



# 基于边缘计算和规则库的电力生产指挥任务池构建与异常识别方法

张艺凡

(中国能源建设集团投资有限公司山西分公司)

**摘要:** 为提高生产指挥处置效率,保证电力生产的运行质量,提出了基于边缘计算和规则库的电力生产指挥任务池构建与异常识别方法。基于边缘计算构建电力生产指挥任务池,采用小生境遗传算法约简电力生产指挥事件决策表图,获取电力生产指挥事件规则库。利用灰色关联理论,对比分析实际任务池异常事件与目标任务池异常事件规则库的匹配结果,实现电力生产指挥任务池异常识别。实验结果表明,所提方法的电力生产指挥任务池异常识别效果较好,能够有效提高电力生产指挥任务池异常识别精度和效率。

**关键词:** 边缘计算; 规则库; 电力生产指挥; 小生境遗传算法

2025.08.DQGY  
89

## 0 引言

电力生产指挥系统在电力生产运行中发挥着至关重要的作用,要保证电力生产的安全运行和质量<sup>[1-2]</sup>。伴随着国家电力企业的快速发展,其对电力指挥和调度的控制力也在逐步提高<sup>[3-5]</sup>。电网生产指挥系统能够有效地降低电力生产运行中的风险隐患,通过巡视任务,排查生产运行中的危险点,使工作安全性得到提升。因此,随着电力行业的发展,对电力生产指挥的要求也日益提高。

文献[6]构建电力专用的视频智能识别计算单元,采用卷积神经网络对不同的电力定制场景进行融合和识别,利用现场视频分析装置,对视频智能分析系统进行设计,从而得到现场上传识别结果。文献[7]采用

BP神经网络对电气工程中的异常数据进行识别,并利用NIDES统计建模技术建立异常数据的标准化统计框架。基于上述分析,本文提出一种基于边缘计算和规则库的电力生产指挥任务池构建与异常识别方法。

## 1 基于边缘计算的电力生产指挥任务池构建

边缘计算是一种分布式计算模型,它将计算和存储资源放置在距离数据源和用户更近的位置,以便更快地响应请求并减少数据传输和处理的延迟。在执行边缘计算时,为提升数据的计算与传输效率,可将数据暂存于云端,并根据电力生产指挥任务数据的收集需求,对数据进行动态更新。边缘计算平台架构如图1所示。

