

基于大模型和知识图谱融合的电力市场交易数据风险预警方法

冯 妍¹ 李彦荣^{1*} 田 野¹ 裴梓聿¹ 蔡少琪¹
FENG Yan LI Yanrong TIAN Ye PEI Ziyu CAI Shaoqi

摘 要

为实时感知电力市场交易中的风险指数并提高风险预警的可靠性,文章基于大模型和知识图谱融合,提出了电力市场交易数据风险预警方法。利用机器学习、GPT 和 KK-LLM 模型进行电力交易虚假健康数据的识别,依据风险中间值,设定电力市场交易数据风险预警的上限和下限值。计算交易风险指数,结合预警上下边界,划分电力市场交易数据风险预警等级,并根据风险指数所在区间发出相应预警。对比实验结果表明,该方法可以精准感知电力市场交易数据的风险指数,并准确识别其风险预警等级。

关键词

大模型; 风险预警方法; 交易数据; 电力市场; 知识图谱

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2026.05.032

0 引言

市场势力是指发电单位为阻止新竞争对手进入市场或获取自身利润,故意对其进行限制,并通过制造传输阻塞、利用市场结构和规则漏洞等手段,使市场价格在短时间内与出清价格产生较大差距,对电力市场的平稳运行构成了极大威

胁。为解决此方面问题,应采取有效的措施,对电力市场交易中的异常数据进行预警,以保障市场的稳定、健康运行。

在当前研究中,熊励等^[1]以社交媒体、传感网等为对象,建立多源异质数据融合架构,利用流式计算引擎,对海量数据进行实时处理和特征抽取。结合在线学习方法,该模型能够根据突发事件的发展情况,对预警模型的参数进行动态调整;并通过构建多粒度风险评价指标,并结合时空相关性分

1. 甘肃同兴智能科技发展有限公司 甘肃兰州 730050

参考文献:

- [1] 金融监管政策动态[J]. 金融监管研究,2018(9):110-114.
- [2] 王新. 新形势下修订《反洗钱法》的辩证关系和内容[J]. 国家检察官学院学报,2025,33(2):60-75.
- [3] 袁富江,梁波,武琦,等. 基于多层感知机模型的金融交易洗钱风险预测[J]. 金融科技时代,2025,33(3):23-29.
- [4] 王冀扬,邵文晔,朱宽亮,等. 机器学习算法在银行反洗钱可疑交易监测中的应用研究[J]. 金融科技时代,2024,32(11): 10-14.
- [5] 谭爱民,霍琪,涂艳琳,等. 金融机构洗钱和恐怖融资风险评估模型研究:基于湖北省风险评估的实践[J]. 武汉金融,2021(11): 82-88.
- [6] 李凌. 金融机构洗钱风险评估考量[J]. 福建金融,2011(11): 42-44.
- [7] 魏景茹. 金融机构洗钱风险评估方法研究[J]. 银行家,2022(2): 91-92.
- [8] 千宏武,彭希. 模糊聚类分析在金融机构洗钱风险评估中的应用[J]. 西部金融,2014(8):93-96.
- [9] 殷中强,韩跃. 风险矩阵法在金融产品洗钱风险评估中的应用[J]. 山东财经大学学报,2014(5):31-36.
- [10] 夏佳佳,姜涛. 基于 RNN 循环神经网络的金融风险预警研究:以安徽省为例[J]. 湖北文理学院学报,2021,42(11): 26-32.
- [11] 柏璐,闻雯. 基于改进萤火虫算法的 Probit 模型在数字金融风险预测中的性能分析[J]. 平顶山学院学报,2024,39(2): 51-55.
- [12] 田晟,韩江浩,李乐洋. 基于改进粒子群算法的电动出租车快充调度研究[J/OL]. 广西师范大学学报(自然科学版),1-15[2026-04-29].<https://doi.org/10.16088/j.issn.1001-6600.2025042103>.
- [13] 杜宇,武文斌,田小静,等. 基于 SMOTE-ENN-XGBoost 的铸件质量预测方法研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2025(9): 180-185.

