

[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 200510061372.6

[51] Int. Cl.

A61B 5/00 (2006.01)

G06F 17/00 (2006.01)

G06F 19/00 (2006.01)

[43] 公开日 2006年4月19日

[11] 公开号 CN 1759804A

[22] 申请日 2005.11.2

[21] 申请号 200510061372.6

[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 王慧燕 程翼宇

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司

代理人 张法高 赵杭丽

权利要求书 4 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

中医四诊合参智能辨证方法

[57] 摘要

本发明提供一种中医四诊合参智能辨证方法，是基于贝叶斯网络的概率推理模型为基础，运用现代信号处理技术、图像识别技术提取舌象和脉象特征，进行舌象和脉象的自动分析判别，并与闻诊、问诊信息相融合，实现中医证候的计算机智能鉴别。本发明方法能进行脉象识别，给出辨脉结果，即脉象名称；能进行舌象识别，给出辨舌结果，包括舌色、苔色、舌质和苔质；在问诊界面中，用户输入病人症状，系统给出辨证结果；可对典型病例进行存储；具有自学习功能，若收集大量、可靠病例，可对系统进行更新及报表打印；是现代科学手段在发展中医诊断鉴别方面的现实应用。

1. 一种中医四诊合参智能辨证方法，其特征是：通过提取舌象和脉象特征，进行舌象和脉象的自动分析判别，并与闻诊、问诊信息相融合，通过以下技术方案实现：

### (1) 数据获取

1) 由压力可调的脉诊传感器置于病人腕部挠动脉处获得脉搏电压信号，经由脉象采集电路，转换为数字信号，输入计算机获得脉象图，

2) 病人通过一个人脸模具将舌头伸入采集盒中，由程序控制相机拍摄得到舌象图，舌象采集盒内置标准光源和数码摄像机，

3) 闻诊信息和问诊信息由问诊获得，根据病人主诉，以人机交互的模式输入系统，通常是文字信息或者数字；

### (2) 数据处理

#### 1) 脉诊处理

通过基于贝叶斯网络的概率推理模型，建立脉图参数与脉象类别之间的非线性映射关系，从而实现脉象的自动分类，根据脉象的脉位、脉宽、脉率、脉律、脉力和脉形六种构成因素进行分类，其中，脉位包括浮脉和沉脉，脉宽包括细脉和洪脉，脉率包括迟脉、数脉和缓脉，脉律包括结脉和代脉，脉力包括虚脉和实脉，脉形包括滑脉、涩脉和弦脉，对每种构成因素分别计算相应的参数，并且建立参数与类别之间的因果关系模型，具体步骤为：

①调节脉诊传感器压力，记录在不同压力下幅值最大的脉图及对应的压力  $P_1$ ，脉位只跟参数  $P_1$  有关，

②计算脉图周期  $C_1$ ，脉率只跟参数  $C_1$  有关，

③对于脉力和脉形，认为常见的脉图参数均可能与之相关，分别计算如下参数(a)  $h_{sp}$ ，即  $PP'$  的长度；(b)  $h_{ef}$ ，即  $KK'$  的长度；(c)  $h_{fg}$ ，即  $LL'$  的长度；(d)  $h_{ff}$ ，即  $FF'$  的长度；(e)  $h_{ee}$ ，即  $EE'$  的长度；(f)  $r_{ep} = h_{ee}/h_{sp}$ ；(g)  $r_{fp} = h_{ff}/h_{sp}$ ；(h)  $r_{es} = h_{ef}/h_{sp}$ ；(i)  $r_{fs} = h_{fg}/h_{sp}$ ；(j) 脉图的上升时间  $t_1$ ；(k) 脉图的面积  $A$ ；(l)  $P_1$ ；(m)  $C_1$ ，

④设计了新的参数进行脉律的识别，(a)  $r_{ma} = N_{m1}/N_{m2}$ ， $N_{m1}$  和  $N_{m2}$  分别表示在相邻的两分钟内脉图周期的个数；(b)  $r_{mb} = N_c/N_{m1}$ ，其中  $N_c = 60/C_1$ ，认为脉律只跟参数  $r_{ma}$  与  $r_{mb}$  有关，

⑤使用等间距离散化方法，取间距为 5，对脉图参数进行离散化处理，

⑥对于六种脉象类别，将对应的脉图参数作为输入变量，脉象类别作为目标变量，采用贝叶斯网络结构学习算法学习变量间的因果关系，对于得到的参数模型，采用 Clique Tree Propagation (CTP) 算法来进行概率推理；

2) 舌诊处理基于贝叶斯网络根据舌象图识别舌体的颜色、舌苔的颜色、舌质的胖瘦、斑点、裂纹等、苔质厚薄、润燥、腐腻和是否存在剥苔等，进行舌的神、色、形、态合参，建立舌象的辨别方法，能够同时识别舌色、苔色、舌质和苔质，具体步骤为：

①由自拍程序控制数码相机拍摄病人舌象图，并存储在指定位置，

②采用程序自动分割和手工分割相结合的方法，从舌象图中分割出病人的舌体部分，

③选用 HSL 模型表示舌体颜色，分别计算舌质像素集合和苔质像素集合的 HSL 均值作为颜色特征，

④计算舌体外接矩形的面积  $A_t$  和舌体区域的像素总数，设计舌体的形状指  $S_t/A_t$  作为特征，表征舌体的胖瘦程度，

⑤采用一种新的基于小波变换的裂纹检测算法提取舌体的边缘特征，表征舌体存在斑点和裂纹情况，具体过程为：

步骤 1：基于小波变换的舌象边缘提取，取小波函数为平滑函数  $\theta(x)$  的一

阶导数，则  $f(x)$  在尺度  $2^j$  的小波变换为  $W_{2^j} f(x) = 2^j \frac{d}{dx} (f * \theta_{2^j})(x)$ ，推广到二维，

$$\text{则二维小波变换为 } \begin{bmatrix} W_{2^j}^1 f(x, y) \\ W_{2^j}^2 f(x, y) \end{bmatrix} = 2^j \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} (f * \theta_{2^j})(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} (f * \theta_{2^j})(x, y) \end{bmatrix} = 2^j \nabla (f * \theta_{2^j})(x, y) ,$$

$\nabla (f * \theta_{2^j})(x, y)$

为梯度矢量，定义其模和幅角分别为  $M_{2^j} f(x, y) = \sqrt{|W_{2^j}^1 f(x, y)|^2 + |W_{2^j}^2 f(x, y)|^2}$ ，

$A_{2^j} f(x, y) = \arg \tan\left(\frac{W_{2^j}^2 f(x, y)}{W_{2^j}^1 f(x, y)}\right)$ ，则函数  $f(x, y)$  的小波变换的局部极大值点即为沿着

梯度方向  $A_{2^j} f(x, y)$  上模  $M_{2^j} f(x, y)$  为局部极大值的点，这些极大值点的位置给出了图像的一个多尺度边缘，

步骤 2: 采用  $7 \times 7$  的方形结构对得到的舌象边缘图进行腐蚀运算, 去掉小的“毛刺”与小的“伪裂纹”, 设置阈值, 保留边缘链长度大于阈值的边缘,

步骤 3: 选择适当的宽度对舌象边缘图按行、按列和对角分别进行边缘扫描, 若有孤立于舌象轮廓边缘的连续窄带, 则标记为裂纹,

步骤 4: 计算每条扫描到的裂纹的长度  $L$  和裂纹的纵横比  $R$ ,

步骤 5: 设置阈值  $L_{t_1}$ 、 $L_{t_2}$ 、 $R_t$ , 若  $L > L_{t_1}$  并且  $R > R_t$ , 则认为存在裂纹; 若  $L > L_{t_2}$  并且  $R < R_t$ , 则认为存在斑点,

⑥基于二分光反射模型提取舌象的亮度特征, 表征苔质的润燥程度, 具体过程参见发明专利 CN 1367387A,

⑦根据腐腻苔结构的疏密不同、颗粒的粗细不同以及低频成份的含量不同的特点, 提取舌象的结构特征来表征苔质的腐腻, 具体过程参见《电子学报》2004,31(B12)

