

## 【兵器与装备】

# 基于BP神经网络的导弹故障诊断专家系统设计\*

薛雪东,程旭德,徐兵,洪光

(武汉军械士官学校 弹药导弹系,武汉 430075)

**摘要:**分析了某型导弹测试系统的故障机理,针对这种故障机理,结合故障诊断需求,设计了故障诊断专家系统,建立了BP神经网络模型,并利用训练样本对网络进行了训练,重点针对导弹模飞测试故障诊断模块进行了应用分析,解决了故障分析、判断不够精确、自学习能力不强等问题,为该型导弹测试系统的故障智能诊断提供了一种新的实现方法。

**关键词:**BP神经网络;导弹测试系统;故障机理;故障智能诊断

**中图分类号:**TP206.3;TP183

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2008)04-0054-03

某型导弹武器系统是一种地对地战役战术弹道式导弹,在现代战争中发挥着举足轻重的作用。它的控制系统是整个导弹武器系统的核心,起到了大脑的作用,所以对它的稳定性要求非常高。现有的测试系统可以对控制系统的硬件和软件进行全面地检查测试并能够对故障进行分析、排除,但对故障判断不够精确,而且作为衡量其智能水平主要标志之一的自学习能力在实际应用中存在着一定的局限性。如果应用具有强大的非线性处理能力的BP神经网络推理模型建立导弹控制系统故障诊断专家系统<sup>[1]</sup>,就可以解决传统的故障诊断专家系统中知识的自动获取、知识的学习等问题,使自学习能力得到显著改善,诊断效率得到很大提高,为武器系统的正常使用提供保障。

## 1 BP神经网络

神经网络理论是20世纪80年代中后期世界范围内迅速发展起来的一个前沿研究领域,其发展已经对计算机科学、人工智能、认知科学等领域产生了重要影响。神经网络诊断模型能够模拟人的形象思维,是一种非逻辑、非语言、非静态、非线性的知识信息处理模型,其诊断过程从信息检测到特征抽取、从状态识别到故障分析、从干预决策到维修计划都实施了知识化,实现了信号检测、信号分析和知识处理的统一<sup>[2]</sup>。

BP神经网络由输入层、输出层和隐层组成。对于输入信号,要先向前传播到隐节点,经过作用函数后,再把隐节点的输入信号传到输出层节点,最后给出输出结果<sup>[3]</sup>。

## 2 导弹测试故障诊断专家系统的实现

### 2.1 某型导弹故障机理分析

某型导弹测试系统的结构如图1所示。

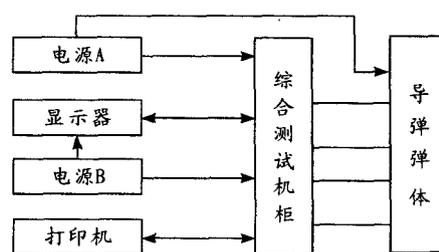


图1 导弹测试系统的简化结构

其故障模式主要反应在测试参数的个体性态和群体属性上,如表1所示。

表1 导弹测试系统的故障模式

个体性态故障模式	略有超差	较大超差	严重超差	测试不到
群体属性故障模式	个别参数超差	个别参数未测到	大量参数未测到	所有参数未测到

通过参数个体性态的故障模式判断其合格程度,以此作为判断故障是否存在的一个依据。而测试参数群体属性

\* 收稿日期:2008-03-31

作者简介:薛雪东(1983-),男,黑龙江哈尔滨人,主要从事导弹测试与维修等方面的研究。

的故障模式对于故障定位具有重要的指导作用.例如故障模式表现为“所有参数未测到”,一般认为可能存在“激励未加上”、“采样开关不工作”或“A/D不正常”等故障.而“个别参数略有超差”则认为是由随机扰动造成的.测试出导弹的故障信息存在精确性和模糊性2个明显特征.从故障模式分析,“参数测不到”即是精确故障,表现出了故障模式信息精确性的一面;而“略有超差”或“较大超差”即为模糊误差,表现出了故障原因的不确定性.

