



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110200617 A  
(43)申请公布日 2019.09.06

(21)申请号 201910561913.3

(22)申请日 2019.06.26

(71)申请人 慧言科技(天津)有限公司

地址 300384 天津市西青区天津华苑产业  
区海泰发展六道6号海泰绿色产业基  
地J座210、211

(72)发明人 党建武 孟朋展 申岱

(74)专利代理机构 北京栈桥知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11670

代理人 潘卫锋

(51)Int.Cl.

A61B 5/024(2006.01)

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

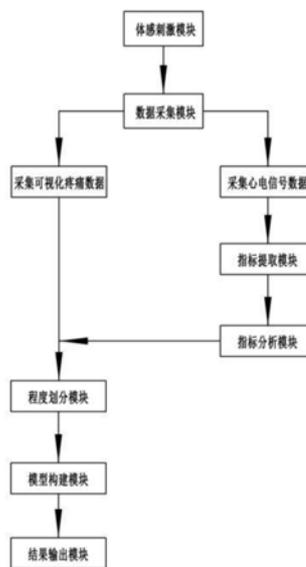
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统

## (57)摘要

本发明公开了一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,包括体感刺激模块,用于激发人体心电信号发生改变;数据采集模块,记录疼痛数据和心电信号;指标提取模块,提取心率变异性在时间领域和频率领域的10个指标;指标分析模块,通过主成分分析对所述10维心率变异性指标在评价疼痛时贡献度,用于将10维降到4维;程度划分模块,疼痛数据的可视化对疼痛的程度进行分类;用于构建学习模型的模型构建模块和用于输出疼痛测评的结果输出模块。本发明采用主成分分析的方法,能够充分考虑各个指标对评价疼痛产生的影响,并且通过主成分分析的降维,去除了冗长的信息,在尽可能保留原数据的信息度的情况下增加了学习模型的正确率。



1. 一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,其特征在于,包括:

体感刺激模块,采用外部刺激方式获取疼痛感,用于激发人体心电信号发生改变;

数据采集模块,利用疼痛视觉模拟VAS评分方法记录疼痛数据;还分别记录平静状态和疼痛状态时20min的心电信号,并采集长度为5min的稳定心电信号数据;

指标提取模块,利用Kubios HRV Standard3.1.0提取所述稳定心电信号数据中在平静状态下和疼痛状态下的心率变异性在时间领域和频率领域的10个指标,即10维心率变异性指标;

指标分析模块,通过主成分分析对所述10维心率变异性指标在评价疼痛时贡献度,用于将10维心率变异性指标降到4维心率变异性指标;

程度划分模块,将采集的所述疼痛数据和所述4维心率变异性指标中的第一指标和第二指标构成三维数据进行可视化,从而对疼痛划分为四个程度;

模型构建模块,构建Extring Learning Machin学习模型,并利用疼痛的四个程度作为输出标签;

结果输出模块,用于输出Extring Learning Machin学习模型的疼痛测评结果。

2. 如权利要求1所述的一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,其特征在于,所述评价疼痛时贡献度的方法包括以下步骤:

步骤一,归一化:对心率变异性指标进行归一化;

求解方程为: $Y=2*(x-xmin)/(xmax-xmin)+(-1)$ ;

步骤二,列出求解过程并计算贡献度:

$$\text{特征标准化,平衡各个指标尺度: } x_j^{(i)} = \frac{x_j^{(i)} - \mu_j}{S_j} \quad (1)$$

$$\text{计算个指标的协方差矩阵 } \Sigma: \Sigma = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x^{(i)})(x^{(i)})^T = \frac{1}{m} \bullet X^T X \quad (2)$$

