

基于无线传感器的防触电预警模型设计

孙 暄, 周年荣, 唐立军

(云南电网有限责任公司电力科学研究院, 云南 昆明 650217)

摘要: 防触电预警模型的研究具有重要意义, 当前防触电预警模型存在预警正确率低、虚警率高等缺陷, 为了获得理想的防触电预警结果, 设计了基于无线传感器的防触电预警模型。首先采用无线传感器对防触电预警信号进行采集, 并进行一定的预处理, 去除信号无用的噪声, 然后提取防触电预警信号中的特征, 并将特征输入到机器学习算法中进行学习, 建立防触电预警模型, 最后在Matlab 平台对防触电预警模型的性能进行了验证性测试。测试结果表明, 相对于其他防触电预警模型, 该模型获得更高的防触电预警正确率, 虚警率急剧减少, 同时加快了防触电预警速度, 防触电预警整体效果更佳。

关键词: 无线传感器; 防触电; 预警模型; 预警正确率; 验证性测试

Design of early warning model against electric shock based on wireless sensor

SUN Xuan, ZHOU Nianrong, TANG Lijun

(Electric Power Research Institute of Yunnan Power Grid Corporation, Kunming 650217, China)

Abstract: The research on the early warning model of electric shock prevention is of great significance. At present, the early warning model of electric shock prevention has the defects of low accuracy and high false alarm rate. In order to obtain the ideal early warning results of electric shock prevention, the early warning model of electric shock prevention based on wireless sensor is designed. Firstly, the wireless sensor is used to collect and preprocess the early warning signal of electric shock, to remove the useless noise of the signal, then extract the features of the early warning signal of electric shock, and input the features into the machine learning algorithm for learning, and establish the early warning model of electric shock. Finally, the performance of the early warning model of electric shock is tested in the Matlab platform. The test results show that compared with other early-warning models, the model in this paper has a higher accuracy rate of early-warning against electric shock, and the false alarm rate is sharply reduced. At the same time, the early-warning against electric shock is sped up, and the overall effect of early-warning against electric shock is better.

Key words: wireless sensor; against electric shock; early warning model; early warning accuracy; verification test

0 引言

在实际应用过程中, 经常会出现工作触电现象, 威胁人们的生命, 为了减少触电现象发生的概率, 需要建立防触电预警机制^[1]。

中国南方电网有限责任公司科技项目 (YNKJXM20180393)

防触电预警模型是一种重要机制, 可以根据防触电预警结果启动相应装置进行报警, 因此防触电预警模型的研究具有重要意义, 已成为当前一个重要的研究课题^[2]。

针对防触电预警模型的设计问题, 当前国内外有大量的研究文献, 对相关文献进行

分析和总结,发现当前防触电预警模型存在预警正确率低、虚警率高等缺陷,难以获得理想的防触电预警结果^[3]。

为了解决当前防触电预警模型存在的一些难题,提出了基于无线传感器的防触电预警模型。并在Matlab平台对防触电预警模型的性能进行验证性测试。

1 基于无线传感器的防触电预警模型

1.1 无线传感器采集信号及预处理和提取特征

无线传感器信号的采集十分重要,直接影响防触电预警正确率,由于无线传感器的抗干扰能力可以实时、在线地对防触电信号进行采集,因此本文选择其采集防触电信号。在防触电信号采集过程中,由于其他不利因素的干扰,采集了许多无用的信号,这些无用信号以噪声的形式表现出来,因此本文选择小波分析对防触电原始信号进行预处理,改善防触电信号的质量,然后从去噪后的防触电信号中提取防触电预警特征。

1.2 机器学习算法

设防触电预警的学习样本组合为一个集合,共有 k 个,具体采用 $\{(x_i, y_i), i=1, 2, \dots, k\}$ 进行描述, x_i 表示防触电预警的特征向量, y_i 表示防触电预警的输出。支持向量机专门针对复杂、非线性分类的问题,防触电预警实际就是一种多分类问题,引入支持向量机建立防触电预警模型。支持向量机对学习样本集合: $\{(x_i, y_i), i=1, 2, \dots, k\}$ 进行映射,则有^[4]

$$f(x) = \omega^T \Phi(x) + b \quad (1)$$

要建立防触电预警模型就要确定式(1)的 ω 和 b 的值,而直接用 ω 和 b 进行求解,实现过程十分复杂,有时难以找到其准确的解,因此需要采用结构风险最小化原则对其进行转换,则有

$$L(f(x) - y) = \begin{cases} |f(x) - y| - \varepsilon & |f(x) - y| \geq \varepsilon \\ 0 & |f(x) - y| < \varepsilon \end{cases} \quad (2)$$

式中, ε 为不敏感损失函数。

由于支持向量机在学习过程中会产生一些误差,为了对误差进行适当的惩罚,引入惩罚参数 C ,那么式(2)的等价形式为

$$\min J = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i^* + \xi_i) \quad (3)$$