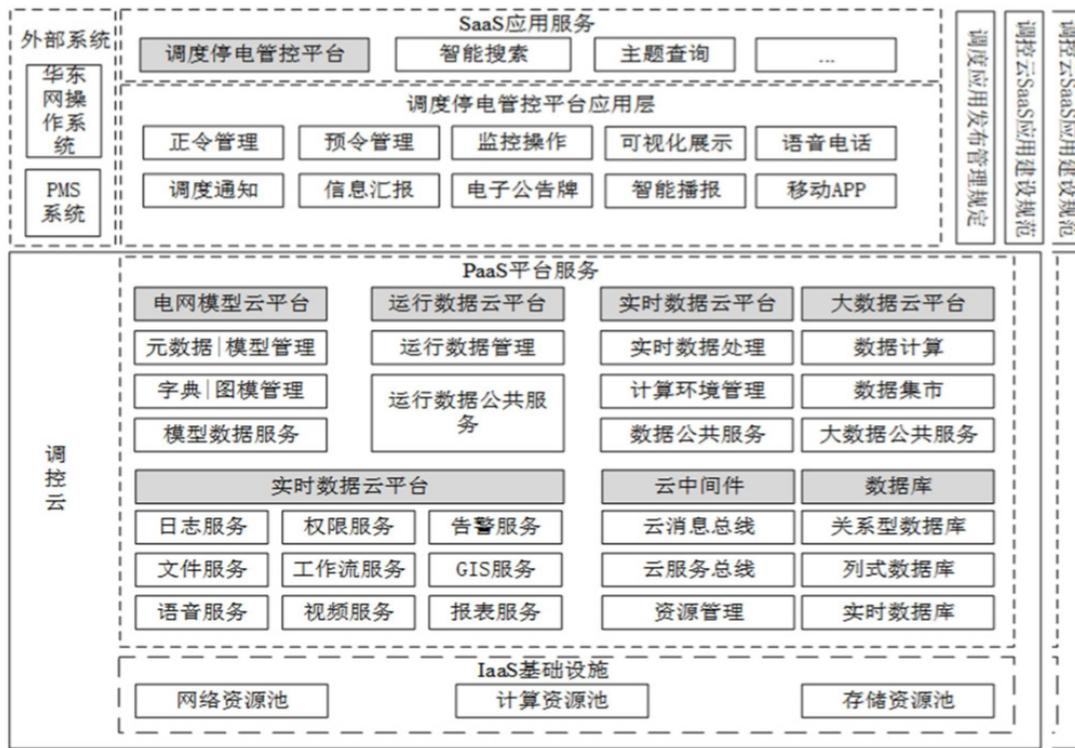


图1 边缘计算平台架构

图1中，事件任务池主要对电网设备故障、异常、越限、巡视和系统异常等事件进行处置，同时对巡检任务由指挥中心统一派发工单。对于各类事件，由指挥中心对事件进行监控并根据管理归口派发工单，分别由变电运维、变电检修、输电中心、电缆中心、调度中心接收工单并开展相应处置，处置完成反馈给指挥中心进行审核归档，形成各类事件和巡检业务的闭环管控。通过上述过程，完成电力生产指挥任务池构建。

## 2 基于规则库的电力生产指挥事件规则库

规则库是一个存储和管理规则的集合，这些规则用于决策支持系统或其他应用程序。决策表是一种表示决策逻辑的结构化方式，将规则按照条件和结果进行组织，并通过单元格中的逻辑运算符来定义规则之

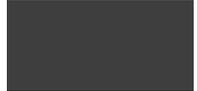
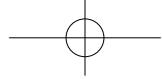
间的关系。电力生产指挥事件的决策表表达式如下：

$$S = (X, C, D, V, f) \quad (1)$$

式中， $X$ 为电力生产指挥事件的样本空间； $C$ 、 $D$ 、 $V$ 分别为条件、决策属性集以及其值域； $f$ 为单一的映射信息函数。

将 $X$ 中的样本作为点，随机两个 $x_i$ 和 $x_j$ 之间均存在 $IC \cup DI$ 条属性边，建立电力生产指挥事件决策表图 $G$ 。采用小生境遗传算法约简 $G$ 的属性，获取电力生产指挥事件规则库，具体步骤如下：

步骤1：确定 $G$ 的核属性。令 $G$ 的单边为 $l$ ，同时和 $l$ 有关的点 $u$ 、 $v$ 之间只有一条 $l$ 相连， $G$ 为完全图属于 $G-l$ 为完全图的关键条件。若 $l$ 符合该条件，那么 $l$ 为 $G$ 的可去边。反之， $l$ 为 $G$ 的不可去边。令存在性质 $b$ 的全部边构建的边类为 $L_b$ ，则 $G$ 为完全图属于 $G-L_b$ 为完全图的关键条件。若 $L_b$ 符合该条件，



那么  $L_b$  为  $G$  的可去边类, 反之,  $L_b$  为  $G$  的不可去边类。若  $G$  能够约简, 且其具有单边  $l'$ , 同时  $l'$  位于的一类边是不可去边类, 那么  $l'$  为  $C$  是核属性  $Y$ ; 若  $G$  中全部  $C$  都不能约简, 那么说明  $G$  是无核属性。

步骤 2: 利用步骤 1 所得到的核属性, 对小生境遗传算法进行初始化。设定初始化种群为  $Y(t) = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_M\}$ , 其规模和演化代分别为  $M$  和  $t$ 。

步骤 3: 求出个体适应度  $F(Y)$ :

$$F(Y) = Q(t) - \frac{d(Y)}{N} \quad (2)$$

式中,  $N$  为条件属性;  $d(Y)$  为初始化种群中存在于属性的数量。

步骤 4: 执行杂交算子和变异算子, 获取种群  $Y'(t)$ :

$$Y'(t) = \text{mutation}(\text{crossover}(Y(t)))F(Y) \quad (3)$$

式中,  $\text{mutation}(\cdot)$  为杂交算子;  $\text{crossover}(\cdot)$  为变异算子。

步骤 5: 通过小生境排挤计算融合  $Y'(t)$  和  $Q'(t)$ , 获取适应度差个体:

$$F'(Y(t)) = Y'(t) \cup Q(t) \quad (4)$$

$F'(Y(t))$  包含的个体数量为  $M+K$ , 依据关系排挤策略排挤  $F'(Y(t))$ , 获取  $F''(Y(t))$ 。如果  $F''(Y(t))$  中个体数量  $T$  未超过  $M$ , 那么在启发信息中加入  $(M-T)$  个个体, 得到下一代种群  $Y(t+1)$ ; 如果  $T$  超过  $M$ , 那么提取  $F''(Y(t))$  中的前  $M$  个个体, 得到下一代种群  $Y(t+1)$ 。直至融合完全部约简个体, 获取电力生产指挥任务规则库  $A$ 。

