

神经网络在洞库防护等级评定中的应用

许金余¹, 王飞¹, 何强², 孙济南¹, 张志刚¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 沈空设计所, 辽宁 沈阳 110000)

摘要:从国防建设实际出发,基于函数型连接神经网络,采用神经网络—专家系统组成的混合系统方法,建立了洞库防护等级评定系统。该评定系统根据洞库结构特性、地形位置、抗力特性及国防要求,基于给定洞库数据参数,经过神经网络的学习、联想、记忆和分类,能较准确地评定出洞库防护等级。

关键词:洞库;防护等级;神经网络;专家系统

中图分类号: O491 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2002)01-0067-04

海湾战争、科索沃战争揭示了空中力量在战争中的地位显著上升。要抢夺制空权,首先要搞好飞机起飞前的掩蔽工作,尤其在面对强大空中力量打击下,洞库防护显得尤为重要。在新形势下的防护战略中我国现有洞库面临许多新的问题。如何对洞库进行防护能力评估,是一个迫切需要解决的问题。这一问题的解决不仅对打赢高技术局部战争战场建设保障具有重要意义,同时也有助于我军洞库管理规范化、科学化、现代化,加大作战指挥和后勤保障的力度。

洞库防护等级评定决定因素很多,属于模糊非线性关系,人为评定具有许多不确定因素,将会造成很大误差。本文提出用神经网络法对洞库进行等级评定,有效地解决了洞库防护等级评定中的一些问题。

1 洞库防护等级评定的信息获取

洞库结构和外部环境比较复杂,决定其防护等级评定的因素很多,综合考虑主要有以下几种:地理位置;装备飞机状况;混凝土强度等级;钢筋等级;防护门状况;洞口数量;抗力大小;防精确打击状况;防电磁脉冲状况;抗地振动大小。地理位置主要考虑该洞库所处位置是否重要,是否处在主要战区,是否处在该部队的要害位置,是否在政治、经济、商业集中的城市附近;装备飞机状况是指该洞库能装备什么型号的飞机和现在装备什么型号的飞机;混凝土强度等级和钢筋等级是指建造该洞库所用的混凝土类型及强度、钢筋类型及强度、钢筋混凝土综合强度,以及混凝土和钢筋的老化状况;防护门状况是指洞库的大门开启方向、隐蔽状况和门的强度;洞口数量是指该洞库有几个洞口,布局是否合理;抗力大小、防精确打击状况和防电磁脉冲状况是指该洞库战时防各种武器的能力;抗地振动大小是指外界受打击后,引起地振动传来后,能抵抗地振动大小。上述因素皆为洞库防护等级评定的因素,各因素之间没有必然的联系,它们对洞库防护等级是非线性关系,因此考虑到用神经网络对其进行评定。

2 神经网络模型选取

洞库防护等级评定属于等级分类,因此选用BP神经网络,BP神经网络是非线性变换单元组成的前反馈网络。多层BP神经网络不仅有输入节点、输出节点,而且有一层或多层节点,如图1所示^[1]。

根据本模型特点,选用BP网络的传递函数为(0,1)S型函数

收稿日期:2001-03-06

基金项目:总后科研基金资助项目(HX00502);空军拔尖人才科研基金资助项目

作者简介:许金余(1963-),男,吉林靖宇人,教授,博士,主要从事防护工程、结构工程及岩土领域研究。

$$f(x) = 1/(1 + e^{-1}) \quad (1)$$

对第 P 个样本误差计算公式为

$$E_p = (\sum_i (t_{pi} - O_{pi})^2) / 2 \quad (2)$$

式中, t_{pi} , O_{pi} , 分别为期望输出和网络的计算输出。

网络学习公式的指导思想是, 对网络权值 (ω_y , T_h) 的修正与阈值 (θ) 的修正, 是误差函数 (E) 沿负梯度方向下降。BP 网络三层节点表示为: 输入节点 x_j , 隐节点 y_i , 输出节点 O_l 。

输入节点与隐节点的网络权值为 ω_y , 隐节点与输出节点的网络权值为 T_h , 当输出节点的期望输出为 t_l 时, BP 模型的计算公式如下^[2]

1) 输出节点 O_l 计算公式

① 输入节点的输入 x_j 。

② 隐节点的输出:

$$y_i = f(\sum_j \omega_{yj} X_j - \theta_i) \quad (3)$$

式中连接权值 ω_y , 节点阈值 θ_i 。

③ 输出节点的输出:

$$O_l = f(\sum_i T_{ly} y_i - \theta_l) \quad (4)$$

式中连接权值 T_y , 节点阈值 θ_l 。

2) 输出层的修正公式

① 输出节点的期望输出为 t_l , 误差控制: 所有样本误差 $E = \sum_{k=1}^P e_k < \varepsilon$, 其中一个样本误差 $e_k = \sum_{l=1}^n |t_l^{(k)} - O_l^{(k)}|$ 。其中 P 为样本数, n 为输出节点数。