⑧设计舌苔厚度指数来表征苔质的厚薄, 舌苔厚度指数定义为:

$$TI = \sqrt{(w1 * (H_s - H_c))^2 + (w2 * (S_s - S_c))^2 + (w3 * (L_s - L_c))^2}$$
, 其中  $H_c, S_c, L_c$  与  $H_s, S_s, L_s$  分别为舌苔部分和舌质部分在 HSL 模型中三个分量的平均值,

⑨设计舌苔覆盖指数来表征苔质是否存在剥苔, 舌苔覆盖指数定义为:

$$layindex = Area_c / (Area_c + Area_s)$$
, 其中  $Area_c$  和  $Area_s$  分别为舌苔部分和舌质的面积,

⑩使用等间距离散化方法, 取间距为 5, 对 3) ~ 9) 提取得到的舌象特征进行离散化处理, 离散化后的区间数目为  $N_f$ ,

○采用贝叶斯网络进行阈值选取, 具体步骤为:

步骤 1: 将  $N_f$  个区间分别用一个新的变量来表示, 若共有  $N$  个特征变量, 则得到  $N \cdot N_f$  个输入变量,

步骤 2: 学习贝叶斯网络的网络结构和参数, 并运用 CTP 算法进行推理, 得到舌象类别预测结果, 合并得到相同预测结果的区间,

步骤 3: 最后合并得到的区间上限所对应的变量特征值即为所求阈值;

### 3) 症状变量选择

经脉诊处理得到的脉诊结果和舌诊处理得到的舌诊结果与由病人主诉得到的闻诊、问诊信息组合起来, 作为症状变量输入到症状变量选择模块中, 得到的症状变量是高维变量, 将所研究的病种或证候类型所对应的典型症状集合作为匹配模板  $M_f$ , 而将临床病例中出现的症状集合作为待匹配序列  $S_\beta$ , 步骤

为：

①设  $F$  表示初始变量集， $F_0$  表示输入变量集， $S = \{\phi\}$ ， $V_a$  表示变量的个数。对每一个  $f_i \in F$ ，计算互信息  $I(C; f_i)$ ，找出对应  $\max_i(I(C; f_i))$  的  $f_i$ ， $S = \{f_i\}$ ， $F = F_0 \setminus \{f_i\}$

②对于  $\beta = 0 \sim 1, \text{step} = 0.2$ ，计算  $I(f_j; f_i)$ ，其中  $f_j \in F$ ， $f_i \in S$ ， $j = 1, 2, \dots, D_F$ ， $i = 1, 2, \dots, D_S$ ， $F$  和  $S$  的维数分别表示为  $D_F$  和  $D_S$ ，找出对应  $\max_j(I(C, f_j) - \beta / D_S \sum_{i=1}^{D_S} I(f_j, f_i))$  的  $f_j$ ；令  $S_\beta = S_\beta \cup \{f_j\}$ ， $F = F \setminus \{f_j\}$ ，直至  $D_S < V_a$  为止，

③对  $S_\beta$  和  $M_T$  中的症状变量进行编号，用编号替代对应的症状变量，存储为特征灰度值，则产生新的模板特征序列和待匹配序列，分别标记为  $M_0$  和  $I_i, i = 1, 2, \dots, 6$ ，

④计算  $M_0$  和  $I_i$  的相似度  $h(I_i, M_0) = \sum_{a \in M_0} \min_{b \in I_i} \|a - b\|$ ，

⑤对应  $\min_{1 \leq i \leq 6} h(I_i, M_0)$  的  $I_i$  作为选择得到的症状变量集；

#### 4) 证候辨识方法

采用“辨证统一体系”提出的辨证方法，根据病人的症状，划分病人出现的病位、病性辨证要素，首先检测出辨证要素，然后由辨证要素组合成证候。采用与脉诊模块和舌诊模块相同的方法—基于贝叶斯网络的概率推理模型来建立症状变量集与辨证要素之间的映射关系，症状变量选择模块与证候辨识模块连接，选择得到的症状变量集作为证候辨识模块的输入；

5) 系统自学习系统由脉诊数据库、舌诊数据库、问诊数据库组成，通过收集到的样本对系统的脉象诊断模型、舌象诊断模型以及证候辨识模型进行训练，提高预测能力。

2. 根据权利要求 1 所述的一种中医四诊合参智能辨证方法，其特征是：应用的是离散贝叶斯网络，对于存在缺失数据的病例，将缺失值取值为 0 进行处理，采用变量的马尔可夫毯对网络模型进行简化，节点  $x$  的马尔可夫毯包括  $x$  的父节点、 $x$  的子节点和  $x$  的子节点的父节点，可以去掉  $x$  的马尔可夫毯以外的所有节点对网络进行简化而不影响  $x$  的预测精度。

## 中医四诊合参智能辨证方法

### 技术领域

本发明涉及中医量化诊断领域，是一种将计算机技术、计算数学理论、智能信息处理技术、多源信息融合理论和中医基础理论相结合，实现中医量化诊断的智能辨证系统。该系统能全面、准确地收集病人的望、闻、问、切四诊信息，并对四诊信息进行自动分析和处理，给出辨证结果。

### 背景技术

中医学为我国宝贵的文化遗产，有着独特的理论和丰富的经验，为世人所瞩目。中医学历来强调望、闻、问、切四诊合参的重要性，四诊方法各有其应用范围和目的，不能相互取代，只有对四诊信息进行综合考虑，才能全面而系统地了解病情，得到正确的辨证结果。四诊采集的信息是整体的，是对内外环境的综合反应，具有整体性、个体化、动态的特点，从而与西医学有所不同。但四诊所搜集的信息量不够，使用的很窄，没有借助现代科学手段来延伸医生的感官，信息模糊并且缺乏客观、量化指标，经验性很强，医师要经过几十年体验才能较好地掌握，辨证结果的正确性完全依赖于医者的个人经验、诊法技巧、认识水平和思维能力，特别是在计算机技术和信息技术高速发展的今天，传统中医诊断方式已经不能适应现代医学发展的需要，难以在世界范围内推广使用。目前人们争取运用现代科学技术对中医四诊进行定量研究，提高辨证的准确性与规范性，具有很大的优势。

近年来，随着学科间的相互渗透，计算机技术在中医诊断学科领域里得到大量应用，但大部分是以舌诊和脉诊等单诊的数据采集和特征提取为主体，也有少量舌辨病的建模方法研究和基于问诊的中医辨证模型研究，但运用现有技术所建立的系统难以从总体上有效地刻划出中医辨证的基本规律，难以满足临床和教学的需要。为了解决前述问题，本发明从中医“四诊合参”的诊疗原则出发，引进计算数学理论、计算机智能信息处理技术和多源信息融合领域的最新研究成果，并与中医基础理论相结合，对舌象和脉象进行辨析与分类，并与问诊内容相结合，建立了一个科学、定量的辨证系统，能全面获取症状信息，延伸人体感官的功能，是多通道信息的综合处理，是现代科学手段在发展中医

诊断方面的现实应用，可用于任意病种的任何证候的诊断。

## 发明内容

本发明的目的在于设计一种中医四诊合参智能辨证系统，通过提取舌象和脉象特征，进行舌象和脉象的自动分析判别，并与闻诊、问诊信息相融合，实现中医证候的计算机智能诊断，提取舌象和脉象特征以贝叶斯网络的概率推理模型为基础，运用现代信号处理技术、图像识别技术。

本发明的通过以下技术方案实现：

### 1. 数据获取

(1) 由压力可调的脉诊传感器置于病人腕部挠动脉处获得脉搏电压信号，经由脉象采集电路（内置信号放大电路、A/D 模数转换电路）转换为数字信号，输入计算机获得脉象图，

(2) 病人通过一个人脸模具将舌头伸入采集盒中，由程序控制相机拍摄得到舌象图，舌象采集盒内置标准光源和数码摄像机，

(3) 闻诊信息和问诊信息由问诊获得，根据病人主诉，以人机交互的模式输入系统，通常是文字信息或者数字（理化指标）；

### 2. 数据处理

#### (1) 脉诊处理

通过基于贝叶斯网络的概率推理模型，建立脉图参数与脉象类别之间的非线性映射关系，从而实现脉象的自动分类；

根据脉象的脉位、脉宽、脉率、脉律、脉力和脉形六种构成因素进行分类，其中，脉位包括浮脉和沉脉，脉宽包括细脉和洪脉，脉率包括迟脉、数脉和缓脉，脉律包括结脉和代脉，脉力包括虚脉和实脉，脉形包括滑脉、涩脉和弦脉，对每种构成因素分别计算相应的参数，并且建立参数与类别之间的因果关系模型，具体步骤为：