式中, ξ_i 、 ξ_i^* 为松弛变量。

式(3)的约束条件为

$$\begin{cases} y_i - w\varphi(x) - b \leq \varepsilon + \xi_i \\ w\varphi(x) + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* \leq 0 \quad i=1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (4)$$

引入拉格朗日乘子加快防触电预警模型建立的速度,即建立如下拉格朗日函数

$$\begin{aligned} L(w, b, \xi, \xi^*, \alpha, \alpha^*, \gamma, \gamma^*) = & \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*) - \sum_{i=1}^n \alpha_i [\xi_i + \varepsilon - y_i + f(x_i)] - \\ & \sum_{i=1}^n \alpha_i^* [\xi_i^* + \varepsilon - y_i + f(x_i)] - \sum_{i=1}^n (\xi_i \gamma_i - \xi_i^* \gamma_i^*) \end{aligned} \quad (5)$$

式中, a_i 和 a_i^* 为拉格朗日乘子。

引入对偶操作 $\varphi(x_i)$ 、 $\varphi(x_j)$,可以产生

$$\begin{aligned} W(\alpha, \alpha^*) = & -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*)(\alpha_j - \alpha_j^*) [\varphi(x_i), \varphi(x_j)] + \\ & \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) y_i - \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)应该满足如下条件为

$$w = \sum_{i,j=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) x_i \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) = 0 \quad (8)$$

由于防触电预警的特征向量和防触电预警的输出之间存在比较强的非线性变化关系,采用核函数 $k(x_i, x)$ 代替对偶操作 $[\varphi(x_i), \varphi(x)]$ 得到防触电预警模型描述形式为

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) k(x_i, x) + b \quad (9)$$

本文选择核函数具体为

$$k(x_i, x) = \exp\left(-\frac{\|x - x_i\|^2}{2\delta^2}\right) \quad (10)$$

1.3 无线传感器的防触电预警模型的工作步骤

无线传感器的防触电预警模型的具体工作步骤如下：

1) 采用无线传感器对防触电预警信号进行采集，去除最初和最后一段时间的信号，采用中间一段时间信号进行后续处理。

2) 采用小波分析对无线传感器采集原始防触电预警信号进行处理，去除其中一些噪声，防止噪声对防触电预警特征提取的干扰。

3) 提取预处理后防触电预警信号中特征，并对特征向量做如下缩放操作，使其值处于[0,1]的范围内，加快防触电预警模型的工作效率。

$$f'_i = \frac{f_i - f_{\max}}{f_{\max} - f_{\min}} \quad (11)$$

4) 将防触电预警信号特征作为输入，防触电预警信号类型作为输出，建立防触电预警学习样本。

5) 采用机器学习算法对防触电预警学习样本进行训练，建立防触电预警模型。

6) 采用一些验证样本数据对防触电预警模型进行测试，并对测试结果进行分析。

基于无线传感器的防触电预警流程如图1所示。

2 防触电预警模型的性能测试

2.1 实验环境

为了测试本文设计的基于无线传感器的防触电预警模型的有效性，对其进行仿真测试，测试实验的环境如表1所示。防触电预警模型实现的程序采用Matlab 2018编写。

2.2 实验数据

选择一个防触电装置作为实验对象，对其信号数据进行采集。信号数据分为两种：一种是安全信号；一种是危险信号。当处于危险状态时，要启动防触电报警系统，两种类型的数据量分别为200和50。

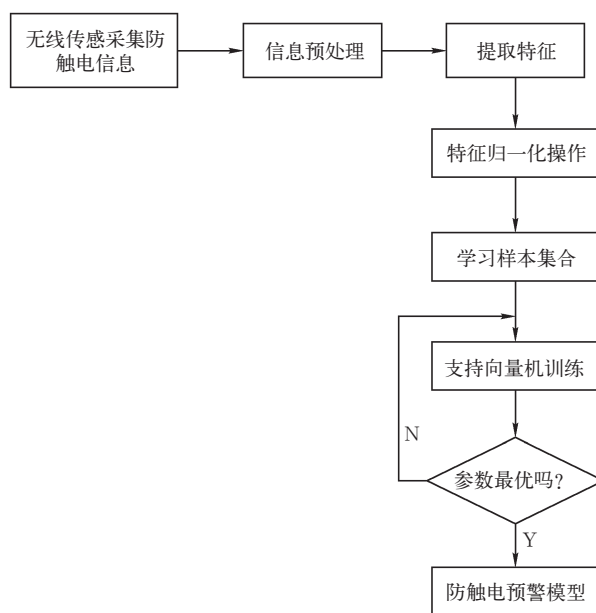


图1 基于无线传感器的防触电预警流程

Fig. 1 Electric shock prevention and early warning process based on wireless sensor

表1 防触电预警性能测试的环境参数

Tab. 1 Environmental parameters of electric shock prevention early warning performance test