② 误差公式:

$$\delta_l = (t_l - O_l) \cdot O_l \cdot (1 - O_l) \quad (5)$$

③ 权修正值:

$$T_h(k+1) = T_h(k) + \eta \delta_l y_i \quad (6)$$

式中 k 为迭代次数。

④ 阈值修正:

$$\theta_l(k+1) = \theta_l(k) + \eta \delta_l' \quad (7)$$

3) 隐节点层的修正公式

① 误差公式:

$$\delta_i = y_i(1 - y_i) \sum_j \delta T_{ij} \quad (8)$$

② 权修正值:

$$\omega_{yj}(k+1) = \omega_{yj}(k) + \eta \delta_i' x_j \quad (9)$$

③ 阈值修正:

$$\theta_i(k+1) = \theta_i(k) + \eta \delta_i' \quad (10)$$

以上是 BP 神经网络的基本公式。

洞库防护等级评定的神经网络计算模型如图 2 所示。输入层共十个节点, 分别为, ① 地理位置, ② 装备飞机状况, ③ 混凝土强度等级, ④ 钢筋等级, ⑤ 防护门状况, ⑥ 洞口数量, ⑦ 抗力大小, ⑧ 防精确打击状况, ⑨ 防电磁脉冲状况, ⑩ 抗地振动大小。隐层节点七个, 隐层节点数为输入层节点数、输出层节点数和的平均值。输出层分为 A、B、C、D 四个等级。A 级好, B 级较好, C 级一般, D 级较差。即对洞库防护等级准确评定后, A 级结构完好, 抗力级别大, 完全满足战时需要, 战时即可投入使用; B 级基本合格, 但在某些部分需要加固改造, 提高其防护能力, 改造后即可投入使用; C 级问题较多, 大部分部位需要加固改造, 改造后重新验证, 方可考虑是否在战时投入使用; D 级不合格, 即使改造后也存在许多问题, 须重建或改为它用。

3 数据处理和训练

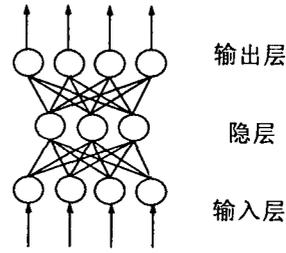


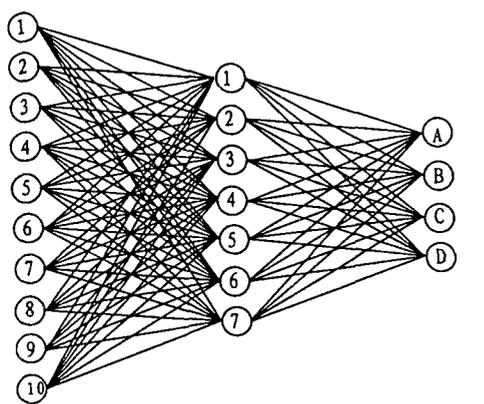
图 1 BP 网络模型

对输入层的每个节点,初始都分为十个等级:由好到差为一级到十级,一级对应值为 1,二级对应值为 0.9,三级对应值为 0.8,依次类推,九级对应值为 0.2,十级对应值为 0.1。这样考虑,初始样本共有 10^{10} 个。“地理位置”要综合考虑,该洞库所在城市在政治、经济、军事的地位越重要,它的初始值就越大,可以把初始值定为 1;“装备飞机状况”主要考察该洞库所储飞机型号,若某洞库储藏飞机为目前最先进的机型,那么它的初始值可定为 1;“混凝土强度等级”按混凝土轴心抗压强度标准值确定;“钢筋等级”按钢筋的强度标准值确定;“防护门状况”依据防护门强度和防护门隐蔽状况,强度高、隐蔽状况好,则初始值大;“洞口数量”如四个出口,布局合理,初始值可定为 0.8;“抗力大小”、“防精确打击状况”、“防电磁脉冲状况”、“抗地振动大小”的初始值,可用模拟试验的方法,用炸弹模拟,测试洞库的破坏状况,定出该洞库可防护最大能量的炸弹,依据可防护炸弹的能量,高者初始值大。

对输出数据,若直接输出,将有从 0 到 1 的若干值,计算机处理,将消耗大量的计算机 CPU 时间,这在一定程度上限制了等级评定的实际应用能力,不能准确辨别其类型^[3]。因此,本文将神经网络与专家系统结合起来,两者以串联的方式构成洞库防护等级评定系统。输出目标向量值为[1,0,0,0]、[0,1,0,0]、[0,0,1,0]、[0,0,0,1]。即目标向量是[1,0,0,0]为 A 级,目标向量是[0,1,0,0]为 B 级,目标向量是[0,0,1,0]为 C 级,目标向量是[0,0,0,1]为 D 级^[4]。结合专家系统,采用 IF-THEN 规则对输出节点数据输出进行处理,限定误差范围,处在此误差范围内即可评定为相应防护等级。

