

神经网络在单机掩蔽库工程质量评定中的应用

许金余^{1,2}, 杨俊¹, 黄小明³, 白二雷¹

(1. 空军工程大学工程学院, 陕西西安 710051; 2. 西北工业大学力学与土木建筑学院, 陕西西安 710072; 3. 空后机场营房部, 北京 100720)

摘要: 提出了运用神经网络方法评判单机掩蔽库的工程质量, 构造了BP神经网络工程质量评判模型。该评定模型基于专家对各分项工程的评定结果, 经过自行学习、联想、记忆和分类, 较准确地评定了单机掩蔽库工程质量, 评定结果具有较高的识别精度。

关键词: 单机掩蔽库; 神经网络; 质量评定

中图分类号: TU375 文献标识码: A 文章编号: 1009-3516(2006)05-0013-03

人工神经网络是智能科学中的前沿热点, 是由大量的简单处理单元(神经元)互相连接而形成的复杂网络系统, 是对大脑神经网络的简化、抽象和模拟。自20世纪80年代后期, 土木建筑科研人员正逐渐将这种方法引入土木工程中的不同研究领域, 如材料性能预测、混凝土配比的优化设计、材料本构模型研究、钢筋混凝土构件力学性能研究、结构分析和优化设计、结构损伤识别、结构振动控制等^[1-5]。

单机掩蔽库工程施工质量的优劣直接影响着工程质量的优劣, 同时, 也影响单机掩蔽库战时的防护能力, 并与库内飞机的安全息息相关。并且单机掩蔽库工程施工质量等级评定受多指标影响, 而现有工程质量的评定方法多采用对评定指标进行简单的、精确数学的数理统计, 再加权平均的方法, 难以将经验性、客观性综合起来的, 而不能客观、公正、全面地反映工程质量^[2-3]。

1 单机掩蔽库工程质量评定等级及其非线性模型

假设单机掩蔽库工程质量等级实例为

$$(x_p, y_p) \quad (p=1, 2, \dots, n) \quad x_p = (x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pn}) \quad y_p = (y_{p1}, y_{p2}, \dots, y_{pm}) \quad (1)$$

其中: x_{pi} 为评价单机掩蔽库工程质量等级的第 i 个指标评分 ($i=1, 2, \dots, n$); y_{pj} 为表明单机掩蔽库工程质量的第 j 个等级 ($j=1, 2, \dots, m$)。

单机掩蔽库工程质量等级分为优良、合格、不合格。工程质量等级评定就是要找到一映射 G , 即

$$G: R^n \rightarrow R^m; y_p = G(x_p) \quad (2)$$

一般地, G 是非线性的。神经网络数学模型 $y_p = (y_{p1}, y_{p2}, \dots, y_{pm})$ 用输出节点表达, $x_p = (x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pn})$ 用输入节点表达。它由一个或几个隐含层节点组成。根据实际分析至多含2个隐含层的神经网络最适宜。网络的节点函数为连续取值、单调、可微分的 Sigmoid 型函数, 即

$$f(x) = 1 / (1 + \exp(-x)) \quad (3)$$

由式(2)表达的单机掩蔽库工程质量的非线性评价是由基于神经网络学习来识别的。用一系列样本集训练网络是为了获得接近真实 G 的非线性模型。因此, 非线性单机掩蔽库工程质量评定等级模型为

$$\hat{y}_{pi} = f\left\{\sum_q w_{qf} f\left[\sum_p w_{pq} \cdot f\left(\sum_{i=1}^n w_{ir} (1 + e^{-x_{pi}})^{-1} + \theta_r\right) + \theta_q\right] + \theta_j\right\} \quad (4)$$

其中 \hat{y}_{pi} 为第 P 样本的网络输出; w_{ir} 为输入层 F_x 的 i 节点与隐含层 F_g 的 r 节点的连接权值; w_{rq} 为隐含层 F_g

收稿日期: 2005-11-03

基金项目: 军队科研基金资助项目

作者简介: 许金余(1963-), 男, 吉林靖宇人, 教授, 博士生导师, 主要从事防护工程、结构工程研究。

的 r 节点与隐含层 F_h 的 q 节点连接权值; w_{qj} 为隐含层 F_h 的 q 节点与输出层 F_y 的 j 节点连接权值; θ_j 为输出层 F_y 的节点 j 的阈值; θ_q 为输出层 F_h 的节点 q 的阈值; θ_r 为输出层 F_g 的节点 r 的阈值; x_{pi} 为第 p 个样本的第 i 个变量的标准化后的数据。标准化处理如下:

$$x'_{pi} = (x_{pi} - \bar{x}_0) / S_i \quad (5) \quad \bar{x}_0 = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N x_{pi} \quad (6) \quad S_i = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{p=1}^N (x_{pi} - \bar{x}_0)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

w_{ir}, w_{iq}, w_{qj} 和 $\theta_r, \theta_q, \theta_j$ 由网络学习自动确定。因此, 可以确定方程 (4) 的非线性表达。

