

大数据技术在电费异常监测与用电检查中的应用

耿松 贾学涵

国网河北省电力有限公司石家庄市藁城区供电分公司

DOI:10.32629/ems.v8i5.20189

[摘要] 新型电力系统快速推进、电力市场化改革持续推进之时, 电费异常监测、用电检查是电力企业保障营收、维护供电秩序的重要工作, 也面临着数据量巨大、异常情况复杂多变的难题。结合大数据技术多源融合、深度挖掘的核心优势, 本文对目前电费异常监测和用电检查的现状及痛点进行分析, 创新地提出“数据整合、模型构建、精准处置、闭环优化”的应用体系, 用实践案例具体说明大数据在异常识别、准确定位、流程改善中是如何运用的, 为电力企业完成用电检查数字化转型, 提升管控能力给予可模仿、可参考的实践途径, 从而推动形成高效的供用电管理体系。

[关键词] 大数据技术; 电费异常监测; 异常识别模型

引言:

电力是国民经济发展的主要能源之一, 电费收缴和用电规范管理直接影响到电力企业的发展, 也关系到供用电市场秩序的公平。随着智能电网的全面铺开, 智能电表、配电监测终端等电力系统各个环节的设备越来越多, 用电数据也随之变得具有了海量、多源、实时化这四个显著的特性。传统的基于人工巡检、固定阈值的电费异常检测和用电检查方法已经不能适应目前多样化的用电情况, 也不能应对日趋隐蔽化的异常用电行为。因此本文结合行业实践和技术发展来分析大数据技术的应用路径以及优化策略。

一、大数据技术在电费异常监测与用电检查中的应用现状及痛点分析

我国电力企业也已经开始了利用大数据开展电费异常监测和用电检查的工作, 部分地区的电力企业已经开始创建基于大数据的风险评价模型以及智能研判系统, 并且取得了较好的效果。但就行业整体的应用水平来说, 还有很多亟待解决的问题没有得到根本性的解决, 而且这些痛点同当前的应用情况息息相关, 严重影响着大数据技术价值的充分发挥。

数据整合不够充足, 就产生出了电力系统内部大量出现的数据孤岛问题。电力营销系统、智能采集系统、电网运维系统等分别独立运行, 数据不能有效联通, 用户基础信息、用电行为数据、设备运行数据、缴费记录等多源数据缺少整合及标准化处理, 导致数据本身的利用价值无法充分发挥出来, 部分数据的缺失或异常还会对异常研判产生影响。

异常识别模型同质化造成没有足够的创新性、针对性。大部分电力企业仍然沿用单一算法或者固定的阈值模式, 不能适应居民、工商业、新能源等各种不同用户的差异用电特

征, 对于隐蔽化窃电、间歇性计量故障等复杂异常情况, 识别准确率一直较低, 误报率和漏报率居高不下, 传统的手段对于新型窃电行为的识别准确率, 甚至不到 60%。

用电检查流程的固化以及数字化程度较低, 造成异常预警同现场检查之间衔接不畅, 完整的“预警-派单-核查-销号”闭环管理还没有形成起来。部分地区还存在着依靠地毯式巡查来完成检查任务的做法, 不但会消耗掉大量的人员和经费资源, 而且很难提高检查工作的速度, 也不能对异常现象及时做出处理。同时大数据技术应用程度较低, 大部分企业只是将大数据技术用于异常检测环节, 并没有对数据背后蕴含的用电规律和风险隐患做深层次挖掘, 对于异常原因的追溯分析也不够彻底, 缺少了依靠数据开展模型更新与策略改进的机制, 不能完成由“被动应对”向“主动防范”的本质改变。

二、大数据技术在电费异常监测与用电检查中的创新应用策略

针对上述应用现状与突出痛点, 结合大数据技术的核心优势, 立足电力企业的实际业务需求, 我们创新构建“多源数据融合-智能模型研判-精准检查处置-闭环优化提升”的全流程应用体系, 推动电费异常监测与用电检查工作向智能化、精细化、高效化转型, 确保各项策略与现状精准对应、切实可行。

(一) 构建多源数据融合体系, 破解“数据孤岛”痛点

打破部门与系统之间的壁垒, 整合电力营销、智能采集、电网运维、气象环境、用户信用等多领域数据, 建立统一的用电数据资源池, 实现数据的集中管理与标准化处理, 是破解“数据孤岛”的关键。为解决上述问题, 本文用“清洗、

整合、标准化”三步预处理法,对整合后的各种数据进行系统优化,大大提高数据质量,给之后的异常监测和用电检查工作提供可靠的保障。数据清洗时用3 σ 原则对采集到的原始数据加以筛选,准确去除超出正常范围的异常数据、重复录入的无效数据,防止这些数据给后续分析结果造成干扰,就数据采集时由于智能设备出现故障、通信断开或者环境影响等造成的数据缺失状况而言,采取时间序列插值法实施科学填补,依照数据随时间变化的规则,对缺失的数据做出恰当推测,并且保持数据完整性及连续性的良好状态,防止因为缺少数据而导致研判结论出现错误。使用Z-score标准化法对不同的量纲、单位的数据进行转换,消除了量纲差异对数据分析的影响,实现了电力营销、设备运行、气象环境等各种类型数据之间的协同分析和横向对比,最终得到一个包含用户、时间、多维度指标的数据矩阵,使数据真正为异常检测和用电检查工作服务。

