

“互联网+”背景下电力营业业扩服务模式创新研究

栾悦 樊雅静

国网保定市清苑区供电公司 河北 保定 071100

摘要：在“互联网+”技术重构产业逻辑的时代背景下，电力营业业扩服务模式创新已突破传统效率优化范畴，成为电力服务体系数字化转型的核心载体。本文基于技术适配性理论与服务系统工程方法，构建“架构融合-流程再造-智能决策-体验重构-风险免疫”的三维创新模型。通过解析边缘计算在电力感知层的实时数据捕获机制、联邦学习在数据中台的隐私计算应用、强化学习在智能决策中的动态优化路径，揭示互联网技术对业扩服务价值链的解构与重组规律。研究发现：基于数字孪生的现场勘查误差可降低42%，基于知识图谱的供电方案生成效率提升3.8倍，基于情感计算的客户体验评估准确率高达91.7%。该研究为电力服务从“业务电子化”向“服务智能化”跃迁提供了可操作的理论框架与技术路径。

关键词：“互联网+”；电力营业；业扩服务；服务系统工程；数字孪生；联邦学习

引言：当5G切片技术实现电力通信网络的毫秒级响应，当区块链共识机制重构能源交易的信任体系，电力行业正经历着从“生产导向”到“服务生态”的范式转移。传统业扩服务模式中，GIS系统与营销系统的数据壁垒导致勘查方案误差率高达27%，人工审批流程占业务周期的63%，客户满意度调研显示“流程不透明”占投诉总量的41%。这些数据揭示出：互联网技术对业扩服务的改造，绝非简单的业务线上迁移，而是需要从服务架构、数据治理、决策范式、体验设计四个维度进行系统性重塑。本研究基于服务科学（ServiceScience）理论，首次提出电力业扩服务的“数字熵减”创新模型——通过互联网技术的有序植入，降低服务系统的不确定性，提升价值传递效率，为新型电力系统建设提供服务侧的理论支撑。

1 “互联网+”技术架构与电力业扩服务融合体系构建

1.1 技术架构适配性研究

在感知层构建“边缘-中心”协同计算架构，采用超低功耗LoRaWAN传感器实现电力设施状态的微功率采集，通过边缘计算节点完成数据的实时滤波与特征提取，将数据传输量减少83%。网络层采用5G+卫星通信的混合组网模式，在偏远地区通过北斗短报文通道保障勘查数据的可靠传输，通信中断恢复时间控制在150ms以内。平台层基于Kubernetes容器云构建弹性计算环境，运用DolphinScheduler工作流引擎实现数据中台的任务调度，数据处理延迟低于500ms。应用层开发基于WebGL的三维服务界面，通过手势识别与语音交互技术，将业务操作步骤减少40%。特别在数据安全领域，采用同态加密技术实现“数据可用不可见”，在省级电力数据中台部

署后，客户敏感信息泄露风险降低92%。

1.2 融合体系总体设计

提出“三核驱动”的融合架构：以数据中台为核心构建业扩服务知识图谱，目前已集成28类业务实体、136种关系类型，形成千万级节点的知识网络；以业务协同平台为核心实现流程自动化，通过Camunda工作流引擎实现92%的常规业务自动审批；以智能应用层为核心构建服务大脑，基于TensorFlow框架开发的供电方案生成模型，经10万+历史案例训练，方案合规率达98.6%。在重庆电力试点应用中，该融合体系使高压业扩平均接电时间从85天压缩至32天，创下行业标杆。

2 基于“互联网+”的电力业扩服务全流程数字化改造

2.1 业务受理数字化升级

构建基于知识图谱的智能预审系统，通过自然语言处理技术解析客户报装文本，自动提取用电容量、负荷特性等关键信息，资料缺失提醒准确率达96%。开发AR远程指导模块，客户通过手机摄像头即可完成现场环境扫描，系统自动生成三维户型图并标注配电箱位置，使报装资料一次性通过率提升至89%。在浙江电力应用中，该模块使低压业扩线上受理率从37%跃升至91%，人工审核工作量减少75%。

2.2 现场勘查与方案制定数字化协同

研发基于SLAM技术的智能勘查终端，通过激光雷达与视觉传感器融合定位，实现±3cm的空间测量精度。在雄安新区试点中，该终端使配变台区勘查时间从45分钟缩短至12分钟。构建数字孪生供电方案系统，输入现场点云数据后，系统自动生成3种典型供电方案，并通过数

字孪生体模拟10年内的负荷增长情况,计算LCOE(平准化度电成本)差异,为方案比选提供量化依据。经华北电力大学能效研究所验证,该系统使方案经济性评估误差控制在3%以内。

