

# ECG/PLG 智能分析系统

范云晶 王汝笠 王 君

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

**摘要** 提出一种能够快速获取并处理人体心电(ECG)、脉搏(PLG)信号的系统. 本系统在传统的数字信号处理技术的基础上, 采用了自适应神经网络技术和子波技术. 实验结果表明: 该系统在人体健康信息的获取、分析和识别方面具有较好的性能, 并易于进一步小型化.

**关键词** 心电图, 脉搏图, 子波, 神经网络.

## 引言

人体各器官、各系统的功能互相联系和协调, 使人体成为统一的整体. 同时, 人体的内外环境都在不断地变化, 当外界和内在因素发生变化时, 体内各功能都需要进行相应的调整, 以适应这种变化. 因此, 通过对足够详细的人体信号的监测完全可能推知整个人体大致的健康状况. 但是, 人体信号(如心电(ECG)和脉搏(PLG))是非常复杂的, 影响它们的因素很多, 并且总是处在干扰(噪声)的作用下. 以 ECG 为例, 不同的人或同一个人健康和患病状态下的 ECG 均是不同的. 即使对同一个健康人, 他的姿势不同、所处情绪状态不同、运动状态不同、电极放置位置不同等等都会影响他的 ECG 信号. 按照现在医学界所采用的标准导联诊断法, 要实现方便、早期、准确诊断疾病等要求是很困难的. 人工神经网络采用大规模并行处理和分布式存储, 具有很强的容错性、联想能力和学习能力, 为识别提供了新的途径. 我们在这里提出一种利用人工神经网络的自适应诊断思想, 能够方便、早期、准确地判断人体的健康状况. 这里的自适应是指能够处理由噪声引起的模式失真、根据环境的改变自适应地调整处理过程、根据模式数据结构对存储器和模式分类器的内部结构进行自适应地自组织<sup>[1]</sup>.

## 1 系统的工作原理

如图 1 所示, 系统在使用之前, 先对人工神经网络进行训练, 让网络对于不同的用户自适应地建立不同的健康模型. 在训练中, 用户被允许参与(也可以不参与), 用户可以有针对性地训练网络, 也可以微调训练后的一些权值、阈值等结果, 以使模型更加适合自己. 训练完成后, 网络得到了大量人体信息并存储于神经元的互阵中. 而后, 系统不断地采集人体信号, 并由神经网络处理, 这些数据与网络所记忆的模式相比较. 对于一些小的畸变和干扰, 网络

自动予以摒弃;对一些因运动、姿势等引起的较大变化,由于神经网络在训练中得到充分的学习因而会做出正确判断;只是对于一些健康原因的本质的变化,才会引起网络输出的变异,一旦超出学习中所设定的阈值,则判断为异常,系统就具有了自适应的诊断功能。

## 2 系统的硬件设计

如图 2 所示,系统硬件主要完成以下功能:心电和脉搏信号的收集,降噪目的的滤波,对所采集信号的采样保持和模-数转换,对电极脱落和传感器断线的检测,外设与微机的接口以及人机对话,红外发射报警与接受。

