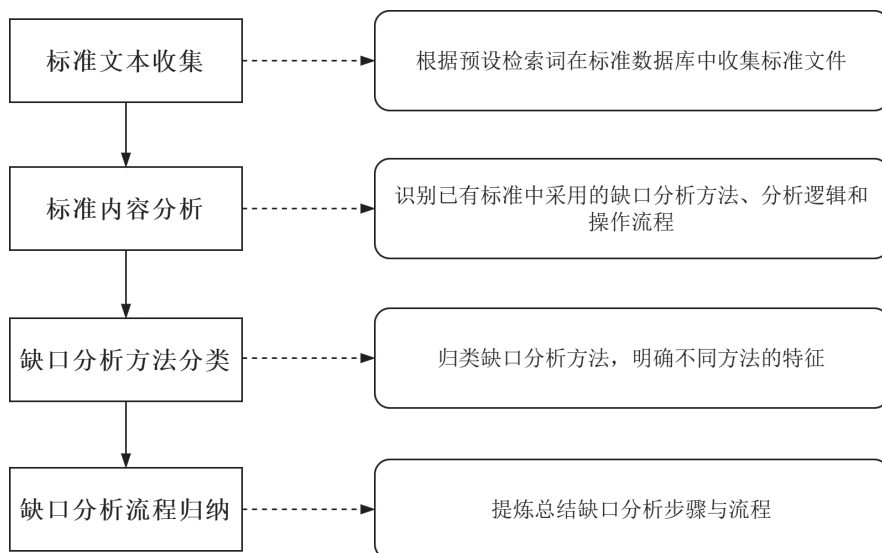


图1 标准文件调查流程

白的主题区域,确定该领域的缺口切入点。最后,根据分析结果并结合领域内发展现状提出最终缺口,形成缺口分析报告,进而提出该领域标准后续制定方向与完善建议。

1.3 现有研究的局限与不足

当前各领域国际标准缺口分析研究局限于传统的文本内容分析法和主题分析法,仅能完成文本表层特征归类、词频统计与主题建模,缺少基于语义的标准文本深层分析与概念关联,亦缺少基于用例的应用场景需求挖掘与验证。另外,针对缺口分析的方法论研究较为匮乏。尽管Asaitec公司的GA实验室开发了一套涵盖计划、识别差距、评估风险、制定应对措施、跟踪与收尾及形成分析报告6个关键环节的差距分析和合规管理方法^[12],为全球各行业及不同规模组织提供了较为通用的操作框架。然而,该方法的适用性局限于企业层面,旨在协助企业清晰发现其运营中的薄弱环节并及时制定改进措施。

目前,学界仍缺乏从标准制定者角度考虑构建标准缺口分析方法和流程的系统研究。鉴于此,本文通过梳理相关研究,提出并优化一套基于语义特征分析和用例分析的国际标准缺口识别方法和流程,并以ITU-T FG-AINN AI原生电信网络国际标准缺口分析为例,对所提方法和流程进行有效验证。

2 国际标准缺口分析方法与流程优化

2.1 基于语义对象和特征分析的优化

传统的文本内容分析法主要依赖于关键词匹配、词频统计、文本相似度统计,侧重文本表层形式的一致性,难以有效识别不同表述方式下所隐含的同类语义内涵,易受措辞差异、语境变化的影响。在复杂场景下,此方法分析得到的标准缺口易出现片面化或遗漏现象。语义分析法是一种对自然语言文本进行深度理解和分析以识别文本中的实体、关系、情感等语义信息的方法。相比之下,基于语义的分析方法能够超越文本表层特征,从语

义对象及其属性特征、概念、关系等方面刻画分析对象,揭示文本深层含义,提升文本分析的可解释性与准确性。

基于此,本文提出并采用一种基于语义对象和特征分析的国际标准缺口分析方法。该方法首先对某领域标准规范对象所涉及的基本概念、概念间关系及属性特征进行分析和语义建模,明确规范对象的核心特征,并对其进行规范化编码。在此基础上,将已编码的对象核心特征与标准文本内容进行逐一对照,开展语义层面的映射分析。目的是评估现有标准对规范对象核心特征的覆盖范围与覆盖深度,以识别现有标准在概念、功能和技术等层面上的缺失、不足与不一致性,实现对标准缺口的结构化、可追溯识别。

2.2 基于用例分析方法的补充及优化

用例分析法通过收集并分析特定领域中的用例,挖掘出源于现实的需求。这些需求可以来自具体的行业应用、技术进步或市场需求的变化,是缺口识别的重要依据。在国际标准缺口分析中引入用例分析,有助于确保标准化活动与实践需求间的一致性,避免标准化活动脱离现实实践。