### 3 基于灰色关联理论的电力生产指挥任务池异常识别

在此基础上利用灰色关联理论, 对比分析实际任务池异常事件与目标任务池异常事件规则库的匹配结果, 实现电力生产指挥任务池异常识别。

$A$  中实际任务池异常事件数据为  $A_a$ , 目标任务池异常事件数据为  $A_0$ ,  $A_a$  和  $A_0$  的关联度如下:

$$\gamma(A_a, A_0) = \eta \frac{\Delta_{\min} + \Delta_{\max}}{\Delta_{ak} + \Delta_{\max}} \quad (5)$$

式中,  $\Delta_{ak}, \Delta_{\min}, \Delta_{\max}$  分别为  $A_a$  和  $A_0$  的绝对值差、两极最小和最大差;  $\eta$  为分辨系数。

在式 (5) 中引入实际任务池异常事件的权重系数  $\omega_a$ , 求解  $A_a$  和  $A_0$  的灰色相似度:

$$Z(A_a, A_0) = \omega_a \times \gamma(A_a, A_0) \quad (6)$$

在空间中获取  $A_a$  和  $A_0$  的灰色距离  $Z'(A_a, A_0)$ :

$$Z'(A_a, A_0) = \frac{1}{Z(A_a, A_0)} - 1 \quad (7)$$

在  $\beta$  维矩阵中, 按照欧氏距离确定  $A_a$  和  $A_0$  的灰色距离:

$$Z''(A_a, A_0) = \beta \sqrt{Z'(A_a, A_0)^2} \quad (8)$$

依据  $Z'(A_a, A_0)$  与  $Z''(A_a, A_0)$  的转换公式, 获取目标任务池异常事件的改进灰色相似度  $Z'''(A_a, A_0)$ :

$$Z'''(A_a, A_0) = 1 + \frac{1}{Z''(A_a, A_0)} \quad (9)$$

按照电力生产指挥任务池异常事件实际情况, 设置阈值  $\mu$ 。当  $Z'''(a_0, a_a) = \mu$  时, 说明目标任务池异常事件和  $A$  中实际任务池异常事件匹配, 完成电力生产指挥任务池异常识别。

## 4 实验分析

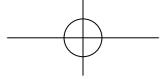
为了验证基于边缘计算和规则库的电力生产指挥任务池构建与异常识别方法的有效性, 实验采用 Python 编程算法, 将云计算设备和边缘计算设备作为实验平台。实验参数如表 1 所示。

表 1 实验参数

设备	项目	参数
云计算设备	CPU	Intel 酷睿 i5 4570
	主频	3.20 GHz
	内存	4GB
	操作系统	Windows 7 64 位
边缘计算设备	多媒体处理器	BCM2763
	CPU	ARM Cortex-A7
	内存	1GB
	操作系统	Raspbian Jessie with PIXEL

### 4.1 电力生产指挥任务池异常识别效果对比

为了验证所提方法的电力生产指挥任务池异常



识别效果，设置五种电力常见异常分别为电力设备故障、电力设备异常、电力设备越限、电力设备巡视异常和电力巡检任务异常。采用所提方法、文献 [6] 方法和文献 [7] 方法对该电力常见异常进行识别，三种方法的异常识别结果如表 2 所示。

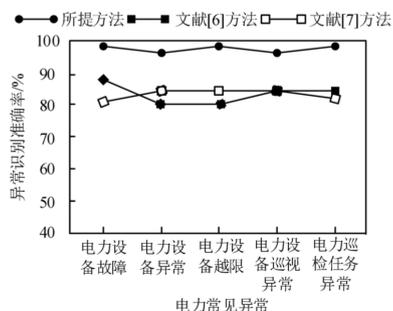
**表 2 三种方法的异常识别结果对比**

电力常见异常	所提方法	文献[6]方法	文献[7]方法
电力设备故障	√	√	×
电力设备异常	√	√	√
电力设备越限	√	×	√
电力设备巡视异常	√	√	×
电力巡检任务异常	√	√	√

根据表 2 可知，文献 [6] 方法未能识别出电力设备越限，文献 [7] 方法未能识别出电力设备故障和电力设备巡视异常，而所提方法均能够有效识别出五种电力常见异常。由此可知，所提方法的异常识别效果较好。因为所提方法采用小生境遗传算法，约简电力生产指挥事件决策表图，获取电力生产指挥事件规则库，再利用灰色关联理论，对比分析实际任务池异常事件与目标任务池异常事件规则库的匹配结果，从而识别电力常见异常，有效确保了所提方法的异常识别效果。

