**基于CPN的电磁干扰的预测**

李光昊

摘要

电子设备的发展与普及带来了更加复杂的电磁环境，使得研究者从单纯的抗干扰转向了综合的电磁兼容性（Electromagnetic Compatibility, EMC）技术。电磁干扰(Electromagnetic Interference, EMI)预测则是电磁兼容性技术中的重要部分。传统的电磁干扰预测方法具有一定的局限性，且模型建立的过程较为困难。针对传统方法的不足之处，本文提出了应用人工神经网络（Artificial Neural Network, ANN）解决电磁干扰预测问题的方法。传统的采用误差反向传播（Back Propagation, BP）算法的前馈神经网络具有一定局限性。为了获得更好的预测效果，最终选择使用引入了无监督的竞争学习加以改进的对向传播神经网络(Counter Propagation Network, CPN)进行电磁干扰预测模型的建立，同时使用模拟退火算法进行优化。选择适当的系统参数作为输入样本，造成的干扰结果作为输出样本，通过对向传播神经网络进行训练，建立基于对向传播神经网络的预测模型。通过实际实验的检验，证明了该方法的有效性。

关键词：电磁兼容；预测；人工神经网络；电磁干扰；对向传播网络

Abstract

The development and popularization of electronic equipment has brought about a more complex electromagnetic environment, which has led researchers to shift from simple anti-interference to integrated electromagnetic compatibility (EMC) technology. Electromagnetic interference (EMI) prediction is an important part of electromagnetic compatibility technology. Traditional electromagnetic interference prediction methods have certain limitations, and the process of model establishment is difficult. Aiming at the deficiencies of traditional methods, this paper proposes a method to solve the electromagnetic interference prediction problem by using Artificial Neural Network (ANN). Traditional feedforward neural networks using Back Propagation (BP) algorithm have some limitations. In order to obtain a better prediction effect, we finally chose to use the Counter Propagation Network (CPN), which was improved by unsupervised competitive learning, to establish the electromagnetic interference prediction model and use the simulated annealing algorithm to optimize it. The appropriate system parameters are selected as input samples, and the resulting interference results are used as output samples. Through the training of counterpropagating neural networks, a prediction model based on counterpropagating neural networks is established. Through the test of practical experiments, the effectiveness of the method is proved.

Keywords: electromagnetic compatibility; prediction; artificial neural network; electromagnetic interference; counter propagation network

引言

自移动通讯设备问世以来，移动通信、WiFi网络等电子技术不断进步与发展，使得电子设备不断普及，并且广泛应用于日常生活之中。但是，电子设备工作时会产生电磁辐射，使得空间电磁环境复杂化，以至对空间中工作的其他电子设备产生严重的影响。与此同时，我们对电子设备的抗干扰性能也提出越来越高的要求。基于这样的现实，综合的电磁兼容性技术在电子设备或系统中逐渐起到至关重要的作用。

所谓电磁兼容，是指在有限的空间、时间和频谱资源条件下，各种设备可以共存、并不产生相互不利影响状态。设备的电磁兼容性，即设备在指定的电磁环境中正常工作、且不对环境和环境中其它设备产生不利影响的能力。

在电磁兼容性技术中，电磁兼容预测是其中的重要步骤之一，也是电磁兼容性设计的主要依据。电磁兼容预测的实质是对电磁干扰做出预测。电磁兼容预测的基本步骤是：基于电磁干扰的三要素，干扰源、传播途径、敏感设备，根据经验、知识、理论进行预测数学模型建模，通过实验数据进行改进，最终应用于电子设备实际工作，对干扰源在设备上产生的干扰做出准确的预测。

通过资料查找可以发现，在电磁兼容预测领域的研究已经有了诸多成果，对于许多电磁系统都建立了预测模型。然而同时这也凸显出它们的不足之处：大多数方法或模型都局限于特定的系统环境，而不具备泛化的特性。换言之，没有一种适用于普遍电磁兼容预测的模型[3]。另外，很多电磁系统具有复杂的环境，导致模型的建立十分困难，预测工作难以进行[8]。因此，我们需要寻求更加普适的预测方法，这也一直是各种科学领域的热点问题。人工神经网络研究的兴起为电磁兼容预测的模型建立带来了新的方法。

