

BAM网络在飞机空中特情处置中的应用

张建业¹, 李学仁², 陆阿坤¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 空军工程大学 科研部, 陕西 西安 710051)

摘要:提出了将BAM网络用于飞机空中特情处置的方法。探讨了利用BAM网络映射飞机上故障代码信息与特情处置措施的关系,实现对飞行员进行正确操纵提示。具体实现方法表明,这种方法可以高效地完成类似任务,为进一步开展将神经网络应用于飞机故障诊断、特情处置等研究提供了一种有效的方法。

关键词:故障代码;特情处置;BAM网络;故障诊断

中图分类号:V24 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)06-0013-03

飞行安全实时监控是航空领域的一门新技术,对提高飞行训练质量和保障飞行安全具有重要作用。在飞机的飞行实时监控中,不仅在机上实时向地面发送飞行参数及导航信息,同时也发送飞机故障代码,一旦出现空中特情时,可由塔台指挥人员指导飞行员采取正确处置措施。但若能在机上同时以文字或声音信息提示飞行员进行正确处置,避免飞行员因紧张、遗忘而进行误操作,对保证飞行安全具有重要意义。

1 特情处理装置原理

飞机分系统出现故障时一般有明显的故障现象,但飞参记录的参数并不能反映全部故障现象,需要飞行员进行观察,并以特殊形式送记录器记录,飞行实时监控系统机载预处理器根据这些信息生成故障代码,在发送地面塔台的同时,也送入机载特情处理装置,经该装置处理器处理后,以语音或液晶屏幕显示文字的方式通报飞行员正确处置的措施。特情处理装置主要是利用BAM网络^[1-3],将错综复杂的飞机故障现象、故障特征参数与处置措施快速、准确地进行定位,同时根据专家处置经验,及时给出如何正确实施处置的指令,帮助飞行员采取相应行动,避免发生飞行事故。其组成有飞行记录器、预处理器和特情处理装置。

2 BAM网络

利用神经网络实现联想功能,一般有两种联想形式:自联想和异联想(双向联想),Hopfield网络属于自联想,因飞机故障向量与故障特征空间向量间复杂的对应关系^[4],文中采用双向联想记忆网,即BAM网络,它们均属于反馈型神经网络。这种网络的特点是收敛于吸引子,使它可以用作联想记忆存储器,即合理选择权系数,使网络的稳态为一组状态 X ,稳态应为 X 与初态在汉明距离上最近的状态。汉明距离可用下

式计算: $D_H(x^1, x^2) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (1 - x_i^1 x_i^2)$ 。式中: x^1, x^2 代表两组向量。

BAM采用前向和反向信息流产生对存储激励响应的联想寻找。其网络拓扑结构如图1所示。

定义1:

BAM网络的能量函数为 $E = -\frac{1}{2}xWy^T - \frac{1}{2}yWx^T$ 进而可写成 $E = -xWy^T$ 。对门限值非零时可定义为 E

收稿日期:2001-11-09

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:张建业(1971-),男,山西定襄人,讲师,硕士,主要从事飞行器导航与制导工程、计算机应用研究。

$= -xWy^T + x\theta + y\mu$ 。式中： $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ 为 x 端各节点门限值， $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m)$ 为 y 端各节点门限值。

定义 2：

由图 1 可知 y 端的输出为 $y(0) = f_y(x(0)W)$ ； x 端的输出为 $x(1) = f_x(y(0)W^T)$ 。则网络状态转移的一般方程为 $x(t) = f_x(f_x(x(t-1)W)W^T)y(t) = f_x(f_y(y(t-1)W^T)W^T)$ 。

$x(t)$ 和 $y(t)$ 均为稳定状态。

定义 3：

离散 BAM 神经元传递函数选用符号函数，并对集合 (x^k, y^k) ，推出其 Hebb 学习公式为 $f_x(x) = f_y(y) = \text{sgn}(x)$ ； $W_1 = \alpha \sum_{k=1}^D (x^k)^T y^k$ ； $W_2 = \alpha \sum_{k=1}^D (y^k)^T x^k$ 。其中， $\alpha > 0$ ，一般取 $\alpha = 1$ ，则前向 W_1 和反向 W_2 联结权阵互为转置阵，即 $W_1 = (W_2)^T$ 。