①调节脉诊传感器压力，记录在不同压力下幅值最大的脉图及对应的压力  $P_1$ ，脉位只跟参数  $P_1$  有关，

②计算脉图周期  $C_1$ ，脉率只跟参数  $C_1$  有关，

③对于脉力和脉形，认为常见的脉图参数均可能与之相关，分别计算如下参数(a)  $h_{sp}$ ，即  $PP'$  的长度；(b)  $h_{ef}$ ，即  $KK'$  的长度；(c)  $h_{fg}$ ，即  $LL'$  的长度；(d)  $h_{ff}$ ，即  $FF'$  的长度；(e)  $h_{ee}$ ，即  $EE'$  的长度；(f)  $r_{ep} = h_{ee}/h_{sp}$ ；(g)  $r_{fp} = h_{ff}/h_{sp}$ ；(h)  $r_{es} = h_{ef}/h_{sp}$ ；(i)  $r_{fs} = h_{fg}/h_{sp}$ ；(j) 脉图的上升时间  $t_1$ ；(k) 脉图的面积  $A$ ；(l)  $P_1$ ；(m)  $C_1$ ，

④设计了新的参数进行脉律的识别, (a)  $r_{ma} = N_{m1}/N_{m2}$ ,  $N_{m1}$  和  $N_{m2}$  分别表示在相邻的两分钟内脉图周期的个数; (b)  $r_{mb} = N_c/N_{m1}$ , 其中  $N_c = 60/C_1$ , 认为脉律只跟参数  $r_{ma}$  与  $r_{mb}$  有关,

⑤使用等间距离散化方法, 取间距为 5, 对脉图参数进行离散化处理,

⑥对于六种脉象类别, 将对应的脉图参数作为输入变量, 脉象类别作为目标变量, 采用贝叶斯网络结构学习算法学习变量间的因果关系, 对于得到的参数模型, 采用 Clique Tree Propagation (CTP) 算法来进行概率推理;

(2) 舌诊处理基于贝叶斯网络根据舌象图识别舌体的颜色、舌苔的颜色、舌质的胖瘦、斑点、裂纹等、苔质厚薄、润燥、腐腻和是否存在剥苔等, 进行舌的神、色、形、态合参, 建立舌象的辨别方法, 能够同时识别舌色、苔色、舌质和苔质, 具体步骤为:

①由自拍程序控制数码相机拍摄病人舌象图, 并存储在指定位置,

②采用程序自动分割和手工分割相结合的方法, 从舌象图中分割出病人的舌体部分,

③选用 HSL 模型表示舌体颜色, 分别计算舌质像素集合和苔质像素集合的 HSL 均值作为颜色特征,

④计算舌体外接矩形的面积  $A_t$  和舌体区域的像素总数, 设计舌体的形状指  $S_t/A_t$  作为特征, 表征舌体的胖瘦程度,

⑤采用一种新的基于小波变换的裂纹检测算法提取舌体的边缘特征, 表征舌体存在斑点和裂纹情况, 具体过程为:

步骤 1: 基于小波变换的舌象边缘提取, 取小波函数为平滑函数  $\theta(x)$  的一阶导数, 则  $f(x)$  在尺度  $2^j$  的小波变换为  $W_{2^j} f(x) = 2^j \frac{d}{dx} (f * \theta_{2^j})(x)$ , 推广到二维,

$$\text{则二维小波变换为 } \begin{bmatrix} W_{2^j}^1 f(x, y) \\ W_{2^j}^2 f(x, y) \end{bmatrix} = 2^j \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} (f * \theta_{2^j})(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} (f * \theta_{2^j})(x, y) \end{bmatrix} = 2^j \nabla (f * \theta_{2^j})(x, y),$$

$\nabla (f * \theta_{2^j})(x, y)$

为梯度矢量, 定义其模和幅角分别为  $M_{2^j} f(x, y) = \sqrt{|W_{2^j}^1 f(x, y)|^2 + |W_{2^j}^2 f(x, y)|^2}$ ,

$A_{2^j} f(x, y) = \arg \tan\left(\frac{W_{2^j}^2 f(x, y)}{W_{2^j}^1 f(x, y)}\right)$ , 则函数  $f(x, y)$  的小波变换的局部极大值点即为沿着

梯度方向  $A_{2j}f(x,y)$  上模  $M_{2j}f(x,y)$  为局部极大值的点，这些极大值点的位置给出了图像的一个多尺度边缘，

步骤 2：采用  $7 \times 7$  的方形结构对得到的舌象边缘图进行腐蚀运算，去掉小的“毛刺”与小的“伪裂纹”，设置阈值，保留边缘链长度大于阈值的边缘，

步骤 3：选择适当的宽度对舌象边缘图按行、按列和对角分别进行边缘扫描，若有孤立于舌象轮廓边缘的连续窄带，则标记为裂纹，

步骤 4：计算每条扫描到的裂纹的长度  $L$  和裂纹的纵横比  $R$ ，

步骤 5：设置阈值  $L_{t_1}$ 、 $L_{t_2}$ 、 $R_t$ ，若  $L > L_{t_1}$  并且  $R > R_t$ ，则认为存在裂纹；若  $L > L_{t_2}$  并且  $R < R_t$ ，则认为存在斑点，

⑥基于二分光反射模型提取舌象的亮度特征，表征苔质的润燥程度，具体过程参见发明专利 CN 1367387A，

⑦根据腐腻苔结构的疏密不同、颗粒的粗细不同以及低频成份的含量不同的特点，提取舌象的结构特征来表征苔质的腐腻，具体过程参见《电子学报》2004,31(B12)

⑧设计舌苔厚度指数来表征苔质的厚薄，舌苔厚度指数定义为：

$$TI = \sqrt{(w1 * (H_s - H_c))^2 + (w2 * (S_s - S_c))^2 + (w3 * (L_s - L_c))^2}$$
，其中  $H_c, S_c, L_c$  与  $H_s, S_s, L_s$  分别为舌苔部分和舌质部分在 HSL 模型中三个分量的平均值，

⑨设计舌苔覆盖指数来表征苔质是否存在剥苔，舌苔覆盖指数定义为：

$$layindex = Area_c / (Area_c + Area_s)$$
，其中  $Area_c$  和  $Area_s$  分别为舌苔部分和舌质的面积，

⑩使用等间距离散化方法，取间距为 5，对 3) ~ 9) 提取得到的舌象特征进行离散化处理，离散化后的区间数目为  $N_f$ ，

(1) 采用贝叶斯网络进行阈值选取，具体过程为：

步骤 1：将  $N_f$  个区间分别用一个新的变量来表示，若共有  $N$  个特征变量，则得到  $N \cdot N_f$  个输入变量，

步骤 2：学习贝叶斯网络的网络结构和参数，并运用 CTP 算法进行推理，得到舌象类别预测结果，合并得到相同预测结果的区间，

步骤 3：最后合并得到的区间上限所对应的变量特征值即为所求阈值；

### (3) 症状变量选择

经脉诊处理得到的脉诊结果和舌诊处理得到的舌诊结果与由病人主诉得

到的闻诊、问诊信息组合起来，作为症状变量输入到症状变量选择模块中，得到的症状变量是高维变量，本发明根据中医先验知识将所研究的病种或证候类型所对应的典型症状集合作为匹配模板  $M_T$ ，而将临床病例中出现的症状集合作为待匹配序列  $S_\beta$ ，本发明的特征还在于该方法还依次包含下述步骤：

1) 设  $F$  表示初始变量集， $F_0$  表示输入变量集， $S = \{\phi\}$ ， $V_a$  表示变量的个数。对每一个  $f_i \in F$ ，计算互信息  $I(C; f_i)$ ，找出对应  $\max_i(I(C; f_i))$  的  $f_i$ ， $S = \{f_i\}$ ， $F = F_0 \setminus \{f_i\}$

