

# 基于 GA-BP 网络的工程兵桥梁爆破 方案评估模型

田成祥<sup>1</sup>, 付成群<sup>1</sup>, 吴海鹏<sup>2</sup>, 周磊<sup>1</sup>

(1. 解放军理工大学 工程兵工程学院, 江苏 南京 210007;

2. 中国人民解放军 91257 部队, 浙江 舟山 316000)

**摘 要:**工程兵地爆分队对桥梁实施爆破过程复杂, 所受影响因素多, 爆破方案难以确定, 为了更好的解决这一问题, 构建了以爆破目标、爆破实施人员、爆破工具器材为主的桥梁爆破方案评估指标体系, 并给出了基于 GA-BP 神经网络模型来研究桥梁爆破方案评估的方法, 确立了 GA-BP 网络桥梁爆破方案评估模型。以工程兵某部执行桥梁爆破任务为例进行实例验证, 采用该网络模型能够快速对待选方案进行较准确的评估, 并筛选出较好的方案。结果表明该网络模型具有很强的可行性和有效性。最后给出了工程兵增强爆破作业效果的建议。

**关键词:**桥梁爆破; GA-BP 神经网络; 指标体系; 方案评估

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)08-0229-04

## Application of GA-BP Arithmetic in Evaluation Model of Bridge Blasting Program

TIAN Cheng-xiang<sup>1</sup>, FU Cheng-qun<sup>1</sup>, WU Hai-peng<sup>2</sup>, ZHOU Lei<sup>1</sup>

(1. Engineering Institute of Engineering Corps, PLA University of Science and Technology,

Nanjing 210007, China;

2. No. 91257 Unit of PLA, Zhoushan 316000, China)

**Abstract:** Because of the complexity of the mine blasting unit's bridge blasting operations and influenced by so many factors, the blasting project always hard to target. Aiming at the problem, established the evaluation index including blasting targets, blasting implementers and blasting tools, and introduced the evaluation method of bridge blasting project based on GA-BP artificial neural work, and established the evaluation model. It takes the engineer carrying out bridge blasting as an example, validating that the model can evaluate by rule and line.

The effect proves the feasibility and validity of the model. Finally, give the advices of blasting program.

**Key words:** bridge blasting; GA-BP artificial neural network; indicator system; program evaluation

## 0 引言

工程兵地爆部队实施桥梁爆破是一个复杂的工程, 爆破方案的优选确定是在各种约束条件下进行综合决策的过程<sup>[1]</sup>。

一方面, 从爆破的效果考虑, 要求爆破分队拥有高素质的施工人员、齐全的工具装备、充足的炸药雷管和丰富的爆破经验<sup>[2]</sup>。另一方面, 从爆破实施效率考虑, 要求施工效率高、安全程度高。而以上考虑又要纳入到整个战争进程中, 以期达到指挥员的战术和战略

目的, 产生最大的军事效果。因此, 桥梁爆破方案的确定与其影响因素之间是十分复杂的非线性关系, 很难给出一个具体的数学模型来准确地表达这种关系。神经网络的并行分布式处理、非线性处理和自学习能力使它特别适用于处理需要同时考虑多种因素和条件、不精确和模糊的信息处理问题<sup>[3]</sup>。

BP 神经网络以其可以模拟多变量而不需要对输入变量作复杂的相关假定等优点成为较好的评估方法, 但是, 标准的 BP 网络在解决非线性无约束极值问题时采用的方法是梯度法, 其具有局部计算简单和随机梯度下降对权值进行修改两个性质, 导致了 BP 网络存在收敛速度慢、常受局部极值的困扰以及初始权值和阈值的选择具有很大的随机性等缺点<sup>[4]</sup>。因此, 为克服 BP 神经网络的缺点, 文中引入遗传算法, 优化神经网络的权值、阈值和网络结构。

收稿日期: 2011-12-30; 修回日期: 2012-04-02

基金项目: 中国博士后基金特别资助第 3 批(201003767)

作者简介: 田成祥(1988-), 男, 山东东营人, 硕士研究生, CCF 会员, 研究方向为指挥自动化与战场数字化; 付成群, 博士, 副教授, 主要从事工程兵信息化技术研究。