## 2.2 故障诊断专家系统的总体设计

基于上述对某型导弹故障机理的分析和BP神经网络推理模型的研究,结合导弹测试系统故障诊断的需求,设计出了一个故障诊断专家系统,其基本结构如图2所示.

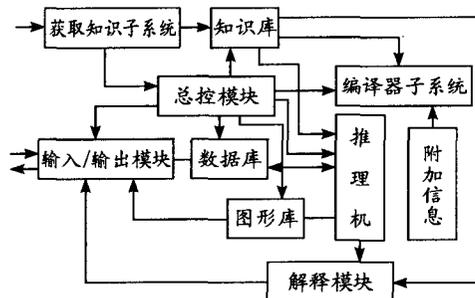


图2 基于BP神经网络的故障诊断专家系统结构

2.2.1 诊断参数的选取.根据故障机理,若导弹某一故障发生,则其特征参数将发生较大变化.因受各种因素影响,尽量不以绝对值作为异常诊断的依据,而要与初始值或正常值进行比较,用其比值作为检测参数来进行诊断.为此,诊断的监测参数定义为:

$$F(x_i) = s_T(x_i) / s_R(x_i)$$

式中: $s_T(x_i)$ 为相对于 $x_i$ 的待检状态参数值; $s_R(x_i)$ 为相对于 $x_i$ 的正常状态参数值.两者的比值与一阈值进行比较,若大于阈值,故障征兆输入取为“1”,即故障征兆存在,否则取为“0”,即故障征兆不存在<sup>[4-5]</sup>.

2.2.2 知识库的建立.运用产生式规则建立神经网络专家系统的知识库,也就是确定神经网络的各个权系数和阈值 $\omega_{ij}$ 和 $\omega_{hj}$ ,它包括知识获取和知识存储2个过程.知识获取表现为训练样本的获得与选择,训练样本来源于同类型诊断对象在正常运转时和带故障运行时的各种特征参数.知识存储是将由训练样本对神经网络进行训练获得的连接权值和阈值进行存储,从而形成知识库<sup>[6]</sup>.

2.2.3 网络模型的建立.对某型导弹进行故障诊断,可根据其内部各电路的工作原理及工程技术人员经验,知道诊断系统的故障征兆数,根据诊断对象的特点,设计其神经网络故障诊断网络结构模型为3层BP神经网络.考虑到神经网络收敛速度及对训练样本的识别效果,设定神经网络输入神经元和输出神经元个数和隐含层神经元数目.从而得到神经网络的故障诊断结构模型<sup>[7]</sup>.

2.2.4 网络训练.根据测试系统工作原理及工程技术人员经验的积累,可得到各种情况下神经网络的训练样本,抽

取出故障性质若干信息作为网络的输入,并从工程实例中选取有代表性的样本对网络进行训练;训练完毕后即可利用神经网络进行推理<sup>[8]</sup>.

## 2.3 应用分析

下面重点介绍在导弹模飞测试故障诊断模块的应用分析.据故障机理分析和领域专家的知识可以得到模飞测试舵偏曲线常见的一些故障现象和主要故障原因,分别见表2和表3.

表2 模飞测试常见故障现象

序号	符号	故障现象
1	Y1	舵偏曲线严重超差
2	Y2	舵偏曲线I、III舵斜向上,关机特征量Z超差
3	Y3	舵偏曲线末段向负方向倾斜,接近边沿值或出现微小超差
4	Y4	I、II舵偏曲线从拐弯处出现较大偏差
5	Y5	“Qdj1、Qdj2、Qdj3”合格,“Qdj7”不合格
6	Y6	模飞数据结果严重超差,从舵偏曲线上看,激励信号时序正常
7	Y7	在47~54S舵偏曲线I~IV舵无滚动响应输出,未修段无滚动时序