用例分析方法最早起源于软件工程领域,是一种系统化的需求工程与系统分析工具。其核心在于从最终用户或业务需求方视角出发,通过描述用户与系统间的交互来捕获功能性需求,识别和定义系统应具备的功能和服务。这种方法确保了系统开发目标与实际需求的一致性。在用例分析方法中,用例模板发挥着重要作用,为复杂系统的功能和交互需求提供了一种系统化、结构化的描述方法。该模板通过预定义的结构和字段,为用例描述提供统一、规范的表达框架,将复杂的业务需求与系统交互过程转化为标准化、可理解且可共享的文档,为不同利益相关者间达成共识、准确提取需求及构建可复用的用例库提供支撑。本文在缺口分析过程中创新性地采用用例分析法,通过收集特定领域的代表性用例,从用例中提取相关分析要素,将其与现有标准文本内容进行对照映射,以检验现有标准对实际应用的支撑能力,据

此识别标准在功能覆盖、需求满足、技术挑战等方面存在的缺口。

2.3 基于语义分析和用例分析的整合及优化

基于语义对象和特征的缺口分析方法对标准规范对象的核心概念及概念关系、特征进行语义建模,能够在概念关系层面揭示现有标准的规范边界,识别现有标准在术语使用、概念界定、功能规范等方面的潜在不足。基于用例的缺口分析方法则从实践视角考虑应用场景中的需求要素和技术要求与现有标准间的适配性,揭示标准在支撑实践需求满足及技术挑战应对方面的有效性和局限性。单一采用语义分析法有助于保证缺口识别在概念和功能规范层面的系统性与一致性,但其分析结果未能反映实践应用情境。单一采用用例分析法能增强分析的情境关联性和实践导向性,但若缺乏统一的语义体系架构,易导致分析结论碎片化或受具体场景制约。基于此,本文创新性地结合2种方法开展国际标准缺口分析,实现了从概念语义规范到实践应用需求的整合。语义分析从概念语义规范层面为缺口识别提供概念关联与分析边界,用例分析则从实践层面对标准适用性进行验证与补充。2种方法的协同应用既能揭示标准体系内在逻辑关系,又能反映其在实践应用中的适配偏差,有助于提升标准缺口识别的领域相关性、前瞻性和可信度。

2.4 流程的规范及优化

现有国际标准缺口分析通常遵循“标准现状梳理—实践需求调查—缺口识别—缺口分析报告形成”这一分析流程,以实现缺口的初步识别与筛查,但该流程所得结论在科学严谨性、权威性和准确性方面仍有进一步提升空间。一是缺口识别结果过度依赖分析者的既有知识和主观判断,缺少系统化的专家验证与反馈机制。仅通过标准现状与实践需求的表层对照得到的结论,易受数据偏差、对照维度不全面等因素影响,难以保障缺口识别结果的科学严谨性与权威性。二是缺口分析方法应用较为单一,缺乏多方法结果的对照重叠与交叉验证机制,难以有效剔除单一方法可能

产生的偏差性缺口,从而影响缺口识别结果的准确性。

针对新兴技术领域国际标准缺口分析与识别,本文在继承既有分析流程的基础上进行改进,重点优化以下2个关键环节:一是在缺口分析与识别环节,引入语义对象与特征分析方法,从概念特征层面查找既有标准存在的缺口,融合用例分析法从实践层面分析源于新兴技术实践应用的需求,并将2种方法的分析结果进行交叉比对、互补验证,剔除重复缺口、修正偏差缺口、锁定核心缺口。二是在缺口识别后增设专家评审与共识构建环节,组建涵盖标准研究、行业应用、技术研发等领域的专家团队,对识别的缺口进行逐一校验修正,明确已识别缺口的真实性、必要性及优先级,形成科学、准确、具有可操作性的缺口识别结果。图2为优化后的新兴技术国际标准缺口分析方法与流程。