2) 对于  $\beta = 0 \sim 1, step = 0.2$ ，计算  $I(f_j; f_i)$ ，其中  $f_j \in F$ ， $f_i \in S$ ， $j = 1, 2, \dots, D_F$ ， $i = 1, 2, \dots, D_S$ ， $F$  和  $S$  的维数分别表示为  $D_F$  和  $D_S$ ，找出对应  $\max_j(I(C, f_j) - \beta / D_S \sum_{i=1}^{D_S} I(f_j, f_i))$  的  $f_j$ ；令  $S_\beta = S_\beta \cup \{f_j\}$ ， $F = F \setminus \{f_j\}$ ，直至  $D_S < V_a$  为止，

3) 对  $S_\beta$  和  $M_T$  中的症状变量进行编号，用编号替代对应的症状变量，存储为特征灰度值，则产生新的模板特征序列和待匹配序列，分别标记为  $M_0$  和  $I_i, i = 1, 2, \dots, 6$ ，

4) 计算  $M_0$  和  $I_i$  的相似度  $h(I_i, M_0) = \sum_{a \in M_0} \min_{b \in I_i} \|a - b\|$ ，

5) 对应  $\min_{1 \leq i \leq 6} h(I_i, M_0)$  的  $I_i$  作为选择得到的症状变量集；

#### (4) 证候辨识方法

采用“辨证统一体系”提出的辨证方法，根据病人的症状，划分病人出现的病位、病性辨证要素，首先检测出辨证要素，然后由辨证要素组合成证候。采用与脉诊模块和舌诊模块相同的方法—基于贝叶斯网络的概率推理模型来建立症状变量集与辨证要素之间的映射关系，症状变量选择模块与证候辨识模块连接，选择得到的症状变量集作为证候辨识模块的输入，

本发明应用的是离散贝叶斯网络，对于存在缺失数据的病例，将缺失值取值为 0 (absence) 进行处理，减少了建模的复杂程度，同时，采用变量的马尔可夫毯对网络模型进行简化，节点  $x$  的马尔可夫毯包括  $x$  的父节点、 $x$  的子节点和  $x$  的子节点的父节点，可以去掉  $x$  的马尔可夫毯以外的所有节点对网络进行简化而不影响  $x$  的预测精度。

(5) 系统自学习系统由脉诊数据库、舌诊数据库、问诊数据库组成，通过收集到的样本对系统的脉象诊断模型、舌象诊断模型以及证候辨识模型进行训练，提高预测能力。本发明提供的中医四诊合参智能辨证方法通用方法，可用于多种病种的任何证候的预测。

本发明提供的中医四诊合参方法具有如下特点：

- 1) 能进行脉象识别, 给出辨脉结果, 即脉象名称,
- 2) 能进行舌象识别, 给出辨舌结果, 包括舌色、苔色、舌质和苔质,
- 3) 在问诊界面中, 用户输入病人症状, 系统给出辨证结果,
- 4) 可对典型病例进行存储,
- 5) 具有自学习功能, 若收集大量、可靠病例, 可对系统进行更新,
- 6) 可进行报表打印。

#### 附图说明

图 1 是本发明系统框图;

图 2 是本发明系统主流程图;

图 3 是本发明中基于贝叶斯网络的概率推理模型框图;

图 4 是脉图示意图;

图 5 是本发明中舌诊模块流程图;

图 6 获取的脉象图;

图 7 获取的舌象图;

图 8 脉图参数计算结果;

图 9 概率推理得到的脉象识别结果;

图 10 舌象分割结果及识别结果;

图 11 问诊输入界面及辨证结果。

#### 具体实施方式

本发明结合附图作进一步说明。

##### 实施例 1

##### 1. 数据获取

(1) 参见图 1、图 2, 将压力可调的脉诊传感器置于病人腕部挠动脉处获得脉搏电压信号, 经由脉象采集电路(内置信号放大电路、A/D 模数转换电路)转换为数字信号, 输入计算机获得脉象图。

(2) 病人通过一个人脸模具将舌头伸入采集盒中, 由程序控制相机拍摄得到舌象图, 舌象采集盒内置标准光源和数码摄像机。为了排除光线和其他干扰因素的影响, 设计了舌象采集盒作为舌象的外部拍摄环境, 其基本思想就是将其设计成一个人工暗室的形式。

(3) 闻诊信息和问诊信息由问诊获得, 根据病人主诉, 以人机交互的模式输入系统, 通常是文字信息或者数字(理化指标)。

##### 2. 数据处理

### (1) 脉诊处理

通过基于贝叶斯网络的概率推理模型，建立脉图参数与脉象类别之间的非线性映射关系，从而实现脉象的自动分类。

脉图参数之间以及脉图参数与脉象类别之间呈现高度非线性关系，脉诊模块主要是根据脉图的特点，建立脉图参数与脉象类别之间的非线性映射关系，从而实现脉象的自动分类。根据脉图自动识别脉象的研究至今未见报道。本发明通过基于贝叶斯网络的概率推理模型来建立这种映射关系。贝叶斯网络是基于概率论和图论的不确定性推理模型，目前已成为不确定性推理领域的主流方法，不仅能够从大量数据中自动辨识众多变量间复杂相关关系，而且能定量计算出输入变量对类别变量的诊断价值。

根据脉象的脉位、脉宽、脉率、脉律、脉力和脉形六种构成因素进行分类，其中，脉位包括浮脉和沉脉，脉宽包括细脉和洪脉，脉率包括迟脉、数脉和缓脉，脉律包括结脉和代脉，脉力包括虚脉和实脉，脉形包括滑脉、涩脉和弦脉。本发明的特征在于系统对每种构成因素分别计算相应的参数，并且建立参数与类别之间的因果关系模型，具体步骤为：

①调节脉诊传感器压力，记录在不同压力下幅值最大的脉图及对应的压力  $P_1$ ，脉位只跟参数  $P_1$  有关，

②计算脉图周期  $C_1$ ，脉率只跟参数  $C_1$  有关，

③对于脉力和脉形，认为常见的脉图参数均可能与之相关，参见图 4，分别计算如下参数(a)  $h_{sp}$ ，即  $PP'$  的长度；(b)  $h_{ef}$ ，即  $KK'$  的长度；(c)  $h_{fg}$ ，即  $LL'$  的长度；(d)  $h_{ff}$ ，即  $FF'$  的长度；(e)  $h_{ee}$ ，即  $EE'$  的长度；(f)  $r_{ep} = h_{ee}/h_{sp}$ ；(g)  $r_{fp} = h_{ff}/h_{sp}$ ；(h)  $r_{es} = h_{ef}/h_{sp}$ ；(i)  $r_{fs} = h_{fg}/h_{sp}$ ；(j) 脉图的上升时间  $t_1$ ；(k) 脉图的面积  $A$ ；(l)  $P_1$ ；(m)  $C_1$ ，

④设计了新的参数进行脉律的识别，(a)  $r_{ma} = N_{m1}/N_{m2}$ ， $N_{m1}$  和  $N_{m2}$  分别表示在相邻的两分钟内脉图周期的个数；(b)  $r_{mb} = N_c/N_{m1}$ ，其中  $N_c = 60/C_1$ ，认为脉律只跟参数  $r_{ma}$  与  $r_{mb}$  有关，

⑤使用等间距离散化方法，取间距为 5，对脉图参数进行离散化处理，

⑥对于六种脉象类别，将对应的脉图参数作为输入变量，脉象类别作为目标变量，采用贝叶斯网络结构学习算法学习变量间的因果关系，对于得到的参数模型，采用 Clique Tree Propagation (CTP) 算法来进行概率推理；

### (2) 舌诊处理

基于贝叶斯网络根据舌象图识别舌体的颜色、舌苔的颜色、舌质的胖瘦、

斑点、裂纹等、苔质厚薄、润燥、腐腻和是否存在剥苔等，进行舌的神、色、形、态合参，建立舌象的辨别方法。以往的舌诊研究多是针对某一方面进行研究，没有建立系统的诊断模型，并且阈值的选取方法多是采用试探法，缺乏理论指导，难以得出正确的结论。本发明的特征在于针对上述目前舌诊研究过程中存在的问题，能够同时识别舌色、苔色、舌质和苔质，技术方案参见图 5，具体步骤为：