## 1 工程兵桥梁爆破方案评估指标体系构建

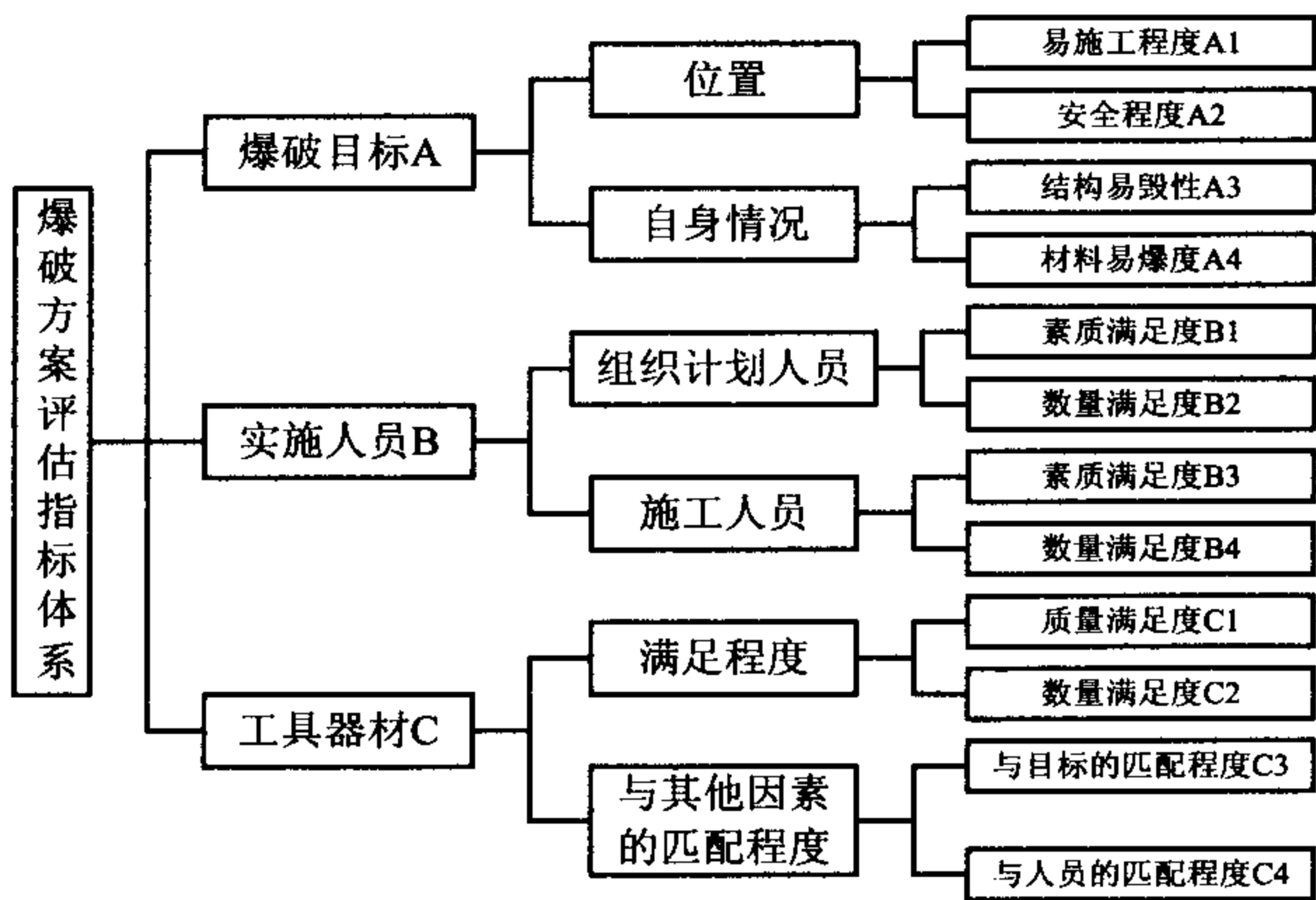
桥梁爆破方案指标体系是进行评估的基础,指标体系的科学性、客观性、客观程度和全面程度将影响评估结果的准确性。桥梁爆破作业的顺利完成,需要从爆破目标、实施人员、工具器材三个方面考虑,因此爆破方案的评估指标体系的构建也要围绕这三个方面展开。

