

基于模糊层次分析综合评价的电力安全全方位态势感知方法

李文鼎

(广东电网有限责任公司江门供电局,广东省江门市,529000)

摘要 随着电力系统的复杂性和规模的不断增长,电力安全评价指标体系的构建变得尤为重要。因此,提出基于模糊层次分析综合评价的电力安全全方位态势感知方法。该方法采用模糊层次分析法确定关键指标,通过模糊层次分析综合评价模型计算各指标的权重。从而构建电力安全全方位态势感知模型,旨在实现全面、动态地监测和评估电力系统的安全状态。实验结果表明,与传统方法相比,该方法在电力安全评价中具有较高的有效性和实用性。

关键词 模糊层次分析;电力安全;态势感知;指标权重

中图分类号:TM76 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)12-0029-03

在现代社会,电力是推动经济发展和社会运作的**关键基础设施**。随着电力网络的复杂性和智能性的不断增长,电力安全的重要性日益增强,对电力安全进行全面监控的需求也随之提高。传统上,电力安全的评估通常依赖于少数几个指标,这限制了其对电力系统整体安全状况的全面把握。因此,迫切需要建立一个能够整合多种因素、应对不确定性和模糊性的电力安全评估框架^[1]。

模糊层次分析法(FAHP)是一种多标准决策辅助工具,它能够有效地解决评估过程中的模糊性和不确定性问题,为电力安全评估带来了新的思路和手段。本文的研究重点在于探索如何运用模糊层次分析法进行综合评估,以实现**对电力安全全面态势的感知**。并且期望通过运用这种方法,能够提升电力系统安全评估的精确度和全面性,从而保障电力系统的稳定运作和安全发展^[2]。

1 电力数据采集与处理

在电力网络中,数据的收集是**关键环节**,它涉及使用多种传感器和监控工具来获取电压、电流、功率和频率等参数的实时信息。这些信息通常以

分散的方式呈现,因此需要采用合适的处理技术来提炼出有价值的内容。数据处理过程中的一个核心环节是数据过滤,其目的是消除干扰和异常点,以保证信息的精确度和可信度。

假设从某个电力监测点采集到了一组电流数据 $I(t)$,其中 t 表示时间。为了消除高频噪声,利用移动平均法来实现高频噪声的去除,其公式如下:

$$I_{filtered}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I(t-i) \quad (1)$$

式中, $I_{filtered}(t)$ 是滤波后的电流值, N 是移动平均窗口的大小,即考虑的时间点数。通过这个公式,可以计算出每个时间点 t 的滤波后电流值,从而得到一个平滑的数据序列。

为了校正传感器误差,可以使用校准公式:

$$I_{corrected}(t) = I_{measured}(t) + \Delta I \quad (2)$$

式中, $I_{corrected}(t)$ 是校正后的电流值, $I_{measured}(t)$ 测量得到的电流值, ΔI 是根据校准曲线确定的校正量。

通过上述步骤,可以确保电力数据的准确性和可用性,为电力系统的监控、分析和优化提供坚实的基础^[3]。

2 电力安全评价指标体系构建

在构建电力安全评估指标体系时,为每个指标分配适当的权重是**极为关键的**。这些权重体现了

作者简介:李文鼎(1994~),男,广东梅州人,本科,工程师,研究方向:安全监察。

各指标在整个评估中的重要程度,对评估结果的精确度和可信度有着直接影响。

2.1 模糊层次分析法确定指标

在电力安全评价指标体系的构建中,模糊层次分析法(FAHP)是一种有效的工具,它能够处理专家在评估过程中可能存在的模糊性和不确定性。FAHP通过引入模糊数来表示专家的判断,从而使得评价过程更加符合实际情况^[4]。

设电力安全评价指标 I_1, I_2, \dots, I_n , 确定每个指标的相对重要性。在FAHP中,专家可能会用模糊数 (l, m, u) 来表示一个指标相对于另一个指标的重要性,其中 l 和 u 分别表示模糊数的下界和上界, m 表示模糊数的最可能值。

通过收集专家的模糊判断,构建一个模糊判断矩阵 \tilde{A} ,其中 \tilde{a}_{ij} 表示指标 I_i 相对于指标 I_j 的模糊重要性。对模糊判断矩阵进行去模糊化处理,将其转换为一个清晰矩阵 A ,以便进行后续的权重计算。

对于三角模糊数 (l, m, u) ,其重心可以通过以下公式计算:

$$E(\tilde{a}_{ij}) = \frac{l+m+u}{3} \quad (1)$$

然后,使用这些清晰值来构建清晰判断矩阵 A ,并应用传统的层次分析法(AHP)来计算每个指标的权重。

2.2 指标权重计算

为了合理地确定指标权重,运用层次分析法(AHP)来处理电力安全评估指标。依据AHP的规则,通过计算判断矩阵的特征向量来分配每个指标的权重^[5]。以下是具体的操作流程:

首先,需要对判断矩阵 A 进行归一化处理,得到归一化矩阵 N :

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}} \quad (2)$$

然后,计算每个指标的权重 w_i ,即归一化矩阵 N 的每一行的平均值:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n n_{ij} \quad (3)$$

为了保证权重的合理性,需要计算一致性指标(CI)和一致性比率(CR)。以下是相应的计算步骤:

首先,需要计算判断矩阵 A 的最大特征值

λ_{max} 。这可以通过将判断矩阵 A 与其权重向量 w 相乘,然后除以权重向量 w 的每个元素来实现:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A \cdot w)_i}{w_i} \quad (4)$$