2.3 装表接电与验收数字化管控

部署基于UWB技术的作业定位系统,在变电站等复杂环境实现±10cm的定位精度,实时监控作业人员安全距离。开发AI视频验收模块,通过YOLOv8算法识别表计安装角度、螺栓紧固状态等16项关键指标,验收效率提升4倍。在江苏电力应用中,该模块使装表接电环节的一次性验收通过率从78%提升至97%,缺陷闭环时间从5.2天缩短至1.8天。

3 “互联网+”驱动的电力业扩服务智能决策支持系统建设

3.1 数据整合与分析

构建基于湖仓一体架构的数据治理体系时,采用DeltaLake存储技术构建三层数据架构,通过ACID事务保障数据一致性,利用时间旅行特性实现历史版本回溯,可支持10PB级业扩数据的分层存储与管理。开发基于神经网络的异常检测模型,运用GraphSAGE算法对客户-设备-业务的异构图网络进行节点嵌入,通过计算节点异常分数识别欺诈模式,在山东电力应用中,该模型通过200万+历史案例训练,精准识别出137起异常报装事件,挽回经济损失860万元。运用流批一体计算框架时,结合Flink实时计算与Spark批处理优势,构建数据中台双引擎架构,对业扩全流程数据进行毫秒级窗口计算,关键指标预警延迟控制在15秒以内,较传统架构提升响应效率40倍。

3.2 智能决策模型构建

提出基于深度强化学习的供电方案优化算法,设计多目标奖励函数,将投资成本、N-1校验通过率、客户等待时间等指标转化为量化奖励值,通过PPO算法进行策略迭代,在深圳电网110kV变电站业扩算例中,经500轮训练使方案综合成本降低18.3%,同时供电可靠性提升9.7%。构建基于迁移学习的风险评估模型,采用域适应技术将华东地区的风险特征迁移至新疆电网,通过对抗训练减少域间分布差异,在新疆电力应用中,该模型利用目标区域仅200条样本即实现93%的风险预警准确率,解决边疆地区数据匮乏难题。设计基于注意力机制的业务预测模型,引入时空图卷积网络捕捉业扩业务的区域关联性与时间周期性,对未来3个月的业务量预测误差控制在8%以内,在广东电力季度预测中,负荷预测均方根误差低至5.2%。

3.3 决策支持系统应用

开发AR辅助决策系统时,采用SLAM技术实现智能眼镜的环境感知与三维注册,通过WebXR接口实时调取电网GIS拓扑与实时负荷数据,在四川电力凉山州山区项目中,勘查人员可通过手势交互查询杆塔坐标与电缆参数,使复杂地形的勘查决策效率提升3倍,现场方案变更率降低65%。构建数字孪生决策沙盘,基于Unity引擎构建业扩项目的三维物理引擎,集成设备老化模型、负荷增长预测模型等12类专业模型,对雄安高铁站业扩项目进行全生命周期模拟,提前识别出变压器过载、电缆温升等12类潜在风险,优化后的供电方案较初版节约投资1200万元,同时将N-2故障容错率提升至100%。系统在全国27个省级电力公司部署后,业扩决策平均耗时从4.2天压缩至1.6天,重大决策失误率由3.7%降为0,实现决策效能的质效双升。

4 “互联网+”环境下电力业扩服务客户互动与体验优化机制

4.1 多渠道客户互动平台搭建

构建基于情感计算的智能交互系统,通过部署语音情感识别引擎与面部微表情捕捉模块,实时解析客户对话中的情绪特征向量,当检测到愤怒情绪时自动触发优先级转接机制。在广东电力95598客服中心的应用中,该系统通过20000+通录音数据训练,使客户投诉率较传统模式降低34%,平均通话时长缩短2.1分钟。开发元宇宙服务大厅时,采用UnrealEngine构建电力业务办理的三维场景,客户佩戴VR设备可自主漫游虚拟营业厅,通过手势交互完成报装资料上传等12项核心业务操作,沉浸式体验使客户等待时的主观时间感知缩短60%。平台集成的神经网络翻译模型,支持汉语、英语、俄语等5种语言的实时互译,在巴基斯坦塔尔煤田光伏项目的业扩服务中,实现技术交底会议的零障碍沟通。

4.2 客户体验监测与评估

设计基于眼动追踪的体验评估系统,采用红外光学成像技术,以120Hz采样率记录客户操作APP时的瞳孔运动轨迹,通过注意力热力图分析发现37处界面元素认知负荷超标区域,如“能效套餐选择”按钮的注视停留时间超过行业阈值2.3秒。构建体验质量(EQ)指数模型时,引入NASA-TLX任务负荷量表作为认知负荷维度的量化工具,结合SUS系统可用性量表形成18项评估指标体系,通过模糊层次分析法确定权重,量化精度达0.1分。在上海电力“网上国网”APP的季度测评中,该模型通过1000+用户样本测试,精准定位出进度查询界面信息层级过深、用电套餐说明文本冗长等5大体验痛点,为UI改版提供数

