

神经网络在信号处理中的应用

徐金梧 梁 静

北京科技大学机械系, 北京 100083

摘要 运用BP网络来消除信号的随机噪声和模式识别. 作为例子, 考虑了正弦波、矩形波和三角波3种信号. 在50%噪声情况下, BP网络仍能有效地消除这3种信号中的随机噪声并正确地找出它的理想模式.

关键词 神经网络, 信号处理 / BP网络, 随机噪声, 模式识别

中图分类号 TP18, TN911.7

Signal Processing Using Neural Network

Xu Jinwu Liang Jing

Department of Mechanical Engineering, USTB, Beijing 100083, PRC

ABSTRACT In this paper, BP network is used to remove random noise in signal and to recognize ideal patterns. As an example, three signals, sine-wave, rectangle-wave and triguetrous wave are discussed. In the case of 50% noise, BP network can effectively remove noise in the signals and exactly fit them into their ideal patterns.

KEY WORDS neural networks, signal processing / BP network, random noise, pattern recognition

最近几年来, 人工智能中的一个重要分支—神经网络在理论上取得了大量突破性的发展, 引起了国内学术界、工业界的高度重视和极大关注. 它的发展为人工智能模式识别与信息处理等学科的研究带来了新的希望. 由于神经网络具有自组织、自学习和并行分布信息处理的特点, 神经网络在模式识别信号处理及最优化问题等方面得到了广泛的应用. 有人认为, 它有可能导致一场新的工业革命.

本文将探讨神经网络中使用最广泛的BP网络(Back Propagation Network)在信号处理中的应用. 主要是用BP网络来消除信号中的随机噪声, 并自动判别其理想模式.

1 BP网络的基本特征和学习方式

通常, BP网络被认为是一个具有高度非线性的静态系统, 目前多数用于诊断、预测等问

题。

神经元是神经网络的基本处理单元, 它一般被认为是一多输入、单输出的非线性器件, 其结构模型如图 1 所示。

其中, X_j 表示输入信号, W_{ij} 表示从第 j 个神经元所输出的信号连接到第 i 个神经元上的连接权, Q_i 为第 i 个神经元的阈值。 μ_i 表示第 i 个神经元的状态。 $\sigma_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} X_j - Q_i$ 表示第 i 个神经元的电位值。 $f(\sigma_i)$ 称为转换函数或激活函数。对于 BP 网络这类连续性网络, 它常取 S 状函数, $\mu_i = 1 / [1 + \exp(\sigma_i)]$, 如图 2 所示。

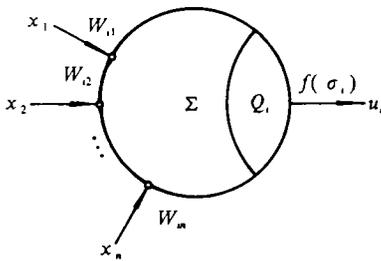


图 1 神经元结构模型

Fig. 1 Structure model of a neuron element

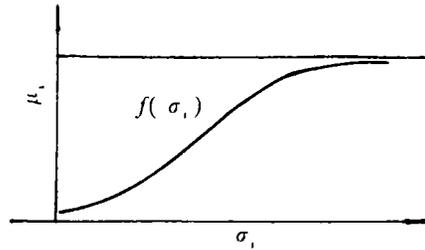


图 2 S 状转换函数

Fig. 2 Sigmoid function

BP 网络是一种典型的多层非线性映射网络, 其拓扑结构如图 3 所示。

对于这种无反馈的多层前向网络的学习问题, 目前主要采用最小均方差的方法。它是建立在梯度下降法的基础上, 有教师指导的学习方法。具体地说, 对于一组已知其输入与目标输出的样本集, 逐个输入样本对 $\{X_i\}$ 与 $\{Y_i\}$, 用梯度下降法计算 W_{ij} 的增量值 ΔW_{ij} , 反复迭代, 使系统学习后的输出值与期望输出值的误差最小。

用这种学习方法所得到的连接权 W_{ij} , 阈值 Q_i 使得系统对于这些样本集具有最小的均方误差。这个思想常常被用来解决诊断问题。譬如, X_i 可以被认为是特征, 而 Y_i 表示故障原因。如果已知在不同故障原因情况下, 它们所呈现的特征量, 那么通过学习可以将输入层 (特征) 与输出层 (故障原因) 之间的映射关系凝结在连接权 W_{ij} 和阈值 Q 上。在实际诊断过程中, 可以根据已知的 W_{ij} 、 Q 和新的特征量 X 来确定它的故障向量 Y 。同样的方法也可用于医学诊断^[2]。

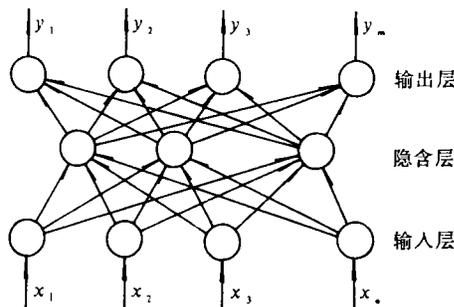


图 3 BP 网络的拓扑结构

Fig. 3 Topology of BP Network

2 BP网络用于消噪和模式识别

在工业控制和信号处理中，从传感器所获得的信号常常伴有噪声，这给信号识别带来了很大的麻烦。在一般的信号处理方法中，噪音的消除往往通过时域中的自相关分析法和频域中的各种滤波方法来完成。但自相关分析仅对淹没在噪音中的周期信号和瞬时信号较为有效。因此，直接采样得到的时域信号往往得不到很好的利用。尤其对于实时控制系统要求的对信号进行快速处理，确定它们属于哪一种模式时，就更显得力不从心。