### 4.2 电力生产指挥任务池异常识别精度对比

进一步验证所提方法的电力生产指挥任务池异常识别精度，将异常识别准确率作为评价指标，其异常识别准确率越高，表明方法的异常识别精度越高。分别进行 100 次实验，并采用三种方法进行对比求取平均值，得到三种方法的异常识别准确率，如图 2 所示。



**图 2 三种方法的异常识别准确率结果对比**

根据图 2 可知，针对五种电力常见异常，三种方法的平均异常识别准确率分别为 97.5%、85.2% 和 82.3%，所提方法具有较高的异常识别准确率，能够有效提高电力生产指挥任务池异常识别精度。

### 4.3 电力生产指挥任务池异常识别效率对比

在此基础上，进一步验证所提方法的电力生产指挥任务池异常识别效率，将异常识别时间作为评价指标，其异常识别时间越短，表明异常识别效率越高。分别进行 100 次实验，并采用三种方法进行对比求取平均值，得出三种方法的异常识别时间如表 3 所示。

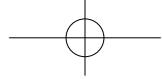
**表 3 三种方法的异常识别时间结果对比**

电力常见异常	(单位: ms)		
	所提算法	文献[6]算法	文献[7]算法
电力设备故障	8.5	13.9	18.2
电力设备异常	7.8	15.4	17.5
电力设备越限	8.2	12.5	19.6
电力设备巡视异常	7.9	12.8	20.7
电力巡检任务异常	9.4	11.6	19.2

根据表 3 中的数据可知，针对五种电力常见异常，文献 [6] 方法和文献 [7] 方法的平均异常识别时间分别为 13.2ms 和 19ms，而所提方法的平均异常识别时间仅为 8.4ms。由此可知，所提方法的异常识别时间较短，能够有效提高电力生产指挥任务池异常识别效率。因为所提方法将由边缘计算处理得到的数据暂时保存在云端，同时，还可以根据收集电力生产指挥任务数据的需要，对不同的数据进行动态更新，以此提高了数据计算和传递的效率，从而提高了电力生产指挥任务池异常识别效率。

## 5 结束语

本文提出基于边缘计算和规则库的电力生产指挥任务池构建与异常识别方法。基于边缘计算，构建电力生产指挥任务池。在此基础上，获取电力生产指挥事件规则库，实现电力生产指挥任务池异常识别。通



过实验验证了所提方法具有较好的异常识别效果，能够有效提高异常识别精度和效率。

### 参考文献

- [1] 冷亚军, 时浩, 陆青. 电力系统安全运行策略与方法研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(14): 237-241.
- [2] 杨光辉, 王刚. 电力应急指挥系统设计及其关键技术研究[J]. 信息技术, 2021(11): 93-98, 104.
- [3] 刘道远, 孙科达, 周君良, 等. 模糊综合评判法在电力企业网络信息安全评估中的应用[J]. 电

- 信科学, 2020, 36(3): 34-41.
- [4] 王逸兮, 余铮, 查志勇, 等. 基于改进SVM的电力企业信息系统异常检测方案的优化[J]. 计算机与数字工程, 2020, 48(3): 567-570, 662.
- [5] 官丽, 焦阳, 张彩霞, 等. 电力监控系统无线接入安全风险模糊评估方法研究[J]. 能源与环保, 2021, 43(6): 163-167.
- [6] 王浩, 王功臣, 娄德章, 等. 基于AI边缘深度学习视频分析装置的电力场景异常识别技术研究[J]. 电力大数据, 2021, 24(11): 1-8.
- [7] 杨文生, 王雁宇, 李海清, 等. 基于BP神经网络的电力工程异常数据识别技术研究[J]. 电子设计工程, 2021, 29(7): 157-160, 165.

(收稿日期: 2024-11-20)

(上接第88页)

- [6] 丁捷. 电力储能经济性分析与综合评价方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院工程热物理研究所), 2020.
- [7] 李建林, 梁策, 张则栋, 等. 新型电力系统下储能政策及商业模式分析[J]. 高压电器, 2023, 59(7): 104-116.
- [8] ÖLMEZ M E, ARI I, TUZKAYA G. A comprehensive review of the impacts of energy storage on power markets[J]. Journal of Energy

- Storage, 2024(91).
- [9] Sebastiaan Mulder, Sikke Klein. Techno-Economic Comparison of Electricity Storage Options in a Fully Renewable Energy System[J]. Energies, 2024.
- [10] Wang Dongshu, Tan Dapei, Liu Lei. Particle swarm optimization algorithm: an overview[J]. Soft Computing, 2018(2): 387-408.

(收稿日期: 2024-11-21)

202508.DQGY  
93