1) 由自拍程序控制数码相机拍摄病人舌象图，并存储在指定位置，

2) 采用程序自动分割和手工分割相结合的方法，从舌象图中分割出病人的舌体部分，

3) 选用 HSL 模型表示舌体颜色，分别计算舌质像素集合和苔质像素集合的 HSL 均值作为颜色特征，设置阈值  $h$ 、 $s$ 、 $l$  进行颜色分类，

4) 计算舌体外接矩形的面积  $A_t$  和舌体区域的像素总数  $S_t$ ，设计舌体的形状指  $S_t/A_t$  作为特征，表征舌体的胖瘦程度，设置阈值  $T_s$  将舌体分为胖大舌、薄瘦舌，

5) 采用一种新的基于小波变换的裂纹检测算法提取舌体的边缘特征，表征舌体存在斑点和裂纹情况，具体过程为：

步骤 1：基于小波变换的舌象边缘提取，取小波函数为平滑函数  $\theta(x)$  的一阶导数，则  $f(x)$  在尺度  $2^j$  的小波变换为  $W_{2^j} f(x) = 2^j \frac{d}{dx} (f * \theta_{2^j})(x)$ ，推广到二维，

$$\text{则二维小波变换为 } \begin{bmatrix} W_{2^j}^1 f(x, y) \\ W_{2^j}^2 f(x, y) \end{bmatrix} = 2^j \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} (f * \theta_{2^j})(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} (f * \theta_{2^j})(x, y) \end{bmatrix} = 2^j \nabla (f * \theta_{2^j})(x, y) ,$$

$\nabla (f * \theta_{2^j})(x, y)$

为梯度矢量，定义其模和幅角分别为  $M_{2^j} f(x, y) = \sqrt{|W_{2^j}^1 f(x, y)|^2 + |W_{2^j}^2 f(x, y)|^2}$ ，

$A_{2^j} f(x, y) = \arg \tan\left(\frac{W_{2^j}^2 f(x, y)}{W_{2^j}^1 f(x, y)}\right)$ ，则函数  $f(x, y)$  的小波变换的局部极大值点即为沿着

梯度方向  $A_{2^j} f(x, y)$  上模  $M_{2^j} f(x, y)$  为局部极大值的点，这些极大值点的位置给出了图像的一个多尺度边缘，

步骤 2：采用  $7 \times 7$  的方形结构对得到的舌象边缘图进行腐蚀运算，去掉小

的“毛刺”与小的“伪裂纹”，设置阈值 $\sigma_1$ ，保留边缘链长度大于阈值的边缘，

步骤 3：选择适当的宽度对舌象边缘图按行、按列和对角分别进行边缘扫描，若有孤立于舌象轮廓边缘的连续窄带，则标记为裂纹，

步骤 4：计算每条扫描到的裂纹的长度 $L$ 和裂纹的纵横比 $R$ ，

步骤 5：设置阈值 $L_{t1}$ 、 $L_{t2}$ 、 $R_t$ ，若 $L > L_{t1}$ 并且 $R > R_t$ ，则认为存在裂纹；若 $L > L_{t2}$ 并且 $R < R_t$ ，则认为存在斑点，

6) 基于二分光反射模型提取舌象的亮度特征，表征苔质的润燥程度，具体过程参见发明专利 CN 1367387A，

7) 根据腐腻苔结构的疏密不同、颗粒的粗细不同以及低频成份的含量不同的特点，提取舌象的结构特征来表征苔质的腐腻，具体过程参见《电子学报》2004,31(B12)

8) 设计舌苔厚度指数来表征苔质的厚薄，舌苔厚度指数定义为：

$$TI = \sqrt{(w1 * (H_s - H_c))^2 + (w2 * (S_s - S_c))^2 + (w3 * (L_s - L_c))^2}$$
，其中 $H_c, S_c, L_c$ 与 $H_s, S_s, L_s$ 分别为舌苔部分和舌质部分在HSL模型中三个分量的平均值， $w1, w2, w3$ 分别为计算苔厚指数时的权系数，设置阈值 $T_k$ 将舌苔分为厚苔和薄苔，

9) 设计舌苔覆盖指数来表征苔质是否存在剥苔，舌苔覆盖指数定义为：

$$layindex = Area_c / (Area_c + Area_s)$$
，其中 $Area_c$ 和 $Area_s$ 分别为舌苔部分和舌质的面积，设置阈值 $T_g$ 将舌苔分为剥苔和非剥苔，

10) 使用等间距离散化方法，取间距为5，对3)~9)提取得到的舌象特征进行离散化处理，离散化后的区间数目为 $N_f$ ，

11) 采用贝叶斯网络进行阈值选取，具体过程为：

步骤 1：将 $N_f$ 个区间分别用一个新的变量来表示，若共有 $N$ 个特征变量，则得到 $N \cdot N_f$ 个输入变量，

步骤 2：学习贝叶斯网络的网络结构和参数，并运用CTP算法进行推理，得到舌象类别预测结果，合并得到相同预测结果的区间，

步骤 3：最后合并得到的区间上限所对应的变量特征值即为所求阈值；

通过贝叶斯网络推理，本发明中确定上述舌象识别过程中选用阈值分别为：

舌色：若 $h \in [0,10]$ 且 $s \in [22,40]$ 且 $l \in [75,90]$ ，则为淡白舌，

若 $s \in [41,60]$ 且 $l \in [70,90]$ ，则为淡红舌，

若 $s \in [61,72]$ 且 $l \in [70,90]$ ，则为红舌，

若  $s \in [36,60]$  且  $l \in [35,75]$ ，则为暗红舌，

若  $h \in [90,99]$  且  $s \in [10,39]$  且  $l \in [35,70]$ ，则为紫舌

苔色：若  $s \in [0,40]$  且  $l \in [60,100]$ ，则为白苔，

若  $h \in [170,220]$  且  $s \in [20,46]$  且  $l \in [60,100]$ ，则为淡黄苔，

若  $h \in [4,260]$  且  $s \in [47,53]$  且  $l \in [60,100]$ ，则为黄苔，

舌体胖瘦：若  $T_s \in (0,0.23)$ ，则为瘦薄舌，

若  $T_s \in [0.59,1]$ ，则为胖大舌，

舌体裂纹和斑点：本发明中取  $\sigma_1 = 5$ ， $L_{t1} = 25$ ， $L_{t2} = 17$ ， $R_t = 15$ ，

苔质：本发明中取  $w_1 = 0.2$ ， $w_2 = 0.5$ ， $w_3 = 0.3$ ，

若  $T_k > 23$ ，则为薄苔，反之，则为厚苔，

若  $T_g < 0.83$ ，则为剥苔，反之，则为非剥苔，

### (3) 症状变量选择模块

经脉诊处理得到的脉诊结果和舌诊处理得到的舌诊结果与由病人主诉得到的闻诊、问诊信息组合起来，作为症状变量输入到症状变量选择模块中，得到的症状变量是高维变量。高维变量为贝叶斯网络模型的构建造成了很大困难。为了减少症状变量的维数，提高证候的预测准确度，同时能充分利用中医的先验知识，本发明设计了一种新的基于互信息的症状变量选择方法，该方法引入图像模板匹配的理念。本发明根据中医先验知识将所研究的病种或证候类型所对应的典型症状集合作为匹配模板  $M_T$ ，而将临床病例中出现的症状集合作为待匹配序列  $S_\beta$ ，本发明的特征还在于该方法还依次包含下述步骤：

1) 设  $F$  表示初始变量集， $F_0$  表示输入变量集， $S = \{\phi\}$ ， $V_a$  表示变量的个数。对每一个  $f_i \in F$ ，计算互信息  $I(C; f_i)$ ，找出对应  $\max_i(I(C; f_i))$  的  $f_i$ ， $S = \{f_i\}$ ， $F = F_0 \setminus \{f_i\}$