通过奇异值分解(SVD),求取协方差矩阵 $\Sigma$ 的特征向量:

$$(U, S, V^T) = \text{SVD}(\Sigma) \quad (3)$$

数据从N维降到K维是从U取K个特征向量组成新的特征向量 $U_{\text{reduce}}$ :

$$U_{\text{reduce}} = (u^{(1)}, u^{(2)}, \dots, u^{(k)}) \quad (4)$$

$$\text{计算降维后的数据: } z^{(i)} = U_{\text{reduce}}^T \bullet x^{(i)} \quad (5)$$

$$\text{特征向量 } U_{\text{reduce}} \text{ 对应的特征值 } \lambda: \lambda = (\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \dots, \lambda^{(k)}) \quad (6)$$

$$\text{第k个主成分的贡献率: } PC(k) = \frac{\lambda^{(k)}}{\lambda} \quad (7)$$

通过特征向量计算各个指标的贡献度, $a_{kj}$ 是第k个主成分指标j的得分:

$$Conj = \sum_{k=1}^m |a_{kj}| PC(k) \quad (8)。$$

3. 如权利要求1所述的一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,其特征在于,所述外部刺激方式为以浸透0.5mL辣椒素溶液的棉纸片覆盖下唇唇红的位置来产生疼痛感。

4. 如权利要求2所述的一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,其特征在于,所述辣椒素溶液用30%酒精配置成含0.1%辣椒素的溶液。

5. 如权利要求1所述的一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,其特征在于,所述心率变异性的10个指标分别为AVNN、SDNN、RMSSD、NN50、pNN50、TOTPOWER、VLF、LF、HF、LF/HF。

6. 如权利要求1所述的一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,其特征在于,所述心率变异性的10个指标分别为AVNN、SDNN、RMSSD、NN50、pNN50、TOTPOWER、VLF、VLF、HF、LF/HF。

7. 如权利要求1所述的一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,其特征在于,所述对疼痛划分为四个程度分别为0无痛,1~40轻度,41~60中度,61~100重度。

## 一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及疼痛医疗领域,具体是涉及一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统。

### 背景技术

[0002] 身体的疼痛指通常由身体损伤、病患或不良的外部刺激所引起的不舒服感觉。这种感觉因人而异是一种主观的感受。因此目前评价疼痛的方法多数是患者的自我主观的评价。

[0003] 主观测评常用的方式有:(1)利用评价量表包括语言评价量表(VRS)、数字评价量表(NRS)和视觉类比量表(VAS)等进行疼痛强度评价,其中VAS是临床使用最多。(2)疼痛问卷表,采用问卷调查的方式从感觉、情感、评价和其他相关类四个方面以及现时疼痛强度对疼痛强度进行较全面的评价。以上两种主观评测方式只能是依赖于疼痛者的反馈来进行判断,然而每个人的忍痛能力以及情感思维不同,会导致测评结果有较大的误差。

[0004] 客观测评常用方式有:(1)行为测定,疼痛作为自主神经活动的表现之一,所以疼痛者经常表现出一些行为和举止变化,这些行为举止的变化程度可以客观间接地反映患者当时的疼痛程度。(2)生理学测定,与疼痛之间存在密切的联系有生理和生化指标,包括心率、脑电波、呼吸以及皮肤的汗腺分泌等,也有现有技术借助各种生物信息监测设备来对疼痛的客观评测进行辅助,但是单一的利用这种监测系统而没有形成良好的关联模式,则测评的准确率也是较低的。公开号为CN103405225B的中国发明专利公开了一种获取疼感评测指标的方法、装置及设备,采集被检测者的大脑皮层的脑电波信号作为客观定量来评价疼痛,但是复杂程度高,构造和使用的成本也较高,不利于推广使用。因此需要一种能够兼具测评准确度高且更易推广的疼痛评定系统。

### 发明内容

[0005] 为解决上述存在的问题,本发明提供一种利用心率变异性客观定量的评价疼痛的系统。

[0006] 本发明的技术方案为:一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统,包括:

[0007] 体感刺激模块,采用外部刺激方式获取疼痛感,用于激发人体心电信号发生改变;

