

# 面向运维运营效率提升的数字孪生与大小模型融合技术研究——以“人+AI智能体”协同为核心

李 隽

中国电信股份有限公司南宁分公司 广西 南宁 530025

**摘要：**本文聚焦于数字孪生与大小模型融合技术在运维运营效率提升领域的应用，以“人+AI智能体”协同为核心模式展开研究。深入剖析了数字孪生的技术特性与优势、大小模型的技术定位与协同机制，以及“人+AI智能体”协同模式的构建方式。阐述了数字孪生与大小模型融合的技术框架，涵盖数据层、模型层和应用层。通过通信网络运维、数据中心运维和工业制造运维等典型场景的应用实践，验证了该技术对提升运维运营效率的有效性。研究表明，此融合技术可显著优化运维流程，推动运维运营向智能化、高效化转型。

**关键词：**数字孪生；大小模型融合；AI智能体；运维运营效率；协同模式

## 1 数字孪生与大小模型融合的技术基础

### 1.1 数字孪生的技术特性与优势

数字孪生作为连接物理世界与数字世界的桥梁，通过数字化手段创建与物理实体完全一致的虚拟模型，实现物理实体与虚拟模型之间的实时数据交互与状态同步。其核心特性包括物理实体的精准映射、实时交互能力以及基于数据的智能决策支持。在通信网络运维中，数字孪生可构建网络拓扑、设备状态、流量分布等全要素虚拟模型，通过实时采集物理网络数据，动态更新虚拟模型状态，从而实现对网络性能的实时监控与故障预测。例如，华为基于SRCON时空数字孪生技术，助力运营商打造最佳直播体验网络，将上行体验速率从3Mbps提升至5Mbps以上，显著提升了用户体验与网络运营效率。

### 1.2 大小模型的技术定位与协同机制

大小模型在运维运营中扮演不同角色。大模型（如GPT-4、Qwen等）具备强大的自然语言处理能力与知识推理能力，可处理复杂语义理解、跨领域知识关联等任务；小模型（如专用预测模型、分类模型等）则针对特定场景进行优化，具有高效率、低延迟的特点。大小模型的协同机制通过大模型进行任务分解与知识推理，指导小模型执行具体操作，实现从“感知-理解-决策-执行”的全流程闭环。例如，在安全运维领域，大模型可分析海量日志数据，识别潜在安全威胁，并生成处置建议；小模型则根据建议执行自动化阻断、数据备份等操作，显著提升安全响应速度与处置效率<sup>[1]</sup>。

### 1.3 “人+AI智能体”协同模式的构建

“人+AI智能体”协同模式将人类经验与AI智能体的自动化能力相结合，形成优势互补的运维运营体系。AI

智能体作为核心执行单元，具备自主感知、任务分解、工具调用与结果反馈能力；人类专家则通过自然语言交互、决策审核与异常干预等方式，为AI智能体提供指导与监督。例如，华为运维智能助手通过多智能体协同，打通AICC与SmartCare的流程与数据断点，降低用户投诉率30%，助力服务NPS提升；同时，人类专家可基于智能助手生成的故障分析报告，快速定位问题根源并制定修复方案，实现运维效率与质量的双重提升。

## 2 数字孪生与大小模型融合的技术框架

### 2.1 数据层：多源异构数据融合与治理

数据层是数字孪生与大小模型融合的基础，需解决多源异构数据的采集、清洗、存储与分析问题。通过部署物联网传感器、日志采集工具与API接口，实现物理实体状态数据、业务系统运行数据与外部环境数据的全面采集；利用数据清洗算法与知识图谱技术，对采集数据进行去噪、标准化与关联分析，构建高质量的数据资源池。例如，曙光数创SLiquid智能运维系统集成200+设备协议，实时抓取数据中心基础设施运行数据，并通过云原生底座实现亿级数据秒级响应，为数字孪生模型提供实时、准确的数据支持。

### 2.2 模型层：数字孪生与大小模型的集成

模型层是融合技术的核心，需实现数字孪生模型与大小模型的深度集成。数字孪生模型通过物理引擎、仿真算法与机器学习技术，构建物理实体的虚拟映射，实现状态预测、性能优化与故障诊断；大小模型则通过微服务架构与API接口，与数字孪生模型进行数据交互与任务协同<sup>[2]</sup>。例如，在通信网络运维中，数字孪生模型可模拟网络流量变化，预测潜在拥塞点；大模型可分析历史

