

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510061152.3

[51] Int. Cl.

A61B 5/00 (2006.01)

G06T 1/40 (2006.01)

G06F 17/00 (2006.01)

G06Q 50/00 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 4 月 12 日

[11] 公开号 CN 1757375A

[22] 申请日 2005.10.18

[21] 申请号 200510061152.3

[71] 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号

[72] 发明人 宁钢民 苏 杰 杜 娟 李晨虹
代开勇 白 岩 郑筱祥

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司
代理人 韩介梅

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称

基于人工神经网络的高血压患者心血管危险
分层评估方法

[57] 摘要

本发明公开的基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法,通过输入被测者的收缩压,舒张压,体重指数,射血时间,每搏输出量,心输出量,血管硬化指数,脉搏波传导速度,系统血管阻力指数,左心工作指数十个参数,利用神经网络方程 $Y = f_2(W_2 f_1(W_1 X + B_1) + B_2)$ 计算获得被测者的心血管危险分层。本发明方法从临床检查得到的心血管参数出发,客观评估高血压患者心血管危险,可以消除医生实际操作中引入的主观不确定性。本发明方法与国内外高血压防治指南标准的分层结果吻合率为 82.76%。

1. 基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法，其特征在于包括以下步骤：

1) 输入被测者的收缩压，舒张压，体重指数，射血时间，每搏输出量，心输出量，血管硬化指数，脉搏波传导速度，系统血管阻力指数，左心工作指数；

2) 利用神经网络方程 $Y = f_2(W_2 f_1(W_1 X + B_1) + B_2)$ ，以步骤 1) 输入的各量作为参数计算被测者的心血管危险分层 Y ；式中 X 为步骤 1) 中参数构成的向量， f_1 是 S 型传递函数， f_2 是线性传递函数， W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 为常数矩阵。

2. 根据权利要求 1 所述的基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法，其特征在于常数矩阵 W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 预先通过利用已有患者信息数据库中的心血管参数作为神经网络方程的输入，标准的心血管危险分层作为目标输出，采用误差反传算法获得。

3. 根据权利要求 2 所述的基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法，其特征在于信息数据库中的心血管参数包含：收缩压，舒张压，体重指数，射血时间，每搏输出量，心输出量，血管硬化指数，脉搏波传导速度，系统血管阻力指数，左心工作指数。

4. 根据权利要求 1 所述的基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法，其特征在于心血管危险分层分为暂无或一般危险、低度危险、中度危险、高度或重度危险四层。

基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法

技术领域

本发明涉及一种基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法。

背景技术

心血管危险绝对水平分层（以下简称危险分层）是一个国际通用的心血管状态特征参数，其意义在于可以了解患者血压水平及其他危险因素对心血管系统的影响和预后。《中国高血压防治指南》、《1999WHO/ISH 高血压处理指南》（以下简称 WHO99）、《欧洲高血压治疗指南 2003》（以下简称欧 2003）、美国国家高血压预防、检测、评价和治疗联合委员会第六、第七次报告（以下简称 JNC6、JNC7）等标准都颁布了危险分层的计算方法。然而在临床中，由于本身水平的限制、过于主观及依赖患者主述，我国临床医生对危险分层的掌握程度较低，以致影响到后继的临床决策效果。

人工神经网络（artificial neural network）是一个黑箱模型，可以表达那些用机理还无法精确描述，但输入和输出之间确实存在的确定性或模糊性客观规律的问题，这个特点非常适合在这种无法写出常规算法的情况中应用。误差反传（Back-Propagation, BP）网络作为一种经典算法，恰好可以将各种标准给出的危险分层信息以权值和偏置的形式储存在网络参数中。

发明内容

本发明的目的是提供一种基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法，从临床检查得到的心血管参数出发，客观评估高血压患者心血管危险，消除医生实际操作中引入的主观不确定性。