2) 对于  $\beta = 0 \sim 1, step = 0.2$ ，计算  $I(f_j; f_i)$ ，其中  $f_j \in F$ ， $f_i \in S$ ， $j = 1, 2, \dots, D_F$ ， $i = 1, 2, \dots, D_S$ ， $F$  和  $S$  的维数分别表示为  $D_F$  和  $D_S$ ，找出对应  $\max_j(I(C, f_j) - \beta / D_S \sum_{i=1}^{D_S} I(f_j, f_i))$  的  $f_i$ ；令  $S_\beta = S_\beta \cup \{f_j\}$ ， $F = F \setminus \{f_j\}$ ，直至  $D_S < V_a$  为止，

3) 对  $S_\beta$  和  $M_T$  中的症状变量进行编号，用编号替代对应的症状变量，存储为特征灰度值，则产生新的模板特征序列和待匹配序列，分别标记为  $M_0$  和  $I_i, i = 1, 2, \dots, 6$ ，

4) 计算  $M_0$  和  $I_i$  的相似度  $h(I_i, M_0) = \sum_{a \in M_0} \min_{b \in I_i} \|a - b\|$ ，

5) 对应  $\min_{1 \leq i \leq 6} h(I_i, M_0)$  的  $I_i$  作为选择得到的症状变量集；

#### (4) 证候辨识方法

首先根据中医专家经验建立较完整的辨证要素和证候对应关系数据库，数据库中收集了中华人民共和国国家标准中医临床诊疗术语证候部分（GB/T 16751.2-1997）涉及到的所有证候及其对应的辨证要素，便于查询（例，若辨证要素为心、肝、阴虚，则可查到对应证候为心肝阴虚）。

根据病人的症状，划分病人出现的病位、病性要素，然后将要素按照一定的约束条件组合成证候，采用与脉诊模块和舌诊模块相同的方法—基于贝叶斯网络的概率推理模型来建立症状变量集与辨证要素之间的映射关系，症状变量选择模块与证候辨识模块连接，选择得到的症状变量集作为证候辨识模块的输入。本发明基于“辨证统一体系”的辨证思维原理进行证候辨识。“辨证统一体系”是一种以辨别病位和病性为基本要求的辨证方法，其核心思想在于提出了“辨证要素”的概念，包括 60 余个关于病性和病位的基本辨证概念，将辨证过程由传统的从症状直接推理出证候分解为辨证要素推理和证名组合两个步骤，其中辨证要素推理步骤是诊断的关键。

本发明应用的是离散贝叶斯网络，对于存在缺失数据的病例，将缺失值取值为 0（absence）进行处理，减少了建模的复杂程度，同时，采用变量的马尔可夫毯对网络模型进行简化，节点  $x$  的马尔可夫毯包括  $x$  的父节点、 $x$  的子节点和  $x$  的子节点的父节点，可以去掉  $x$  的马尔可夫毯以外的所有节点对网络进行简化而不影响  $x$  的预测精度。

#### 实施例 2

参见图 1，本发明实施中采用脉诊传感器和脉象采集电路，由程序控制实现脉信号的采集，并将信号保存在计算机指定位置，在计算机中按基于贝叶斯网络的脉象识别方法步骤实现脉象的自动分析、判别；设计了舌象采集盒（内置标准光源和数码摄像机）实现舌图像的采集，并由程序控制内置的数码相机拍摄得到舌象图，并存储在指定位置，在计算机中按基于贝叶斯网络的舌象识别方法步骤实现舌色、苔色、舌质和苔质的识别；闻诊信息和问诊信息由问诊获得，根据病人主诉，以人机交互的模式输入系统，并结合得到的脉诊和舌诊结果，通过症状变量选择和基于贝叶斯网络的证候辨识步骤推理得到辨证要素，并由辨证要素组合得到证候类型。参见图 2，具体实施中，在计算机中依次完成以下程序：

- 1、 首先进入系统主界面，通过菜单设置脉诊模块、舌诊模块、问诊模块、系统自学习模块链接；

2、由系统主界面，进入脉诊界面，读入存储在指定位置的脉图，计算脉图参数，并按脉位、脉宽、脉率、脉律、脉力和脉形分别给出诊断结果，诊断结果自动存储在文件中，并会在打开问诊界面时，自动从文件中读取并显示在问诊界面中指定位置，退出脉诊界面，进入系统主界面；

3、由系统主界面，进入舌诊界面，读入存储在指定位置的舌象图，采用中值滤波结合小波分解重构的滤波方法进行除噪，并采用非线性多元回归的方法进行色彩校正，然后用现有技术对校正后的舌象图进行舌体的自动分割，若分割结果不满意，则直接在界面中采用手工分割方法，直至得到满意的分割结果。对分割后的舌象图进行识别，同时给出舌色、苔色、舌质和苔质的识别结果，诊断结果自动存储在文件中，并会在打开问诊界面时，自动从文件中读取并显示在问诊界面中指定位置，退出舌诊界面，进入系统主界面；

4、由系统主界面，进入问诊界面，在问诊界面中输入病人的基本信息（包括姓名、年龄、过敏史等），并以列表的形式给出症状菜单（包括舌象和脉象），在症状菜单中手工选择出病人出现的症状，然后进行系统辨证，给出推理得到的辨证要素，并同时组合出证候类型。若认为当前病例为典型病例，则在问诊界面中进行病例存储。退出问诊界面时，系统进行报表打印，打印输出病人的基本信息以及辨脉、辨舌以及辨证的结果。

5、退出问诊界面，回到系统主界面，按步骤1~4做下一个病人的辨证诊断。

若需要进行系统更新，则由系统主界面进入系统自学习界面，选择需要学习的样本数据库，学习得到症状之间以及症状与辨证要素之间的因果关系，并同时给出症状对辨证要素的贡献度。

### 实施例3 心气虚病例检测

(1) 本发明实施中将压力可调的脉诊传感器置于病人腕部挠动脉处获得脉搏电压信号，经由脉象采集电路（内置信号放大电路、A/D模数转换电路）转换为数字信号，由程序控制实现脉信号的采集，获得不同压力下的脉象图，参见图6。

(2) 病人通过一个人脸模具将舌头伸入采集盒中，由程序控制相机拍摄得到舌象图，参见图7。

(3) 按基于贝叶斯网络的脉象识别方法步骤实现脉象的自动分析、判别，脉图参数计算结果参见图8，脉象识别结果参见图9。

(4) 在计算机中按基于贝叶斯网络的舌象识别方法步骤实现舌色、苔色、舌质和苔质的识别，识别结果参见图 10。

(5) 根据病人主诉，以人机交互的模式，将问诊信息“头重、心慌、乏力、上肢麻木，失眠”输入系统，并结合得到的脉诊结果（参见图 9）和舌诊结果（参见图 10），通过症状变量选择和基于贝叶斯网络的证候辨识步骤推理得到辨证要素：心、气虚，并由辨证要素组合，得到证候类型为心气虚。