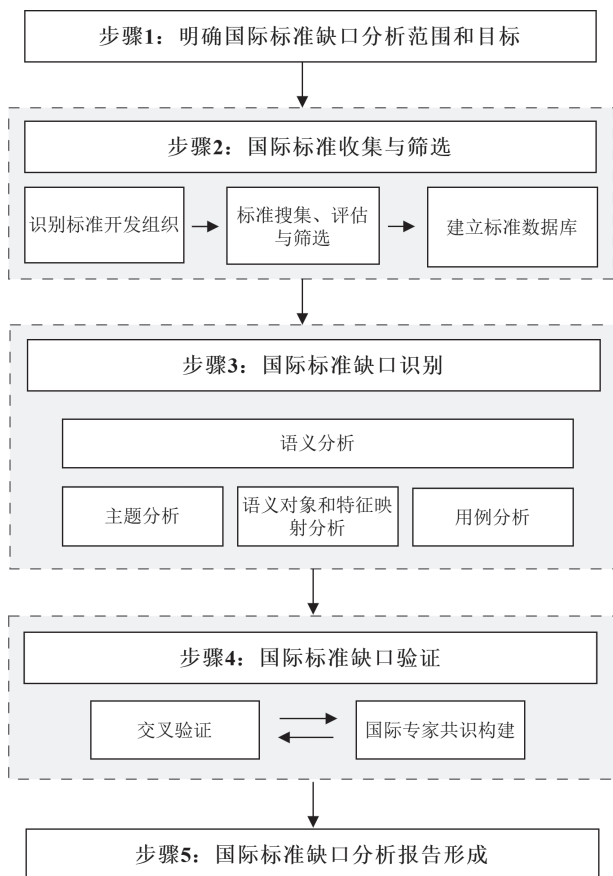


图2 新兴技术国际标准缺口分析方法与流程

本文优化后的新兴技术国际标准缺口分析方法与流程主要包括以下5个步骤:

(1) 明确国际标准缺口分析范围和目标。确定新兴技术研究领域,明确该领域国际标准缺口分析的范围、目标、预期成果等。

(2) 国际标准收集与筛选。首先,需要识别该领域权威的标制定组织(Standards Development Organization, SDO)。基于各SDO的工作职责、研究重点及标准产出情况,筛选出与该领域高度相关的SDOs,确定标准收集范围。其次,从选定的SDOs中搜集、评估并筛选出与该领域直接相关的国际标准及其草案文件。筛选依据包括标准文件的标题、摘要、关键词中是否包含研究对象的术语、是否涉及其核心特征与功能、是否覆盖目标应用场景等。然后,根据所收集的标准建立标准数据库。同时,从各方来源征集该领域实际应用中的用例,构建用例库。

(3) 国际标准缺口识别。整合利用3种缺口分析方法识别国际标准缺口:1) 主题分析。对已收集的标准进行主题归纳与分类,提取关键研究主题,构建标准化矩阵以呈现已有标准化活动现状。2) 语义对象和特征映射分析。基于ISO 704:2022《术语工作:原则和方法》^[13]和ISO 1087:2019《术语工作和术语科学:词汇》^[14]明确标准规范对象所涉及的语义对象、核心概念及概念间关系,构建概念关系图并提取规范对象的核心特征。利用语义分析法将其核心特征与既有标准内容进行映射分析,识别未被标准覆盖的核心特征,目标是找出已有标准在概念和功能规范层面存在的缺口。3) 用例分析。从用例中提取用例需求、技术挑战等分析要素,将其与既有标准内容进行映射,主要目的是找出既有标准未能满足的现实需求,并识别实际操作中存在的偏差或不符合标准的非合规点。

(4) 国际标准缺口验证。将基于语义对象和特征映射的缺口分析结果与用例分析结果进行交叉对比与验证,以识别在概念层面和应用层面具有一致性和稳健性的缺口,排除仅由单一分析方

法得出的偏差性结论。在此基础上,组织行业专家对识别的缺口进行校验与审核确认,结合专家意见修正缺口描述,确保缺口分析结果的科学性与准确性。

(5) 国际标准缺口分析报告形成。根据标准缺口识别与验证结果,编写最终缺口分析报告。

3 案例研究

当前AI技术正由单点智能向全域智能演进,通信网络亦由数据传输基础设施转型为承载模型训练、推理协同与智能调度的关键平台。传统网络在算力资源调度效率、端边云协同能力、智能自治水平、跨域互操作等方面难以满足AI原生场景对低时延、高可靠、可解释、自适应的网络需求。开展AI原生电信网络(AI-native Telecommunication Network, AINN)国际标准缺口分析能够精准识别现有网络架构、协议规范、能力要求、安全机制与AI原生业务需求间的偏差,对完善该领域标准体系、推动网络向自适应智能网络演进具有重要现实意义。本文以ITU-T FG-AINN AI原生电信网络缺口分析为例,验证所提国际标准缺口分析方法的有效性。

3.1 案例研究目的

本文开展案例研究,一方面旨在验证该方法在复杂、多源、多层级标准体系中的可操作性与可重复性,另一方面检验其在新兴技术领域国际标准结构性缺口与功能规范性缺口识别方面的解释力与稳定性。区别于传统以专家经验为主导的缺口分析方式,本文提出的缺口分析方法强调标准文本语义解析与对象概念特征及实践应用需求之间的系统映射,实现国际标准缺口识别方法与流程的规范化、可追溯与可推广。

3.2 案例选择及依据

本文选取ITU-T第13研究组(SG 13)下设焦点组FG-AINN所开展的AINN国际标准缺口分析作为案例研究对象。该焦点组旨在探索和界定人工智能背景下网络架构所需的根本性变革,系统