基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法，包括以下步骤：

- 1) 输入被测者的收缩压，舒张压，体重指数，射血时间，每搏输出量，心输出量，血管硬化指数，脉搏波传导速度，系统血管阻力指数，左心工作指数；
- 2) 利用神经网络方程 $Y = f_2(W_2 f_1(W_1 X + B_1) + B_2)$ ，以步骤 1) 输入的各量作为参数计算被测者的心血管危险分层 Y ；式中 X 为步骤 1) 中参数构成的向量， f_1 是 S 型传递函数， f_2 是线性传递函数， W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 为常数矩阵。

本发明将高血压患者的心血管危险分层分为暂无或一般危险、低度危险、中度危险、高度或重度危险四层。

上述神经网络方程中的常数矩阵 W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 可以预先通过利用已有患者信息数据库中的心血管参数作为神经网络方程的输入，标准的心血管危险分层作为目标输出，采用误差反传算法获得。这里所说的信息数据库中的心血管参数包含：收缩压，舒张压，体重指数，射血时间，每搏输出量，心输出量，血管硬化指数，脉搏波传导速度，系统血管阻力指数，左心工作指数。

确定 W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 具体步骤如下：

1. 确定神经网络方程的输入

采用患者信息数据库作为输入来源。在数据库中选取足够数量的样本，对其临床检查数据经过清理和预处理后，概括为三部分：被测者基本信息、心功能参数和外周血管参数。再对其进行多元统计分析、主成分分析后确定：收缩压，舒张压，体重指数，射血时间，每搏输出量，心输出量，血管硬化指数，脉搏波传导速度，系统血管阻力指数，左心工作指数十个参数作为神经网络方程的输入。

2. 确定神经网络方程的目标输出

根据《中国高血压防治指南》，结合我国现状，并参考 WHO99、JNC7、欧2003 等相关指南制订。其中血压分类参照 JNC7 的标准简化。其他危险因素依照《中国高血压防治指南》确定。以患者信息数据库作为数据来源，综合考虑血压分级、其他危险因素将危险水平分为四层。

3. 进行误差反传计算

采用三层（包括输入层、隐含层、输出层）误差反传网络，依照试错法来选择隐含层节点数，使用 Levenberg-Marquardt Back-Propagation (LM 误差反传) 算法来更新网络的权值 W_1 、 W_2 和偏置 B_1 、 B_2 。每次更新如下：

$$wb_{k+1} = wb_k - A_k^{-1} g_k \quad (1)$$

其中 wb_k 是代表当前权值 W_1 、 W_2 和偏置 B_1 、 B_2 的矢量， wb_{k+1} 是更新后的值， A_k 是学习率，由下式给出：

$$A_k = J^T(x_k)J(x_k) + \mu_k I \quad (2)$$

g_k 是当前的梯度：

$$g_k = J^T(x_k)e(x_k) \quad (3)$$

其中 J 是网络误差对权值 W_1 、 W_2 和偏置 B_1 、 B_2 一次微分的 Jacobian 矩阵， e 是网络误差向量， μ 是一个影响学习率的标量， I 是单位矩阵。

采用均方误差 (MSE) 来评价网络性能，其定义如下：

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - a_i)^2 \quad (4)$$

其中 N 是输入的训练样本数, t_i 是由目标输出, a_i 是网络输出。当 MSE 达到预设的标准, 网络就停止训练。此外还引入了确证集作为并列的另外一个标准, 确证集的均方误差 (记为 MSE_v) 在每次训练后都要检查, 如果 MSE_v 变小, 训练过程继续, 否则停止训练, 使用当前网络参数作为最终结果。所以停止训练的综合准则如下:

$$\{ MSE \leq Threshold \} \cup \{ MSE_v^k > MSE_v^{k-1} \} \quad (5)$$

式中 k 代表第 k 次训练, MSE_v^k 和 MSE_v^{k-1} 分别表示当前和上一次训练时确证集的 MSE 。

总体来说, 训练过程包含三个步骤:

第一, 样本总集中随机选择出训练集和确证集。

第二, 为了减小神经网络方程的输出和目标输出之间的 MSE , 训练并调整网络权值 W_1 、 W_2 和偏置 B_1 、 B_2 。

第三, 如果准则式 (5) 满足, 训练停止; 否则重复第二、第三步。

神经网络方程训练完成后, W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 确定。

本发明评估方法的有益效果:

1. 利用客观测量得到的生理参数, 主要是心血管参数计算一个国际通用的心血管状态特征参数——心血管危险绝对水平分层, 消除了医生实际操作中引入的主观不确定性。

2. 执行简便, 仅仅需要被测者的心功能、外周血管和一些基本信息数据, 省去了其他繁琐的检查, 比如生化检查等, 节省了成本。

3. 应用了 BP 网络为核心的数据挖掘技术, 证明了危险分层和心血管参数之间确实存在联系, 找出了对危险分层影响较大的若干心血管参数。

附图说明

图 1 是本评估方法测试结果的比较图。

具体实施方式

以下结合实施例进一步说明本发明。

神经网络方程 $Y = f_2(W_2 f_1(W_1 X + B_1) + B_2)$ 中常数矩阵 W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 的确定:

a) 利用某医院 261 例患者的信息数据库, 整理出其中的基本信息、心功能及外周血管参数等, 对这些参数进行多元统计分析, 主成分分析后确定以下参数: 收缩压 (SBP), 舒张压 (DBP), 体重指数, 射血时间, 每搏输出量, 心输

出量，血管硬化指数，脉搏波传导速度，系统血管阻力指数，左心工作指数作为神经网络方程的输入。

b) 针对 261 例患者，依照《中国高血压防治指南》，结合我国现状，并参考 WHO99、JNC7、欧 2003 等相关指南制定简化的心血管危险分层表（表 1）。其中血压分类参照 JNC7 标准简化分为 4 级，其他危险因素依照《中国高血压防治指南》确定为以下五项：吸烟、高血脂、糖尿病、男性大于 55 岁或女性大于 65 岁、早发心血管疾病家族史。综合考虑上述血压分级和其他危险因素，将心血管危险分层分为暂无危险，一般危险，低度危险，中度危险，高度危险及重度危险，这就是本神经网络方程的目标输出。考虑到临床执行的简便性，神经网络方程的输出简化为四层，1 层表示暂无危险或一般危险，2 层表示低度危险，3 层表示中度危险，4 层表示高度危险或重度危险。

表 1 简化的心血管危险分层表

其他危险因素	血压 (mmHg)			
	正常血压 SBP <120 和 DBP <80	高血压前期 SBP: 120-139 或 DBP: 80-89	一期高血压 SBP: 140-159 或 DBP: 90-99	二期高血压 SBP ≥160 或 DBP ≥100
无其他危险因素	暂无危险	一般危险	低度危险	中度危险
1 至 2 个危险因素	一般危险	低度危险	中度危险	高度危险
3 个以上危险因素 或有糖尿病	低度危险	中度危险	高度危险	重度危险

c) 依照试错法确定隐含层节点数为 5，均方误差 (MSE) 预设标准为 10%。261 例样本中随机选择出 174 例作为训练集，87 例作为确证集。训练完成后，确定神经网络方程 $Y = f_2(W_2 f_1(W_1 X + B_1) + B_2)$ 中的常数矩阵 W_1 、 W_2 、 B_1 、 B_2 。需要指出一点，因为标准分层的结果是 1 层到 4 层，而神经网络方程的输出是带小数的数值，所以在计算分层时作了如下处理：神经网络方程输出小于 1.5 对应 1 层；1.5 到 2.5 对应 2 层；2.5 到 3.5 对应 3 层；3.5 以上对应 4 层。

实施例 1

将某高血压患者的收缩压 174, 舒张压 91, 体重指数 21.78, 射血时间 0.3662, 每搏输出量 54.33, 心输出量 4.167, 血管硬化指数 33.93, 脉搏波传导速度 3.280, 系统血管阻力指数 3345, 左心工作指数 4.489 十个参数 (单位略) 输入计算机; 利用神经网络方程计算得到的危险分层结果是 4.0038, 对应 4 层。