无需进一步详细阐述，相信采用前面所公开的内容，本领域技术人员可最大限度地应用本发明。因此，前面的实施方案应理解为仅是举例说明，而非以任何方式限制本发明的范围。

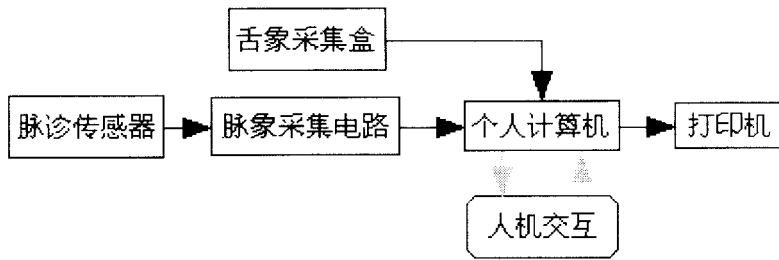


图 1

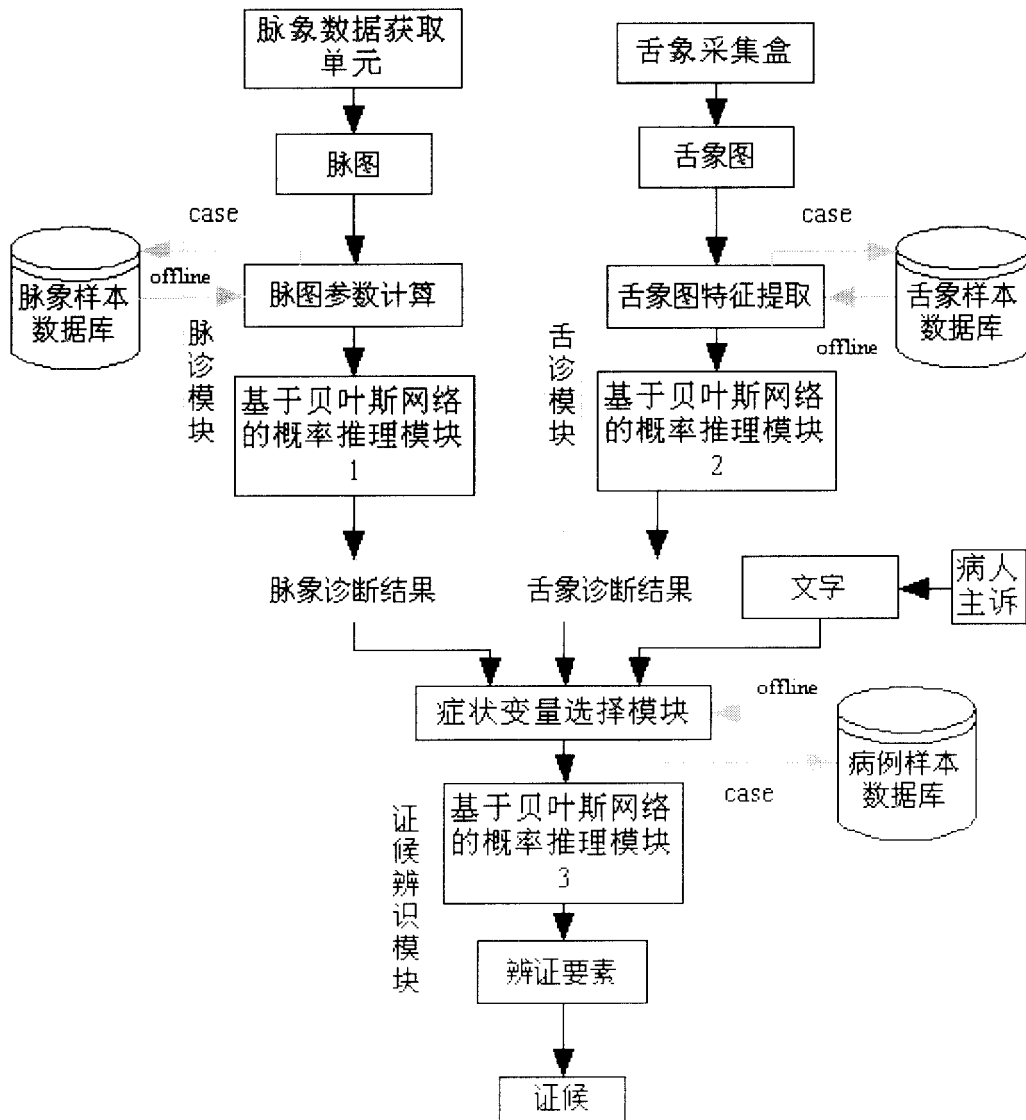


图 2

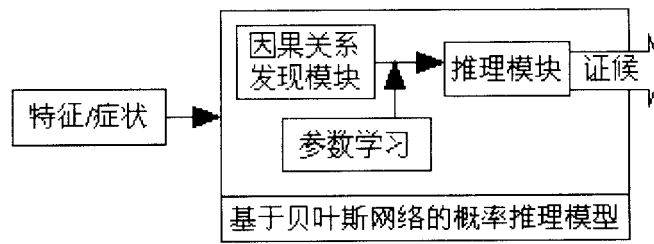


图 3

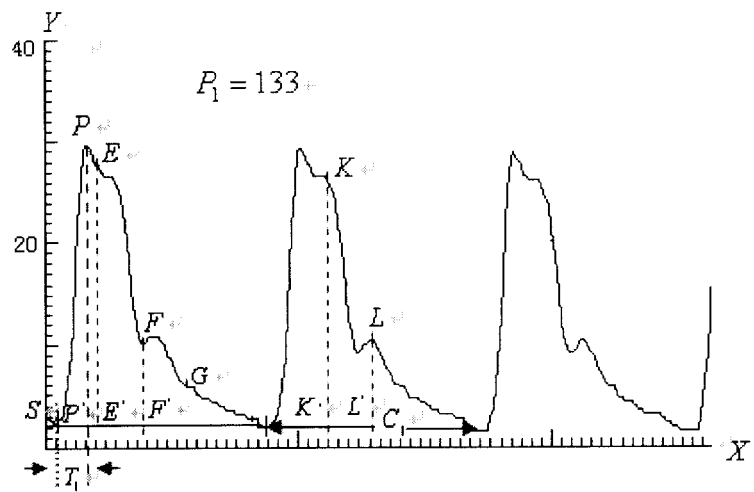


图 4

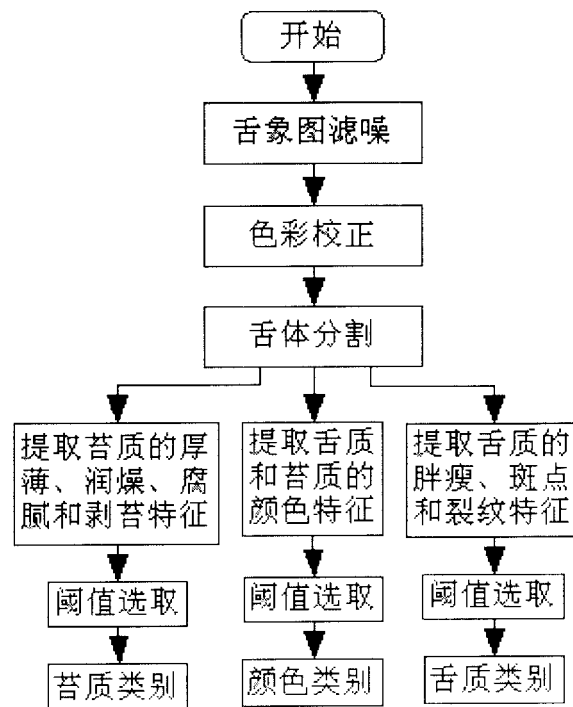


图 5

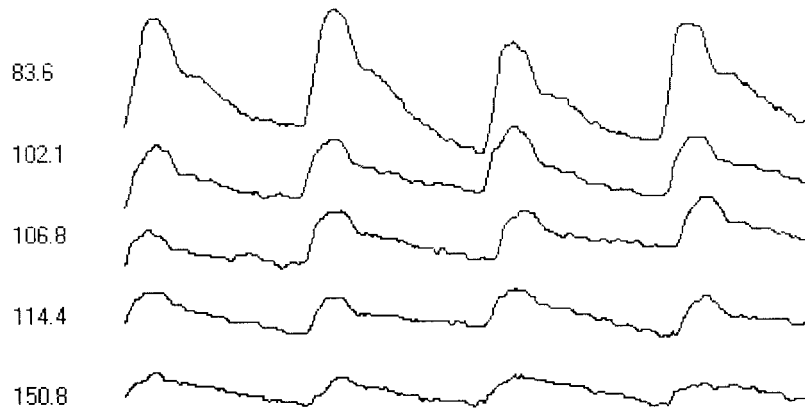


图 6

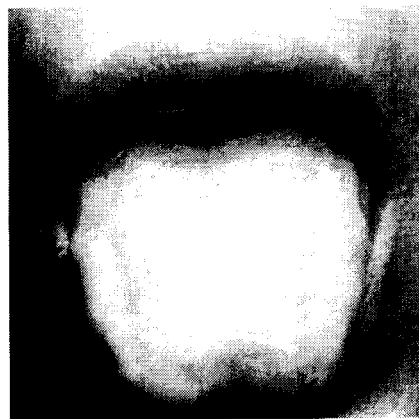


图 7

最佳取脉压力： 83.6g

最佳脉图



t1= 0.17s	h1= 14.9g	As= 3.2g.s	h3/h1= 0.73	w1= 0.21s
t2= 0.23s	h2= 13.9g	Ad= 2.5g.s	h4/h1= 0.60	w2= 0.17s
t3= 0.28s	h3= 10.9g	A= 5.7g.s	h5/h1= -0.06	w1/t= 0.22
t4= 0.30s	h4= 9.0g	t= 0.95s	t5/t4= 2.15	w2/t= 0.18
t5= 0.65s	h5= -1.0g			