[0008] 数据采集模块,利用疼痛视觉模拟VAS评分方法记录疼痛数据;还分别记录平静状态和疼痛状态时20min的心电信号,并采集长度为5min的稳定心电信号数据;

[0009] 指标提取模块,利用Kubios HRV Standard3.1.0提取所述稳定心电信号数据中在平静状态下和疼痛状态下的心率变异性在时间领域和频率领域的10个指标,即10维心率变异性指标;

[0010] 指标分析模块,通过主成分分析对所述10维心率变异性指标在评价疼痛时贡献度,用于去除了冗长信息,选取贡献度相对较大的指标,尽可能保留原数据的信息度,将10维心率变异性指标降到4维心率变异性指标。

[0011] 程度划分模块,将采集的所述疼痛数据和所述4维心率变异性指标中的第一指标和第二指标构成三维数据进行可视化,从而对疼痛划分为四个程度;

[0012] 模型构建模块,构建Extring Learning Machin学习模型,并利用疼痛的四个程度作为输出标签;

[0013] 结果输出模块,用于输出Extring Learning Machin学习模型的疼痛测评结果。

[0014] 进一步地,所述评价疼痛时贡献度的方法包括以下步骤:

[0015] 步骤一,归一化:对心率变异性指标进行归一化;

[0016] 求解方程为: $Y=2*(x-xmin)/(xmax-xmin)+(-1)$ ;

[0017] 步骤二,列出求解过程并计算贡献度:

[0018] 特征标准化,平衡各个指标尺度:
$$x_j^{(i)} = \frac{x_j^{(i)} - \mu_j}{s_j} \quad (1)$$

[0019] 计算个指标的协方差矩阵  $\Sigma$ : 
$$\Sigma = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x^{(i)})(x^{(i)})^T = \frac{1}{m} \bullet X^T X \quad (2)$$

[0020] 通过奇异值分解(SVD),求取协方差矩阵  $\Sigma$  的特征向量:

[0021]  $(U, S, V^T) = \text{SVD}(\Sigma) \quad (3)$

[0022] 数据从N维降到K维是从U取K个特征向量组成新的特征向量  $U_{\text{reduce}}$ :

[0023]  $U_{\text{reduce}} = (u^{(1)}, u^{(2)}, \dots, u^{(k)}) \quad (4)$

[0024] 计算降维后的数据:
$$z^{(i)} = U_{\text{reduce}}^T \bullet x^{(i)} \quad (5)$$

[0025] 特征向量  $U_{\text{reduce}}$  对应的特征值  $\lambda$ :  $\lambda = (\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \dots, \lambda^{(k)}) \quad (6)$

[0026] 第k个主成分的贡献率:
$$PC(k) = \frac{\lambda^{(k)}}{\lambda} \quad (7)$$

[0027] 通过特征向量计算各个指标的贡献度,  $a_{kj}$  是第k个主成分指标j的得分:

[0028]  $Conj = \sum_{k=1}^m |a_{kj}| PC(k) \quad (8)$

[0029] 进一步地,所述外部刺激方式为以浸透0.5mL辣椒素溶液的棉纸片覆盖下唇唇红的位置来产生疼痛感。相对于现有技术中采用生理盐水注射产生痛感刺激不涉及体内刺激更加安全,而相对于需要大电流才能刺激更强烈的电流刺激法同样具有良好的安全性。

[0030] 进一步地,所述辣椒素溶液用30%酒精配置成含0.1%辣椒素的溶液。

[0031] 进一步地,所述心率变异性的10个指标分别为AVNN、SDNN、RMSSD、NN50、pNN50、TOTPOWER、VLF、LF、HF、LF/HF。

[0032] 进一步地,所述对疼痛划分为四个程度分别为0无痛,1~40轻度,41~60中度,61~100重度。

[0033] 进一步地,所述Extreme Learning Machin学习模型由输入层,隐藏层,输出层三层构成,所述输入层和隐藏层的权重随机取得,隐藏层和输出层的权重通过广义矩阵求得。