3 飞机故障向量、故障特征参数向量及处置措施向量编码

现以发动机为例，说明研究方法。

设发动机喘振的标志量为故障代码 1 (C_1)，发动机冒烟的标志量为故障代码 2 (C_2)，有爆音的标志量为故障代码 3 (C_3)。

设飞机故障向量为发动机停车 (E_1)，压缩机喘振 (E_2)，发动机失火 (E_3)，双转子变为单转子 (E_4)。当上述故障成立时，其值为二值量 1。

设故障特征参数向量为发动机高压转速 N_2 ，发动机低压转速 N_1 ，排气温度 T_4 ，飞行速度 V ，火警灯亮 H_j ，故障代码 1 (C_1)，故障代码 2 (C_2)，故障代码 3 (C_3)。其中 H_j, C_1, C_2, C_3 为二值量，1 表示成立，0 表示不成立。 N_2, N_1, T_4, V 连续下降为 1，连续上升为 0 (编码时这些参数为二值量)。

设处置措施向量 $[M_1 M_2 M_3 M_4]$ 如下：

(E_1, M_1)：

1) 将油门收到停车位置；2) 检查高度，向就近机场上滑；3) 检查补氧压力，作好开车准备。

(E_2, M_2)：

1) 如果推油门杆时产生喘振：应立即收油门杆到慢车位置，如喘振停止则推油门杆时应注意柔和；如喘振不停止则应停车，然后按规定进行空中开车。2) 如果由于进气道喘振而引起压缩机喘振：应断开加力，将放气门操纵电门扳到向下，并检查转速和喷气温度的指示情况。3) 如果飞机进入螺旋而引起喘振：应首先收油门杆到慢车位置，集中精力改出螺旋，待改出螺旋后再检查发动机的工作情况。如果发动机已停车，应收油门杆到停车位置 3~4 s 以上，以吹除燃烧室内的积油，然后再进行空中开车。

(E_3, M_3)：

1) 收油门杆到停车位置；2) 关闭一、二、三油泵；3) 用上升的方法减速到 400~450 km/h；4) 按灭火按钮，灭火后，禁止空中开车；5) 如没有条件迫降或灭火不成功应跳伞。

(E_4, M_4)：

1) 保持转速不小于 85%，移动油门杆应特别柔和，以免造成发动机喘振停车。2) 立即返场，四转弯后仍保持转速不小于 85%，可用减速板调整下滑速度，判明确有把握进入跑道时，用收油门杆关车的方法修正目测。3) 如已造成发动机熄火停车时，则应按当时实际情况决定跳伞或迫降。

编码方案如下：故障向量为 $y = [E_1 E_2 E_3 E_4]$ ；故障特征参数向量为 $x = [N_2 N_1 T_4 V H_j, C_1 C_2 C_3]$ ；处置措施向量为 $z = [M_1 M_2 M_3 M_4]$ 。则：

$$\begin{aligned} y_1 &= [1 0 0 0], x_1 = [1 1 1 1 0 0 0 1], z_1 = [1 0 0 0]; \\ y_2 &= [0 1 0 0], x_2 = [1 1 0 0 1 0 0 0], z_2 = [0 1 0 0]; \\ y_3 &= [0 0 1 0], x_3 = [0 0 0 0 1 1 1 0], z_3 = [0 0 1 0]. \end{aligned}$$

