

技术专论

基于BP神经网络的导弹环境适应性评估及对策

徐廷学¹, 杨继坤¹, 韩朝¹, 王秋彦²

(1. 海军航空工程学院, 山东 烟台 264001; 2. 中国人民解放军91913部队, 辽宁 大连 116018)

摘要: 论述了转型期海军战术导弹开展环境适应性研究的必要性和紧迫性, 分析了环境因素的影响。选取典型型号的海军战术导弹为研究对象, 给出了8种严重影响导弹的环境适应性因子。结合BP神经网络算法建立了环境适应性模型, 并对环境适应性水平进行了仿真评估分析。仿真结果表明, 该模型具有良好的评估效用。根据仿真结果, 针对不同时期的导弹提出了相应的环境适应性对策。

关键词: 环境适应性; BP神经网络; 导弹; 对策

中图分类号: TJ761.1; TP389.1 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)03-0086-04

Evaluation of Missile Environmental Worthiness and Countermeasure
Based on BP Neural NetworkXU Ting-xue¹, YANG Ji-Kun¹, HAN Zhao¹, WANG Qiu-yan²

(1. Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai264001, China; 2. Unit 91913 of PLA, Dalian 116018, China)

Abstract: The necessity and urgency of environmental worthiness research on naval tactical missile were discussed. The influences of environmental factors were introduced. Typical model missiles were chosen as study objects. Eight environmental factors influencing missile environmental worthiness were proposed. BP neural network was used for establishing environmental worthiness model, and the environmental worthiness level was evaluated based on the model. Simulation result showed that the environmental worthiness model is simple and effective. According to simulation, several advices of missile environmental worthiness were presented.

Key words: environmental worthiness; BP neural network; missile; strategy

新时期军事斗争条件下, 随着海军大型舰艇建设的不断推进, 海军任务逐步由近海防御走向远海防卫。海军的作战、保障区域和空间进一步扩大, 舰艇执行出访、演习、打击海盗、人道主义救援等出海任务日益频繁, 远海长航趋于常态化。海军战术导

弹的服役使用环境随之发生巨大变化, 对导弹装备环境适应性提出了更高的要求, 其环境指标已突破了原先的设计界限, 环境因素将制约导弹武器系统效能的正常发挥、影响指挥员的决策信心。因此, 为发挥导弹装备的作战效能, 使之更好地适应复杂多

收稿日期: 2011-12-27

作者简介: 徐廷学(1963—), 男, 河南驻马店人, 博士, 教授, 主要从事装备综合保障研究。

样的任务环境,开展导弹环境适应性建模和评估方法研究是非常必要的。

1 BP神经网络

BP神经网络又称为误差反向传播神经网络,它是一种多层的前向型神经网络。在BP网络中,信号前向传播、误差反向传播。BP神经网络是前向型神经网络的核心部分,具有广泛的适应性和有效性,主要应用于模式识别与分类、自动控制、信号处理、决策辅助和函数逼近等方面^[1]。BP算法建模流程如图1所示。

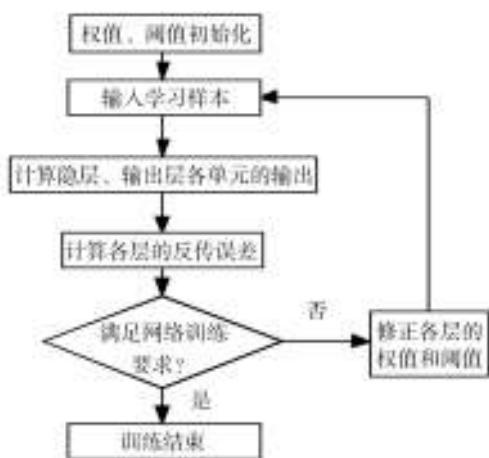


图1 BP算法建模流程

Fig. 1 The flow of BP algorithm modeling

针对转型期海军战术导弹环境变化“超差”的影响,其随机性和模糊性较大,在全面、合理地考虑各种因素的基础上,想要给出环境适应水平与各种影响因素之间的解析解比较困难。然而,利用BP神经网络的训练和自适应学习能力,能较好地解决环境适应性评估中的非线性问题。

2 导弹环境适应性模型

为阐述基于BP神经网络的海军战术导弹环境适应性模型,首先要明确典型型号海军战术导弹的选取原因,并结合BP算法的一般步骤,明确环境适应性评价指标体系,在此基础上建立BP神经网络模型^[2-3]。

2.1 典型型号导弹的选取

对典型海军战术导弹的环境适应性进行评价,

必须覆盖所有的海军战术导弹,其中包括国产反舰、舰空、地空、引俄反舰和舰空5种型号。主要原因如下。

1) 以上5种类型的导弹根据作战要求,分别部署在海军的各个基地,包括北海、东海、南海、甚至远到索马里海域,服役地域不同,对环境的适应性要求不同。这5种类型的导弹作战平台覆盖了海军的所有武器系统平台,包括空基、路基、潜基和舰载等,各种平台所提供的环境也有所区别。