爆破目标的评估包括桥梁自身情况的评估和桥梁外部环境的评估。桥梁的自身情况包括桥梁的类型、结构、材质以及使用时间等,结构易毁性和材质易爆性可从本质上涵盖上述几项<sup>[5]</sup>。

实施人员因素包括两类即组织计划人员和施工人员,而“人”的因素要从定量、定性两方面考虑,定量即数量满足度,定性即素质满足度。

工具器材因素从两个方面考虑,一是工具器材是否能够满足施工要求,包括质量满足度和数量满足度;二是工具器材与其它因素的关系,包括与目标的匹配程度和与人员的匹配程度<sup>[6]</sup>。

由此建立的桥梁爆破方案评估指标体系如图 1 所示。



## 2 基于 GA-BP 网络的工程兵桥梁爆破方案模型的确定

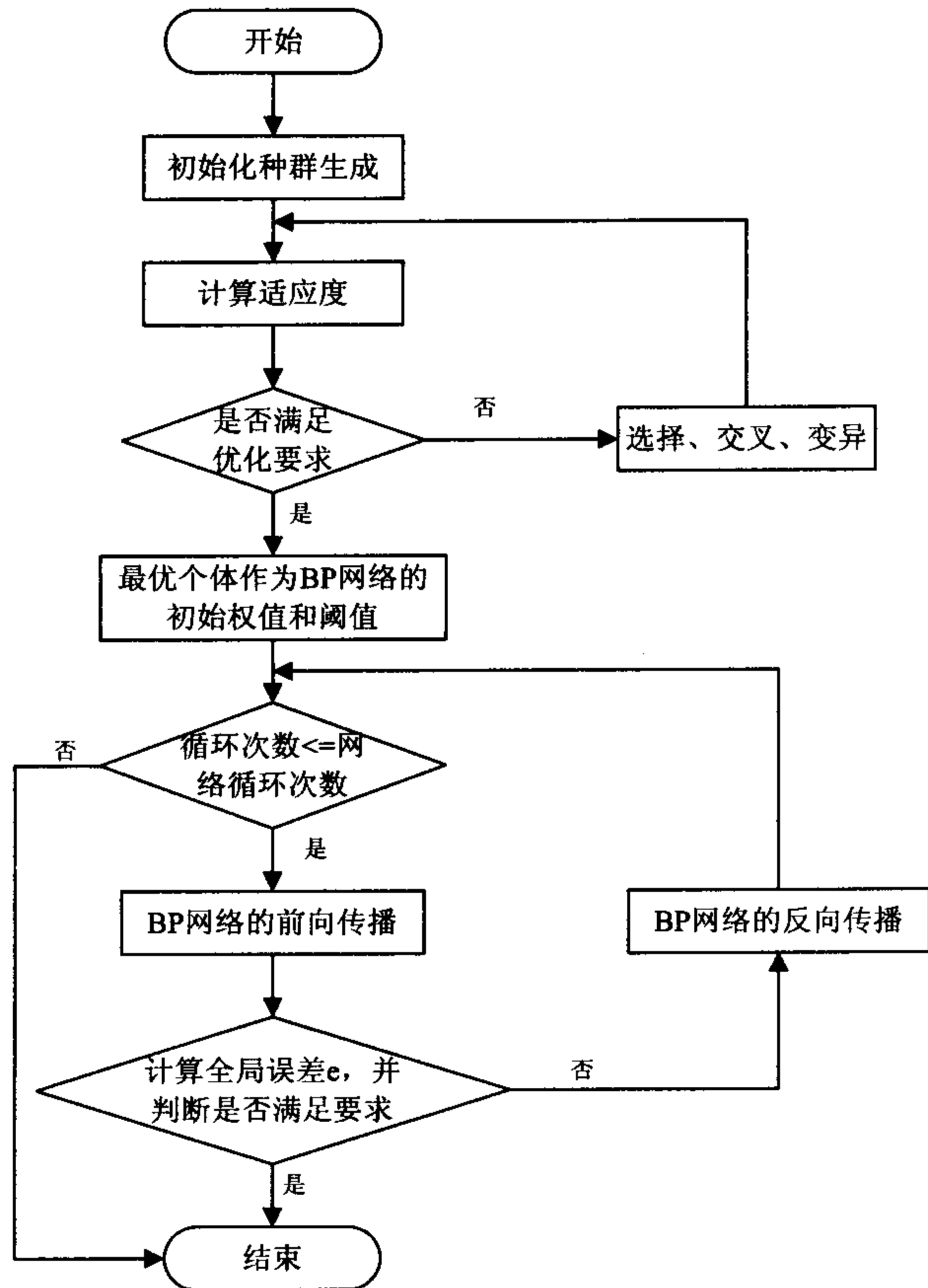
### 2.1 GA-BP 算法及其算法流程

GA 基本思想基于进化论和遗传学说,其本质是一种高效、并行、全局搜索的方法,它能在搜索过程中自动获取和积累有关搜索空间的知识,并自适应的控制搜索过程以求得最优解。它通过染色体的繁殖、交叉和基因突变现象,在每次迭代中都保留一组候选解,并按适应度值的大小从解集合中选取较优的个体,利用遗传算子对这些个体进行组合,产生新一代的候选解,重复此过程,直到满足其收敛条件为止<sup>[7]</sup>。

利用遗传算法作为 BP 网络的学习算法,主要是利用遗传算法的搜索不依赖梯度信息,只要求解函

数在约束条件下的可行解,并且遗传算法具有全局搜索的特性,用遗传算法对初始权值和阈值进行快速的全局搜索,等达到一定要求后,再利用 BP 算法在局部进行最优搜索,直到满足精度要求为止<sup>[8]</sup>。由于遗传算法以种群为基础,不是以单点搜索的方式,能同时从不同点获得多个极值,因此不易陷入局部最优,从而可以较好地解决 BP 网络存在的问题,有效提高算法的泛化能力<sup>[9]</sup>。

GA 优化 BP 网络的流程如图 2 所示。



### 2.2 爆破方案评估模型的构建

(1)输入层、输出层、隐层节点数的确定。

输入层神经元的个数为 12,输出层为 1,根据隐含层设计经验公式(1),及考虑本实例的实际情况,经实验证明,确定解决该问题的隐层神经元个数为 12 个,形成 12×12×1 的网络结构模型。

