

基于神经网络-模糊推理构建弹药贮存温度湿度监控系统

鞠训光, 于洪珍

(中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:应用神经网络-模糊推理理论和可编程控制器技术,构建了基于WEB的弹药贮存温度湿度远程监控系统。系统可实现对环境和库房的温度、湿度的实时监控,实现了弹药管理的自动化和智能化,提高了弹药贮存的可靠性和经济效益。

关键词:神经网络;模糊推理;可编程控制器;弹药贮存

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2005)06-0034-04

大量的弹药要长期存贮,而贮存的环境条件是影响弹药质量的重要因素^[1]。弹药中的各组成部分如打火机构、保险解脱机构、控制机构、延期机构、传爆机构和引信体等对温度、湿度敏感,是导致弹药失效的主要外界因素^[1-3]。而目前绝大多数弹药仓库的温度、湿度控制还是人工操作的简单方法,空调和除湿机常年开机,浪费了巨大的资源和经费。

为解决上述问题,本系统结构利用神经网络(NN, Neural Network)、模糊推理(FR, Fuzzy Reason)融合理论及PLC构建一个基于WEB的弹药贮存环境的多媒体监控系统,对仓库的温度、湿度设备进行实时监控,实时更新远程数据库监控数据,实现可视化、智能式的自动化监控功能。

1 NN-FR融合机理

文献[4]证明NN和FR系统都是非线性系统的通用逼近器。即存在一个高斯型模糊推理系统,能以任意精度逼近任意给定的函数,且NN和FR二者是等效的。NN-FR结构反映了人工智能领域神经网络和模糊推理的互补性^[5],即FR可以起到模式识别、特征提取和信息编码的作用,而NN可有自学习自组织的非线性系统的作用。结构机理如图1。

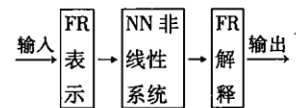


图1 NN-FR结构

2 监控系统的总体结构和设计

2.1 NN-FR体系结构

弹药库房温度湿度NN-FR体系结构如图2所示。

其中输入样本空间为模糊分割样本,通过神经网络可以学习输入空间温度、湿度和决策结果。这与传统的方法是不同的。传统的方法是分别独立构造温度函数 μ_t 和湿度隶属度函数 μ_h ,计算模糊规则的合适度:

$$\mu = \mu_t^i(20^\circ\text{C}) \cdot \mu_h^i(60\%)$$

而应用神经网络则可构造二维隶属度函数:

$$\mu = \mu_{t,h}^i(20^\circ\text{C}, 60\%)$$

由以上可知:传统的方法是利用MIN和MAX合成运算来计算规则的合适度,是离散的、线性的,鲁棒性

收稿日期:2004-11-24

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK2001073)

