

文章编号:1005-0523(2013)03-0071-05

基于BP神经网络的仓储烟草霉变预测

张利华,马钧钊,勒国庆,戴熙昌

(华东交通大学电气与工程学院,江西南昌 330013)

摘要:烟草霉变预测尚没有有效的方法。为实时预测仓储烟草的霉变程度,选取仓储环境的温湿度和烟草的自身含水量参数作为神经网络的输入层,烟草霉变度作为输出层,建立BP神经网络烟草霉变预测模型。选取78组实测数据作为训练样本对预测模型进行训练,得出了神经网络的阈值和权值。利用14组预测样本针对该预测模型进行了仿真,并进行了线性回归分析。结果表明,建立的烟草霉变预测模型具有较高的预测精度,预测值和实际值的偏差在 $[-0.028, 0.033]$ 之间,相对误差绝对值的平均值为0.0019。最后,在基于嵌入式ARM+Linux+Web的某公司烟草仓库智能监测系统中,实现了烟草霉变实时预测功能,取得了较好的效果。

关键词:烟草;霉变预测;BP神经网络

中图分类号:TP183

文献标志码:A

我国是烟草大国,烟草防霉变的研究具有重要的经济价值和应用意义。导致烟草霉变的因素有很多,其中主要的影响因素是其存储环境的温度、湿度以及烟草的自身含水量^[1]。但是由于在不同的地域、不同的烟草种类、所含菌类别及数量的不同等等,上述因素造就了烟草霉变过程的非线性和不确定性。烟草防霉变的关键在于预测烟草霉变程度,实时监测烟草存储环境的变化,并构建出适合烟草存储的环境。其中,烟草霉变预测是基础。电子鼻传感器阵列常用于粮食霉变^[2]、山核桃陈化^[3]的检测,取得了一定效果,但是电子鼻传感器阵列检测需要严格的检测条件如配备检测样本培育箱并密闭数小时^[2],不能实现大范围实时的监测。文献[4]给出了基于机器视觉和神经网络的花生仁霉变识别方法,但提取包装完好的成品烟的图像存在困难。目前烟草霉变预测尚没有有效的方法。

BP神经网络具有自组织、自学习、联想、容错、抗干扰、非线性动态处理等特征,可揭示出样本中的非线性关系,可解决因变量和多个自变量之间的非线性精确预测^[5],已经在广泛的领域得到了应用^[6],并取得了理想的效果。烟草霉变过程的非线性和不确定性为建立较为完善的理论模型和借助于某种解析式来进行烟草霉变预测增加了复杂度。而BP神经网络是一种高度自适应的非线性系统,通过BP神经网络的训练可得输入与输出之间的高度非线性映射。因此,可将影响烟草霉变的各个因素与其霉变情况之间的关系看成是某种未知的函数关系,进而通过训练好的BP神经网络来预测烟草霉变情况。

本文利用温湿度传感器实际监测获得的数据,建立了BP神经网络烟草霉变预测模型,并在基于嵌入式ARM+Linux+Web的某公司烟草仓库智能监测系统中,实现了烟草霉变预测功能。

1 烟草霉变BP神经网络预测模型结构

由于存储环境的温度、湿度能直接影响烟草霉变情况^[7],烟草的含水量直接关系到烟草霉变发生的时

收稿日期:2013-05-05

作者简介:张利华(1972—),男,副教授,博士,主要研究方向为嵌入式信息处理系统、密码学与控制网络安全。

间和发展的速度^[8],因此,选取温度、湿度和烟草自身含水量作为BP神经网络的输入变量,即输入层的节点数为3。选取霉变率为BP神经网络的输出变量,即输出层节点数为1。其中,霉变率为在一定的温度、湿度和自身含水量情况下,经过一个周期(30 d),烟草霉菌分布占总表面积的比例^[7]。同时,给定霉变度标准如下:霉变率在 $[0, 0.01]$ 区间内,则霉变度为无霉变;霉变率在 $(0.01, 0.1]$ 区间内,则霉变度为轻度霉变;霉变率在 $(0.1, 0.2]$ 区间内,则霉变度为中度霉变;霉变率在 $(0.2, 1]$ 区间内,则霉变度为重度霉变。因此,BP神经网络的结构为 $3-x-1$,如图1所示。

