

民航无线电干扰预警算法研究

Research on Early Warning Algorithm of Civil Aviation Radio Interference

杨钰

Yu Yang

中国民用航空华北地区空中交通管理局 中国·北京 100621

North China Air Traffic Management Bureau of Civil Aviation Administration of China, Beijing, 100621, China

摘要:民航的无线电系统包括通信、雷达、导航等多方面民航运行保障系统,同时也是民航运行的重要组成部分,现代社会电磁环境复杂,对各个无线电系统的干扰也日益严重。关于民航无线电干扰预警的基础算法有两种,一种是基于粗糙集理论的算法,另一种是基于人工神经网络的算法,同样是利用干扰发生的历史数据,用 MATLAB 编程实现数据的预处理和神经网络的建立,通过网络的训练和自适应得到预测结果。

Abstract: The radio system of civil aviation includes communication, radar, navigation and other aspects of civil aviation operation guarantee system. It is also an important part of civil aviation operation. The electromagnetic environment of modern society is complex, and the interference to various radio systems is becoming more and more serious. There are two basic algorithms for early warning of civil aviation radio interference, one is based on rough set theory, the other is based on artificial neural network, the same is to use the historical data of interference occurrence and use MATLAB programming to achieve data preprocessing and the establishment of neural network, the prediction result is obtained through network training and self-adaptation.

关键词: 民航无线电干扰; 人工神经网络; 粗糙集理论; 预警预测

Keywords: civil aviation radio interference; artificial neural network; rough set theory; early warning and prediction

DOI: 10.36012/etr.v2i8.2526

1 预警预测算法现状

经典的预测预警算法有时间序列预测法、德尔菲预测法、基于粗糙集预测法、神经网络预测法和各种组合预测算法^[1]。时间序列预测法是指以实际发生的先后时间顺序为基准,把实物的某一特性按时间顺序排列,是一种比较成熟的预测方法,但通常用于短期的预测。德尔菲预测法又可以成为专家意见预测法,主要是专家们根据实际数据或资料结合自己已有知识和经验对事物进行评估,适合一些数据或资料不太完整情况下的长期预测。粗糙集理论是由波兰数学家 Z. Pawlak 提出来的,最明显的特点是不需要人为提供待处理数据之外的任何先验信息,与其他理论有很强的互补性^[2]。神经网络预测法是人工智能预测方法的一种,主要特点是具有良好的非凸性、自适应性、非局域性、容错性和非线性,目前使用最广泛的有 BP 网络模型、简单递归网络模型以及自组织映射网络等。

2 基于粗糙集理论的民航无线电干扰预警算法

2.1 粗糙集理论介绍

粗糙集理论的基本概念是对历史的数据进行分析,通过列决策表和决策表的约减实现数据条件属性的简化并且找到数据的内在关系,整个粗糙集理论的核心也就是有关知识集合的划分以及近似集合等工作^[3]。

2.2 基于粗糙集算法进行民航无线电干扰预警研究

进行无线电干扰预警的研究数据是已经发生过的一段时间内的历史统计数据,利用粗糙集相关理论进行分析等工作。首先进行数据的预处理并生成决策表。其次进行决策表的核值分析,将表中完全相同的重复行删除,同时也删除条件属性完全相同但决策属性不同的数据行,找到不同决策属性对应的必要条件属性,也就是核值。接下来分析表格得出决策规则算法表,将某一行的必要条件属性与另外的条件属性组合,如果不同决策属性中不存在该组条件则可作为

【作者简介】杨钰(1994~),女,河北保定人,助理工程师,从事民航无线电研究。

决策规则进行记录,最终得到决策算法表。最后根据公式(1)计算预警值。

$$y = \frac{1}{A} \times \frac{1}{B} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^B c_{ij}^2 \quad (1)$$

式中, y 为预警值; x 为条件属性个数; A 是预测时间段干扰数据的总条数; B 是某台站位置的决策规则数。

3 基于人工神经网络的民航无线电干扰预警算法

3.1 神经网络介绍

神经网络是一种模仿生物的神经网络采用分布式并行信息处理的一种数学模型,克服了传统人工智能在处理直觉和非结构化信息方面的缺陷^[4]。BP神经网络是多层的前馈神经网络,并且神经元之间是采用S型传递函数,是目前应用最广泛的神经网络模型之一。

3.2 BP神经网络的学习算法

①神经网络初始化:在 $[-1, 1]$ 范围内随机设定不同节点权值的初始值。②随机选取 k 个输入样本及对应期望输出 $d(k)$ 。③计算网络隐含层及输出层的输入和输出。④计算误差函数 e 对输出层神经元及隐含层输入神经元的偏导数 δ ,如公式(2)所示。⑤修正隐含层与输出层之间的连接权值。⑥修正输入层与隐含层之间的连接权值。⑦计算全局误差 E ,如公式(3)所示。⑧判断网络误差是否满足要求。⑨判断 $k+1$ 是否已大于设定的最大迭代次数,若大于立即结束算法。

$$e = \frac{1}{2} \sum_{o=1}^q (d_o(k) - y_o(k))^2 \quad (2)$$

$$E = \frac{1}{2m} \sum_{k=1}^m \sum_{o=1}^q (d_o(k) - y_o(k))^2 \quad (3)$$

3.3 BP神经网络进行民航无线电干扰预测

首先对原始民航干扰数据进行预处理,统一描述方式,并将干扰程度(轻度、中度、重度)分别用可量化的数字1、2、3代替,确定输入变量为日期、频率、程度、用途、类型、干扰信号特征、干扰源类型、台站位置、历史发生次数,输出变量为预测发生次数。

