

## Hopfield 网络在武器装备评估及分类中的应用

李 飞, 谷奇平

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:** 分析了装备综合性能评估特点,提出基于 Hopfield 网络的武器装备分类模型,给出了仿真实验结果并进行了分析,初步探索了将动态神经网络运用于装备论证工作的有效途径,具有一定的实用价值。

**关键词:** 综合性能评估;联想记忆存储器;神经网络

**中图分类号:** TP18 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2000)02-0060-04

同类武器装备技术水平的综合评估,是武器装备论证研究中非常重要的一个问题。以往在进行武器装备技术水平的综合评估时,通常是由领域专家确定参加评估的性能参数后,根据各自的经验给出评估模型及其模型参数,逐步评析,得出其评估值。在此过程中,评估数据、评估模型及模型参数都是由专家确定,显而易见,评估结果的主观性很强。并且,由于专家个人对评估模型中模型参数的选择未必相同,因此评估结果一致性不强。

本文采用反馈神经网络的联想记忆功能实现装备综合技术水平的分类处理。评估性能参数也是由领域专家确定,评估模型采用 Hopfield 模型实现,而模型参数的选择是由神经网络根据学习规则而形成的。可以看出,虽然评估中的性能参数和评估模型的选择也具有一定的主观性,但评估参数的确定却是有理论依据的,即神经网络的学习规则,这一点与专家个人的看法无关。因此,评估结果的一致性较强。

本模型系统流程图如图 1 所示:预处理算法是一种离散化的编码算法,将十进制的性能参数转变为由 +1 和 -1 组成的三位码,以供后面的网络运算。此系统的关键就在于 Hopfield 网络的构成和运行,下面将给出详细讨论。

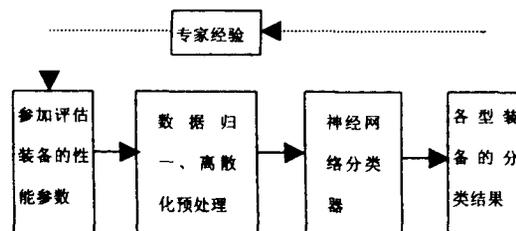


图 1 基于 HOPFIELD 网络的分类模型流程图

## 1 理论根据

模型运用 Hopfield 网络,主要是利用其联想记忆功能以实现分类。设在学习过程中存入  $M$  个样本  $\{X(l), l=1, 2, \dots, M, \}$  使用时要求:若输入  $X' = X^a + V$ , 其中  $X^a$  是  $M$  个学习样本之一,  $V$  是偏差项(可代表噪声、图形的畸变、缺损等),要求输出  $y = X^a$ , 即使之复原。

本文中,将把几种典型装备的性能参数用矢量的形式输入,作为要存储的记忆样本;其它装备的性能参数可以作为这几种记忆样本的偏差的输入,根据上述联想记忆的机理,网络最后的状态是趋于能量函数的局部极小点,也就是动力系统的稳定吸引子,从而使输入的向量以记忆样本的形式输出,即得到装备的分类结果。

## 2 联想记忆存储器(AM)的设计

本系统分类的功能,主要是通过设计适当的 AM,将典型样本参数存储为动态系统的渐近稳定平衡点来

实现。采用特征结构法设计,其实质就是正交化的权设计。设计过程如下:

考虑超立方体内且由下述线性常微分方程组描述的神经网络

$$V = TV + 1 \quad -1 \leq V_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

其中,  $T$  为  $N * N$  阶实对称矩阵,而

$$V = [V_1, V_2, \dots, V_N]^T \in R^n$$
$$I = [I_1, I_2, \dots, I_N]^T \in R^n$$

其离散化模型可表示为

$$V((k + 1)h) = F(\Phi V(kh) + \Gamma)$$

其中  $h > 0$  为采样间隔,而

$$V(kh) \in D^N = \{V \in R^N, -1 \leq V_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, N\}$$
$$F: R^N \rightarrow D^N, F(V) = [F_1(V_1), F_2(V_2), \dots, F_N(V_N)]^T$$
$$\Phi = e^{hT}$$

且

$$\Gamma = \left( \int_0^h e^{xT} dx \right) E$$
$$F_i(x) = \begin{cases} 1 & x > 1 \\ x & -1 \leq x \leq 1 \\ -1 & x < -1 \end{cases} \quad 1 \leq i \leq N$$

这里  $E$  表示  $N * N$  阶单位矩阵。令  $L$  表示由矢量  $V^1 - V^r, \dots, V^{r-1} - V^r$  生成的  $R^N$  中的线性子空间,从而有

$$L_a = L + V^r$$

进一步,若设

$$Y = [V^1 - V^r, \dots, V^{r-1} - V^r] = [Y^1, \dots, Y^{r-1}] \in R^{N * (r-1)}$$