1 电磁干扰基本模型

前言中已经提到，电磁干扰的三要素分别为：干扰源、传播途径、敏感设备。这一点和声学上的噪音传播途径相类似。

干扰源的类别十分广泛，但是电磁干扰中占主要部分的一般是电磁噪声。自然的干扰源包括来自宇宙和地球大气的各种电磁辐射以及静电噪声等。人为干扰源包括各种电子设备或系统的电磁噪声。由于产生噪声的原因多种多样，人为干扰源的噪声的干扰能力越来越强，因而造成了难以处理的现状。

传播途径大致可分为传导发射与辐射发射两种。传导发射方式指电磁噪声通过导体传播。辐射发射方式则是指电磁噪声通过空间电磁辐射传播。由于传播的噪声具有较大的频率范围，加上传播距离的影响，分析处理的难度因此而增加了。

敏感设备在电磁噪声的影响下会产生电磁干扰的结果。为减小电磁噪声的影响，我们通常会对敏感设备施加抗干扰手段。随着电子技术的发展，抗干扰的成本越来越高，效果却越来越差。于是研究者就将目光转向了综合的电磁兼容技术。

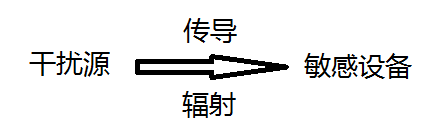


图1：电磁干扰基本模型

2 人工神经网络算法

2.1 人工神经网络的概念与特征

人工神经网络是由具有适应性的大量神经元节点组成的广泛并行互连的网络系统，它从信息处理角度对人脑神经元网络进行抽象，其组织能够模拟生物神经系统对真实世界物体所作出的交互反应，具有自学习功能与高速寻找优化解的能力，可以充分逼近任意复杂的非线性关系，学习并自适应不确定的系统，实现2个不同维空间的非线性映射[11,12]，同时具有很强的鲁棒性和容错性[1]。最近十多年来，人工神经网络的研究工作不断深入，已经取得了很大的进展，其在模式识别、智能机器人、自动控制、预测估计、生物、医学、经济等领域已成功地解决了许多现代计算机难以解决的实际问题，表现出了良好的智能特性。

2.2 人工神经网络的提出及发展历史

人工神经网络的发展充满跌宕起伏，大体上可以分为以下几个阶段：形成时期，低谷时期，复兴时期，发展时期。1943年，生理学家Mc Culloch和数学家Pitts提出了第一个神经元模型，他们的文章为网络模型和以后神经网络的开发奠定了基础。从那以后，人们开始着手对人工神经网络进行研究。1951年，心理学家Donala O. Hebb提出了Hebb法则：在神经网络中，信息存储在连接权中，神经元之间突触的联系强度是可变的，这种变化建立起神经元之间的连接。连接权值强化的Hebb法则则是构造学习型神经网络的基础。然而好景不长，在第一次神经网络的研究热潮中，人们只注重人工神经网络自学习自适应等优势，却将其本身的不足放诸脑后。Minskyh和Papert经过多年的研究，在1969年提出了对神经网络当前成果的种种质疑。他们指出当前的网络只能应用于简单的线性问题，却不能有效地应用于多层网络，由此开始了神经网络的低谷期。1982年，美国物理学家Hopfield博士提出了Hopfield反馈神经网络模型理论。由于Hopfield网络的实现解决了优化组合问题中具有代表性的TSP问题，大量学者又重新开始了对神经网络的研究。90年代以后，国内外研究人员进一步改进和延伸了神经网络领域，并取得了突出的成果。[5]

2.3 误差反向传播神经网络

误差反向传播神经网络简称BP网络，由Paul Werbos在1974年提出。该算法由信号正向传播和误差反向传播两部分组成，输入信号经过权值矩阵计算传入下一层，输出信号与样本的误差会对权值矩阵进行调整，最终达到最小化误差的结果。标准BP网络一般分为三层：输入层、隐含层、输出层。其中输入层神经元节点个数对应输入向量维数，输出层神经元节点个数对应输出向量维数。隐含层节点一般由经验公式确定，设输入层神经元节点个数为m，输出层神经元节点个数为n，隐含层神经元节点个数为l，则或者 [7]。