$$m = \sqrt{n + l} + \alpha \quad (1)$$

其中,  $m$  为隐含层个数,  $n$  为输入层节点数,  $l$  为输出层节点数,  $\alpha$  为 1~10 之间的常数。

(2)指标归一化。

针对定量指标,因其衡量单位不同,趋向也不一定一致,必须利用效用系数对其进行规范化和同趋化处理。在实际应用中,各指标之间存在着量纲、数量级不同等方面的问题。因此,在进行计算之前,要对数据进行归一化处理,计算方式如下:

$$x_i' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中： $X_i$  表示指标值， $X_{\min}$  表示对应指标的最小值， $X_{\max}$  表示对应指标的最大值。这样，变换后的指标  $x_i'$  位于  $[0,1]$  区间。

(3) 初始化和编码。

网络的初始权值和阈值取  $(-1,1)$  之间的随机数，遗传编码的长度可采用式 (3) 进行计算：

$$S = m \bullet n + m \bullet l + m + l \quad (3)$$

(4) 种群数与适应度函数。

群体规模的大小直接影响算法的效率，这里取种群数  $POPU=50$ ，为了把实际输出值与期望输出值的评估标准融为一体，提高网络的优化性能，用两者之间的误差平方和的倒数作为适应度函数，计算公式如下：

$$F(i) = \frac{1}{E(i)} \quad (4)$$

式中  $F(i)$  即为个体  $i$  的适应度值， $E(i)$  代表实际输出值与期望输出值之间的误差平方和，其计算方法为  $E(i) = \sum_P \sum_L (x_l - y_l)^2$ ，其中  $i = 1, 2, \cdots, 50$  为染色体数， $L$  为输出层节点数，这里取  $L = 1$ ， $P$  为训练样本数， $x_l$  为网络的实际输出值， $y_l$  为网络的期望输出值<sup>[10]</sup>。