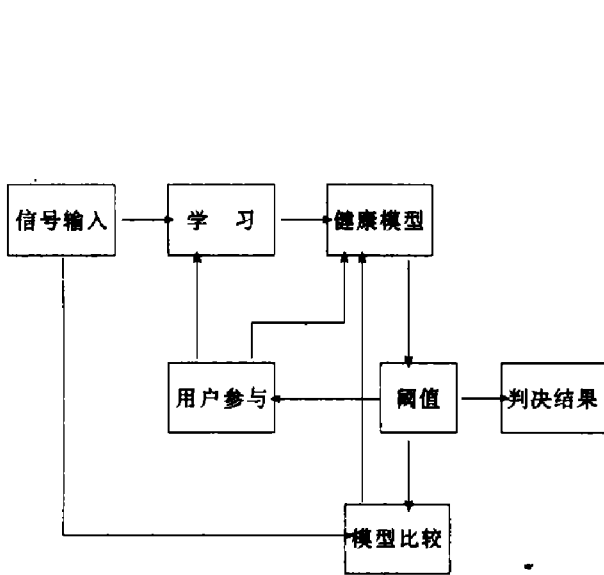


图 1 人体信息适应处理原理

Fig. 1 Principle of human information adaptive processing

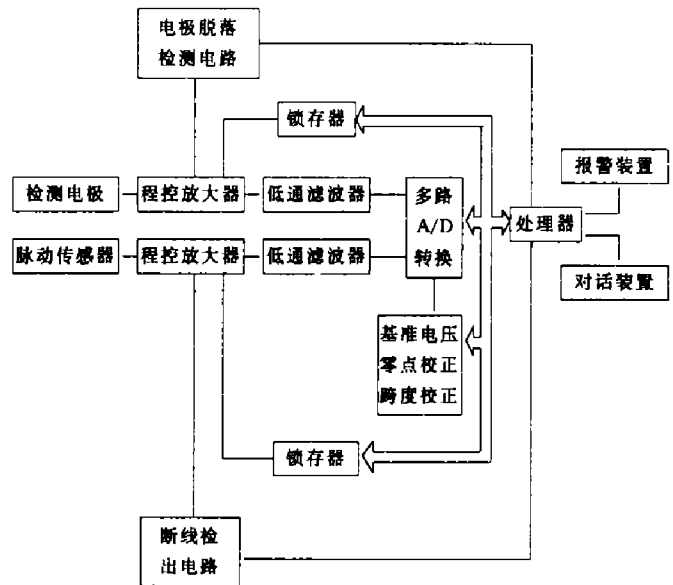


图 2 系统的硬件结构

Fig. 2 Hardware structure of the system

## 3 信号处理

在对所采集信号进行平滑、消除趋势项等预处理后,对其进行子波变换,然后交由 BP 网学习,待学习结束后,即可用来分析、处理 ECG/PLG 信号。

### 3.1 WT 应用

在研究中,我们选用下述母子波<sup>[2]</sup>

$$\Phi(x) = \left( \frac{\sin(x)}{x} \right) \exp(j2x). \tag{1}$$

由该母子波,经简单变化可得到下列子波集:

$$\Psi_a(x) = \frac{1}{a} \left[ \frac{\sin(x/a)}{x/a} \right] \exp(j2x/a). \tag{2}$$

在研究中,  $a_n = 2^n$ , 即  $(a_0, a_1, a_2, a_3) = (2^0, 2^1, 2^2, 2^3)$ 。

图 3(a)和(b)表示对两个 ECG 信号进行子波变换的情况。由(a1~a4)和(b1~b4)可看

出,在进行子波变换后,时域中相似信号的差别变得十分明显.把这种变换值作为输入,传递给神经网络,变信号原始输入为 WT 特征值输入,由于 WT 具有对称性并且放大了模式间的差别,则神经网络的节点数和互连数都可以大量减少,学习所需的时间也大大缩短,并能减小由于神经网络容错性而导致的失误,使得识别具有较高的可靠性.

### 3.2 BP 网的应用

BP 网络借助容错性和联想能力,能够模拟医生在临床诊断中运用的直觉和模糊诊断功能.分别构造一个 150 个输入节点、50 个隐层节点、6 个输出节点的三层网络和一个 50 个输入节点、10 个隐层节点、6 个输出节点的三层网络来处理 ECG 和 PLG 信号,分别选取 30 种 ECG(分为 6 类)和 PLG(分为 5 类)信号作为训练集,非线性函数选用

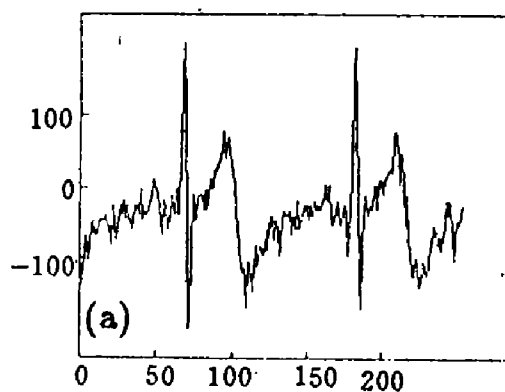
$$f = \frac{1}{1 + e^{-(netj + \theta_j)/\theta_0}} \quad (3)$$

式中  $netj$  是第  $j$  个神经元的输入值,  $\theta_j$  是阈值,  $\theta_0$  是为了调节函数的形状.在训练误差小于 0.01 后,两种网络都具有了较好的分类能力,在给训练集加上为信号幅度 10% 的随机噪声后,网络仍然能够正确识别.在对各 20 个 ECG、PLG 信号组成的测试集的识别中,网络基本上都能正确判断,只有 10% 的拒识率.

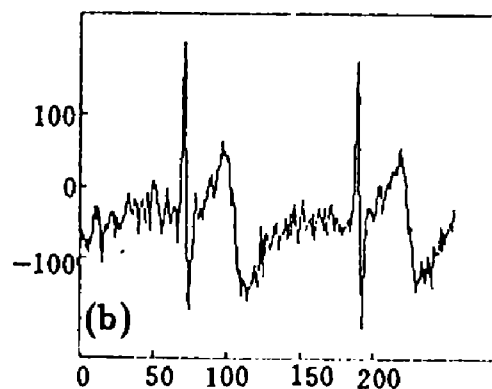
为了减少训练时间,学习速率  $\eta$  不取固定值,取为总误差  $E$  的函数,试验表明,这样取定学习速率,可明显缩短训练时间.

