

# 基于人工神经网络的 FMS 物料搬运机器人的故障诊断

芮 勇

金丕彦

(清华大学自动化系·北京,100084) (东南大学自动控制系·南京,210018)

**摘要:** 本文讨论了一种无导师的神经网络模型——自适应谐振理论 ART,详细分析了 ART 的工作原理及故障诊断过程.本文以 FMS 中的物料搬运机器人的故障诊断为例,详细说明了故障样本编码,ART 的自学习,智能化诊断过程.并给出了仿真结果(在 PC-486/33 上实现),仿真结果表明 ART 是一种有效且实用的故障诊断方法.

**关键词:** 人工神经网络; 自适应谐振理论 ART; FMS 物料搬运机器人; 故障诊断

## 1 引 言

随着自动化技术和设备在大型厂矿企业的应用,尤其是在 FMS 和 CIMS 出现以后,自动化生产线的规模日趋庞大,传统的故障诊断方法已难以胜任.国内外已有一些文献将人工神经网络应用于故障诊断,但总的来说,大多集中于 BP 模型.

BP 模型有不少缺点,如:算法缓慢,易陷入局部极小;为包容新的样本,所有权重必须重新学习.本文探讨了一种较高级的人工神经网络模型在故障诊断中的应用.

## 2 自适应谐振理论 ART

ART 模型是美国 Boston 大学的 S. Grossberg 首先提出的,该模型从人类的认知过程模拟人脑,是一种较成功的人工神经网络模型.该模型可对任意复杂的二维模式进行自组织自稳定的大规模并行处理.其功能框图如图 1 所示.

从图 1 可以看出,ART 模型的信息流有“从下而上的自适应滤波”和“自上而下的模板匹配”两个过程.具体如下:

1) 自下而上的自适应滤波.

- a) 输入模式  $I$  经预处理形成激励模式  $X$ ;
- b)  $X$  经短期记忆单元  $F_1$  形成输出信号  $S$ ;
- c)  $S$  在长期记忆单元 LTM 中通过“竞争学习”形成短期记忆单元  $F_2$  的输入信号  $T$ ;
- d)  $T$  经短期记忆单元  $F_2$  形成对比度增强了的信息模式  $Y$ ;

2) 自上而下的模板匹配.

- a)  $Y$  经  $F_2$  和 LTM 形成自上而下的待匹配模板  $V$ ;

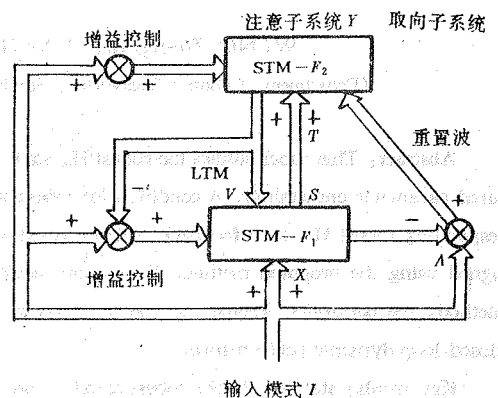


图 1 ART 模型原理框图

b) 若  $V$  与  $I$  的匹配程度在警戒线  $\rho_0$  内, 则匹配成功, 即识别了输入模式  $I$ ; 若在警戒线外, 则结点  $A$  发出重置波, 重新与其他模板进行匹配;

c) 若所有样板皆不匹配, 则自动生成新样板, 存于 ART 中。

从 ART 模型以上的工作过程可以看出, ART 是一种无导师的自学习模型, 且任何新加入的样本皆不会影响以前的 ART 权重。

### 3 ART 在 FMS 物料搬运机器人故障诊断中的应用

我们的 FMS 系统由三个子系统组成, 即: 自动加工系统(两台加工中心机床)、刀具系统(包括机外刀库与刀具机器人)和物料贮运系统。其中物料贮运系统是一个二级控制系统, 上位机承担物料系统的管理与控制任务, 下位机承担物料搬运机器人(又称自动物料运输车)的控制任务。

该物料贮运系统由以下三部分组成:

1) 装卸工作站。该工作站是物料贮运系统的人机接口, 待加工的工件由此进入物料贮运系统, 加工好的工件由此出物料贮运系统。

2) 托盘库。它由 12 只托架组成, 起工件暂存功能, 相当于一个工件存放的缓冲库。

3) 物料搬运机器人。又称物料自动搬运车, 承担在装卸工作站、加工中心与托盘库之间工件的自动搬运与存放任务。

由前述可以看出, 为了使整个 FMS 系统协调而高效地运行, 必须保证信息流与物质流的畅通, 而物质流的畅通主要是靠物料搬运机器人高效而可靠地运行来实现的。所以, 我们必须设计一个快速诊断、准确定位的物料搬运机器人故障诊断系统, 以最大限度地减小因物质流受阻而给 FMS 系统带来的损失。

根据前述 ART 模型的工作原理, 其故障诊断的处理过程为:

- 1° 根据长期的现场经验, 总结出待诊断系统可能出现的各种故障;
- 2° 按一定特征对故障类型进行数据编码, 形成故障数据样本;
- 3° 以故障数据样本对 ART 模型进行训练。