对  $Y$  进行奇异值分解,可得  $Y = u \sum W^T$

其中  $u$  和  $W$  都为酉矩阵,  $\sum$  是由  $Y$  的奇异值组成的对角矩阵,令  $u = [u^1, \dots, u_N]$

由  $Y$  的奇异值分解性质可知:  $\{u^1, \dots, u^k\}$  是  $R^N$  中的正交基。令  $\{u^1, \dots, u^k\}$  是  $R^N$  中的正交基( $k$  表示线性空间  $L$  的维数),  $\{u^{k+1}, \dots, u^N\}$  是  $L^\perp$  ( $L$  的正交补)的正交基。定义  $N * N$  阶矩阵  $T^+, T^-, T, I$  分别为

$$T^+ = \sum_{i=1}^k u^i (u^i)^T, \quad T^- = \sum_{i=k+1}^N u^i (u^i)^T, \quad T = T^+ - \tau T^-, \quad I = V^r - TV^r.$$

其中  $\tau \in R$  为一参数。

### 3 系统实现

本系统由两大部分组成:数据预处理部分和神经网络分类部分。

#### 3.1 数据预处理

##### 3.1.1 将原始数据进行归一化处理,归一化方式如下:

本模型采用的是非线性 S 型可导函数归一法,这是基于对武器装备性能参数物理意义上的考虑:采用非线性可导 S 形函数进行归一,可突出性能参数的饱和特性。一方面,装备的某项性能参数有其物理或当今技术实现能力的极限;另一方面,提高装备某项性能所带来的效益本质上也有 S 形曲线的趋向。因此,用 S 型函数做归一化处理。即

$$f(x) = \frac{1}{1 + \alpha e^{-\beta x}},$$

其中  $\alpha, \beta$  为调节曲线的参数。最后确定数据的归一化准则如下:

(1) 对于数值越大越好的项,则有:

$$X_i = \frac{1}{1 + e^{-\text{tg} \left( \frac{2 \arctg(\ln 2)}{x_{\max} - x_{\min}} * \left( x_i - \frac{x_{\max} + x_{\min}}{2} \right) \right)}}$$

其中,  $X_i$  为归一化后的值,  $x_i$  为原始性能参数值,  $x_{\max}$  为每项参数的最大值,  $x_{\min}$  为每项参数的最小值。

(2)对于数值越小越好的项,则有:

$$X_i = \frac{1}{1 + e^{-\text{tg}\left(\frac{2\text{arctg}(\ln 9)}{x_{\min} - x_{\min}} * \left(x_i - \frac{x_{\max} + x_{\min}}{2}\right)\right)}}$$

3.1.2 进行编码化的预处理。编码准则如下:

$0.1 \leq x < 0.25$	-1	-1	1
$0.25 \leq x < 0.4$	-1	1	-1
$0.4 \leq x < 0.55$	-1	1	1
$0.55 \leq x < 0.7$	1	-1	-1
$0.7 \leq x < 0.85$	1	-1	1
$0.85 \leq x < 1$	1	1	-1

经过预处理后,原来在 $[0.1, 0.9]$ 的数据,都编成由-1、1组成的三位码,原来的 $n$ 维矢量,会成为 $3n$ 维矢量。将输入数据由 $n$ 维矢量变为 $3n$ 维矢量,可以使神经计算进一步细化,有利于分类的辨识。

### 3.2 神经网络分类器

基本流程如图2所示:

算法如下:

①采用特征结构法设计该联想存储器AM,将典型样本的矢量模式存储为吸引子;

②初始化(用未知输入模式初始化网络的输出,即 $U_i(0) = x_i$ );

③迭代计算(当节点输出状态不变时,结束。此时,节点的输出就是输入最佳匹配的样本模式);

④返回②,重复。

本系统中的模型用MATLAB语言编写而成。

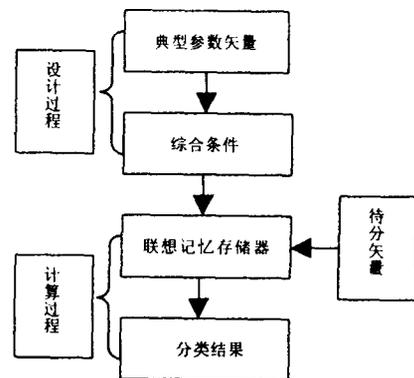


图2 神经网络分类器的流程图

### 3.3 实例分析

以外军榴弹炮的分类为例,外军榴弹炮的性能参

数如表1所示。要求分别以M114式155毫米榴弹炮、Д-20式152毫米加榴炮和FH70式155毫米榴弹炮为基类,对其它几种榴弹炮进行分类。设计好网络后,再将待分类的装备性能参数经预处理后,以向量的形式输入网络进行反复计算,直到网络状态不再发生变化,即得出分类结果如下。