值得说明的是,数据采集的准确性以及实时性,会直接影响到多源数据融合体系的好坏以及之后异常检测的效果。为了提高数据采集性能,又采用了高速电力线载波(HPLC)双模通信技术,该技术兼有高速电力线载波通信(HPLC)和高速无线通信(HRF)的优点,使用主动上报、并行采集的方式,可以达到分钟级的采集速度,对300户只用了40秒的时间,采集成功率达到了99.9%,大大超越了传统的通信技术的传输限制,使数据传输速率及稳定度得到大幅度提高,降低了因数据传输丢失或者错误造成的干扰,保证了用户用电数据可以及时准确地传送到统一的数据资源池当中。而且,该技术抗干扰能力较强、覆盖面较广,抗噪指标比业内高出10dB以上,在复杂电网运行环境下仍能稳定运行,可以采集到城市居民、乡村用户、工商业企业的各类用电数据,完全解决了偏远地区、复杂地形下数据采集的问题,可以依靠自身算法进行无扰拓扑识别,识别精度大于99%,成图时间小于2小时,可以应用于电网户变关系校核、快速开展线损治理,为之后异常监测和检查工作打下了良好的数据基础。参考遵义供电局的实践经验,重点整合“基础信息、用电行为、设备状态、外部环境、历史风险”五大维度数据,可进一步提升数据的关联性与可用性,让数据真正成为决策支撑。

(二) 创新异常识别模型,提升精准研判能力

突破传统单一算法的局限,构建“静态特征+动态特征”的融合识别模型,结合孤立森林、LSTM网络、随机森林等多种算法的优势,能够实现对异常行为的精准识别。考虑到各

个用户群体的用电特性存在较大差别,单个的识别模型不能满足所有用户的需求,因此分别设计出针对不同类型用户的不同异常识别模型,从而达到精细化和个性化异常监测的目的。对工商业用户来说,用电负荷大、用电时间相对集中、电费较高,生产经营具有特殊性,因此异常用电行为主要表现为负荷突然变化、基本电费所占比例异常、峰谷用电失衡、私自加装计量装置等,因此我们主要从负荷波动幅度、基本电费所占比例、峰谷用电比例等几个方面入手,用概率神经网络(PNN)模型提高预测精度。该模型以贝叶斯最小风险准则为基础发展起来的,不会陷入局部最优解之中,训练速度快,分类能力强,比传统的BP神经网络识别更加准确有效,其识别准确率为95%以上,可以迅速捕捉到工商业用户异常用电模式,精准地识别出用户的窃电、违规用电、计量异常行为,为后续用电检查提供明确的方向。

对于居民用户来说,用电负荷较小,用电时段较为分散,用电行为具有很强的随机性,异常用电行为主要包括用电量突然上升或者下降,夜晚用电出现异常情况,长期不缴纳电费以及私自接入电源进行窃电等方式,因此主要关注用电时间段的分布情况,用电量变化程度以及缴费情况等指标,用LSTM网络来捕捉用电行为的变化趋势。LSTM网络属于递归神经网络的一种,具有处理长序列数据的独特之处,可以很好地把握用户用电行为的时间关联性,借助CNN-LSTM混合架构的优势,明显加强了特征提取的能力,正确识别出由于线路老化、设备出故障而产生的用电量变化,也发现了用户私自接线窃电之类的隐蔽性异常行为,大大缩减了漏报率。动态提示词工程把一线业务专家的研判经验转化成可以被机器识别的推理逻辑,构建起完整的研究依据链,把模型推理规则同企业长时间形成的异常识别、场景判定等操作结合起来,在某种程度上缓解了模型误报现象,提升了模型应用情况。参照电力行业的相关实践成果,通过一系列的改进使异常识别准确率从原来的80%以上提高到现在的95%以上,预警核实准确率比传统的模式提高了80%以上,大大减轻了一线检查人员的工作负担,提高了异常识别的针对性和高效性。

(三) 优化用电检查流程,实现精准高效处置

依托大数据技术,构建“智能预警-精准派单-现场核查-闭环管理”的全流程检查体系,结合GIS地理信息系统,可实现异常用户的精准定位,定位偏差控制在10米以内,为检查人员规划最优核查路线,大幅节省往返时间。形成交叉检查、专业协同的制度,冲破区域限定与部门隔膜,实行跨区