作者简介:鞠训光(1966-),男,山东荣成人,工程师,博士生,主要从事多媒体信息融合和网络通信研究。

差,相关系数小,存在灰度空间,极易陷入局部极值点,而起不到监控作用。而 NN - FR 融合型则是连续、非线性的监控,鲁棒性极好,陷入局部极值的可能性极小。

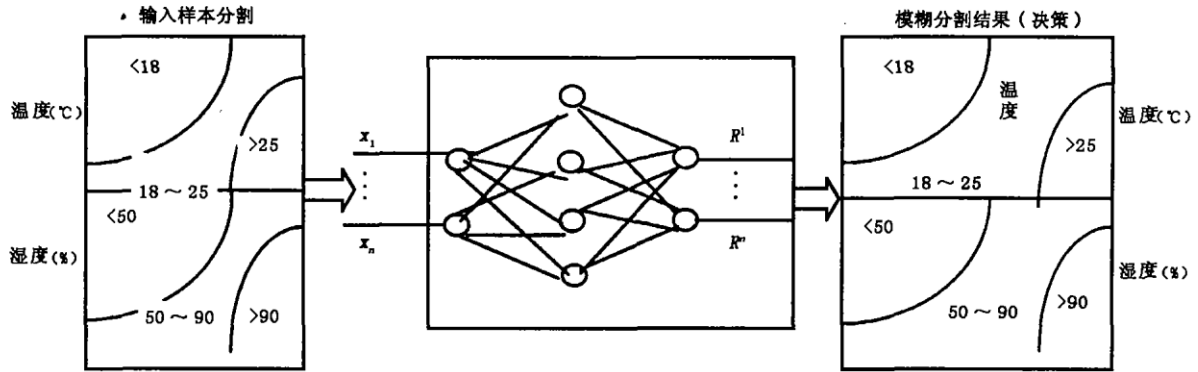


图 2 基于神经网络的非线性模糊分割

以下构造基于 BP 算法的模糊神经网络(FNN)模型。

结合实际要求及库房环境和模糊控制方案的简便可行性,将输入变量 A(库房内外温度)、B(库房内外湿度)各分为 3 种情况: $A < 18^\circ\text{C}$, $18^\circ\text{C} \leq A \leq 25^\circ\text{C}$, $A > 25^\circ\text{C}$; $B < 50\%$, $50\% \leq B \leq 90\%$, $B > 90\%$; 分别用模糊子集 A_1, A_2, A_3 , 和 B_1, B_2, B_3 表示,分别称为温度、湿度“低”、“适中”、“高”;输出变量 R 称为空调“热启”、“暂停”、“冷启”和除湿机“通风”、“暂停”、“开机”。假设系统为 4 输入(库房内外温度湿度)单输出的模糊系统,则规则可表示为

$$R_k: \text{IF } x_1, x_2 = A^k \text{ and } x_3, x_4 = B^k \text{ then } R = \theta_k$$

式中 x_1, x_2, x_3, x_4 为系统的输入变量, A^k, B^k 分别为 x_1, x_2 和 x_3, x_4 的模糊集合, R 的规则条数为 $k = 1, 2, \dots, m$ 。由实际要求知系统的模糊集合共有 36 条规则输入变量隶属度采用高斯型函数。系统可用 4 层来实现(输入层、隶属度函数层、规则层、解模糊层)。用 x_i^k 表示第 k 层的第 i 个输入, net_j^k 表示第 j 个节点的净输入, R_j^k 表示第 k 层的第 j 个节点的输出, m_{ij} 和 σ_{ij} 分别为第 i 个输入变量的第 j 个模糊集合高斯型隶属度均值和标准差。由于系统具有多层感知器的结构,可采用 BP 算法来修正网络的可调参数 $\theta_k = (k = 1, 2, \dots, 36)$ 和 m_{ij}, σ_{ij} , 步骤如下:

定义 BP 算法的指标函数为

$$E = 0.5(d - R_1^4)^2 = 0.5e^2$$

$$\text{net}_j^2 = -\frac{(x_i - m_{ij})^2}{\sigma_{ij}^2}$$

$$R_j^2 = \exp(\text{net}_j^2)$$

其中 d 为教师信号。由第 4 层向第 1 层逆向传递。

1) 解模糊层

$$\delta_1^4 = \frac{-\partial E}{\partial \text{net}_1^4} = d - R_1^4 = e$$

$$\Delta \theta_i = \frac{-\partial E}{\partial \theta_i} = \frac{-\partial E \partial \text{net}_1^4}{\partial \text{net}_1^4 \partial \theta_i} = \delta_1^4 R_i^3, \quad i = 1, 2, \dots, 36$$

2) 规则层

$$\delta_j^3 = \frac{-\partial E}{\partial \text{net}_j^3} = \frac{-\partial E \partial \text{net}_1^4}{\partial \text{net}_1^4 \partial \text{net}_j^3} = \delta_1^4 \theta_j, \quad j = 1, 2, \dots, 36$$

3) 隶属度层

$$\delta_j^2 = \frac{-\partial E}{\partial \text{net}_j^2} = \frac{-\partial E}{\partial R_j^2} \frac{\partial R_j^2}{\partial \text{net}_j^2} = \left(\sum_k \frac{\partial E}{\partial \text{net}_k^3} \frac{\partial \text{net}_k^3}{\partial R_j^2} \right) \frac{\partial R_j^2}{\partial \text{net}_j^2} = \left(\sum_k \delta_k^3 R_i^2 \right) R_j^2$$