参数编号	参数名称	具体设置
1	CPU	Intel 奔腾 G4600
2	RAM	威刚 XPG DDR4 3200 8G
3	硬盘	三星 860 EVO 500G
4	网络带宽	100 MB
5	操作系统	Win10
6	传感器节点	TC-LINK_MXRS

2.3 结果与分析

对两种模型进行防触电预警仿真实验，每一种模型进行5次仿真实验，以体现实验结果的公平性，为增加说服力，统计防触电预警正确率，结果如图2所示。从图2可看出，基于无线传感器的防触电预警正确率均超过了95%，而对比模型的防触电预警正确率均低于90%，本文模型可以很准确地描述防触电预警变化规律，建立了更优的防触电预警模型。

统计两种模型的防触电虚警率，结果如图3所示。从图3可以看出，基于无线传感器的防触电虚警率低于5%，而对比模型的防触

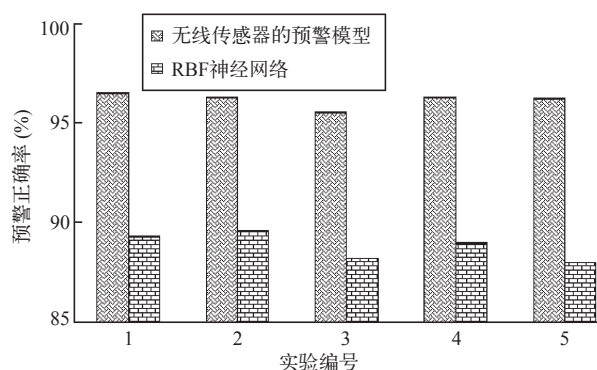


图2 两种模型的防触电预警正确率对比

Fig. 2 Comparison of accuracy rate of electric shock prevention early warning between the two models

电虚警率约为10%，对比模型出现了许多误警现象，而本文模型降低了出现防触电误警概率，提高了防触电预警成功率。

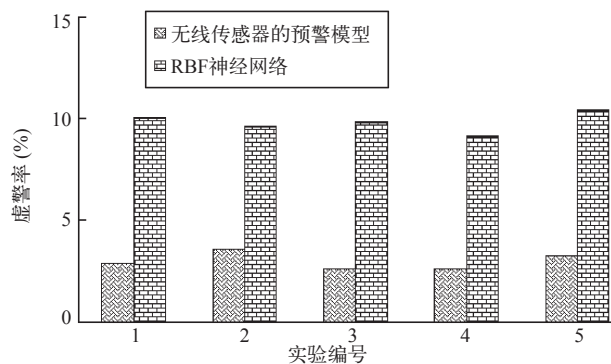


图3 两种模型的防触电虚警率对比

Fig. 3 Comparison of false alarm rate against electric shock between the two models

在实际应用中，防触电预警实时性十分重要，本文选择防触电预警时间描述实时性，结果如表2所示。从表2可以看出，基于无线传感器的防触电预警时间明显少于对比模型，说明基于无线传感器的防触电预警速度快，具有更优的防触电预警实时性。

表2 两种模型的防触电预警时间对比

Tab. 2 Comparison of electric shock prevention early warning time between the two models

(单位: s)

实验编号	无线传感器的预警模型	RBF神经网络
1	2.20	3.67
2	2.18	3.60
3	2.03	3.57
4	2.19	3.78
5	2.45	3.38

3 结束语

为了提高防触电预警正确率，设计了基于无线传感器的防触电预警模型，并与当前其他防触电预警模型进行了仿真对比测试，可以得出如下结论：

1) 通过无线传感器对防触电预警信号进行采集，可以弥补当前防触电预警信号采集的不足，同时引入去噪技术，获得高质量的防触电预警信号。

2) 引入机器学习算法建立防触电预警模型，可以高准确度刻画防触电预警变化特点，防触电预警正确率完全可以满足防触电预警的实际应用要求。

3) 相对于其他防触电预警模型，本文模型的防触电预警效果更佳，有效解决了当前防触电预警过程中存在的一些不足，具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 王金秋, 和思铭, 吴昊, 等. 基于人体热释电信息的智能主动防触电插座的研制[J]. 电子元器件与信息技术, 2019, 3(6): 48-50, 58.
- [2] 陈爱明, 周静, 邓华, 等. 智能防触电报警装置实现原理研究[J]. 电气应用, 2016, 35(21): 60-63.
- [3] 徐天奇. 智能防触电安全帽系统的设计[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(3): 206-208.
- [4] 杨纯平, 张文斌, 周年荣, 等. 时间序列特征提取的高压输电线电压等级识别方法[J]. 机械与电子, 2017, 35(12): 47-50.

作者简介



孙 暄

孙暄 (1990—), 女, 硕士, 研究方向为电网自动化技术、电力监控系统网络安全防护技术研究等。

周年荣 (1974—), 男, 硕士, 研究方向为高压绝缘、智能安全预警、智能电网技术等。

(收稿日期: 2019-07-16) EA