表3 模飞测试常见故障原因

序号	符号	故障原因	序号	符号	故障原因
1	P1	隔放线性放大电路故障	8	P8	水平测试方位角超差
2	P2	射向不符合要求	9	P9	舵零位超差
3	P3	参数出错	10	P10	参数装订错误
4	P4	惯性组合性能不稳定	11	P11	垂直度调整精度不高
5	P5	导弹向正西精度不高			
6	P6	恒流源激励信号不符合要求			
7	P7	地测系统恒流源漂移			

故障诊断系统采用3层网络,表2中的7个故障现象作为诊断特征参数,构成网络的输入节点;表3中的11个主要故障原因作为网络的输出.ANN学习训练所需的故障样本,通过故障机理分析和专家经验收集整理获得,同时故障的历史记录资料也构成学习样本的一部分.表4是模飞测试的部分故障样本集.

表4 模飞故障样本集(部分)

序号	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
1	1	0	0	0	1	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

### 3 结束语

根据装备特点和专家系统原理,将神经网络与专家系统相结合,从专家系统的角度建立基于神经网络的故障诊断专家系统.给出了导弹测试系统故障智能诊断的一种实现方法.该方法结合了神经网络和专家系统的优点和特点,改善了传统专家系统的自学能力.图3为基于BP神经网络故障诊断专家系统运行时的一个画面.通过分析,该方法作为一种诊断策略,建立的导弹故障智能诊断系统,能够使测试发控系统更加快捷、准确,方便地为整个武器

系统的有效发挥威力提供保障.

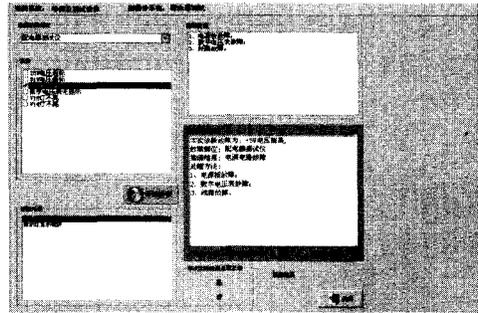


图3 基于BP神经网络故障诊断专家系统运行画面

### 参考文献:

- [1] 韩力群.神经网络理论设计及应用[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [2] 焦李成.神经网络系统理论[M].吉林:吉林大学出版社,1990.
- [3] 张全寿,周建峰.专家系统建造原理与方法[M].北京:中国铁道出版社,1992.
- [4] 黄文虎.设备故障诊断原理[M].北京:科学出版社,1996.
- [5] 单鑫,董文洪.多层前馈神经网络在装备故障诊断中的应用[J].兵工自动化,2006,25(5):40-41.
- [6] 顾浩,周玉芳,岳岗.指挥自动化仿真测试技术研究[J].系统仿真学报,2002(12):1666-1670.
- [7] 肖云魁.基于小波分形技术提取变速器轴承故障特征[J].科学技术与工程,2007,7(20):5283.
- [8] 王格芳,黄礼富,龙杨喜.基于仿真技术的装备智能故障诊断系统[J].现代电子技术,2007,30(20):25-26.

(上接第48页)

- 2) 无需进行单元划分,免去提取数据的繁琐.
- 3) 能够快速、适时反映产品的结构变化,计算周期短.
- 4) 对计算者的计算机水平要求不高,容易上手.
- 5) 适用于大型、结构复杂的产品,能够协同作业,多人合作,提高了工作效率.

### 参考文献:

- [1] 魏惠之,朱鹤松.弹丸设计理论[M].北京:国防工业

出版社,1985.

- [2] 林翔,谢永奇.SolidWorks2004教程[M].北京:人民教育出版社,2004.
- [3] 常辉.基于三维软件的虚拟装配技术应用[J].长安科技,2006,12(2):47-49.
- [4] 崔平.现代炮弹增程技术综述[J].四川兵工学报,2006(3):17-19.