通常当BP神经网络的输入层有 m 个神经元,输出层有 n 个神经元,隐层有 s 个节点,则

$$s = \sqrt{m+n} + a \quad (1)$$

其中: a 为1~9的整数。本模型中 $m=3$, $n=1$,则 s 为3~11的整数。

2 烟草霉变BP神经网络预测模型参数

2.1 样本归一化

为了训练和测试建立的BP神经网络预测模型,从实际监测的数据中共收集了从2004年4月至2011年4月的92个样本模型,即每个月的仓储情况作为一个样本。将这些模型分为两部分,一部分为78组训练样本,一部分为14组测试样本。然后将变量都归一化到 $[0, 1]$ 区间中,归一化的公式:

$$R = \frac{x - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

其中: R 为归一化之后的烟草霉变预测结果; x 为未经过归一化的烟草霉变预测结果; X_{\max} 和 X_{\min} 分别为霉变结果的最大值和最小值。表1给出了从92组样本中随机选出的14组预测样本的归一化数据,其他78组作为为训练样本。

2.2 网络训练

神经网络的学习,主要通过样本的反复训练来实现。本文利用MATLAB的BP神经网络工具箱,用标准BP神经网络算法对网络进行训练。设定目标误差为0.007,最大循环次数为1 000。选取隐含层神经元的传递函数选S型正切函数tansig,输出层神经元的传递函数选S型对数函数logsig,选取traingdx函数为训练函数。隐含层节点为7时,神经网络训练结果如图2所示。

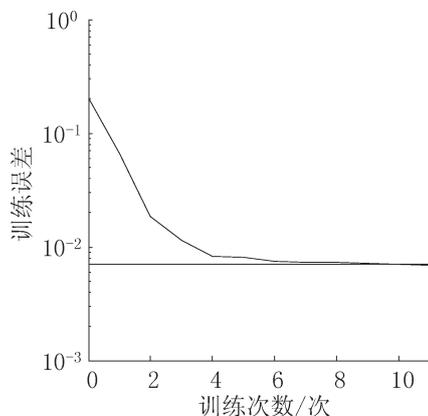


图2 BP神经网络训练结果
Fig.2 Training result of BP neural network

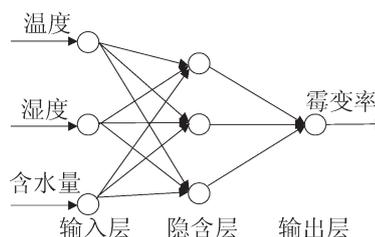


图1 BP神经网络烟草霉变预测模型
Fig.1 Tobacco mildew prediction model based on BP neural network

表1 不同隐含层节点数的预测误差

Tab.1 Prediction errors of different hidden layer nodes		
节点数	误差范围	误差绝对值的均值
3	0.040~0.116	0.006 2
4	-0.091~0.123	0.011 2
5	-0.010~0.083	0.007 3
6	-0.072~0.142	0.009 4
7	-0.028~0.033	0.001 9
8	-0.041~0.081	0.007 5
9	-0.081~0.045	0.007 7
10	-0.090~0.111	0.009 9
11	-0.071~0.101	0.009 6

2.3 网络参数

以烟草仓库的温度、湿度以及自身含水量作为网络输入,利用14组测试样本,由网络计算出烟草霉变率的预测值,并得到隐含层的节点数从3到11的预测值。可以计算出不同的隐含层节点时模型的预测值和实际值的误差,不同隐含层节点数的预测误差对比如表1所示。

根据误差对比,隐含层节点数为7时,预测效果较好,故确定BP神经网络结构为3-7-1。

3 模型预测精度检验

3.1 预测结果

为了验证建立的预测模型,利用14组测试样本对网络模型进行了测试,并将其与实际值进行了对比,如图3所示。

测试样本预测结果如表2所示。由表2可知,网络的预测值和实际值的偏差在[-0.028,0.033]之间,相对误差绝对值的平均值为0.0019。由上述结果分析可知,网络的预测精度可控制在5%以内,满足其工程应用需求。而且,随着BP神经网络训练样本的增多,网络的预测精度还可以进一步提高。