接下来应用三层的BP神经网络设计预警模型,根据公式(4)和公式(5)确定隐含层节点数的范围是4到14个。确定隐含层与输出层间的传递函数为Sigmoid函数。

$$k < \sum_{i=1}^n c_{nj}^j \quad (4)$$

$$n_1 = \sqrt{n+q} + a \quad (5)$$

利用MATLAB中神经网络的工具箱建立网络,选用feedforwardnet函数,选取相对稳定的5个隐含层节点时的网络,在建立好的模型中输入6、7、8、9月历史干扰数据表用来训练,整个训练过程结束后会确定一组网络权值阈值和误差变化曲线图,如图1所示,观察可得验证过程最小误差为0.079852出现在第7次训练。

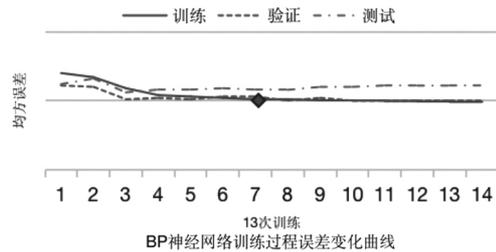


图1 误差变化曲线图

应用训练好的网络对12月无线电干扰数据进行仿真预测,观察预测结果发现,预测结果与实际结果有部分重合,不重合部分分两种情况:第一种是对台站位置的预测错误;第二种是台站位置正确但是预测发生概率有偏差,普遍偏低。

4 粗糙集与神经网络结合的民航无线电干扰预警算法

4.1 理论基础

单独基于粗糙集的民航无线电干扰预警算法主要是对实际历史数据进行约简。单独使用神经网络不能对输入数据进行维度的简化,网络建设及训练时间会有所影响。

将两者结合应用,可以得到以下优点:①利用粗糙集理论去掉冗余信息,简化训练样本;②利用粗糙集理论减少信息表达的属性数量,降低神经网络复杂度;③人工神经网络作为后置处理识别系统,容错及抗干扰能力强;④可讲粗糙集得出的决策规则作为后续信息识别规则,两者进行比较后做进一步修正。

4.2 算法流程

算法融合了粗糙集理论和人工神经网络,并将粗糙集作为神经网络学习训练的前置系统,起到简化原始数据和优化网络建设的目的,具体流程如图2所示。

4.3 实验仿真结果对比

利用结合的算法使用MATLAB进行民航干扰的学习训练以及实验仿真预警,将实际数据与实验仿真数据进行对比。

通过最终表格对比可以得出示例的结果:台站1、4、5、10、12实际发生干扰为1次,BP算法预测结果为0次,结合

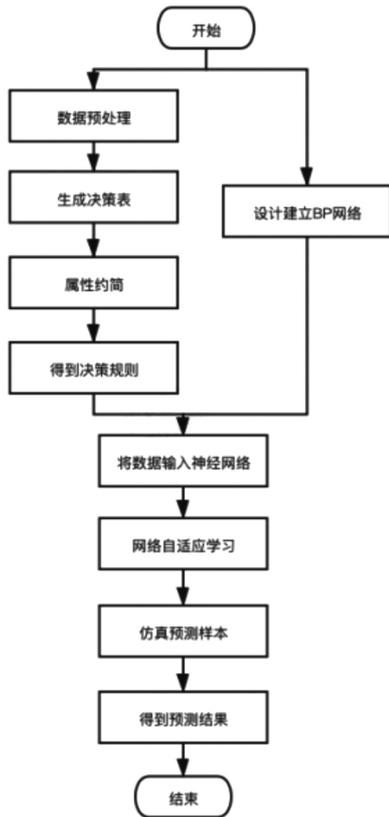


图 2 民航无线电干扰预警算法流程

算法预测结果有 0、1、2 三种情况,台站 52、54 实际次数为 3 次和 5 次, BP 网络预测结果都为 1 次,而结合算法预测次数为 2 次。总体上而言结合算法比单独使用神经网络的预测结果会好一些。

5 结语

为实现民航无线电干扰预警,分别应用两种算法(一种是人为干预预测过程的粗糙集融合算法;另一种是基于 BP 型人工神经网络的算法)以及二者融合的算法。通过对不同方法预测到的结果进行对比,发现结合算法更适合处理民航无线电干扰预测这一问题,但是仍然需要进一步优化和参考其他算法来提高预测的完整性和准确性。

参考文献

- [1] 端木京顺.航空事故预测预警理论方法[M].北京:国防工业出版社,2013.
- [2] 张业亭.道路交通事故的预警算法研究[D].重庆:重庆大学,2008.
- [3] 周创德.粗糙集属性约简研究[D].合肥:合肥工业大学,2008.
- [4] 闻新.应用 MATLAB 实现神经网络[M].北京:国防工业出版社,2015.