式中 j 是与第 2 层中 j 节点相连的第 3 层的节点, i 是与第 3 层 k 节点相连的第 3 层的其它节点, 即 $i \neq j$, $j = 1, 2, \dots, m$ 。

输入变量各参数修正值为

$$\Delta m_{ij} = \frac{-\partial E}{\partial m_{ij}} = \frac{-\partial E}{\partial \text{net}_j^2} \frac{\partial \text{net}_j^2}{\partial m_{ij}} = \delta_j^2 \frac{2(R_i^1 - m_{ij})}{\sigma_{ij}^2}$$

$$\Delta \sigma_{ij} = \frac{-\partial E}{\partial \sigma_{ij}} = \frac{-\partial E}{\partial \text{net}_j^2} \frac{\partial \text{net}_j^2}{\partial \sigma_{ij}} = \delta_j^2 \frac{2(R_i^1 - m_{ij})}{\sigma_{ij}^3}$$

其中 $i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3$

4) FNN 控制中各可调参数的学习算法为

$$\theta_k(t+1) = \theta_k(t) + \eta_1 \Delta \theta_k(t), \quad k = 1, 2, \dots, 36$$

$$m_{ij}(t+1) = m_{ij}(t) + \eta_2 \Delta m_{ij}(t), \quad l = 1, 2, \dots, 5$$

$$\sigma_{ij}(t+1) = \sigma_{ij}(t) + \eta_3 \Delta \sigma_{ij}(t), \quad j = 1, 2, \dots, 3$$

式中, η_1, η_2, η_3 分别为可调参数的学习率, t 为离散时间变量。

2.2 监控系统的总体结构设计

本系统总体结构如图 3 所示。系统下位机采用 PLC^[6], 可实现模拟量(开关量)、数字量的处理和与上位机的网络通信。考虑实际弹药库房情况, 如某部有库房 10 栋, 要实现温度、湿度及火警、匪警监控, 故本系统低层主模块选用 FX2N 系列的 PLC, 其输入输出为 256 点, 数据采集模块选用电偶式传感器用模拟量模块 FX2N-4AD-TC, 即输入信号为 4 通道(环境温度湿度可由模拟量模块 FX2N-2AD-TC 检测), 与上位机的通信采用 RS232C 特殊扩展功能模块。

系统总体采用 3 层 B/S 结构模式, 低层为实时库房温度、湿度传感器数据采集, 经由 PLC 执行控制进行数据上传, 经 A/D(或光电)转换为数字信号; 第 2 层为实时信息处理、NN-FR 分割结果处理和 WEB 数据库数据实时更新、分析和处理、发布, 经由第 3 层向工作人员显示决策信息, 经 D/A(或电光)下传至 PLC 转换为开关量; 也可通过浏览器人为进行库房设备控制。

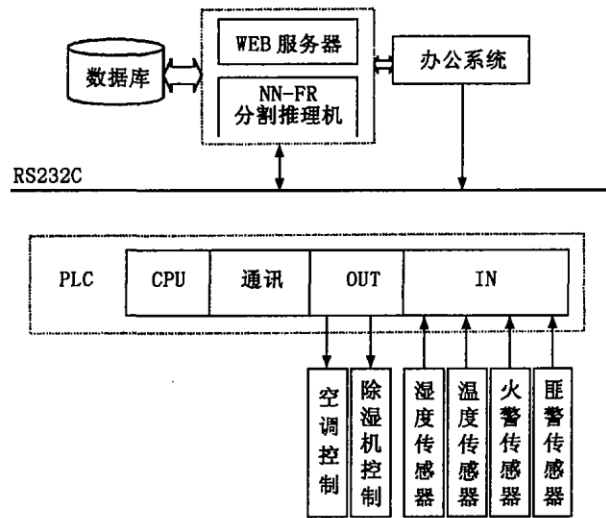


图 3 监控系统总体结构设计图

3 系统软件实现技术

目前较多的 PLC 都支持高级语言的编程, 所以本系统中上位机与 PLC 之间的通信, 其程序实现可参见文献[6]、[7], 温度、湿度的上下限可通过 PLC 直接设定。系统启动后, 通过温度、湿度传感器和设定值进行比较, 如果不适合就输出控制指令, 对设备执行相应的操作。