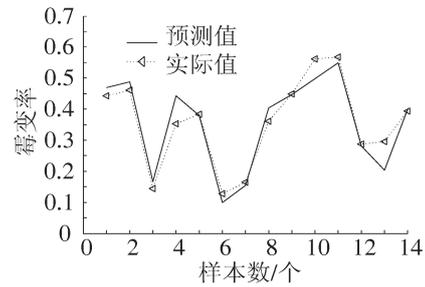


图3 预测值与实际值曲线图
Fig.3 Predictive value and the actual value

表2 测试样本预测结果

Tab.2 Prediction results with test samples

序号	温度/℃	湿度/%	自身含水量/%	预测值	实际值
1	0.585 2	0.418 2	0.388 9	0.445 7	0.442 4
2	0.637 0	0.563 6	0.277 8	0.464 1	0.461 6
3	0.681 5	0.127 3	0.055 6	0.141 4	0.14 42
4	0.492 6	0.145 5	0.544 4	0.351 3	0.353 9
5	0.466 7	0.272 7	0.522 2	0.382 2	0.384 6
6	0.448 1	0.145 5	0.018 2	0.129 5	0.127 2
7	0.492 6	0.222 2	0.355 6	0.166 5	0.164 4
8	0.529 6	0.381 8	0.377 8	0.360 1	0.362 0
9	0.537 0	0.454 5	0.422 2	0.451 9	0.450 2
10	0.544 4	0.472 7	0.533 3	0.563 6	0.562 2
11	0.559 3	0.636 4	0.488 9	0.567 7	0.568 9
12	0.563 0	0.654 5	0.122 2	0.286 0	0.286 9
13	0.570 4	0.763 6	0.088 9	0.295 9	0.295 2
14	0.566 7	0.709 1	0.222 2	0.395 3	0.394 8

3.2 预测结果回归分析

借助工具箱函数 corrcoef,对输出结果进行回归分析。线性回归分析结果:

$$A = 1.055T - 0.019 \quad (R = 0.9758) \tag{3}$$

式中: A 为预测值; T 为实际值; R 为相关系数。

由式(3)可知,BP神经网络的预测结果和实际结果的相关性很好,相关系数达到了0.9758。这说明建立的BP网络泛化能力较好,具有比较高的工程实用价值。

4 烟草霉变预测模型的应用

在某公司的烟草仓库智能监测系统中,实现了基于BP神经网络的烟草霉变预测模型。该系统具有温湿度监测、视频监控、烟草霉变预测和环境自动控制功能。该系统以基于ARM体系结构的处理器S3C2410作为系统的硬件平台,使用符合系统本身要求的经过裁剪的Linux系统作为系统的软件平台。系统硬件由上位机和下位机构成。上位机以PC机为平台,用于接收、显示并处理监测信息,然后发出进一步控制的命令。下位机采集并发送数据信息,并执行控制命令,包括S3C2410芯片、数据采集模块、传感器、摄像头等。系统结构示意图如图4所示。系统的软件平台是Linux系统,并在其基础上移植了管理Web的Boa服务器以及视频服务器mjpg-streamer,用C语言和HTML语言编写系统应用程序,来实现系统功能。系统软件主要可分为7个模块,分别为:注册、登录模块,视频监控模块,实时温湿度监测模块,温湿度曲线监测模块,霉变预测模块,温湿度自动控制模块,告警模块。其中,烟草霉变预测模块流程由BP神经网络构建、BP神经网络训练、BP神经网络预测组成,如图5所示。系统通过温湿度传感器采集温湿度值,并将其存在外存的数据库中,自身含水量通过WEB输入。该系统经过一段时间的试运行,取得了较为满意的效果。