## 4 结语

对 ECG、PLG 各 20 组信号的初步实验结果表明系统具有较好的分析、识别能力.要达到实用化,系统在实时处理、在容量网络的快速训练、集成小型化方面还要做进一步的工作.



ECG 信号 1



ECG 信号 2

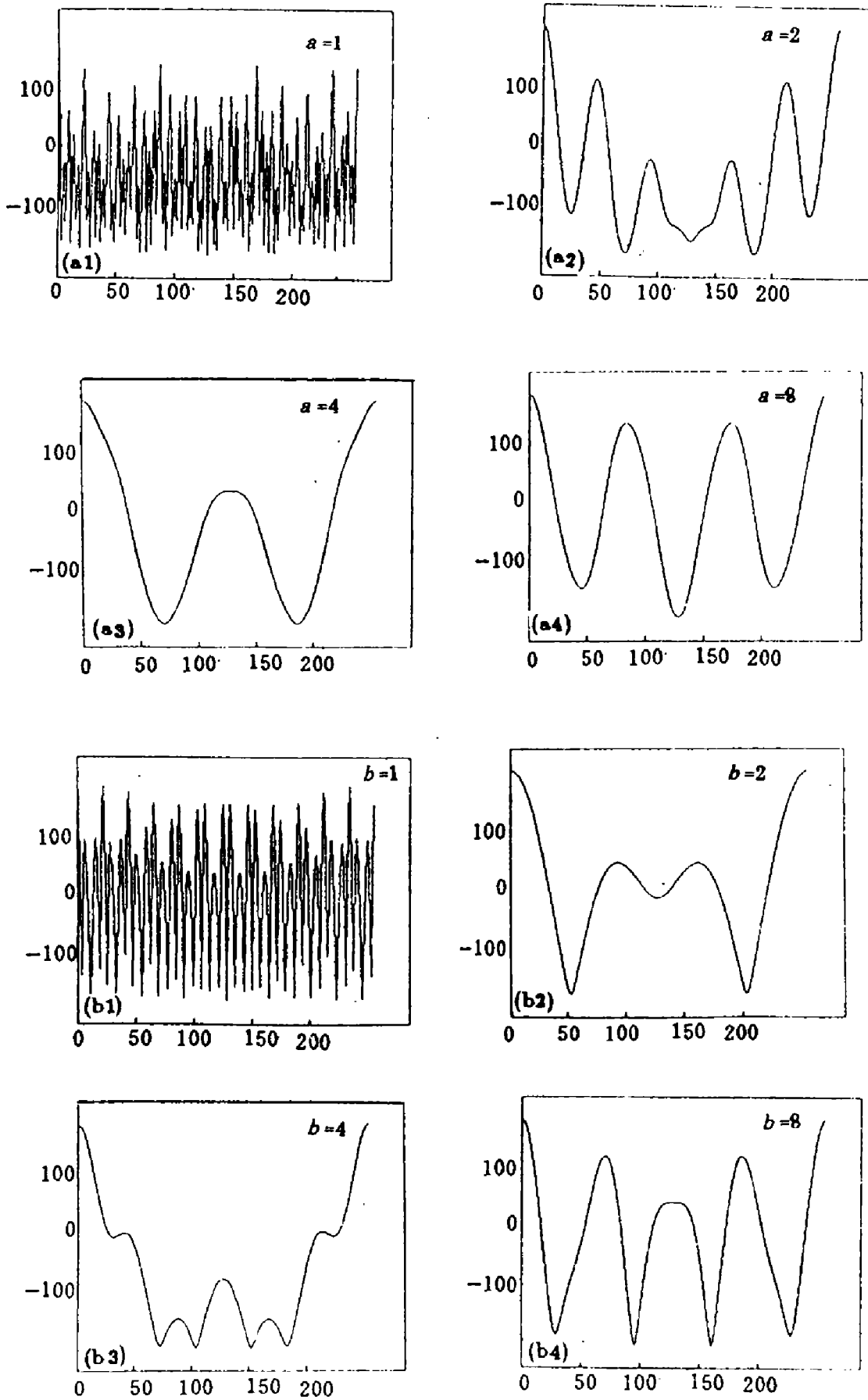


图 3 两组 ECG 信号及其 WT 结果

Fig. 3 Two sets of ECG signals and their WT results

### 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 McAulay Alastairs D. *Optical Engineering*, 1993,32:6

## ECG/PLG INTELLIGENT ANALYSIS SYSTEM

Fan Yunjing Wang Ruli Wang Jun

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 20083,China)

**Abstract** The system which can quickly obtain and deal with signals of electrocardiogram (ECG) and pulsilogram (PLG) is presented. Based on traditional digital signal processing, the adaptive neural network and wavelet techniques are adopted. Experimental results show that the system has great potential in obtaining, analyzing and recognizing human health information. It is easy to obtain a miniaturized version of this system.

**Key words** electrocardiogram, pulsilogram, wavelet, neural network.