识别AINN将给全球通信格局带来的新要求、新挑战与新机遇。其核心研究目标之一在于审查现有技术体系和相关国际标准,明确传统网络向AI原生网络过渡过程中存在的不足。本文所有作者作为FG-AINN第一工作组(WG1)成员,深度参与了AINN国际标准缺口分析框架设计、资料收集、标准文本分析等工作。目前,相关研究成果经过42次WG 1工作组会议反复研讨,并在7次焦点组全体会议上接受了来自不同国家和机构专家的评审与修订,形成了跨区域、多主体参与的阶段性共识。

这一研究过程确保了材料的真实性与代表性,使缺口分析方法、流程及结论在多轮专家论证与意见整合中得到充分验证,确保了研究的严谨性与科学性。

3.3 方法与流程

研究开展AINN国际标准缺口分析的详细方法与流程,具体如图3所示。

主要分析过程包括以下步骤:

(1) 清晰界定AINN国际标准缺口分析的目标,包括分析范围、重点领域和预期成果。结合

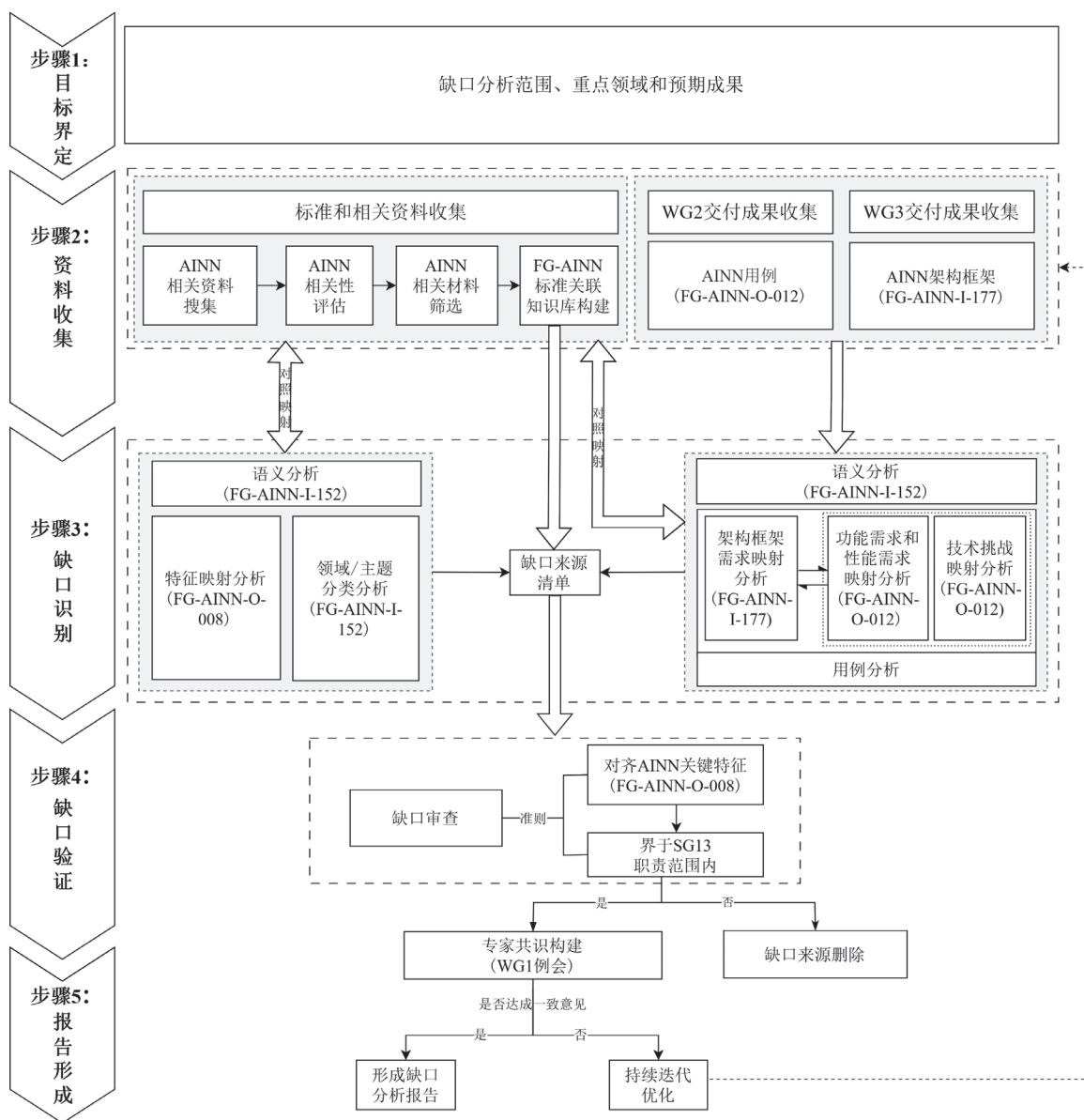


图3 AI原生电信网络国际标准缺口分析方法与流程

ITU-T SG 13的职责边界,明确SG 13重点关注未来网络及移动通信网络的标准制定工作,其下设焦点组FG-AINN主要关注AINN的非无线电部分,重点研究AI在网络架构中的集成、用例识别、概念验证和关键挑战应对,涵盖网络架构、需求、能力、安全保护等多方面。此外,应事先设定可交付、可验证的成果形式,确保分析过程具备必要的结构规范与质量控制基础。经FG-AINN全体会议讨论,研究形成的AINN缺口分析报告最终将以技术报告形式对外发布。