本文编出网络计算模型,用数据对其进行训练。训练数据要合乎评定标准,选出具有代表性的样本,对初始样本进行随机抽样。用这些具有代表性的数据对网络进行训练,尤其注意分界点数据选取,它是网络训练的关键。当网络训练到 786 次时,误差可达到 0.01,达到了设定要求,图 3 为误差训练曲线。训练完后,用检验数据对网络进行核对,核对准确,方可投入使用,该模型即可进行洞库防护等级评定。

表 1 列出一组检验数据及输出结果,经检验全部合格,可投入使用。对某洞库进行防护等级评定:输入数据:[0.8,0.3,0.6,0.5,0.7,0.8,0.2,0.4,0.5,0.3]。网络输出:[0.0004,0.9334,0.1360,0.0010]。由此可知,该洞库防护等级为 B 级,基本合格,但在某些部分需要加固改造,提高其防护能力,改造后即可投入使用。



输入层 隐层 输出层
图 2 洞库防护等级评定神经网络模型

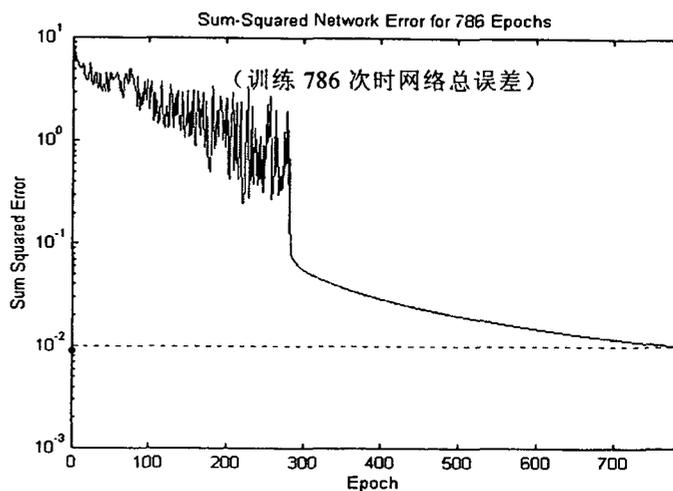


图 3 误差训练曲线

表 1 一组检验数据及输出结果

组数	输入向量	实际输出向量
1	[0.8,0.6,0.9,0.9,0.8,0.9,0.7,0.7,0.8,0.7]	[0.957 4, 0.090 6, 0, 0]
2	[0.7,0.4,0.5,0.6,0.5,0.6,0.5,0.7,0.7,0.6]	[0, 0.996 1, 0, 0]
3	[0.4,0.6,0.2,0.5,0.3,0.5,0.2,0.5,0.3,0.3]	[0, 0.01, 0.981 7, 0.020 5]
4	[0.1,0.2,0.3,0.2,0.3,0.1,0.4,0.3,0.1,0.2]	[0, 0, 0.084 0, 0.962 3]

5 结语

用神经网络对洞库防护等级评定,具有独到的优势。该方法同样可用于建筑物性能、建筑物防护等级评定,也可对其他非线性关系的飞机作战性能,坦克作战性能,导弹作战性能,地上、地下建筑物可靠性等进行评定,可大大提高对我军作战设施作战性能评估的准确性,对军队战场保障、作战指挥具有重要的意义^[5]。

参考文献:

- [1] 张际先. 神经网络及其在工程中的应用[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 闻新,周露,王丹力,熊晓英. MATLAB神经网络应用设计[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [3] 何明. 神经计算——原理语言设计应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1996.
- [4] QIAN Feng, YU Jins-hou, JIANG Wei-sun. An Approach to Fault Diagnosis of Industrial Cracking Furnaces via Neural Network[A]. Proceedings of the 3 World Congress on Intelligent Control and Automation[C]. Hefei,2000:694-698.
- [5] 王飞,许金余. 神经网络在城市防空地下室防护等级评定中的应用与研究[J]. 工程力学,2001,2(S0):784-788.

(编辑:姚树峰)

Neural Networks' Application in Defense Grade Assessment of Caverned Hangar

XU Jin-yu¹, WANG Fei¹, HE Qiang², SUN Ji-nan¹, ZHANG Zhi-gang¹
(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China;
2. The graduate school of design in Air Force of Shenyang, Shenyang 110000, China)

Abstract: Based on function linked neural networks, a grade assessment system of caverned hangar is built by means of combined method of neural networks with expert system, at the same time, taking the actual condition of our national defense into consideration. Making use of given data parameters of caverned hangar, such as structural peculiarities, terrain position, force resistance characteristics and the national defense requirement, all of which will be studied, associated, memorized and classified by neural network, and the defense grade of caverned hangar can be accurately assessed.

Key words: caverned hangar; defense grade; neural networks; expert system