物料搬运机器人在实际运行时会产生数十种故障, 为说明问题起见我们仅以其中的七种常见故障为例, 来说明 ART 的故障诊断过程。这七种故障见图 2。

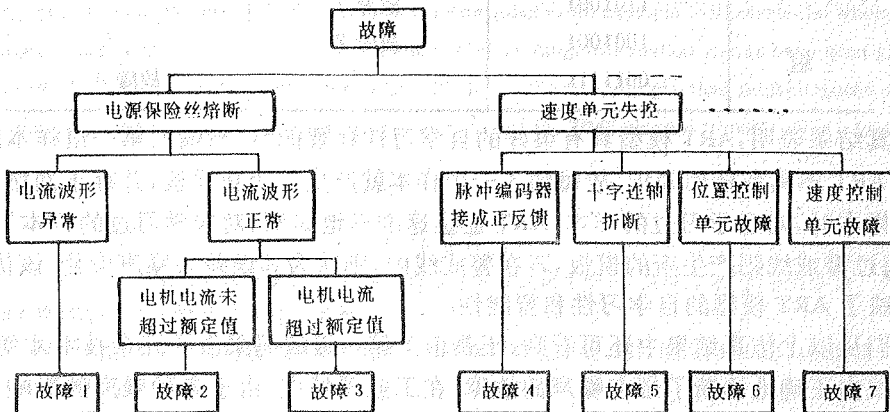


图 2 故障类型

表 1 故障样本数学编码

故障类型	数字编码
故障 1	11 001 00
故障 2	11 010 01
故障 3	11 010 10
故障 4	00 011 00
故障 5	00 100 00
故障 6	00 101 00
故障 7	00 110 00

我们对这七种故障进行编码. 因为这七种故障分为三级, 故编码时位的定义也分成三级, 第 1, 2 位为第一级, 因为第一级仅两类故障, 所以仅需一位即可, 但考虑到第一级的重要性, 我们使用了两位编码的冗余技术. 第 3, 4, 5 位为第二级, 因为第二级共 6 类故障, 需要三位编码. 第 6, 7 位为第三级, 原理同上.

根据以上编码规则, 我们得到如左的编码表(表 1).

仿真是在 PC-486/33 上完成的, 其过程为: 首先输入这 7 个样本编码让 ART 自主学习, 之后, 再输入一些已学习或未学习的样本编码以验证 ART 的诊断正确性. 仿真结果见表 2.

表 2 仿真结果

组别	输入模式(样本)	匹配模板	产生新模板
第一组	1100100		故障 1
	1101001		故障 2
	1101010		故障 3
	0001100		故障 4
	0010000		故障 5
	0010100		故障 6
	0011000		故障 7
第二组	1100100	故障 1	
	0001100	故障 4	
	0010100	故障 6	
	1101001	故障 2	
	1001001	故障 2	
	0011111		故障 8

仿真结果表明, ART 模型具有很好的自学习性和智能性. 当输入第一组样本时, 由于此时的 ART 不具备任何知识, 故每输入一个样本就产生一个新模板, 并存于网络内; 输入第二组样本时, 对已学习过的样本, ART 能迅速准确地识别; 对未学习过的样本则区别对待, 若超过警戒线则产生新的模板, 若在警戒线内, 则认为其误差为噪声信号. 该仿真结果充分反映了 ART 模型的自学习性和智能性.

我们从以上仿真结果中还可看到, 正是由于第一级编码采取了冗余技术才使得 ART 在警戒线内正确地诊断了带有噪声的故障. 在工业现场中, 由于各种噪声的影响, 在各级都加入冗余位是必要的, 并且由于 ART 具有大规模并行处理功能, 编码位数的增加几乎不影响 ART 模型的处理速度.

## 4 结 语

由前述知,现代化大型自动化生产线必须有快速准确的故障诊断系统.而基于 ART 模型的故障诊断系统具有以下优点:

- 1) 无导师的自学习过程;
- 2) 根据警戒线  $\rho_0$ ,对噪声信号的智能化处理;
- 3) 新样板的加入不影响原有的权重.

基于以上优点,ART 模型将是一种很有效且实用的故障诊断方法.

## 参 考 文 献

- [1] Grossberg, S. . Neural Networks and Natural Intelligence. MIT Press, 1988
- [2] Carpenter, G. and Grossberg, S. . The ART of Adaptive Pattern Recognition by a Self-Organizing Neural Network. Computer, 1988, (3):77-87
- [3] Lippmann, R. P. . An Introduction to Computing with Neural Nets. IEEE ASSP Mag. 1987, (4):4-22
- [4] 谭民,疏松桂.基于神经元的控制系统故障诊断.控制与决策,1990,(1):58-60
- [5] 谭民,疏松桂.神经网络在故障诊断中的双向联想记忆法.自动化学报,17(1):95-99

## An Artificial Neural Network Based Fault-Diagnosis Method for FMS Element Transfer Robot

RUI Yong

(Department of Automation, Tsinghua University · Beijing, 100084, PRC)

JIN Piyan

(Department of Automatic Control, Southeast University · Nanjing, 210018, PRC)

**Abstract:** A successful non-teacher Artificial Neural Network model—Adaptive Resonance Theory (ART) model has been discussed in this paper. Also, we analyzed in details the operating principles of the ART model and the fault-diagnosis process. We used the FMS element transfer robot as an example to illustrate the whole fault-diagnosis process, which includes sample coding, training and diagnosing. Simulation results have been given (accomplished in PC-486/33), and the results show that ART is an effective and practical fault-diagnosis method.

**Key words:** artificail neural network; adaptive resonance theory; FMS element transfer robot; fault-diagnosis

### 本文作者简介

芮 勇 1970 年生,于东南大学获学士学位,现在清华大学攻读硕士学位.清华大学“光华奖学金一等奖”获得者.研究兴趣为控制理论,人工神经网络,电力系统.

金丕彦 1936 年生.东南大学自动控制系控制理论及应用教研室主任,副教授.研究兴趣为控制理论,FMS 及 CIMS,人工神经网络及应用.