BP网络虽然结构简单，功能强大，但是它也具有一定的缺陷。其中比较主要的缺陷就是局部搜索能力较差，易陷入局部最优解。因此在实际应用上一般会与一些优化算法共同使用。比较常用的有模拟退火算法（Sim-ulated Annealing, SA）与遗传算法（Genetic Algorithm, GA）[2]。

3 对向传播预测网络的设计

1987年，Robert Hecht-Nielsen提出了对向传播网络。该网络的标准结构与标准的BP网络十分相似，均为三层结构，由输入层、竞争层、输出层组成。对向传播网络既具备有监督学习导向性强的优点，同时也拥有无监督竞争学习分类聚类的特点。同时在学习率的控制上采用退火函数进行控制。

具体过程如下：

(1) 将内星权值按经验赋值或随机赋值，并做归一化处理。输入向量同时也归一化。

(2) 输入向量进入网络输入层，经运算确定竞争层中获胜的神经元

(3) 按规则调整获胜神经元的内星权向量。

(4) 重复(2)(3)直至学习率下降至0。

同理调整竞争层到输出层的外星权向量。

经实验确定最优的竞争层神经元节点数。

4 实验

5 结论

参考文献

[1] 韩立群. 人工神经网络[M]. 北京:北京邮电大学出版社，2006.

[2] 杨天鹏,马齐爽,谢清明.基于神经网络的电磁干扰的预测[J].北京航空航天大学学报,2013,39(05):697-700+705.

[3] 李永明,祝言菊,李旭,俞集辉,汪泉弟.电磁兼容的人工神经网络预测技术分析[J].重庆大学学报,2008(11):1313-1316+1322.

[4] 朱大奇.人工神经网络研究现状及其展望[J].江南大学学报,2004(01):103-110.

[5] 毛健,赵红东,姚婧婧.人工神经网络的发展及应用[J].电子设计工程,2011,19(24):62-65.

[6] 张林昌.发展我国的电磁兼容事业[J].电工技术学报,2005(02):23-28.

[7] 沈花玉,王兆霞,高成耀,秦娟,姚福彬,徐巍.BP神经网络隐含层单元数的确定[J].天津理工大学学报,2008(05):13-15.

[8] RUDDLE A R, FERRIERES X. Experimental validation of time-domain electromagnetic models for field coupling into the interior of a vehicle from a nearby broadband Antenna[J]. IEE Proc Sci Meas Technol, 2004, 151(11):430-433.

[9] 张志华,史罡,郑南宁,王天树.模糊对向传播神经网络及其应用[J].自动化学报,2000(01):60-64.

[10] 张志华,郑南宁,史罡.模糊对向传播神经网络的学习算法[J].电子学报,1999(11):100-102.

[11]银涛,俞集辉.基于人工神经网络送电线路工程造价的快速估算[J].重庆大学学报:自然科学版,2007,30(1):36-41.YIN TAO, YU JI-HUI. Cost estimation oftransmission line based on artificial neural network[ J].Journal of Chongqing University: Natural ScienceEdition,2007, 30(1):36-41.

[12]符俊,吴淑利. BP神经网络在工程造价估算中的应用[J].交通科技与经济, 2005, 5(3): 22-23.FU JUN, WU SHU-LI. Application of BP neuralnetwork in engineering cost estimation[ J]. Technology& Economy in Areas of Communications, 2005, 5(3):22-23.

[14] HOCKANSON D M, DREWNIAK J L, HUBBING TH. FDTD modeling of common-mode radiation fromcables[ J]. IEEE Trans Electromagn Compat, 1996,38(3):376-387.

[15] SABATH F, GARBE H. Radiation analysis of PCBlayout using a hybrid MoM-MTL method[ J]. IEEETransactions on Electromagnetic Compatibility, 2003,45(2): 424-435.