其中, $(A \cdot w)_i$ 是矩阵 A 向量 w 相乘后的第 i 个元素。

一致性指标 CI 是根据最大特征值 λ_{max} 和矩阵的阶数 n 计算得出的:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

随机一致性指标 RI 是一个与矩阵阶数 n 相关的常数。对于不同的 n , RI 的值可以通过查表获得。例如,对于 $n=3$, RI 的值通常为0.58。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

如果 CR 小于0.1,则认为判断矩阵的一致性是可以接受的。如果 CR 大于或等于0.1,则需要重新调整专家打分,以改善判断矩阵的一致性。

通过上述步骤,可以得到每个电力安全评价指标的权重,进而构建一个科学合理的电力安全评价指标体系,为电力系统的安全管理和决策提供有力的支持。

2.3 模糊层次分析综合评价模型

对于每个准则层 C_i ,计算其下指标的综合评价价值 S_i :

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_{ij} \cdot V_{ij} \quad (7)$$

式中, V_{ij} 是指标 I_{ij} 的评价值, w_{ij} 是指标 I_{ij} 的权重。

最后,计算目标层 G 的综合评价价值 S :

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot S_i \quad (8)$$

式中, w_i 是准则层 C_i 的权重, S_i 是准则层 C_i 的综合评价价值。

通过上述步骤,可以得到一个基于模糊层次分析法的电力安全综合评价模型。该模型能够有效地处理评价过程中的模糊性和不确定性,为电力系统的安全管理和决策提供科学依据。

2.4 电力安全全方位态势感知

根据上述的综合评价结果,实现电力安全全方位态势感知。设置其风险阈值为1,则风险评定标准如表1。

表1 风险评定标准

取值范围	风险等级
$S < 1$	安全
$S > 1$	I级风险
$S_i > 1.5$	II级风险
$S_i > 2$	III级风

3 实验

为了验证于模糊层次分析综合评价的电力安全全方位态势感知方法的整体有效性,需要对其展开测试。某电力系统作为评价对象。本实验的数据集包含了10 000条风险等级评价数据。为了更好地评估模型性能,将数据划分为训练集和适用集。搭建实验所用的网络环境,配置情况如表2。

表2 网络环境配置

配置	参数
处理器	Intel core i7
主频	2.5 GHz
内存	8 GB
硬盘空间	50 GB
操作系统	windows11
编程语言	Python
识别工具	web在线

运用Eclipse作为开发工具,利用Java的封装功能更新与修改数据库中的数据,使得数据能够统一进行管理。通过LAN物理边缘实现内外部连接,网络节点设置备份。在构建的电力生产安全产生风险模型中,选择电力生产行业相关指标,运用MATLAB中完成模型中样本的训练。首先,对数据进行预处理,将数据进行噪声点剔除。在预处理后的数据被转化为矩阵,作为输入数据传输到态势感知模型中。

分别利用于模糊层次分析综合评价的电力安全全方位态势感知方法、文献^[1]方法、文献^[2]方法对该电力系统进行态势感知。如图1所示。

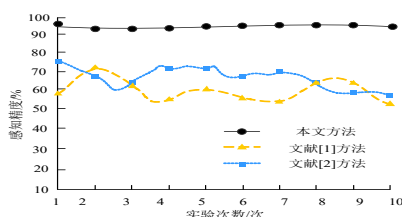


图1 三种方法的电力安全全方位态势感知精度对比

分析图1的结果表明,与传统方法相比,本文提出的电力安全全方位态势感知方法在精准度方面展现出显著的优势。传统方法往往依赖于单一或有限的的数据源,如设备监测数据或历史故障记录,这些数据虽然提供了一定的参考价值,但往往无法全面反映电力系统的复杂性和动态变化。本文方法通过集成多源异构数据,包括实时运行数据、环境监测信息、用户行为分析以及网络安全日志等,构建了一个更为全面和立体的状态感知框架。这种多维度的数据融合不仅增强了数据的相关性和互补性,而且提高了对电力系统状态的识别和预测能力。并采用了先进的数据分析和机器学习技术,能够从海量数据中自动提取有价值的模式和特征,从而识别出潜在的安全风险和异常行为。这种智能化的分析手段不仅提高了态势感知的准确性,而且大大减少了人工分析的工作量和主观误差。

4 结语

本文通过对电力系统复杂性和安全需求的深入分析,提出了一种基于模糊层次分析综合评价的电力安全全方位态势感知方法。该方法通过模糊层次分析法(FAHP)精确定位电力安全评价的关键指标,并利用模糊层次分析综合评价模型科学计算各指标的权重,从而构建了一个全面、动态的电力安全态势感知模型。实验结果显示,与传统方法相比,该方法在电力安全评价中展现了更高的有效性和实用性,能够为电力系统的安全运行和管理提供更为科学和可靠的支持。未来,将继续在这一领域进行深入研究,探索更多创新方法,以应对电力安全领域的新挑战。

参考文献

- [1] 杨开通,刘甲云,蒋瑞祥,等.基于深度学习的电网安全态势感知方法[J].电力大数据,2023,26(1):69-75.
- [2] 荣文晶,李帅,彭辉,等.基于时空关联的核电5G网络安全态势感知方法研究[J].电子产品可靠性与环境试验,2022,40(S02):1-5.
- [3] 谢东刚,吕连.基于大数据的高职院校网络安全态势感知系统探析[J].电脑知识与技术,2023,19(27):77-79.
- [4] 秦琰.基于数据融合的工业互联网安全态势感知系统研究[J].信息系统工程,2023(8):16-19.
- [5] 卞春花.基于大数据技术的网络安全态势感知研究[J].通信电源技术,2022,39(17):140-142.