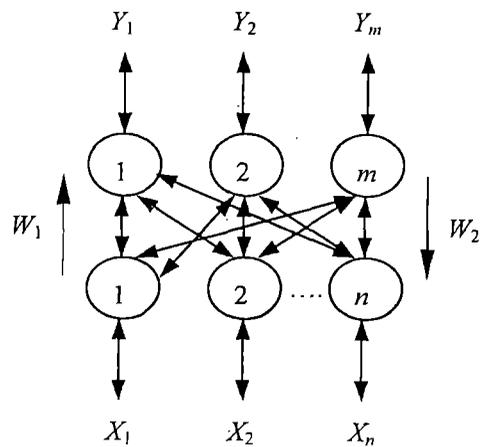


图 1 BAM 网络拓扑结构

4 算例

实现联想的关键是充分训练联想权阵,使网络达到稳定。由定义1可以证明网络是稳定的。在确保网络稳定的基础上,首先形成联想权阵:由 Hebb 学习规则^[1-2,5],将所有向量转化为双极性形式,则:

$$\begin{aligned} y_1 &= [1 \ -1 \ -1 \ -1], x_1 = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1], z_1 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]; \\ y_2 &= [-1 \ 1 \ -1 \ -1], x_2 = [1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ -1], z_2 = [-1 \ 1 \ -1 \ -1]; \\ y_3 &= [-1 \ -1 \ 1 \ -1], x_3 = [-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1], z_3 = [-1 \ -1 \ 1 \ -1]. \end{aligned}$$

根据定义3,算得联想权阵 W 。由定义2,验证 $x \rightarrow y$:

$\text{sgn}(x_1 W) = \text{sgn}(16 \ 0 \ -16 \ 0) = [1 \ 0 \ 0 \ 0] = y_1$; $\text{sgn}(x_2 W) = \text{sgn}(-8 \ 8 \ -8 \ -8) = [0 \ 1 \ 0 \ 0] = y_2$; $\text{sgn}(x_3 W) = \text{sgn}(-16 \ 0 \ 16 \ 0) = [0 \ 0 \ 1 \ 0] = y_3$ 。反之, $y \rightarrow x$ 也成立。容易验证,当存在扰动时, $\text{sgn}((x + \delta) W) = y$,即网络按汉明距离收敛到 y 。因此,由 y 与 z 的映射关系, $y \rightarrow z$ 。

$$W^T = \left[\sum_{k=1}^3 (x'_k)^T y'^k \right]^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 & -3 & -1 & -1 & 3 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -3 & -3 & -1 & -1 & 1 & 3 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

实践证明,联想权阵经过充分训练后,可以达到较好的效果。

5 结束语

本文研究了在特情处理装置中利用 BAM 双向联想记忆网实现空中特情处置的方法,但由于飞机是一个非常复杂的物体,其各系统发生故障时产生的现象也很复杂,文中只是对有关发动机的常见特情进行了研究。只要利用专家知识建立了针对各种故障的特情处置措施,就可以用该方法准确地对飞行员进行提示,也可为地面指挥员提供处置参考。

参考文献:

- [1] 袁曾任. 人工神经网络及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [2] 张立明. 人工神经网络的模型及其应用[M]. 上海:复旦大学出版社,1992.
- [3] 肖平,余英林. 一种混合模糊联想记忆网络[J]. 华南理工大学学报,1998,26(6):1-7.
- [4] 史天运,王信义. 神经网络与模糊故障诊断专家系统结合的应用研究[J]. 北京理工大学学报,1998,18(1):81-86.
- [5] Kosko B. Fuzzy associative memories[A]. Fuzzy expert systems reading[C]. MA:Addison-Wesley,1987.

(编辑:姚树峰)

Study on Application of BAM Neural Network to the Special Situation of Aircraft in Air

ZHANG Jian - ye¹, LI Xue - ren², LU A - kun¹

(1. The Engineering Institute, Air force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. Dept. of Science Research, AFEU. Xi'an, Shaanxi 710051, China)

Abstract: This paper presents a method of dealing with special situations of aircraft by using BAM network in flight. Mainly BAM network is taken to map the relations between the trouble codes and managing measures in aircraft, through which the pilot can get a hint to operate in a correct way. The computing result shows that this method is effective both in accomplishing the tasks like this and in study of application of neural network to diagnosing troubles in aircraft and managing special situations in air.

Key Words: trouble codes; managing special situation; BAM net; trouble diagnosing