[0034] 本发明的有益效果是:本发明提供一种用心率变异性定量评价疼痛的方法,该方法采用机器学习的方法构建了疼痛的分类模型。并且在心率变异性指标分析时采用主成分分析法,该方法能够充分考虑各个心率变异性的指标对评价疼痛产生的影响且能够计算各个指标在评价疼痛时的贡献度,并且通过主成分分析的降维,去除了冗长的信息,在尽可能

保留原数据的信息度的情况下增加了分类模型的正确率。

### 附图说明

- [0035] 图1为本发明的系统流程图  
 [0036] 图2是在评价疼痛时心率变异性各指标的贡献度；  
 [0037] 图3是疼痛分类的可视化图；  
 [0038] 图4是Extreme Learning Machin模型的构成图。  
 [0039] 图5是心率变异性指标数据和疼痛数据在ELM模型的输出结果图。

### 具体实施方式

[0040] 下面结合附图对本发明做进一步详细地描述。

[0041] 如图1所示，一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统，包括：

[0042] 体感刺激模块，采用外部刺激方式获取疼痛感，用于激发人体心电信号发生改变；所述外部刺激方式为以浸透0.5mL辣椒素溶液的棉纸片覆盖下唇唇红的位置来产生疼痛感。所述辣椒素溶液用30%酒精配置成含0.1%辣椒素的溶液，辣椒素由sigma公司生产，棉纸片的规格为5cm×1cm,0.1cm厚。相对于现有技术中采用生理盐水注射产生痛感刺激不涉及体内刺激更加安全，而相对于需要大电流才能刺激更强烈的电流刺激法同样具有良好的安全性。

[0043] 数据采集模块，利用疼痛视觉模拟VAS评分方法记录疼痛数据；还分别记录平静状态和疼痛状态时20min的心电信号，并采集长度为5min的稳定心电信号数据；

[0044] 指标提取模块，利用Kubios HRV Standard3.1.0提取所述稳定心电信号数据中在平静状态下和疼痛状态下的心率变异性在时间领域和频率领域的10个指标，即10维心率变异性指标；心率变异性的10个指标分别为AVNN、SDNN、RMSSD、NN50、pNN50、TOTPOWER、VLF、LF、HF、LF/HF。

[0045] 指标分析模块，通过主成分分析对所述10维心率变异性指标在评价疼痛时贡献度，用于去除了冗长信息，选取贡献度相对较大的指标，尽可能保留原数据的信息度，将10维心率变异性指标降到4维心率变异性指标。评价疼痛时贡献度的方法包括以下步骤：

[0046] 步骤一，归一化：对心率变异性指标进行归一化；

[0047] 求解方程为： $Y=2*(x-xmin)/(xmax-xmin)+(-1)$ ；

[0048] 步骤二，列出求解过程并计算贡献度：

[0049] 特征标准化，平衡各个指标尺度：
$$x_j^{(i)} = \frac{x_j^{(i)} - \mu_j}{S_j} \quad (1)$$

[0050] 计算个指标的协方差矩阵  $\Sigma$ ：
$$\Sigma = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x^{(i)})(x^{(i)})^T = \frac{1}{m} \bullet X^T X \quad (2)$$

[0051] 通过奇异值分解(SVD)，求取协方差矩阵  $\Sigma$  的特征向量：

[0052]  $(U, S, V^T) = SVD(\Sigma) \quad (3)$

[0053] 数据从N维降到K维是从U取K个特征向量组成新的特征向量  $U_{reduce}$ ：

[0054]  $U_{reduce} = (u^{(1)}, u^{(2)}, \dots, u^{(k)}) \quad (4)$

[0055] 计算降维后的数据： $z^{(i)} = U_{reduce}^T \bullet x^{(i)}$  (5)