(2)资料收集。首先,通过全面检索与AINN相关的已发布的和在研标准、联络声明、专题研讨会报告及其他技术文件,对其题目、技术范围、规范边界与研究内容进行相关性评估与筛选,整理入选资料并构建FG-AINN标准关联知识库,为后续缺口识别提供可追溯的数据基础。其次,基于FG-AINN第二工作组(WG 2)会议进展,系统收集其交付成果FG-AINN-O-012中的AINN典型用例^[15],丰富缺

口分析的实践案例。最后,从FG-AINN第三工作组(WG 3)交付成果FG-AINN-I-177中提取AINN架构框架及架构需求^[16],支撑AINN体系架构层面的分析。

(3)缺口识别。在完成多源资料收集的基础上,构建融合语义特征分析、用例分析和映射矩阵分析的综合缺口分析框架,对标准文本、语义对象特征、核心概念及概念间关系以及用例需求与挑战进行系统比对与验证。

1)利用语义分析和特征映射方法,依据WG 1已交付成果FG-AINN-O-008界定的AINN核心概念、特征及概念间关系^[17],将其映射至收集的标准文本,构建“AINN特征—标准文件”映射矩阵,以识别现有标准体系在AINN关键特征覆盖方面的缺口。

表1为AINN关键特征与标准文本间的映射结果,揭示了现有标准对AINN关键特征的覆盖情况。同时,对标准文本开展语义内容分析和主题分

表1 基于特征分析的标准映射结果示例

标准文件号	集成AI		赋能创新 增值服务	网络性能提升				所有步骤 均由AI 管理	使AI更易 在网络中 集成
	AI作为基础 要素集成	网络全生命 周期集成AI		高自主性	高效率	强动态适 应性	高水平资 源消耗		
ITU-T Y.2344	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
ITU-T Y.3060	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
ITU-T Y.3061	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
ITU-T Y.3083			✓	✓	✓	✓			
ITU-T Y.3091	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
ITU-T Y.3127	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
ITU-T Y.3161	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
ITU-T Y.3181	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ITU-T Y.3182	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
ITU-T Y.3183	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
ITU-T Y.3184	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
ITU-T Y.3185	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
ITU-T Y.3325				✓	✓	✓			✓
ITU-T Y.3550		✓	✓		✓	✓	✓		
ITU-T Y.3812	✓		✓		✓	✓			
ITU-T Y.3814	✓		✓		✓	✓			

类分析,将主要技术内容归类至预设领域或主题框架,从领域或主题结构层面揭示现有标准的分布特征。表2为现有标准的主题分类结果,反映了各领域或主题下的标准化活动现状。

2)利用语义分析和用例分析方法,提取WG 3交付成果FG-AINN-I-177的架构需求^[16]和WG 2交付成果FG-AINN-O-012的功能需求、性能需求和技术挑战^[15],对其进行编码与相似聚类,形成相互独立且互斥的结构化需求与技术挑战集合,具体见表3。随后,将其映射至已收集的标准文本,识别既有标准未能响应的实践需求与技术挑战。用例需求及技术挑战与标准文本的映射结果见表4。

3)对特征映射分析结果与用例分析结果进行

表2 基于主题分析的标准分类结果示例

标准文件号	术语、定义和概念	用例/应用	需求	能力/功能	架构框架	协议和接口	治理和管理	语义、数据等其他技术	安全和隐私	社会影响评估和伦理
ITU-T Y.2344		✓	✓	✓	✓				✓	
ITU-T Y.3060		✓								✓
ITU-T Y.3061		✓	✓	✓	✓				✓	
ITU-T Y.3083				✓					✓	
ITU-T Y.3091				✓			✓		✓	✓
ITU-T Y.3127		✓	✓	✓	✓			✓	✓	
ITU-T Y.3161			✓		✓		✓		✓	
ITU-T Y.3181			✓	✓	✓	✓			✓	
ITU-T Y.3182		✓	✓	✓	✓		✓		✓	
ITU-T Y.3183		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
ITU-T Y.3184				✓	✓				✓	
ITU-T Y.3185			✓	✓	✓				✓	
ITU-T Y.3325		✓	✓	✓					✓	
ITU-T Y.3550		✓	✓	✓					✓	
ITU-T Y.3812		✓	✓	✓				✓		
ITU-T Y.3814		✓	✓	✓	✓					