(5) 遗传操作。

遗传操作包括选择、交叉、变异三种操作<sup>[11]</sup>，遗传终止定为  $Gen = 300$  代，选择操作选用适应度比例法，染色体采用实数编码方式，交叉操作采用算术交叉方式，变异操作采用非一致变异方式。

3 仿真与实例运算

3.1 样本数据处理和仿真

按照 GA-BP 网络评估流程，评估前，首先要对网

络模型进行训练，这就存在着样本与教师信号的选择问题。文中使用的数据是从工兵部队调研得到的，并运用指标归一化方法进行数据处理，建成十组样本数据，其中前 7 个为训练样本，用于学习训练，后 3 个为验证样本，用于检验模型的可靠性。训练样本数据表如表 1 所示。

由表 1 中的前 7 个训练样本训练输出值与期望输出值比较知，训练误差都能达到要求范围，由后 3 个验证样本训练结果可知，误差相对稳定，能够比较准确的对方案进行评估。

应用上述训练数据，对 GA-BP 网络进行训练，并与 BP 网络模型训练结果进行比较，激活函数采用 Sigmoid 函数，并且函数 `traingdx` 对网络进行训练允许误差为 0.0001，动量因子为 0.9，最大迭代次数为 1000。用 MATLAB 软件进行训练，训练效果图如图 3、图 4 所示。