[0056] 特征向量 $U_{reduce}$ 对应的特征值 $\lambda$ ： $\lambda = (\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \dots, \lambda^{(k)})$  (6)

[0057] 第k个主成分的贡献率： $PC(k) = \frac{\lambda^{(k)}}{\lambda}$  (7)

[0058] 通过特征向量计算各个指标的贡献度， $a_{kj}$ 是第k个主成分指标j的得分：

[0059]  $Conj = \sum_{k=1}^m |a_{kj}| PC(k)$  (8)。

[0060] 程度划分模块，将采集的所述疼痛数据和所述4维心率变异性指标中的第一指标和第二指标构成三维数据进行可视化，如图2所示，各个指标在评价疼痛时的贡献率从图中可以看到NN50和pNN50对评价疼痛的贡献度最大。LF/HF对评价疼痛的贡献度最小。因此这里的第一指标和第二指标应选择NN50和pNN50。如图3所示，由疼痛数据和4维心率变异性指标中的第一指标和第二指标构成三维数据图，根据图可以将疼痛的成都分为4类分别为0无痛，1~40轻度，41~60中度，61~100重度四个程度。

[0061] 模型构建模块，构建Extring Learning Machin学习模型，并利用疼痛的四个程度作为输出标签；如图4所示，该模型只有输入层，隐藏层，输出层三层构成。其中输入层和隐藏层的权重随机取得，隐藏层和输出层的权重通过广义矩阵求得。该模型在数据量少的情况下也能实现高精度的学习。

[0062] 结果输出模块，用于输出Extring Learning Machin学习模型的疼痛测评结果。如图5所示，数据在ELM学习模型的结果输出图中可以看到当心率变异性的指标降到4维的时候识别正确率最高为73.31%。由图5也可以看出，当主成分的系数（也即心率变异性的指标维数）大于4时，正确率反而逐渐下降，这是因为冗长的信息会造成过多的干扰，从而影响学习模型的正确率。而当主成分的系数小于4时，由于原数据的信息度不够充分，也会导致学习模型的正确率下降。

[0063] 尽管上面结合图对本发明进行了描述，但是本发明并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，而不是限制性的，本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过搭载在计算机上的程序来指令相关的硬件完成。本领域的普通技术人员在本发明的启示下，在不脱离本发明宗旨的情况下，还可以做出很多变形，这些均属于本发明的保护之内。