表3 用例需求与技术挑战编码及聚类示例

类别	编号	聚焦编码	初始编码
服务管理需求	REQ-AF-1	意图处理	预期AI原生电信网络支持接收并处理来自客户的业务意图
	REQ-AF-3	意图状态报告	预期AI原生电信网络能报告业务意图的履行状态
数据管理需求	REQ-AF-20	数据采集	预期AI原生电信网络支持不同时间粒度的数据采集,以辅助AI/ML模型生命周期管理、性能监控及资源管理等
	REQ-AF-24	多模态数据	支持多模态数据生命周期管理可提升AI原生电信网络附加价值
网络管理挑战	TC-6	智能网络编排能力有限	缺乏高效的网络编排逻辑与协调机制。核心编排任务(如网络切片)高度依赖人工干预,自动化执行与动态适配能力有限

表4 用例需求与技术挑战的标准映射结果示例

编号	被覆盖的用例需求/技术挑战	原始标准文本	标准文件号
REQ-AF-3	意图状态报告	需要提供向客户报告处理结果的功能，包括意图处理结果、配置执行结果和网络状态变化	ITU-T Y.2344
REQ-AF-11	网络域兼容性和互操作性	• 自组织核心网需要与IMT-2020网络所支持的用户设备（UE）和接入网兼容 • 自组织核心网需要支持与IMT-2020网络的互通 • 建议自组织核心网支持与不同接入网的互通，包括固定接入、移动接入和卫星接入	ITU-T Y.3127

交叉验证与整合，并与前期构建的FG-AINN标准关联知识库进行比对，综合判定缺口来源及类型，形成缺口来源清单。

4) 缺口验证。本阶段将依据前一阶段形成的缺口来源清单及既定评估标准，系统开展缺口验证与专家共识构建工作。首先，基于已识别的缺口来源，筛选具备代表性和可操作性的候选缺口，并对每项候选缺口进行一致性与边界性审查，确保其符合AINN关键特征，并判定其是否属于ITU-T SG 13的职责范畴，对超出SG 13职责边界的缺口条目予以剔除。在此基础上，将经筛选的候选缺口提交至WG 1会议开展专家共识构建，重点评估其有效性、必要性及完整性。

5) 报告形成。对于达成一致意见的缺口条目，采用统一的标准化缺口模板进行结构化描述、类别归属与优先级排序，并正式形成缺口分析报告。对于未获得共识的缺口条目，则依据专家反馈意见回溯至前期分析阶段进行补充论证与迭代优化，直至形成专家共同认可的最终缺口。

3.4 AI原生电信网络标准缺口

分析结果发现，AI原生电信网络的国际化活动在网络管理、服务管理、AI模型管理、可信AI与安全治理等方面存在缺口。这些标准缺口揭示了现有标准体系与AI原生电信网络发展需求之间的适配性冲突，反映了既有国际标准在适应网络智能化、自治化及协同演进方面的局限性，为明晰该领域后续国际标准规划和立项及制定方向提

供了重要参考依据。

(1) 术语规范与界定。当前，现有国际标准缺少对AI原生网络相关术语的规范与定义，尚未形成统一规范的术语标准体系。术语标准作为一种规范专用术语的语言学标准，旨在通过精确界定概念减少同义与多义现象，保障信息传递的准确性。尽管张可维等^[18]构建的AI-Native概念体系为学界认知AI原生网络奠定了初步基础，但目前面向AI原生电信网络的术语集合、定义界定与概念边界仍未形成正式标准。标准领域对AI原生电信网络的定义尚未达成共识，术语体系不健全、关键概念界定模糊等问题仍然突出，导致标准研制、技术研发与工程部署等环节中易产生概念误解与认知偏差，影响了网络各层面的协同互操作能力。

(2) 网络管理。现有国际标准尚未建立面向AINN的统一参考架构规范。AINN要求同时支持“AI for Network (AI赋能网络)”和“Network for AI (网络赋能AI)”2种范式。AINN统一参考架构的缺失导致上述2种范式在架构层面缺乏协同一致的顶层设计与标准化约束。现有标准更多侧重于利用AI优化传统网络功能进行规范，但针对“Network for AI”所需的网络侧AI训练与推理原生算力供给、资源适配等关键能力，尚未形成明确的功能定义与能力规范。标准在支撑“Network for AI”网络范式构建方面存在不足。加之传统网络架构在设计之初并未预置AI功能

模块,导致现有网络体系普遍缺乏对“Network for AI”范式的原生支撑能力。此外,跨网络域及跨系统间的数据交换接口与通信协议尚未实现标准化,导致不同网络层级之间的数据交互缺乏统一语义与格式约束,易产生数据解析歧义与语义不一致的问题,增加了系统集成与对接成本。同时,接口兼容性与协议互通性难以保障,阻碍了AI的模块化深度集成与大规模部署,制约了AI模型、智能体与网络功能模块的灵活编排与协同运行,降低了网络的灵活性与可扩展性。针对AINN具备的智能性、自治性与适应性等关键能力,现有标准体系亦尚未建立系统化的网络性能评估框架与指标体系,缺乏对网络性能水平的量化评估方法与对标基准,使网络能力难以被验证、比较并持续优化。