2 样本训练及算例分析

取得典型方法训练样本是成功应用神经网络的关键。在实际单机掩蔽库工程质量检测评定中, 首先按现行的《建筑安装工程检验评定统一标准》的规定对各分项工程进行测定与检查, 将检测结果填入表中(百分制), 然后由专家组进行现场调查和测定并给出质量评定等级。因此, 可以认为这样的样本和评价是科学的, 具有很强的权威性。表1为专家评定的某机场单机掩蔽库工程质量。

神经网络结构采用的网络结构为7-5-3, 即7个输入节点, 分别是基础土方工程、内衬三维波纹钢工程、主体钢筋混凝土工程、防护门工程、伪装工程、内部设备设施工程和库前、库内坪工程, 一个隐含层且有5个单元, 3个输出节点(节点意义见表2)。

神经网络模型结构确定后, 选取前12样本按上述方法进行学习, 然后建立评定指标和单机掩蔽库工程质量等级之间的非线性对应关系, 具体训练如下:

1) 全部权值和神经元的阈值赋以初始值

$$\omega_1 = \begin{bmatrix} 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 \\ 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 \\ 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 \\ 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 \\ 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 \\ 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 \\ 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 3.5 \end{bmatrix} \quad \omega_2 = \begin{bmatrix} 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 \\ 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 \\ 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 \\ 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 \\ 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 \end{bmatrix} \quad \omega_3 = \begin{bmatrix} 1.5 & 1.5 & 1.5 \\ 1.5 & 1.5 & 1.5 \\ 1.5 & 1.5 & 1.5 \end{bmatrix}$$

$$\theta_1 = [0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5] \quad \theta_2 = [2.0 \ 2.0 \ 2.0 \ 2.0 \ 2.0] \quad \theta_3 = [0.5 \ 0.5 \ 0.5]$$

2) 按式 (5)、式 (6) 和式 (7) 对表1的数据进行处理可得表3网络输入数据, 期望输出见表2。

3) 收敛精度为0.01, 样本学习10000次, 网络进行组织学习, 连接权值和节点阈值由网络学习自动进行修正。十二个样本实际输出的目标值分别为

$$\begin{aligned} & [0.983 \ 0 \ 0.010 \ 6 \ 0.000 \ 1] \quad [0.991 \ 8 \ 0.015 \ 4 \ 0.000 \ 9] \quad [0.981 \ 9 \ 0.016 \ 6 \ 0.000 \ 1] \\ & [0.986 \ 3 \ 0.021 \ 3 \ 0.001 \ 6] \quad [0.988 \ 1 \ 0.018 \ 9 \ 0.000 \ 9] \quad [0.994 \ 5 \ 0.011 \ 3 \ 0.002 \ 7] \end{aligned}$$

表1 某机场单机掩蔽库工程客观评定及专家评定

掩蔽库号	各分部工程得分							专家评估
	1	2	3	4	5	6	7	
1	83	80	92	88	86	83	87	优良
2	84	82	90	89	86	80	91	优良
3	85	83	92	87	85	85	91	优良
4	85	84	89	87	86	82	89	优良
5	85	83	88	86	85	84	87	优良
6	84	82	87	87	85	82	88	优良
7	82	83	87	85	86	80	96	优良
8	79	80	81	80	79	76	84	合格
9	77	79	84	80	79	78	82	合格
10	75	79	82	80	79	77	81	合格
11	76	78	82	81	77	76	80	合格
12	69	73	74	72	72	68	72	不合格
13	83	82	87	86	93	83	86	优良
14	77	81	83	80	81	78	82	合格
15	81	84	89	85	85	82	86	合格

表2 某机场单机掩蔽库工程质量等级训练模式

训练模式	网络输入	网络输出	评定等级
1	$y_1^1, y_2^1, \dots, y_7^1$	100	优良
2	$y_1^2, y_2^2, \dots, y_7^2$	010	合格
3	$y_1^3, y_2^3, \dots, y_7^3$	001	不合格