故障数据,生成拥塞处置策略;小模型则根据策略调整路由参数,实现网络流量的动态优化。

### 2.3 应用层:场景化运维运营服务

应用层面向具体运维运营场景,提供智能化、自动化的服务解决方案。通过构建“感知-分析-决策-执行”的闭环流程,实现故障预警、性能优化、资源调度与安全防护等功能的自动化执行。例如,在数据中心运维中,数字孪生模型可实时监测设备温度、湿度与电力消耗等参数,预测设备故障风险;大模型可分析设备运行日志,识别异常行为模式;小模型则根据分析结果自动调整空调制冷参数或切换备用电源,实现数据中心能效优化与故障自愈。

## 3 典型场景下的融合技术应用实践

### 3.1 通信网络运维:从“被动响应”到“主动预防”

通信网络作为数字经济的基石,其运维效率直接影响用户体验与业务连续性。传统运维模式依赖人工巡检与经验判断,存在响应延迟高、故障定位难等问题。数字孪生与大小模型融合技术通过构建网络数字孪生体,实现网络状态的实时监控与故障预测。例如,华为基于数字孪生与大小模型协同,打造“3A”精品网,实现业务实时可感知、KPI/KQI可承诺、差异化体验可保障;同时,通过多智能体协同,降低用户投诉率30%,助力服务NPS提升。此外,该技术还可应用于网络规划与优化场景,通过模拟不同业务负载下的网络性能,指导基站部署与频谱分配,提升网络资源利用率与覆盖质量。

### 3.2 数据中心运维:从“人工巡检”到“智能自治”

数据中心作为企业IT资源的核心载体,其运维效率直接影响业务运行稳定性与能效水平。传统运维模式依赖人工巡检与定期维护,存在效率低、成本高与响应慢等问题。数字孪生与大小模型融合技术通过构建数据中心数字孪生体,实现设备状态、环境参数与能源消耗的实时监控与智能调控。例如,曙光数创SLiquid智能运维系统利用数字孪生技术,对数据中心进行1:1精准建模,并通过AI分析优化能效、预测容量需求;同时,通过全栈监控与资产管家功能,实现全方位无死角监测与资产动态管理,预估可降低电费成本10%以上。此外,该技术还可应用于数据中心安全防护场景,通过分析设备运行日志与网络流量数据,识别潜在安全威胁并自动触发防护机制,提升数据中心安全防护能力<sup>[3]</sup>。

### 3.3 工业制造运维:从“经验驱动”到“数据驱动”

工业制造设备具有复杂度高、停机损失大、故障模式多元的特点,传统依赖人工巡检与经验判断的运维模式存在过度维护或欠维护问题。数字孪生与大小模型融

合技术,通过构建设备全生命周期数字镜像,可实现状态监控、故障预警与维护流程优化。例如,某汽车制造企业基于数字孪生构建生产线3D虚拟模型,实时映射设备振动、温度等200+参数;边缘小模型实时检测轴承磨损等微故障特征,云端大模型结合历史数据与工艺参数,提前72小时预测齿轮箱故障风险,准确率达92%;同时通过数字孪生模拟不同维护方案的停机影响,生成最优维护计划,使非计划停机时间减少40%,维护成本降低25%

同时,通过AI智能体自动生成维护工单并调度维修资源,实现设备故障的快速响应与修复。此外,该技术还可应用于生产优化场景,通过模拟不同生产参数下的设备性能与产品质量,指导生产参数调整与工艺优化,提升生产效率与产品质量。

## 4 融合技术应用面临的挑战与未来展望

### 4.1 面临的挑战

#### 4.1.1 数据隐私与安全问题

数字孪生与大小模型融合技术在运维运营领域的应用高度依赖大量数据,其中包含许多敏感信息,如用户隐私数据、企业核心业务数据等。在数据采集、传输和存储过程中,一旦出现安全漏洞,这些数据就可能被非法获取和滥用,不仅会损害用户利益,还会给企业带来巨大的法律风险和声誉损失。例如,在通信网络运维中,如果用户的通信数据被泄露,可能导致个人隐私暴露和通信内容被窃取。同时,不同数据源之间的数据共享和交互也增加了数据安全管理的难度,如何在保障数据安全的前提下实现数据的有效利用,是当前亟待解决的问题。

#### 4.1.2 模型准确性与可靠性

大小模型在运维运营中发挥着关键作用,但模型的准确性和可靠性受到多种因素的影响。一方面,训练数据的质量和完整性直接影响模型的性能。如果训练数据存在偏差、噪声或不完整的情况,模型可能会出现错误的预测和决策。例如,在工业制造运维中,如果设备运行数据的采集不准确或不全面,基于这些数据训练的数字孪生模型和大小模型可能无法准确预测设备故障。另一方面,模型的泛化能力也是一个挑战。在实际运维运营场景中,环境因素、业务需求等可能会发生变化,模型需要具备良好的泛化能力才能适应这些变化。否则,模型在新场景下的表现可能会大打折扣,影响运维运营效率。