复核形式, 创建起“检查 - 传递 - 整改 - 销号”的闭环管理途径, 从而防止因为地域限制、部门割裂造成的异常处理不迅速、整改不到位等问题。按照遵义供电局的成功经验, 从各个分局抽调骨干人员组成专项检查队, 实行 A 查 B、B 查 C 的跨区复核方式, 克服“自查自纠”的狭隘眼界, 保证检查工作公平、全面, 可查出各类用电异常问题, 提高检查水平。就大范围窃电、复杂计量故障等复杂异常情况而言, 将用电检查、计量运维、营销服务等相关部门的专门力量进行联合核查, 并且迅速找到问题所在, 制定合理的处理办法, 提高解决问题的专业水平和效率, 防止出现由于单一部门力量不足所造成的处理延迟。

另外还采用了三级考评制度, 把检查质量、异常处理速度、整改成果同检查人员绩效联系起来, 确定考核准则及奖惩规定, 充分发挥出一线检查人员的工作热情和责任心, 提高检查工作质效。另外研发移动检查终端, 对异常数据、检查结果实行即时上传、同步更新, 现场检查人员可直接获取异常用户的用电数据、历史数据、风险画像等信息, 并且可以在现场填写检查过程情况、上传现场照片及处置结果, 后台管理人员可以随时掌握检查的进度, 对现场工作进行及时的调度和指导, 从而达到现场和后台信息互为依托的效果。利用移动终端可以将异常响应时间由原来的 24 小时缩短到 5 分钟内, 提高了用电检查工作效率和降低人力成本, 使用电检查工作由地毯式巡检转向差异化用检, 实现了用电异常行为快速发现、精准核查和及时处置, 最大程度地减少电力企业损失, 维护供用电市场秩序。

(四) 深化数据价值挖掘, 建立闭环优化机制

依托大数据分析技术, 深入挖掘异常数据背后的深层原因, 精准区分窃电、计量故障、政策理解偏差等不同类型的异常情形, 能够为针对性处置工作提供有力支撑。同时用用户的用电行为数据结合用户的基础信息、历史异常记录、缴费情况等各方面的数据, 建立用户数字风险画像, 从而实现用户对用户风险等级的准确划分, 给差异化管控提供科学的依据。风险画像包含用户用电稳定性、合规性、信用等级等诸多方面, 利用大数据算法来对用户的各项指标进行量化打分, 按照得分高低把用户分成高风险、中风险、低风险三类, 实行分类施策、精准管控。对高风险用户实行重点监测、定时巡查, 及时发现异常情况并排除安全隐患, 防止违章用电现象的发生; 中风险用户实行动态监管, 随时提醒, 促使用户遵守规则, 不发生问题; 低风险用户只需进行简单的监测和管

理, 提升用户的满意度。

创建起数据驱动模型迭代体系, 把检查结果, 处置数据以及用户反映等信息及时上载到数据资源池中去, 借助大数据剖析找出异常识别和处置过程中存在的欠缺之处, 不断改良异常识别模型的算法参数及研判逻辑, 完备用电检查策略, 达成“识别-应用-迭代-改善”的良性循环, 保证模型与策略一直适应着不断改变的用电场景与异常行为。在此基础上, 继续发掘数据的价值, 根据用户的用电特征以及季节变化、电价变动等要素, 给予用户个性化的电费改良提议, 帮助用户节约用电, 执行合理用电, 对于工商业用户而言给出峰谷用电改良方案, 对居民用户给予节能用电引导, 从而达成从“算得准、算得快”向“算得优”迈进的转变, 有效改善用户的用电感受, 促使电力资源得到更佳的利用效果, 达成电力企业和用户双赢的局面, 助力新型电力系统创建及“3060”双碳目标的达成。

结束语:

大数据技术在电费异常监测与用电检查中的应用, 是电力企业数字化转型的必然趋势, 更是提升供用电管理效能、维护供用电市场秩序的重要支撑。本文通过深入分析当前大数据技术在该领域的应用现状与突出痛点, 创新提出了多维度、全流程的应用策略, 结合行业实践案例, 实现了现状与策略的精准对应, 有效破解了传统模式下效率低、精准度不足、成本高的瓶颈。实践充分表明, 大数据技术的深度应用, 能够有效提升电费异常识别的精准度与用电检查的效率, 降低电力企业的经济损失, 助力构建公平、高效、智能的供用电体系。

[参考文献]

- [1] 张荣荣, 李静. 大数据技术在电费核算业务中的应用实践[J]. 电工技术, 2024(S2): 747-748.
- [2] 魁发鹏. 大数据技术在电费回收管理中的应用分析[J]. 华东科技(综合), 2021(10): 0356-0356.
- [3] 覃鑫, 叶耿, 古哲德. 数据挖掘技术在电力企业大数据的应用[J]. 广西电力, 2019. DOI:CNKI:SUN:GXDL.0.2019-02-011.
- [4] 董娜, 刘伟娜, 张红梅, 等. 电力大数据的应用情况及典型应用案例分析[J]. 科学与信息化, 2018(33): 2.
- [5] 支飞丹, 李灵秀. 大数据技术在电费核算业务中的应用[J]. 电脑采购, 2024(48): 145-147.