图 8

脉位： 沉                      脉率： 平                      71.7    次/分 )  
脉势： 低平虚                  脉力： 无力  
脉律： 不齐                      脉名： 沉细脉

图 9

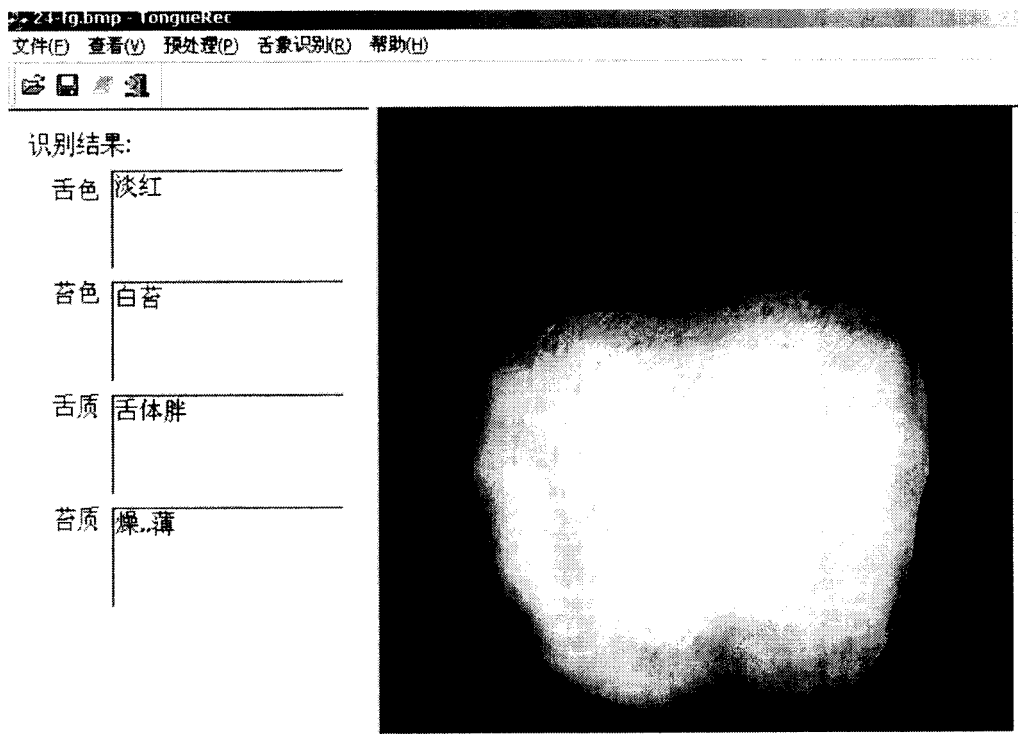


图 10

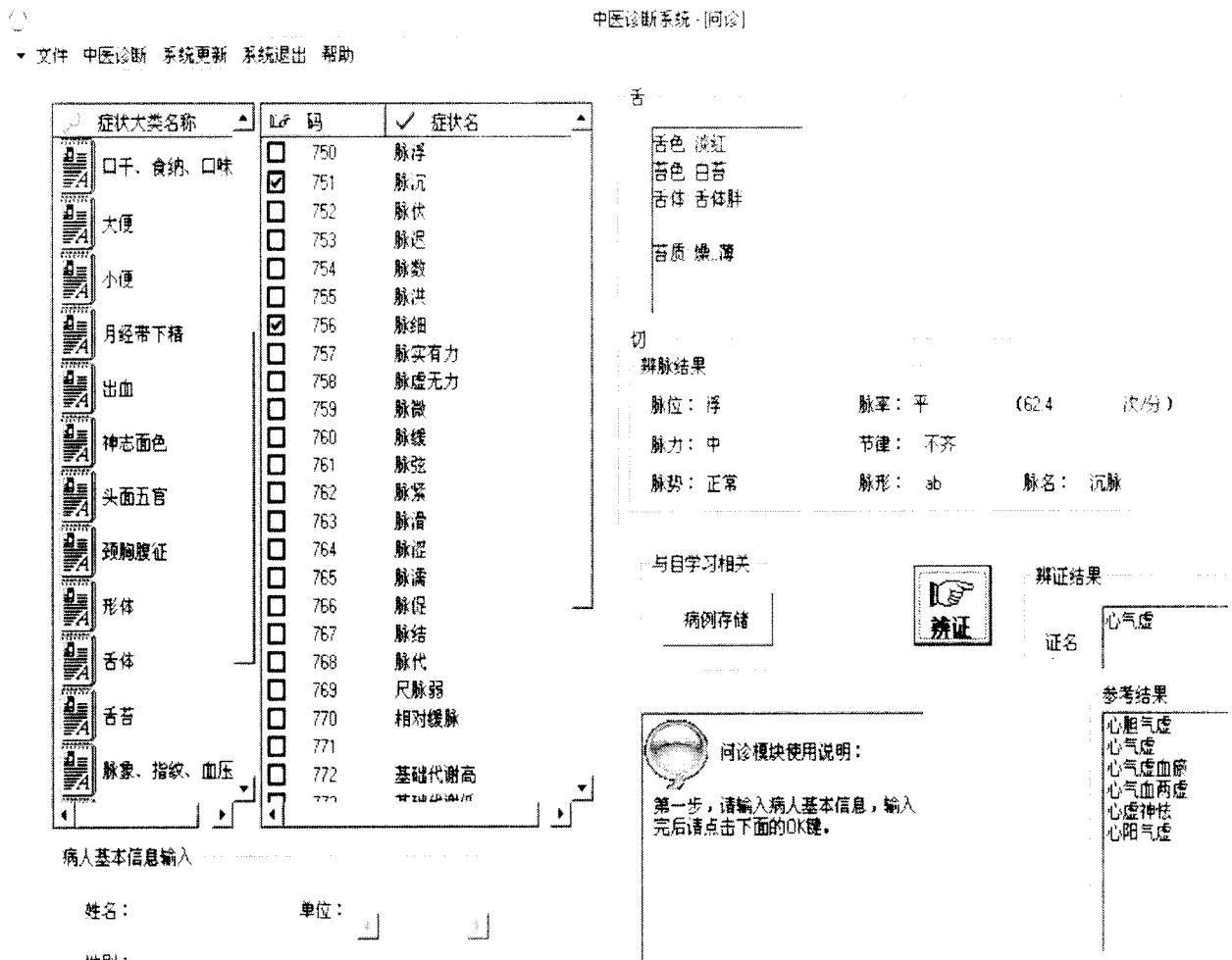


图 11

专利名称(译)	中医四诊合参智能辨证方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN1759804A</a>	公开(公告)日	2006-04-19
申请号	CN200510061372.6	申请日	2005-11-02
[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	王慧燕 程翼宇		
发明人	王慧燕 程翼宇		
IPC分类号	A61B5/00 G06F17/00 G06F19/00		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明提供一种中医四诊合参智能辨证方法，是基于贝叶斯网络的概率推理模型为基础，运用现代信号处理技术、图像识别技术提取舌象和脉象特征，进行舌象和脉象的自动分析判别，并与闻诊、问诊信息相融合，实现中医证候的计算机智能鉴别。本发明方法能进行脉象识别，给出辨脉结果，即脉象名称；能进行舌象识别，给出辨舌结果，包括舌色、苔色、舌质和苔质；在问诊界面中，用户输入病人症状，系统给出辨证结果；可对典型病例进行存储；具有自学习功能，若收集大量、可靠病例，可对系统进行更新及报表打印；是现代科学手段在发展中医诊断鉴别方面的现实应用。

$$W_{2^j} f(x) = 2^j \frac{d}{dx} (f * \theta_{2^j})(x),$$