表1 外军榴弹炮性能参数对照表

装备名称	最大射程	最小射程	全重	方向界	高低界	弹丸重	射速	行军转换
M114式155毫米榴弹炮	14600	3000	5760	49.0	65.0	43.00	2	4.0
Д-20式152毫米加榴炮	17410	4647	5720	58.0	49.0	43.56	2	3.0
以M71式155毫米榴弹炮	23500	4000	9200	90.0	57.0	43.40	3	4.0
FH70式155毫米加榴炮	24000	2500	9300	55.0	75.5	43.50	6	1.8
比GC45式155毫米加榴炮	30000	2850	8222	70.0	74.0	45.40	3	4.0
南非G5式155毫米加榴炮	30000	3000	13500	84.0	78.0	45.50	3	2.0
瑞FH77B式155毫米榴弹炮	24000	2500	11900	60.0	73.0	42.91	6	2.0
M198式155毫米榴弹炮	22600	2500	7165	45.0	77.0	46.50	2	4.0
荷M139式155毫米榴弹炮	18100	3000	7500	49.0	65.0	43.00	2	4.0
奥GHN45式155毫米加榴炮	30000	3500	12140	70.0	77.0	45.40	2	1.5
法TRF1式155毫米榴弹炮	24000	3230	10300	63.0	71.0	43.25	2	2.0
比M114/39式155毫米榴弹炮	18100	3000	5760	49.0	65.0	43.00	2	4.0

①A类:M114式155毫米榴弹炮、M198式155毫米榴弹炮、荷M139式155毫米榴弹炮、比M114/39式155毫米榴弹炮。

②B类:Д-20式152毫米加榴炮、比GC45式155毫米加榴炮、奥GHN45式155毫米加榴炮。

③C类:FH70式155毫米榴弹炮、以M71式155毫米榴弹炮、南非G5式155毫米加榴炮、瑞典FH77B

式 155 毫米榴弹炮、法 TRF1 式 155 毫米榴弹炮。

从结果可以看出,本模型可以对同类武器装备依据其性能参数进行分类。分类结果表明了某种武器装备在以典型型号为吸引子组成的动态系统稳定时所处的位置。分类结果与用另一种综合性能评估方法(基于 BP 网络的水平年代评估)所得出的水平年代的结论基本一致。

在实验中,我们亦对预处理中编码维数的增减进行了实验,所得结果表明,并非编码维数越多,结果越精确,实际上,这已涉及到吸引子数目的问题。若增加输入数据的维数,势必增加了伪渐近稳定平衡点的个性,因此在增加输入数据维数以提高分析的细致程度与确定网络结构之间应采取适当平衡措施。

## 4 结束语

用神经网络技术中的 Hopfield 模型对武器装备的综合性能进行分类处理,改变了以往评估工作中人工的经验的、分析的做法,将专家的主观认识和客观规律相结合,并用计算机实现,具有较强的实用性,为传统的装备论证工作注入了高科技的活力,所得结果对武器装备的进一步评估问题有重要的参考价值。

应该看到,在众多的评估问题中,主要是进行定性的分析,而不要求很高的精确度。基于 Hopfield 网络的装备分类模型,打破了传统评估中静态地看待评估问题的做法,将同类武器装备的综合性能作为一个完整的动态系统来考虑,从动态平衡的角度确定每种装备的相应位置,进而得出其类别,这是一种全新的评估思路,尽管在基于 Hopfield 网络的应用中还存在着相当的难度,但我认为,应用动态网络进行评估是非常值得进一步探索的。到目前为止,我们已经取得了一定的成果,但对于该模型的稳定性研究还需进一步完善。有理由相信,神经网络技术应用于军事装备领域的前景是光明的,将会出现更完善、更优良、更接近于人脑思维方式的评估系统。

## 参 考 文 献

- [1] Hopfield, J. J. *Neura; Networks and Phisica; Systems with Emergent Collective Computational Abilities*[J]. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1982, 79(3):2554~2558.
- [2] 中野 馨,卫作人. 联想记忆过程[M]. 北京:国防工业出版社,1993.
- [3] 焦李成. 神经网络系统理论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1996.

## Application of Hopfield Network in Weapon's Evaluation and Classification

LI Fei, GU Qi-ping

(The Missile Institute, AFEU., Sanyuan 713800, China)

**Abstract:** The characteristic of the weapon's synthetic performance evaluation is summarized in this paper. Then a model for the classification of weapons is presented, based on the HOPFIELD network. The computer simulation results show the system can realize the expected goal. It is a useful exploration for the use of ANN on the weapons' development demonstration.

**Key words:** synthetic performance evaluation; addressable memory; neural network