【作者简介】

畅佳慧(1989—),女,山西太原人,硕士研究生,助教、专任教师,研究方向:会计数字化、金融会计。

(收稿日期:2025-10-09 修回日期:2026-05-08)

析,提高了对复杂情景下预警信息的覆盖能力。但在实际应用过程中,由于多源数据中的噪声、缺失值和语义冲突等因素,会导致模型的稳定性下降。陈晨等^[2]将灰色系统理论和深度学习相结合,设计基于灰色 GM(1,1) 模型平滑原始数据,以减少随机波动的影响,提高数据的规律性。利用小波分解技术将信号分解成高频和低频的趋势成分,利用 LSTM 网络对其进行特征学习和预测,利用重建结果进行多尺度的信息融合预警。单独使用灰色预处理方法无法较好地拟合长期趋势,需要依靠人为经验进行调节。

为解决现有方法的不足,为电力市场交易提供全面的技术保障,本文将基于大模型和知识图谱融合,对电力市场交易数据风险预警方法展开设计。

1 电力交易虚假健康数据识别

随着电力市场的快速发展,大量的交易数据呈现出巨大的增长趋势,但其背后隐藏着大量的虚假健康数据,如潜在的危险等,对市场平稳运行和科学决策构成了一定威胁。针对上述问题,研究基于知识图谱与大数据分析相结合的认知建模方法。

根据过去的电力市场交易数据,确定发电主体、用电主体、交易电量和交易价格等重要因素,并对发电主体和交易电量的“供应关系”进行分析。

在上述内容的基础上,提取对电力市场交易影响较大的数据作为风险预警的样本,对此部分数据进行集中收集^[3]。并采用自然语言处理技术,抽取数据与实体交易对象之间的关系。此过程需确保所有采样数据的规范性、真实性和唯一性,避免因数据冗余导致的识别偏差及数据间冲突等问题。

本研究在 Neo4j 知识库的基础上,对数据进行有效存储。Neo4j 对图数据具有较强的处理能力,对知识图的结构特征进行自适应,可以有效地进行数据存储和快速查询^[4],为电力市场交易数据的风险预警等工作提供可靠的数据支持。

大模型具备较强的自然语言处理与产生功能,能够完成复杂的逻辑推理。为了提高对查询语句的理解能力,使用 API 接口,实现知识图谱中数据与大模型的交互^[5]。将知识图对数据真实度的支持度设为 A ,则 A 的数值在 0~1 之间,数值较大,说明该数据的可信度较高;大模型对于资料真伪的判定可信度是 B , B 的数值也在 0~1 之间。在此基础上,综合两者的判断,进行数据真实性的评估^[6]。此过程用公式表示为:

$$P = \alpha \cdot A + (1 - \alpha) \cdot B \quad (1)$$

式中: P 表示数据真实性评分, α 表示权重系数。

在辨识过程中,使用知识图片对检索结果进行初步的匹配,与大模型进行深度的推理判定。按照有无顺序、不同的加工逻辑,筛选电力交易虚假健康数据。如存在此部分数据,则为大模型指定目标,搜索该数据的关系图作为虚假数据上

下文;如果不存在此部分数据,则使用大模型的 API 检验并产生一个响应,继续进行其他数据的筛查。通过此种方式,实现对电力市场虚假交易数据的精确识别。

2 电力市场交易数据风险预警限值设定

在上述内容的基础上,建立预警风险评价指标体系,准确地设置与预警指标相匹配的度量,将其设置为预警边界,以此实现对市场风险准确监控、判断市场状态。电力市场交易数据风险预警限值是否合理,对于实时追踪各类风险指数的动态变化^[7],从而准确判断整体交易数据的风险态势具有重要意义。

在此过程中,需要先识别出电力市场交易数据风险预警限值的上下边界值,并将其划分为安全区(负无穷~下限边界)、小风险区域(下限边界~中间值 1)、中风险区域(中间值 2 上下区域)、大风险区域(中间值~上限边界)、危机区(上限值~正值) 5 个层次。

根据我国电力市场的实际运行状况和未来的市场化改革趋势,借鉴电力市场管理经验,汲取专家意见,运用专家评估的方法,对各个预警指标的上下限进行确定。在求取中间值时,根据各个指标的上、下边界,将其分为多个部分,形成多个数据序列^[8]。中间值 1、2 根据公式设置为:

$$Z_1 = -M_1 + \frac{\delta_1^2}{\delta_1^2 + \delta_2^2} (-M_1 - M_2) \quad (2)$$

$$Z_2 = -M_2 + \frac{\delta_2^2}{\delta_1^2 + \delta_2^2} (-M_1 - M_2) \quad (3)$$

式中: Z_1 、 Z_2 表示中间值 1、2, M_1 、 M_2 表示样本容量, δ_1 、 δ_2 表示样本序列号。结合上述公式的计算结果,进行风险预警中的上、下边界值设定。

$$+X = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (4)$$

$$-X = -\frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (5)$$

式中: $+X$ 、 $-X$ 表示风险预警中的上、下边界值。输出此结果,完成电力市场交易数据风险预警限值设定。

3 基于 VaR 的电力市场交易数据风险预警

在此基础上,以风险值(VaR)为基础,构建基于 VaR 的风险预警方法,为我国电力市场的交易数据风险预警提供科学依据^[9]。VaR 是指在一个给定的时期内,正常的市场状况下,电力市场交易数据组合的最大可能亏损。结合电力市场交易数据,对其进行交易风险指数的计算^[10]。计算公式为:

$$k(\gamma(t) > \text{VaR}) = 1 - \sigma \quad (6)$$

式中: k 表示电力市场交易风险指数, γ 表示概率统计值, t

表示时序节点， σ 表示风险价值。根据上述公式的计算结果，结合上文提出的预警上下边界，设定其量化阈值标准，进行电力市场交易数据风险预警。如表 1 所示。

表 1 电力市场交易数据风险预警等级划分

序号	等级	描述	预警等级指示灯颜色
1	一级 (风险交易指数在 0~1 范围内)	安全区	绿色
2	二级 (风险交易指数在 1~4 范围内)	小风险区域	黄色
3	三级 (风险交易指数在 4~6 范围内)	中风险区域	橘色
4	四级 (风险交易指数在 6~9 范围内)	大风险区域	蓝色
5	五级 (风险交易指数在 9~10 范围内)	危机区	红色

根据风险指数对应的区间，进行对应的预警指示，以此种方式，实现对市场交易风险的精准预警，实现基于大模型和知识图谱融合的电力市场交易数据风险预警方法设计。

4 对比实验

4.1 实验准备

为实现对设计方法在应用中效果的检验，选择某大型电力企业作为研究试点，采集其电力市场交易数据作为本次实验的样本数据，部分样本数据如表 2 所示。

表 2 电力市场交易部分样本数据

序号	数据类别	样本数据条数（条）
1	发电侧交易数据	10 256
2	输电侧交易数据	52 055
3	配电侧交易数据	514 521
4	售电侧交易数据	5 102
5	用户用电数据	52 016
6	市场价格数据	81 230
7	交易合同数据	20 145
8	辅助服务数据	41 259
9	新能源交易数据	5 225
10	市场主体信用数据	2 368

在上述内容的基础上，将数据统一规范与格式，将其录入测试终端，接入测试机，搭建如图 1 所示的电力市场交易数据风险预警测试现场。



图 1 电力市场交易数据风险预警测试现场

实验过程中，结合文献 [1-2] 方法，进行电力市场交易数据风险预警方法的相关测试。

4.2 电力市场交易数据风险检验

将三种方法的检验结果与实测的风险系数进行比较，可以判定目前的电力市场交易数据是否存在风险。当风险因子超过临界值时，说明该市场存在着很大的风险，需要监管机构对此进行深入地研究，从而为今后的风险预警及政策制定提供重要的参考，从而保证电力市场的平稳运行。实验结果如图 2 所示。

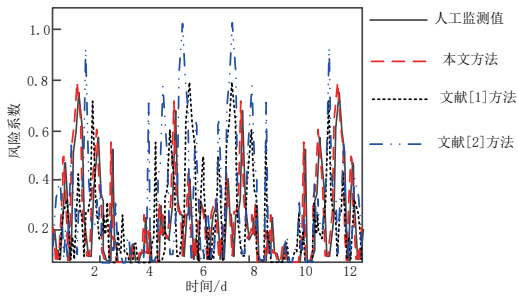


图 2 电力市场交易数据风险检验

从图 2 所示的实验结果可以看出，应用本文设计的方法进行电力市场交易数据的风险识别，该方法可以确保识别的交易数据风险与人工检验的风险高度一致。而文献 [1-2] 方法监测与识别的风险数据与实际存在一定偏差。

因此，综合此结果可以证明，设计的方法应用后，可以实现电力市场交易中风险的有效识别与监测，为其风险预警等提供技术层面的支持与指导。

4.3 电力市场交易数据风险预警概率分布检验

在上述内容的基础上，设定电力市场交易数据风险预警等级为三级，应用三种方法，在结合海量历史交易数据进行分析，用直方图直观地展示了风险预警的概率分布。

通过该指标的研究，可以更好地理解不同级别的电力市场交易数据中的风险分布特点，并对其进行合理、有效判别。如果该指标的概率分布与期望一致，则表明该指标能够很好地反映市场的风险水平，实现对电力交易数据风险的预警，预警的结果具有一定的精度与可靠性，可以为我国电网安全管理工作提供科学依据。实验结果如图 3~5 所示。