2) 对于国产的反舰、舰空和地空导弹的研制和生产,主要是由航天科工集团二院、三院、八院完成。由于生产厂家不同,导弹使用的技术、工艺、材料和试验等也不相同。导弹所表现出来的环境适应性也有所区别,需要对各自的典型型号进行分别研究。

3) 俄制导弹是海军战术导弹的重要组成部分,由于俄罗斯的自然环境与中国有很大的不同,引俄导弹与国产导弹结构差异较大,导弹故障模式和失效机理也有较大差异。针对我国的作战使用环境,导弹武器系统的可靠性还需要长期的环境检验,同时进行环境适应性评价也是十分必要的。

2.2 评价指标

影响海军战术导弹环境适应性的因素较多,包括自然环境因素和诱发环境因素。自然环境因素,包括风、雷、雨、电、气温、云雾、盐雾、湿度、尘埃、海浪等^[4-5];诱发环境因素在导弹的使用、维护以及作战等活动中形成,包括重力场、温度场、冲击、振动、有害气体、磨损、腐蚀介质、爆炸冲击波、核辐射、电磁辐射等。在这两大类因素共同作用下,环境适应程度若超出导弹原有设计界限,就会对转型期的海军战术导弹产生严重危害。文中提出8种环境因素作为环境适应性评价的指标:温度、湿度、太阳辐射、沙尘、盐雾、电磁场、机械冲击和任务性质^[6-7]。

2.3 建立BP网络模型

前人研究经验表明,一个3层BP神经网络可以实现逼近任何连续函数。文中建立的BP神经网络为3层网络,并在输入层之前引入归一化层用于环境因子的数据处理。输入层拥有8个节点,分别表示8个环境因子;输出层有1个节点,表示环境适应性水平。隐层的确定采用经验公式和试错法相结合

的方法,在网络误差允许的范围内,确定隐层节点数为9,网络模型如图2所示。

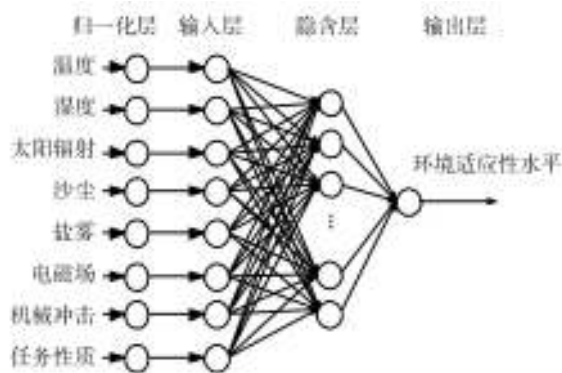


图2 环境适应性BP模型

Fig. 2 The BP model of environmental worthiness

BP神经网络的隐层和输出层神经元的传递函数均采用logsig函数。学习函数采用learngdm函数,该函数为梯度下降动量学习函数,它能利用网络学习速率和动量来计算权值或阈值的变化率。训练函数取trainlm函数,这因为LM算法能在不计算Hessian矩阵的情况下获得高阶的训练速度,且具有较好的鲁棒性。

2.4 网络训练

BP网络所用的数据来源于经贝叶斯方法处理后的试验数据。文中用30组数据进行仿真,前25组数据用于网络的训练,后5组用来评估环境适应性水平,并比较分析评估误差水平。由于各因素的量化标准、类型和量纲有很大差异,在数据处理上利用9级量化理论,将各因素的属性值进行统一量化,以便能达到输入层数据的要求。

网络训练是将网络的输入和输出作用于网络,不断调整其权重和阈值,使网络误差函数达到预期设置范围,从而实现输入输出间的非线性映射。

利用Matlab实现上述BP神经网络模型,得到的仿真结果见表1,仿真误差曲线如图3所示。

2.5 仿真结果分析

BP网络在第16步就达到了预期的误差范围,这主要是因为程序中采用了LM训练函数,收敛速度快。由仿真结果可知,BP神经网络实际输出的环境

表1 仿真结果

Table 1 Simulation result

样本	原始值	仿真值	绝对误差
26	0.85(高)	0.84(高)	1.2%
27	0.70(中)	0.71(中)	1.4%
28	0.93(高)	0.90(高)	3.2%
29	0.39(低)	0.42(低)	7.6%
30	0.77(中)	0.79(中)	2.6%