[0.986 2 0.020 2 0.001 0] [0.017 6 0.955 5 0.038 9] [0.013 0 0.979 4 0.002 3]
 [0.012 2 0.982 5 0.000 8] [0.006 7 0.994 6 0.011 5] [0.031 9 0.037 6 0.947 3]

4) 达到期望输出的要求, 网络训练完毕。将未参加学习的3个样本来检验上述模型, 进行神经网络模型预测检验, 预测结果分别为 [0.989 3 0.009 4 0.000 3] [0.018 1 0.985 1 0.010 2] [0.014 3 0.980 8 0.002 0]。将其与表2中的质量等级进行对比, 可得工程质量等级分别为优良、合格、合格, 与期望输出值吻合较好。说明训练的神经网络已经具备专家评价单机掩蔽库工程质量的能力。

表3 标准化后的 x'_{pi}

掩蔽 库号	标准化后的 x'_{pi}							\bar{x}_0	S_i
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-0.17	-0.36	0.41	0.15	0.03	-0.17	0.09	85.6	15.6
2	-0.11	-0.23	0.23	0.17	0.00	-0.34	0.28	86.0	17.7
3	-0.17	-0.34	0.44	0.01	-0.17	-0.17	0.36	86.9	11.5
4	-0.15	-0.30	0.45	0.15	0.00	-0.60	0.45	86.0	6.7
5	-0.14	-0.81	0.88	0.20	-0.14	-0.47	0.54	85.4	3.0
6	-0.17	-0.50	0.33	0.33	0.00	-0.50	0.50	85.0	6.0
7	-0.13	-0.10	0.05	-0.02	0.01	-0.21	0.39	85.6	27.0
8	-0.15	0.02	0.19	0.02	-0.15	-0.67	0.71	79.9	5.8
9	-0.50	-0.15	0.71	0.02	-0.15	-0.33	0.36	79.9	5.8
10	-0.71	0.00	0.53	0.18	0.00	-0.35	0.35	79.0	5.7
11	-0.44	-0.10	0.57	0.40	-0.27	-0.44	0.24	78.6	6.0
12	-0.17	-0.36	0.41	0.15	0.03	-0.17	0.09	71.7	4.7

3 结束语

本文中收集的典型样本仅有7个指标对其等级有影响, 在实际中遇到的情况不一定如此, 因此, 应进一步收集典型样本, 扩大网络的应用能力。对单机掩蔽库工程质量采用人工神经网络评定模型, 整个评价决策模型不仅易于理解, 而且可以根据实际情况修改、添加或删除规则。该方法的评定结果也较满意, 客观地反映了单机掩蔽库工程的施工质量。神经网络专家评定系统是一个开放的系统, 用户在使用该系统时, 如果有好的专家经验, 可存入知识库, 使网络不断学习、提高。

参考文献:

- [1] 范颖芳, 周 晶. 神经网络在受腐蚀钢筋混凝土结构工程中的应用 [J]. 四川建筑科学研究, 2004, (1): 19-22.
- [2] 周焯华, 张宗益. 建筑工程质量评定的层次分析法 [J]. 重庆建筑大学学报, 1997, 19 (6): 79-85.
- [3] 章文兵. 建筑工程施工质量综合评定方法的研究 [J]. 四川建筑科学研究, 2002, 28 (2): 79-80.
- [4] 黄 卫, 刘新旺. 基于模糊推理的公路工程质量评定模型 [J]. 系统工程理论与实践, 2001, 9: 109-113.
- [5] 许金余, 王 飞. 神经网络在洞库防护等级评定中应用 [J]. 空军工程大学学报 (自然科学版), 2002, (1): 67-70.

(编辑: 姚树峰)

Application of Neural Networks in Assessment of the Single Aircraft Shelter Project Quality

XU Jin -yu^{1,2}, YANG Jun¹, HUANG Xiao -ruing³, BAI Er -lei¹

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. Dept of Civil Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, China; 3. Airport and Barracks Department, Air Force Logistics Office, Beijing 100720, China)

Abstract: The paper assesses the project quality of single aircraft shelter by adopting artificial neural networks, and a BP assessment model is established. The model is used to assess the project quality through self - study, association, memory, and classifying based on the specialists assessing result of every project. According to the theory and practice, it is proved that the neural networks can assess the single aircraft shelter project quality more precisely.

Key words: single aircraft shelter; neural networks; evaluation of quality