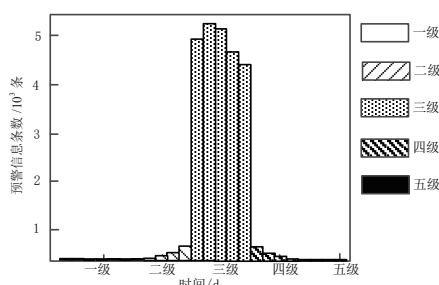


图3 本文方法电力市场交易数据风险预警概率分布检验

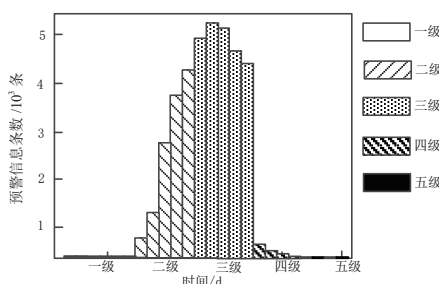


图4 文献[1]方法电力市场交易数据风险预警概率分布检验

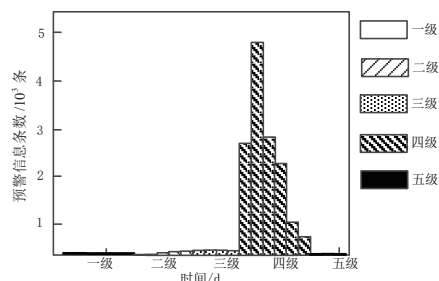


图5 文献[2]方法电力市场交易数据风险预警概率分布检验

从图3~5所示的实验结果可以看出,本文方法的直方图分布显示,该方法预警的电力市场交易数据风险等级为三级,文献[1]方法预警的电力市场交易数据风险等级为二级~三级,文献[2]方法预警的电力市场交易数据风险等级为四级。

综合此结果可以证明,只有本文方法在应用后,可以实现对电力市场交易数据风险预警等级的精准识别。

5 结语

电力市场是一种垄断的市场结构,为了实现自己的利润最大化,发电商将通过战略竞争、共谋和利用自己的信息优势实现自己的市场势力。在此情况下,如何及时、准确地识别电力市场交易中的异常,并对其进行有效预警,是保证电力市场健康、有序发展的重要前提。为此,本文通过基于大模型和知识图谱融合的电力交易虚假健康数据识别、风险预警限值设定、基于 VaR 的电力市场交易数据风险预警,完成了此次设计。以此种方式,帮助电力监管机构对未来市场风险进行实时评估,并进行科学的预警措施,以确保电力市场能保持高效的竞争状态,促进电力市场健康、稳定、有序的持续发展。

参考文献:

- [1] 熊励,王锐,陈楠,等.数据流学习驱动的突发事件风险信息预警体系研究[J].情报理论与实践,2023,46(7):140-149.
- [2] 陈晨,尹佳,董曼,等.基于灰色数据预处理的WD-LSTM模型对乳制品质量安全风险的预测预警分析[J].现代食品科技,2023,39(1):300-310.
- [3] 阮晓星,金鑫,吴焱.基于多源数据融合和关联性分析的食品安全风险预警机制[J].图书情报知识,2023,40(5):148-156.
- [4] 黄文宏,张英莉,苏畅,等.基于“风险源-承灾体-减灾力”的工业上楼安全风险评估研究[J].工业建筑,2024,54(2):18-24.
- [5] 陈海红,申广忠.基于多模态知识图谱的跨平台信息推荐仿真[J].计算机仿真,2024,41(10):463-467.
- [6] 李志鹏,张心怡,王苗苗,等.优于单一最大熵生态位模型的混合烟粉虱生境风险评估模型[J].生态学报,2023,43(3):1276-1285.
- [7] 毛锦琦,王德鲁,施训鹏.考虑预期损失和可解释性的煤电产能过剩风险预警模型构建[J].运筹与管理,2025,34(2):159-165.
- [8] 何馥彤,李存斌.考虑信息物理融合系统的韧性电网风险研究现状及发展趋势可视化分析[J].中国安全生产科学技术,2024,20(2):35-43.
- [9] 张瑶佳,巩在武,李明.数据与知识驱动的中缅投资风险贝叶斯网络评估模型及情景推演[J].系统科学与数学,2025,45(5):1508-1523.
- [10] 乔青青,郝莉花,马江涛,等.基于知识图谱的炒货食品抽检数据可视化系统研究[J].食品工业,2023,44(2):123-126.

【作者简介】

冯妍(1983—),女,甘肃兰州人,硕士,研究方向:新能源数字应用、电力市场。

李彦荣(1987—),通信作者(email:shaoyanning1989@163.com),男,甘肃定西人,本科,工程师,研究方向:新型电力市场、智能控制和电网数字化等。

田野(1997—),男,甘肃张掖人,本科,工程师,研究方向:电力生产控制大区网络安全等。

裴梓聿(1993—),女,甘肃榆中人,本科,研究方向:电力市场。

蔡少琪(1999—),女,甘肃永昌人,硕士研究生,初级工程师,研究方向:新型电力市场、智能控制和电网数字化等。

(收稿日期:2025-10-09 修回日期:2026-05-12)