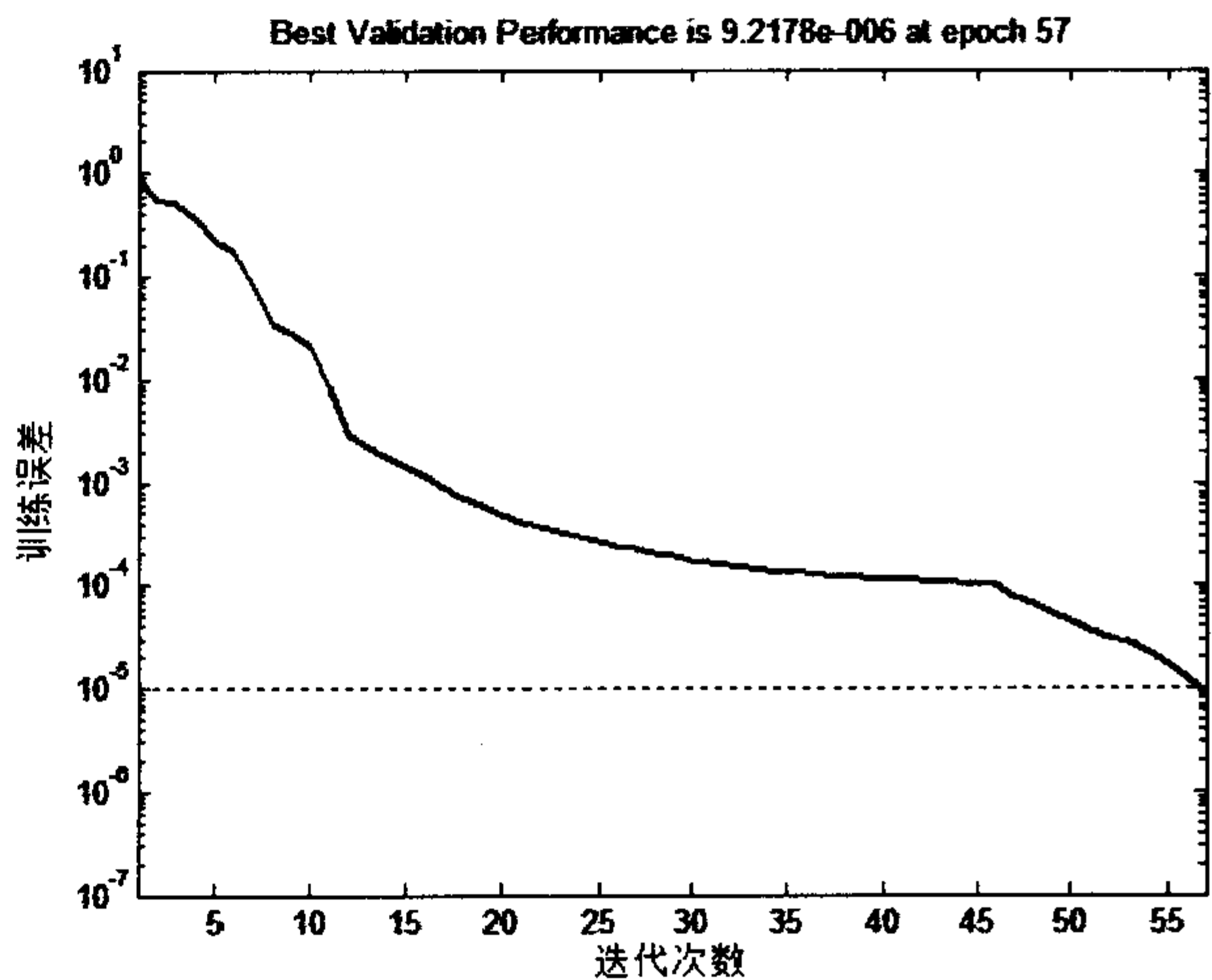


图 3 BP 网络训练误差曲线

从图中可以发现，GA-BP 网络训练曲线达到精度要求所需的迭代次数远远小于 BP 网络训练曲线，证

表 1 神经网络模型训练样本及训练结果

评价指标	详细数据样本									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
已施工程度 A1	0.85	0.77	0.89	0.56	0.87	0.56	0.82	0.87	0.87	0.86
安全程度 A2	0.6	0.78	0.88	0.91	0.65	0.88	0.86	0.85	0.76	0.64
结构易毁性 A3	0.9	0.86	0.87	0.77	0.79	0.67	0.87	0.87	0.75	0.88
材质易爆性 A4	0.78	0.78	0.87	0.89	0.65	0.89	0.89	0.78	0.86	0.67
素质满足度 B1	0.87	0.92	0.91	0.87	0.92	0.88	0.66	0.89	0.86	0.77
数量满足度 B2	0.8	0.8	1	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.8
素质满足度 B3	0.89	0.86	0.86	0.84	0.89	0.86	0.58	0.91	0.97	0.87
数量满足度 B4	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1	0.8	0.9	1
素质满足度 C1	0.91	0.85	0.85	0.88	0.78	0.92	0.97	0.78	0.85	0.87
数量满足度 C2	0.87	1	0.92	0.9	0.91	0.9	1	0.77	0.82	0.82
与目标匹配程度 C3	0.73	0.64	0.89	0.77	0.89	0.77	0.89	0.78	0.49	0.82
与人员匹配程度 C4	0.8	0.78	0.91	0.87	0.91	0.87	0.85	0.87	0.76	0.85
期望输出值	0.71	0.64	0.91	0.61	0.87	0.65	0.62	0.85	0.55	0.75
训练输出值	0.7152	0.6293	0.9321	0.6237	0.8833	0.6455	0.6217	0.8714	0.5453	0.7516
相对误差值	1.352E-05	5.72E-05	0.000244	9.38E-05	8.84E-05	1.01E-05	1.45E-06	0.000229	1.1E-05	1.28E-06

明 GA-BP 网络收敛速度更快,同时可以发现,GA-BP 网络误差曲线波动小,运行过程平稳。因此与 BP 模型相比,GA-BP 网络具有更好的泛化性能、更高的精度、更快的评估效率<sup>[12]</sup>。