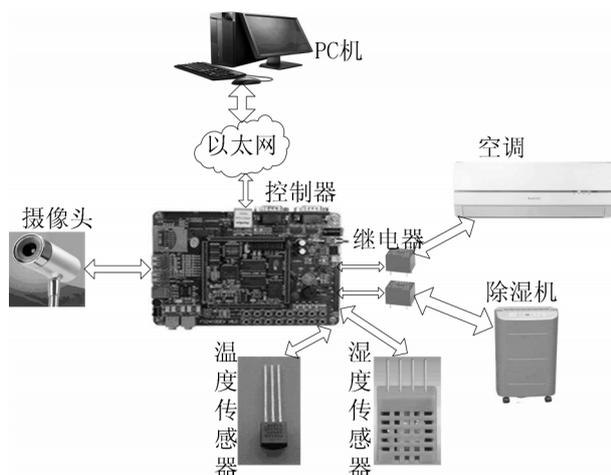


图4 智能监控系统结构
Fig.4 Intelligent monitoring system

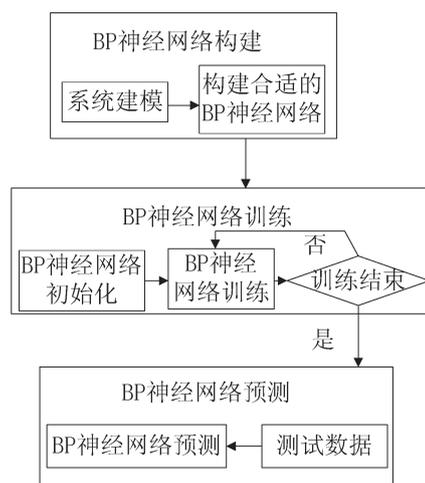


图5 烟草霉变预测模块流程
Fig.5 Flow chart of tobacco mildew prediction module

5 结束语

本文利用BP神经网络建立了烟草霉变的预测模型,BP神经网络预测模型的结构为3-7-1,网络的输入为温度、湿度和自身含水量,输出为霉变率。经过网络精度检验和线性回归分析,建立的模型有较好的预测效果。该模型最终在基于嵌入式ARM+Linux+Web的某公司烟草仓库智能监测系统得以实现,实现了烟草霉变的在线和实时监测,取得了较好的应用效果,表明基于BP神经网络的烟草霉变预测模型具有一定的工程应用价值。

参考文献:

- [1] 孔凡玉,林建胜. 储烟霉变机理与防霉技术研究进展[J]. 中国烟草学报,2009,5(15):78-81.
- [2] 张红梅,王俊,叶盛,等. 电子鼻传感器阵列优化与谷物霉变程度的检测[J]. 传感技术学报,2007,20(6):1207-1210.
- [3] 庞林江,王俊,王允祥,等. 基于电子鼻的山核桃陈化时间检测[J]. 传感技术学报,2011,26(4):928-933.
- [4] 周竹,李小星,李培武,等. 基于GA-LSSVM和近红外傅里叶变换的霉变板栗识别[J]. 农业工程学报,2011,27(3):

331-335.

- [5] GANG PING TAN, DENG FENG WANG, QIAN LI. Vehicle interior sound quality prediction based on back propagation neural network [J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 11(A): 471-477.
- [6] 王野平,陈文倩,江华荣. 基于BP算法的中密度纤维板热压机压力控制研究[J]. 华东交通大学学报, 2012, 29(4): 29-34.
- [7] 张成省,王海滨. 仓储片烟霉变的影响因素分析[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(3): 80-83.
- [8] 刘强,朱列书. 不同温湿度对片烟自然醇化过程中主要化学成分的影响[J]. 湖南农业科学, 2012(15): 99-102.

Mildew Prediction of Warehousing Tobacco Based on BP Neural Network

Zhang Lihua, Ma Junzhao, Le Guoqing, Dai Xichang,

(East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: There is still no effective solution to mildew prediction. In order to forecast the moldy degree of warehousing tobacco in real time, a tobacco mildew prediction model is established by BP neural network, in which temperature, humidity, and tobacco moisture are selected as the network input and the mildew degrees of the tobacco are extracted as the network output. Firstly, the measured data of 78 sets are used as training samples to obtain the threshold value and the weight value of BP neural network. The data of 14 samples are simulated with linear regression analysis to validate the proposed model. The results show that the deviation range between the predictive value and the actual value is $[-0.028, 0.033]$, and the relative error's absolute mean is 0.0019. Finally, the tobacco mildew real-time prediction is proved to have higher prediction precision in the tobacco warehouse intelligent monitoring system based on embedded ARM+Linux+Web.

Key words: tobacco; mildew prediction; BP neural network