神经网络用于消噪和模式识别，目前多采用Hopfield网络^[3]和双向联想网络^[4]。这两种网络都是利用它们的联想记忆能力来实现消噪和模式识别的。但这两种网络在实现联想记忆时多采用离散网络。离散型的Hopfield网络不仅收敛速度慢，而且常常不能得到精确解。离散型的双向联想网络需要编码和满足正交性条件。同时，这种网络在作信号识别时为了提高它们的分辨率，需要划分大量的网络，这就要求计算机具有很大的内存空间，这些限制了它们在实时控制系统中的应用。

BP网络的消噪能力以前一直没有引起人们的注意。最近，我们使用BP网络对信号进行处理，不仅消除信号中的噪声，同时实现信号的模式识别功能。具体方法如下：

(1) 选择信号中几种典型的模式作为目标输出。

(2) 确定提供BP网络学习的样本集。

(3) 按BP网络的学习算法对样本集进行学习，以得到满足精度要求的各层的连接权 W_{ij} 和阈值 Q_i ，学习过程结束。

(4) 网络进行工作时，将待识别的带有噪声的信号输入到输入层，用前向网络计算其输出值。

(5) 为了提高计算精度，将所得的输出值作为输入再次送到输入层，以得到新的输出，直到本次输出结果与上次输出结果的差小于某一给定值为止，工作过程结束。

通过对BP网络的工作状态进行改进，增加了反馈，可以保证一般的学习精度也能得到较好的工作效果。实现信号的消噪和模式识别，这种方法运算效率高，消噪效果好。

3 计算实例

在下面的讨论中，选择了3种典型的信号，它们是：正弦波、矩形波和三角波。输入层

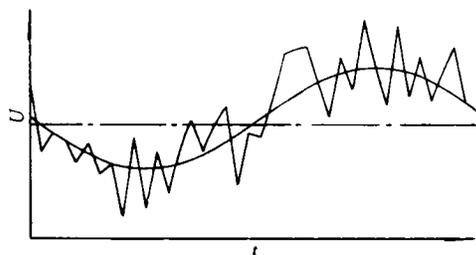


图4 用BP网络消噪后的正弦波
Fig. 4 Sine wave after removed random noise with BP network

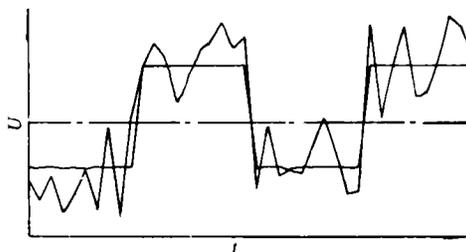


图5 用BP网络消噪后的矩形波
Fig. 5 Rectangle-wave after removed random noise with BP network

和输出层均为 40 个神经单元。隐含层为一层, 神经元的个数为 10 个。这里选择的输入层和输出层具有同样的单元个数, 是由于输出层的结果对应着滤波以后的输入层信号, 即最终的输出层的信号表示消噪以后的信号。

在学习阶段, 将带有噪声的信号与它们所对应的目标信号作为样本提供给 BP 网络进行学习, 从而确定了这 3 种典型模式的记忆状态, 即它的连接权 W_{ij} 和阈值 Q_i 。

在工作阶段, 将待处理的信号输入到输入层, 经过几次迭代, 使输出结果的变化量达到某一给定值, 其输出层的状态即为消噪以后的信号。图 4~6 表示带有 50% 噪声信号的正弦波, 矩形波和三角波经过 BP 网络三

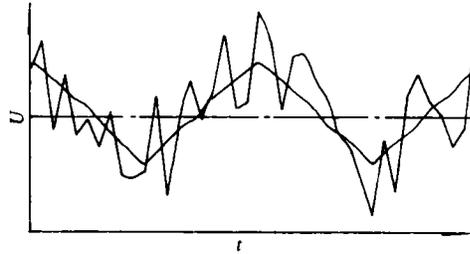


图 6 用 BP 网络消噪后的三角波

Fig. 6 Triquetrous wave after removed random noise with BP network

次迭代处理后所得到的理想信号。从这些结果可以看出, BP 网络具有极强的消噪能力。事实上, 当噪声高达 90% 以上时, BP 网络仍能正确地识别其理想的模式, 并能消除信号中的噪声。这里, 消噪以后的信号即表示原始信号所属的模式。

4 结论

本文运用 BP 网络有效的消除了信号中的噪声并自动识别出信号的理想模式。

BP 网络消噪方法不同于其它滤波方法, 它能实现宽频带范围内滤波。从 BP 网络的学习方法可以看出, 用 BP 网络进行模式识别是基于误差最小的距离分类方法, 即将带有噪声的信号匹配到距正确模式中最近的那个模式作为其理想模式。

参 考 文 献

- 1 焦李成. 神经网络系统理论. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1990
- 2 Saito Nakano R. Medical Diagnostic Expert System Based on PDP Moded. In: Proceeding of IEEE Inter Conf. On Neural Networks. 1988. 225~262
- 3 曹焕光. 人工神经网络. 北京: 气象出版社, 1992
- 4 庄镇泉等. 神经网络与神经计算机. 北京: 科学出版社, 1992