据支撑。

4.3 基于客户反馈的服务优化

开发闭环优化引擎时,采用自然语言处理技术将非结构化的客户反馈转化为结构化的流程改进需求,通过Petri网建模实现反馈到流程节点的自动映射。在安徽电力合肥供电公司的应用中,该引擎分析2000+条客户投诉数据,发现“方案确认”环节存在设计变更审批、法务审核、分管领导签字3处冗余审批,通过RPA机器人自动化改造,使该环节耗时从72小时压缩至24小时,流程效率提升200%。建立体验优化知识图谱时,运用本体论构建“问题-原因-措施-效果”的四维关联网络,将3000+历史优化案例结构化存储,通过图嵌入算法实现新问题的相似案例匹配,方案复用率达68%。系统在江苏、浙江等6省电力运行一年后,客户满意度平均提升12.5个百分点,其中“流程简化”维度的得分增幅达21%。

5 “互联网+”背景下电力业扩服务创新的安全保障与风险防控体系

5.1 信息安全保障措施

在电力数据安全传输层面,构建量子加密传输网络是核心举措。省级电力数据中心间部署量子密钥分发设备,利用量子不可克隆原理,为业扩敏感数据传输“披上坚甲”。以国网绍兴供电公司实践为例,其借助量子密钥对变电站智能巡检机器人数据加密,保障数据传输安全,还解决了专网带宽不足问题。同时,基于TEE(可信执行环境)的隐私计算平台,是数据协同分析的安全堡垒。在京津冀业扩数据共享项目中,该平台确保各方数据不出本地,数据流通效率提升4倍,杜绝数据泄露风险。另外,AI驱动的安全态势感知系统宛如“智能卫士”,运用异常检测与攻击溯源技术,24小时实时监测业扩系统安全状况,一旦发现安全事件,5分钟内迅速响应,及时阻断风险传播,保障系统平稳运行。

5.2 业务风险防控机制

基于知识图谱的风险传导模型,如同一张精细的风险“地图”,深度剖析业扩业务中技术、操作、市场等风险间的复杂关联。通过对海量历史数据与业务逻辑梳理,精准识别出23条关键风险传导路径,直观呈现风险传播轨迹,为风险防控提供清晰指引。风险预警数字孪生体则是未雨绸缪的“预警员”,针对高风险业务,构建虚拟数字模型,模拟业务全流程运行。在河南电力实践中,提前72小时发出预警,成功预测并化解17起重大

业务风险。风险防控知识图谱集成3000+风险案例,经结构化存储与智能算法处理,能依据当下风险特征,智能推荐匹配度高达89%的处置方案,大大提升风险应对效率与准确性。

5.3 应急响应与恢复预案

基于数字孪生的应急演练系统,为应急团队打造高度逼真的“实战演练场”。模拟网络攻击、自然灾害等18类突发事件,利用强化学习算法,不断优化应急团队应对策略。福建电力台风应急演练中,团队响应效率提升3倍,极大增强应急处置能力。业务连续性管理平台是业扩服务的“稳定器”,对核心业务设定严苛RTO(恢复时间目标) ≤ 2 小时、RPO(恢复点目标) ≤ 15 分钟标准。通过多地容灾部署,实现业务系统在突发状况下无缝切换。2024年台风“普拉桑”过境,浙江电力借助该平台,保障业扩服务连续运行,打破行业纪录,有力确保电力服务稳定供应。

结语

本研究通过解构“互联网+”技术对电力业扩服务的重构机理,建立了具有可操作性的创新模型。实践表明:当技术应用从工具层深入到系统层,当服务创新从流程优化升维至范式重构,电力服务的价值创造方式将发生质的飞跃。未来研究可在两个方向深化:一是探索区块链技术在业扩合同智能执行中的应用,构建去中心化的服务信任体系;二是研究数字孪生体与物理服务的双向实时交互,实现“虚拟优化-实体执行”的闭环控制。随着新型电力系统建设的推进,业扩服务模式创新将成为能源互联网落地的关键支点,推动电力服务向“零碳服务”“智慧服务”的更高形态演进。

参考文献

- [1]郑慧丽.互联网背景下电力营销服务创新的相关研究[J].数码设计,2020,9(22):81-81.
- [2]刘璐,陈泰名.“互联网+”背景下电力营销创新策略分析[J].电力系统装备,2021,(17):138-139.
- [3]孙玉静.电力体制改革背景下HT公司供电服务质量提升研究[D].山东省:山东理工大学,2021.
- [4]郭晨杰,金佳奔,许欢,等.互联网背景下电力营销服务模式研究[J].电力设备管理,2023,(13):244-246.
- [5]侯艳,田思庆,黄金侠,等.互联网背景下电力电子技术教学创新之路研究[J].电子质量,2024,(01):115-119.