(3) 服务管理。AI原生电信网络的服务分解能力不足,尚未实现由AI驱动的网络服务全流程管理。由于缺乏将复杂网络服务结构化分解为可执行任务单元的机制,现有网络尚未具备基于语义理解与任务编排的服务分解能力,难以精准识别各子任务的资源需求、性能约束与依赖关系,进而制约了服务的精细化编排与动态优化。另外,网络服务管理尚未实现由AI驱动的端到端全流程闭环控制。现行管理体系仍以分阶段、分域式运维为主,亟须建立覆盖网络服务全流程管理的统一智能决策与自适应调控机制。因此,现行标准体系需要建立面向网络服务分解与全流程服务智能管理的系统性规范,对复杂网络服务的语义描述、结构化表达及可执行任务单元的分解机制进行统一定义,规范AI驱动的任务编排与服务全流程控制,推动实现网络服务的智能化管理。

(4) AI模型和智能体管理。现行的国际标准尚未定义或规范AI模型迁移能力,且现有网络缺乏针对实时延迟、用户密度和计算负载量身定制的模型迁移机制。AINN需要具备根据网络状况和服务需求,将AI模型迁移至不同推理节点(如集中式云环境或边缘节点)的能力。但现有网络缺乏足够的动态模型迁移能力,难以实现迁移粒

度、迁移时机和资源调度之间的协同优化。AI模型在迁移过程中往往面临服务中断和网络性能波动的风险。在AI模型的自适应配置能力方面,AINN需要能够自适应地生成、选择并应用针对不同服务和场景量身定制的AI代理工具及综合解决方案。然而,现有标准尚未明确规范AI模型所应具备的自适应能力,导致网络难以实现对异构AI模型的统一管理及运行时的动态重构。另外,随着多智能体协作场景的拓展,AI模型和智能体管理问题进一步演化为多代理模型和多智能体间的协同治理问题。亟须建立相关标准规范AINN中多AI代理模型和多智能体间的协调规则与冲突解决机制,以实现多代理模型和智能体间的资源分配与信息交换。

(5) 可信AI与安全治理。随着AI逐步参与网络控制与自主决策,其行为结果直接影响公共利益与社会公平。然而,现有标准尚未对自主决策系统的决策透明度、可追溯性及权责分配作出明确规范。具体而言,现有标准尚未对AI模型决策的可解释性与透明度提出明确约束,未明确规定记录数据源、特征处理流程、算法逻辑及输出结果的方法和内容要求。这导致AI驱动的决策生成与执行过程缺乏可追溯记录与可验证依据,网络异常行为与错误决策难以被有效识别与追责。现有标准亦未明确界定AI代理的操作边界与权限范围,难以确保AI代理操作符合安全管控要求。同时,缺乏针对模型训练和运行数据的质量评估及数据偏见识别的统一标准,多源异构、数据偏倚与标注不一致等问题缺少明确的规范处理措施,难以及时发现与纠正模型输出的潜在系统性偏差,从而增加了AI幻觉导致的网络运营与决策风险。此外,伦理与合规要求尚未被明确要求嵌入AI原生系统的运行逻辑之中^[19]。公平性、隐私保护和透明度等原则多停留于战略性倡议层面,尚未细化为可操作的技术约束与流程规范举措。因此,制定数据治理、模型可解释、决策审计、责任分配相关的一系列标准,已成为建立可信AI原生网络及实现其安全治理的关键前提。

4 结语

本文通过整合语义特征分析法及用例分析法,并引入多方法分析结果的交叉验证机制,优化并完善了现有国际标准缺口分析及流程,提升了缺口识别方法及流程的精准性、可验证性和可追溯性。以ITU-T FG-AINN AI原生电信网络为例,进一步验证了本文所提方法和流程的有效性。研究表明,当前AI原生电信网络在术语规范与界定、网络管理、服务管理、AI模型和智能体管理及可信AI与安全治理等多个层面均存在标准缺口,研究结论为AI原生网络未来国际标准制定指明了方向。

本研究主要贡献在于:一是突破传统以条文对照和依赖专家经验为主的国际标准缺口分析模

式,提出了面向新兴技术领域国际标准缺口分析的体系化和规范化分析方法,整合并优化了语义分析、特征映射分析、用例分析等多种分析方法;二是建立“标准文本语义解析—实践需求提取—标准文本映射—缺口识别与验证”的多层级分析流程,通过语义特征分析与用例分析的交叉验证,增强了标准缺口识别结果的客观性、可验证性和可复制性;三是提出的缺口分析方法为开展新兴技术领域中的国际标准缺口识别提供了体系化的分析框架,为新兴技术领域的未来标准化路线图制定与国际标准规划和立项工作提供了依据。