该高血压患者主述不舒适症状较多, 并且未进行药物治疗, 按照表 1 判断, 标准的危险分层亦属 4 层, 为高度或重度危险。

实施例 2

将某高血压患者的收缩压 109, 舒张压 73.5, 体重指数 21.01, 射血时间 0.3092, 每搏输出量 53.33, 心输出量 3.533, 血管硬化指数 29.88, 脉搏波传导速度 3.329, 系统血管阻力指数 3403, 左心工作指数 2.611 十个参数 (单位略) 输入计算机; 利用神经网络方程计算得到的危险分层结果是 0.9964, 对应 1 层。

该高血压患者主述饮食清淡, 治疗积极, 经常运动, 按照表 1 判断, 标准的危险分层亦属 1 层, 为暂无或一般危险。

图 1 所示为 87 例高血压患者采用本发明评估得到的结果, 图中横轴为依照表 1 得到的危险分层, 纵轴为本发明评估得到的危险分层, 星号表示 87 例样本, 实线表示两种分层结果的最佳线性拟合, 两者相关系数 $R=0.993$ 。结果表明本发明评估得到的危险分层和依照表 1 判断的危险分层吻合率为 82.76%。

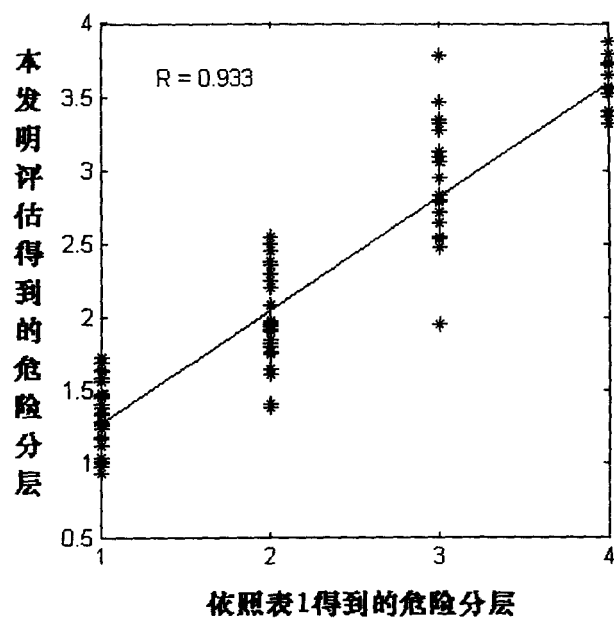


图 1

专利名称(译)	基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法		
公开(公告)号	CN1757375A	公开(公告)日	2006-04-12
申请号	CN200510061152.3	申请日	2005-10-18
[标]申请(专利权)人(译)	浙江大学		
申请(专利权)人(译)	浙江大学		
当前申请(专利权)人(译)	浙江大学		
[标]发明人	宁钢民 苏杰 杜娟 李晨虹 代开勇 白岩 郑筱祥		
发明人	宁钢民 苏杰 杜娟 李晨虹 代开勇 白岩 郑筱祥		
IPC分类号	A61B5/00 G06T1/40 G06F17/00 G06Q50/00 G06Q50/22		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开的基于人工神经网络的高血压患者心血管危险分层评估方法，通过输入被测者的收缩压，舒张压，体重指数，射血时间，每搏输出量，心输出量，血管硬化指数，脉搏波传导速度，系统血管阻力指数，左心工作指数十个参数，利用神经网络方程 $Y = f_2(W_2f_1(W_1X+B_1)+B_2)$ 计算获得被测者的心血管危险分层。本发明方法从临床检查得到的心血管参数出发，客观评估高血压患者心血管危险，可以消除医生实际操作中引入的主观不确定性。本发明方法与国内外高血压防治指南标准的分层结果吻合率为82.76%。