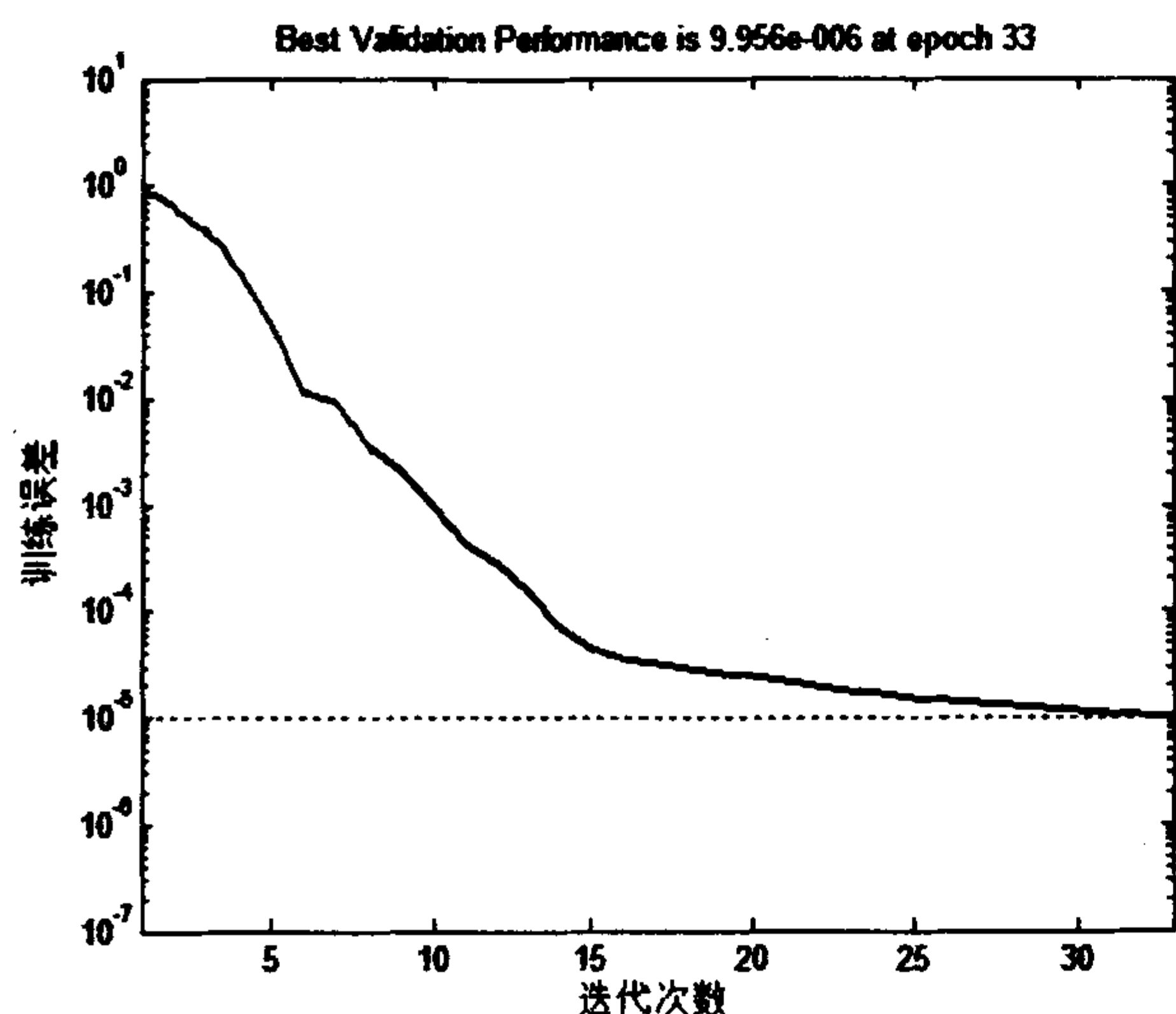


图 4 GA-BP 网络训练曲线

### 3.2 实例运算

某工程兵地爆部队受领一项反机动工程保障任务:爆破一座桥梁,需根据任务实际情况和爆破分队的现状确定爆破方案。现有三种备选方案 A、B、C,需对各爆破方案进行评估,挑选出最符合部队当前实际情况的方案。根据爆破方案评估体系,按照指标量化方法对各指标得到具体值如表 2 所示。

表 2 备选方案指标量化值及评估结果

评估指标	方案 A	方案 B	方案 C
A1	0.74	0.86	0.85
A2	0.79	0.77	0.71
A3	0.83	0.85	0.82
A4	0.8	0.81	0.71
B1	0.91	0.81	0.78
B2	0.8	0.87	0.8
B3	0.84	0.8	0.72
B4	1	0.92	0.9
C1	0.82	0.8	0.81
C2	0.9	0.9	0.89
C3	0.68	0.87	0.78
C4	0.8	0.82	0.83
评估结果	0.5869	0.7911	0.7546