尽管该方法在AI原生电信网络国际标准缺口识别中取得初步成效,但其在多领域应用场景中的适用性等方面仍有待更多标准缺口分析项目加以验证。此外,未来研究在采用大模型自动化处理标准文本及分析用例需求方面仍有进一步探索的空间。

参考文献

- [1] 孙红军,杜洋,黄菊秀,等.应重视中国关键和新兴技术标准的发展[J].科技导报,2025,43(11):107-113.
- [2] 中华人民共和国中央人民政府.中共中央 国务院印发《国家标准化发展纲要》[EB/OL].(2021-10-10)[2026-03-10].https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/10/content_5641727.htm.
- [3] 王益谊,顾复,刘曦泽,等.模块化视角下标准内容主体结构模型设计与配置研究[J].标准科学,2025(11):60-68,81.
- [4] Ijaz N, Boon H. Evaluating the international standards gap for the use of acupuncture needles by physiotherapists and chiropractors: a policy analysis[J]. PLoS One, 2019, 14(12): e0226601.
- [5] Konstantinos K, Ei H K, Mehrdad D, et al. Trends in intelligent communication systems: Review of standards, major research projects, and identification of research gaps[J]. Journal of Sensor and Actuator Networks, 2021, 10(4): 60.
- [6] Jason L, Bulbul T, Anumba C. Gap analysis on the ability of guidelines and standards to support the performance of healthcare facilities[J]. Journal of performance of constructed facilities, 2013, 27(6): 748-755.
- [7] Labib N S, Brust M R, Danoy G, et al. Trustworthiness in IoT—a standards gap analysis on security, data protection and privacy[C]//2019 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN). IEEE, 2019: 1-7.
- [8] Yuan Y, Ji X, Dong Z, et al. A gap analysis of technical standards for active safety online monitoring and fire hazards for lithium-ion batteries[C]//2024 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech). IEEE, 2024: 371-377.
- [9] Giovanni G, De L V J L, Marin B. Model-driven gap analysis for the fulfillment of quality standards in software development processes[J]. Software Quality Journal, 2023, 32(1): 255-282.
- [10] Kannan S M, Suri K, Cadavid J, et al. Towards industry 4.0: gap analysis between current automotive MES and industry standards using model-based requirement engineering[C]//2017 IEEE international conference on

- software architecture workshops (ICSAW). IEEE, 2017: 29–35.
- [11] Mojtaba V, Le T R N H N, Terese B. Content analysis and thematic analysis: Implications for conducting a qualitative descriptive study[J]. Nursing and health sciences, 2013, 15 (3) : 398–405.
- [12] Asaitec. Methodology for gap analysis and compliance management[R/OL]. [2026–01–17]. <https://resources.gapanalysislab.com/wp-content/uploads/2016/12/GA-process-methodology-281116.pdf>.
- [13] ISO 704:2022 Terminology work–Principles and methods[S].
- [14] ISO 1087:2019 Terminology work and terminology science–Vocabulary[S].
- [15] Sun H, Sivaram R. Use cases for AI native telecommunication networks: FG–AINN–O–012[R/OL].[2026–02–19]. https://extranet.itu.int/sites/itu-t/focusgroups/ainn/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B7907B4EB-EB59-4E91-BDEC-B710B41339AD%7D&file=FG-AINN-O-012.docx&action=default&CT=1771548780423&OR=DocLibClassicUI.
- [16] Sun Q, Chen Z, Li N, et al. Architecture framework for artificial intelligence native telecommunication networks: FG–AINN–I–177[R/OL]. [2026–02–19]. https://extranet.itu.int/sites/itu-t/focusgroups/ainn/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B4E8032CD-BF53-4F48-BB78-F76ED360A48B%7D&file=FG-AINN-I-177.docx&action=default&CT=1771549363905&OR=DocLibClassicUI.
- [17] An X, Wen F, Yin J, et al. Study of concepts, characteristics and definitions of artificial intelligence native telecommunication networks: FG–AINN–O–08[R/OL]. [2026–02–19]. <https://extranet.itu.int/sites/itu-t/focusgroups/ainn/output/Forms/AllItems.aspx>.
- [18] 张可维, 尹静, 温福铨, 等. 面向数据智能的AI-Native: 基于国际标准化视角的概念体系与演进框架构建[J]. 数据分析与知识发现, 2026, 10 (1) : 48–60.
- [19] 郑鹰, 张欣亮, 张雪飞. 生成式人工智能国内外标准化发展状况、面临挑战及对策研究[J]. 标准科学, 2025 (12) : 35–40.