#### 4.1.3 跨领域融合与协同难度

数字孪生与大小模型融合涉及多个技术领域,包括

物联网、大数据、人工智能、通信技术等。不同领域的技术标准和规范存在差异,要实现这些技术的有效融合和协同工作,需要解决技术接口、数据格式、通信协议等方面的问题。例如,在构建数据中心的数字孪生体时,需要将物联网传感器采集的数据与大数据分析平台和人工智能模型进行无缝对接,同时还要考虑与现有运维管理系统的兼容性。此外,不同领域的专业知识和技能也各不相同,如何整合跨领域的人才资源,形成高效的协同工作团队,也是一个具有挑战性的问题。

#### 4.1.4 成本与投入问题

数字孪生与大小模型融合技术的研发和应用需要大量的资金、技术和人力投入。从硬件方面来看,需要部署大量的物联网传感器、服务器等设备来采集和处理数据;从软件方面来看,需要开发或购买数字孪生建模软件、人工智能算法平台等。此外,还需要投入专业的人才进行技术研发、模型训练和系统维护。对于一些中小企业来说,可能难以承担如此高昂的成本,这在一定程度上限制了该技术的广泛应用和推广<sup>[4]</sup>。

### 4.2 未来展望

#### 4.2.1 技术融合与创新持续深化

未来,数字孪生与大小模型融合技术将不断与其他前沿技术进行深度融合和创新。例如,与区块链技术的结合可以增强数据的安全性和可信度,实现数据的不可篡改和可追溯,为运维运营提供更加可靠的数据支持。与边缘计算技术的结合可以将数据处理和分析能力下沉到边缘设备,减少数据传输延迟,提高系统的实时性和响应速度。此外,随着量子计算技术的发展,其在处理复杂模型和大规模数据方面具有巨大潜力,有望为数字孪生与大小模型融合技术带来新的突破。

#### 4.2.2 智能化与自动化水平进一步提升

“人+AI智能体”协同模式将不断优化和完善,AI智能体的智能化和自动化水平将进一步提高。AI智能体将具备更强的自主感知、学习和决策能力,能够更加准确地理解人类专家的意图和需求,实现更加高效的协同工作。例如,在通信网络运维中,AI智能体可以自动分析网络状态,预测故障发生,并自主调整网络参数进行优化,无需人类专家过多干预。同时,人类专家可以通过更加自然和便捷的方式与AI智能体进行交互,如语音交互、手势识别等,进一步提高运维运营效率。

#### 4.2.3 应用场景不断拓展和深化

数字孪生与大小模型融合技术在运维运营领域的应用场景将不断拓展和深化。除了通信网络、数据中心和工业制造等领域,还将广泛应用于能源、交通、医疗等行业。在能源领域,可以构建能源系统的数字孪生体,实现对能源生产、传输和分配的实时监控和优化调度;在交通领域,可以利用数字孪生技术对交通流量进行模拟和预测,优化交通信号控制,提高交通运行效率;在医疗领域,可以构建人体器官或医疗设备的数字孪生体,辅助医生进行疾病诊断和治疗方案制定。

#### 4.2.4 标准化与规范化逐步完善

为了促进数字孪生与大小模型融合技术的健康发展,相关的标准化和规范化工作将逐步完善。政府、行业协会和企业将共同参与制定统一的技术标准、数据标准和接口规范,确保不同系统之间的兼容性和互操作性。例如,制定数字孪生模型的建模标准和验证方法,规范大小模型的训练和评估流程,统一数据采集、存储和传输的格式和协议等。通过标准化和规范化建设,将降低技术的研发和应用成本,提高技术的可复制性和可推广性,推动该技术在更广泛的领域得到应用。

### 结束语

数字孪生与大小模型融合技术以“人+AI智能体”协同为核心,为运维运营效率提升提供了全新的解决方案。通过在通信网络、数据中心和工业制造等典型场景的应用实践,验证了该技术在实时监控、故障预测、智能决策和自动化执行等方面的有效性。未来,需要进一步加强技术研发,完善相关标准和规范,推动数字孪生与大小模型融合技术在更多领域的广泛应用,为各行业的数字化转型和智能化升级提供有力支撑。

### 参考文献

- [1]刘晶,董志红,张喆语,等.基于联邦增量学习的工业物联网数据共享方法[J].计算机应用,2022(4):1235-1243.
- [2]李志军,张文祥,杜丽,等.井下物联网智能感知信息融合汇聚节点设计[J].煤炭技术,2022(10):196-1
- [3]陈永伟.智能体经济的崛起:AI智能体对商业世界的重塑[J].财经问题研究,2025(7):15-31.
- [4]陶茂平.工业机器人系统集成技术在现代制造业中的应用研究[J].模具制造,2025,25(05):75-77.