将待评估的爆破方案指标值输入到训练好的 GA-BP 网络模型当中,在输出层得到输出数值即为该方案的评估结果,评估结果如表 2 最后一行所示。

结果表明,在考虑人员因素、数量满足度、目标材质、目标结构材质及相互匹配程度等客观条件的情况下,爆破方案 B 效果最好,符合实际,证明模型可用。

## 4 结束语

从实例运算结果中发现,待选爆破评估方案 B 优于其他两个方案,这比较符合实际评价情况,表明基于 BP 神经网络的桥梁爆破评估方案评估模型具有很强的可用性。另外,认真分析评估过程,可以看出,工程兵爆破部队增强爆破作业效果可从以下三个方面入手:

一是抓紧平时训练,让作业人员具备过硬的专业素质;

二是训练多样化,让作业人员平时就与各种装备器材、各种目标类型接触,提高完成任务能力;

三是提高编制调整灵活度,使作业人员数量和组织计划人员数量能较快满足爆破任务需要。

### 参考文献:

- [1] 齐世福,龙源编. 军事爆破工程设计与应用[D]. 南京:解放军理工大学,2002.
- [2] 黄 铁,袁杰中,郝天家. 桥梁爆破拆除的安全性监控研究[J]. 西南交通科技,2011,5(1):56-60.
- [3] 韩立群. 人工神经网络教程[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2006.
- [4] 张庆红,程国建. 基于遗传算法的神经网络性能优化[J]. 计算机技术与发展,2007,17(12):125-127.
- [5] 康旋来,汪秉文,汤 强,等. 无线传感器在桥梁健康监测中的应用研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(1):174-177.
- [6] 王守伟,唐家明. 大直径中深孔在桥梁爆破中的应用探讨[J]. 爆破,2011,3(1):91-93.
- [7] 王晓敏,刘希玉,戴 芬. BP 神经网络预测算法的改进及应用[J]. 计算机技术与发展,2009,19(11):64-67.
- [8] 玄光男,程润伟. 遗传算法与工程优化[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [9] 程 莹,刘文波. 基于自适应遗传算法的细胞神经网络模板设计[J]. 计算机技术与发展,2008,18(5):54-56.
- [10] Yang Bo, Su Xiaohong, Wang Yadong. Neural Network Optimization Based on an Improved Genetic Algorithm[C]//Proc of International Conference on Machine Learning and Cybernetics. [s. l.]:[s. n.],2002:64-68.
- [11] Liu Yan, Sun Min. Fuzzy Optimization BP Neural Network Model for Pavement Performance Assessment[C]//Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services. [s. l.]:[s. n.],2007:18-20.
- [12] Venkatesan R, Balamurugan B. A real-time hardware fault detector using an artificial neural network for distance protection[J]. IEEE Transactions on Power Delivery,2001,16(1):75-82.

作者:	章文礼, 陈平华, 熊建斌
作者单位:	广东工业大学计算机学院, 广东广州510006
刊名:	计算机技术与发展
英文刊名:	Computer Technology and Development
年, 卷(期):	2012(8)

参考文献(12条)

1. 齐世福;龙源 军事爆破工程设计与应用 2002
2. 黄铁;袁杰中;郝兴家 桥梁爆破拆除的安全性监控研究 2011(01)
3. 韩立群 人工神经网络教程 2006
4. 张庆红;程国建 基于遗传算法的神经网络性能优化 2007(12)
5. 康巍来;汪秉文;汤强 无线传感器在桥梁健康监测中的应用研究 2011(01)
6. 王守伟;唐家明 大直径中深孔在桥梁爆破中的应用探讨[期刊论文]-爆破 2011(01)
7. 王聪敏;刘希玉;戴芬 BP神经网络预测算法的改进及应用[期刊论文]-计算机技术与发展 2009(11)
8. 袁光勇;程润伟 遗传算法与工程优化 2003
9. 程莹;刘文波 基于自适应遗传算法的细胞神经网络模板设计[期刊论文]-计算机技术与发展 2008(05)
10. Yang Bo;Su Xiaohong;Wang Yadong Neural Network Optimization Based on an Improved Genetic Algorithm 2002
11. Liu Yan;Sun Min Fuzzy Optimization BP Neural Network Model for Pavement Performance Assessment 2007
12. Venkatesan R;Balamurugan B A real-time hardware fault detector using an artificial neural network for distance protection[外文期刊] 2001(01)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfx201208059.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfx201208059.aspx)