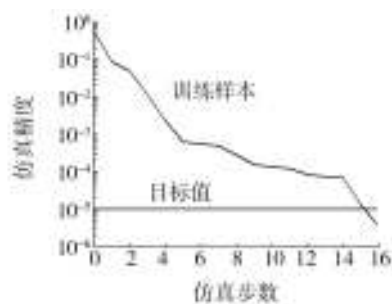


图3 训练曲线

Fig. 3 Training curve

适应性水平与期望值相近,最大误差为7.6%,环境适应性水平等级判断基本一致,出现较大误差有以下原因。

1) BP网络易陷入局部极小。从环境适应性数据训练的角度,其网络是基于梯度下降的,如果只强调网络误差或者能量函数的单调下降,会引起网络呈现“只下不上”的情况,从而导致算法陷入局部极小而无法做到全局最小。

2) 网络泛化能力差。BP网络的泛化能力主要由训练的样本数量和质量,网络的初始权值和阈值设置,目标函数的复杂程度决定。文中由于样本数量较少,网络的学习能力不是很理想,计算结果差异较大,所以网络泛化能力较差。

3 环境适应性控制与对策

环境适应性控制与对策研究主要在获得不同导弹的环境适应性量化的具体指标之后。分析其主要的影响因素,制定相应的环境控制策略,分别对承研制单位、使用平台(舰艇、飞机、车载)部队和导弹保障单位给出对策建议,主要有以下3个方面^[9]。

1) 要注重海军战术导弹的环境适应性的基础研究,将环境适应性放入导弹武器装备的研制、生产、贮存和使用的全寿命周期来考察。要注重环境测量、数据采集,针对导弹武器装备在沿海地区的使用特点,抓紧建立全寿命周期内的环境数据库,并从试验技术、评价方法等诸多环节综合研究其环境适应性。

2) 加强工程研制阶段的装备环境适应性分析、设计、试验与评价。可以通过改进设计和工艺,加强环境应力试验增强导弹的环境适应性水平,尤其是根据作战任务要求,增加转型期导弹特殊的环境试验要求,包括随机振动、温度循环、温度冲击、组合环境、机械冲击等。

3) 导弹装备部署后,无法从设计上改进环境适应性,只能从具体操作上来进行,可以说是“补救”措施。工作重点是指导军方运用正确的方式、方法改进和加强对导弹装备的“补救性”维护和保障,以减少因环境变化对导弹的可靠性和战备完好性的影响。

4 结论

利用BP神经网络评估转型期海军战术导弹环境适应性水平,分析了自然和诱导环境因素,提取了8种对导弹影响较大的环境因子,建立了BP神经网络模型,并进行了仿真。结果表明,该方法能较好地处

理环境适应性评估中模糊及非线性问题。同时,针对导弹武器的全寿命管理要求,对新研制、工程研制、部署后的导弹分别提出了不同的环境适应性对策。

参考文献:

- [1] 朱凯. 精通 MATLAB 神经网络[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
- [2] 段楠楠,赵英俊,周豪. 地空导弹装备环境适应性研究与分析[J]. 装备环境工程,2009,6(6):88—91.
- [3] 吴勋,孟涛. 地地导弹环境适应性分析[J]. 装备环境工程,2006,3(1):30—34.
- [4] 祝耀昌,王丹. 武器装备环境适应性要求探讨[J]. 航天器环境工程,2008,25(5):416—422.
- [5] 周林,陶建锋,王君. 地空导弹装备环境适应性模糊综合评价模型研究[J]. 装备指挥技术学院学报,2006,17(2):62—65.
- [6] 王群,陈之光,汪文峰. 基于灰色理论电子装备环境适应性评判模型[J]. 装备环境工程,2010,7(6):94—98.
- [7] 常新龙,龙兵. 固体火箭发动机高原荒漠环境适应性分析[J]. 装备环境工程,2010,7(5):73—76.
- [8] 张德丰. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [9] 杨森,李曙林. 环境对军用飞机的影响及适应性对策[J]. 装备制造技术,2008,5(2):49—55.

(上接第26页)

软件系统。硬件部分主要囊括了机柜、电缆网等设备。软件部分在LabView开发平台下研制,实现了多台电源的灵活配置与使用。该测控系统实现了电源的远程配置与控制,已在KM7、舱外航天服试验舱等多个真空热试验设备中得到使用与验证。

参考文献:

- [1] 刘畅,王亦荣. 真空热试验测控软件系统架构设计[J]. 航

天器环境工程,2010,27(3):327.

- [2] 陈锡辉,张银鸿. LabView 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2007:2—6.
- [3] 罗转翼,程桂芬,付家才. 控制工程与信号处理[M]. 北京:化学工业出版社,2004:147—148.
- [4] Agilent Technologies. User's Guide [K]. 2006. (余不详)
- [5] 顾苗,刘劲松. 真空热试验中闭环温度控制参数分析[J]. 航天器环境工程,2010,27(5):611—615.