4 结束语

本系统实现后的优势是: ①减少了弹药库房工作人员频繁的开关库门和设备管理; ②大幅度地降低了设备、日常资源的运行费用, 但就用电来说, 如某库共有 10 栋库房, 每台空调机按 2 kW, 每台除湿机 0.8 kW, 每度电按 0.8 元计; 空调春秋不开, 按半年计, 则每年费用合计为 13.8 万元左右, 应用本系统将大幅度减少费用; ③实现了管理工作的自动化和智能化、可视化, 提高了弹药的贮存质量, 必将延长弹药的贮存有效期寿命, 具有可观的经济效益和深远的军事意义。进一步要研究的问题: 一是温度、湿度在上下临界点时的设备频繁重启算法研究; 二是除湿机的水位报警和当环境较干燥时的决策融合。

参考文献:

[1] 鞠训光. 航引-1 贮存可靠性质量分级研究[D]. 徐州: 空军后勤学院, 1998.

- [2] 陶敏,李书敏. 航空弹药[M]. 徐州:黄河出版社,1992.
- [3] 王建萍,张斌. 航空弹药引信[M]. 北京:蓝天出版社,1992.
- [4] James J, Buckley, Yoichi Hayashi. Fuzzy Neural Networks; Asurvey. Fuzzy Sets and System[J]. 1994, 66:1-13.
- [5] 权太范. 信息融合:神经网络-模糊推理理论与应用[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [6] 路林吉,王坚,江龙康. 可编程控制器原理及应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [7] 褚志勇. 应用VB/PLC的采样和数据处理[J]. 工业控制计算机,2003,(1):46-48.

(编辑:田新华)

Construction of the Monitor and Control System on the Ammunition Storage by Applying Neural Network - Fuzzy Reason (NN - FR)

JU Xun - guang, YU Hong - zhen

(College of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

Abstract: The paper constructs the remote monitor and control system on the ammunition storage based on Web by applying the theory of Neural Network - Fuzzy Reason (NN - FR) and the technology of the programmable logic controller (PLC). The system can monitor and control the real - time data of the temperature and humidity of the environment and ammunition storehouse. It achieves the automation and the intelligence of the ammunition management as well as improves the reliability and the economic benefit of the ammunition storage.

Key words: Neural Network; Fuzzy Reason; PLC; ammunition storage

(上接第30页)

的有效途径。这种形式是文献[7]中提到的采用加宽的带线开路终端对缝进行激励方法的改进,从结果可以看出这种方法无疑是有效的。

参考文献:

- [1] 郑秋荣,卢万铮,刘锋. 一种可用于卫星通信的微带天线阵元[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2003,4(2):34-36.
- [2] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1991.
- [4] Pozar D M . A Reciprocity Method of Analysis for Printed Slot and Slot - Coupled Microstrip Antennas[J]. IEEE Trans. AP, 1986,34 (12): 1493 - 1466.
- [5] 张军. 新型微带缝隙天线的阻抗特性研究[J]. 火控雷达技术,2000,29(6):6-10.
- [6] Wu C, Wu K L , Bi Z Q , et al. Accurate Characterization of Planar Printed Antennas Using Finite - Difference Time - Domain Method[J]. IEEE Trans. AP,1992,40(5):525-533.
- [7] 卢万铮,曾越胜. 宽缝微带天线阻抗特性的时域有限差分法分析[J]. 微波学报,1999,15(12):300-305.

(编辑:田新华)

Design of a Wide Band Microstrip Circle - Slot Antenna

GAO Xiang - jun, WANG Guang - ming, ZHANG Chen - xin

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: Based on the conventional construction of microstrip slot antenna, a new wide band microstrip circle - slot antenna is designed, which is fed by a fork - like microstrip line. Better matches can be achieved through adjusting the dimensions of chief - arm and side - arms in feeding net. The results of simulation and test show that 32.5% bandwidth (VSWR < 1.5) can be obtained at the center frequency of 2 GHz.

Key words: microstrip; wide - slot; fork - like feed; circle slot