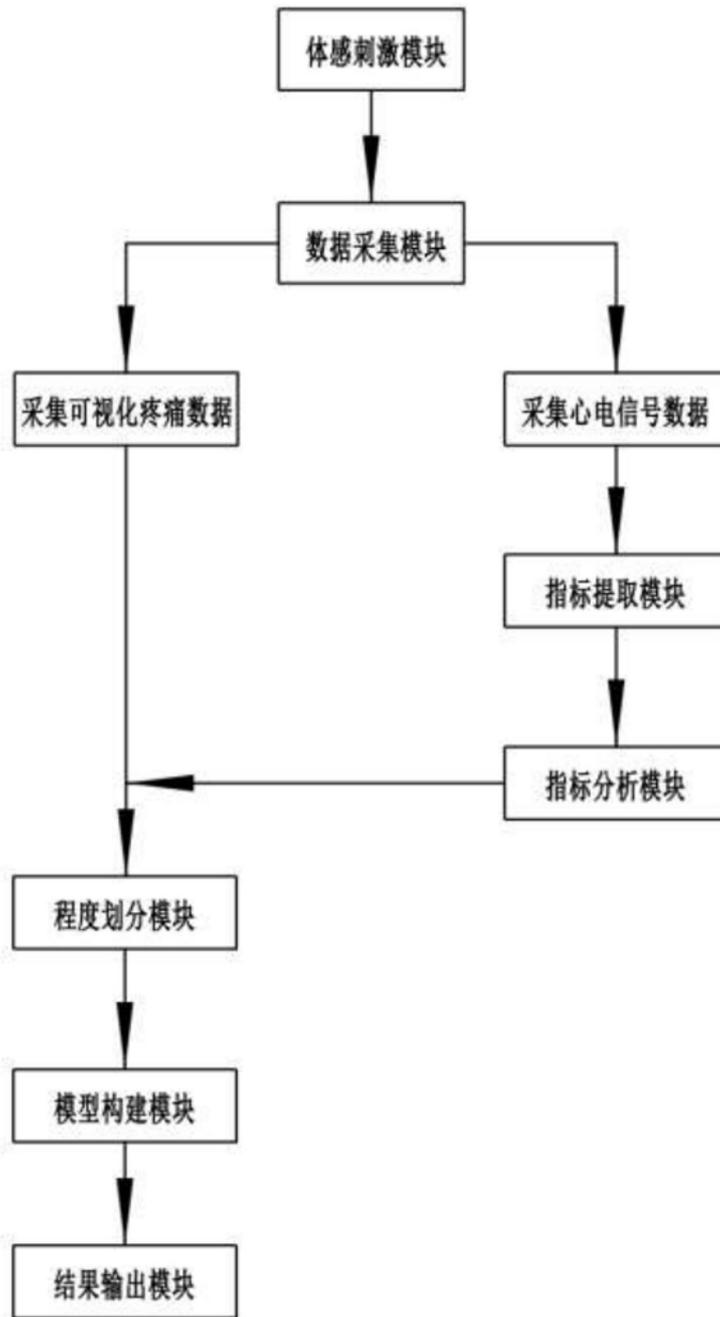


图1

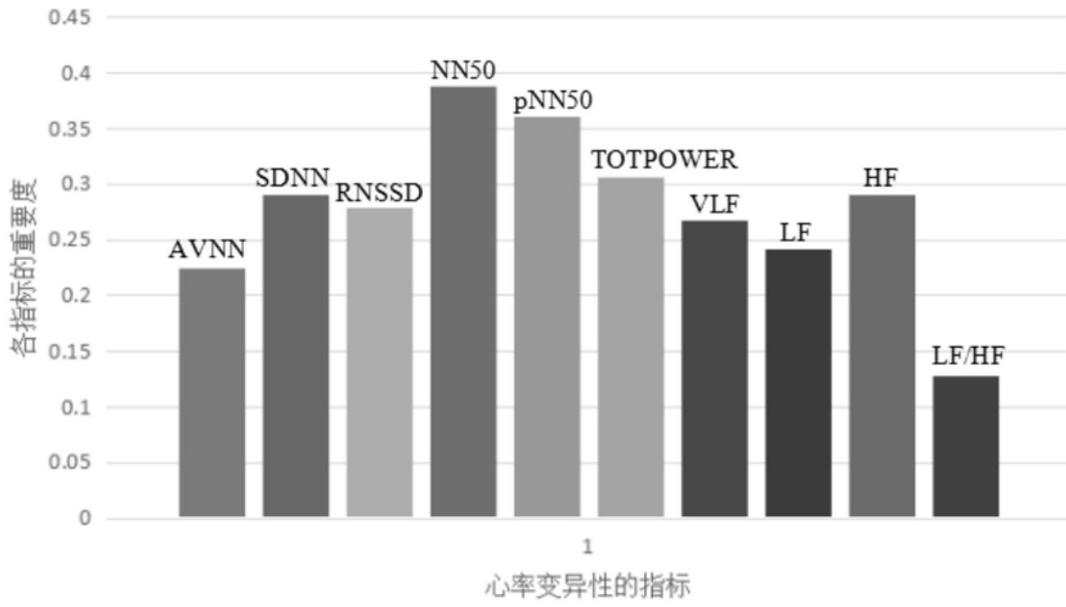


图2

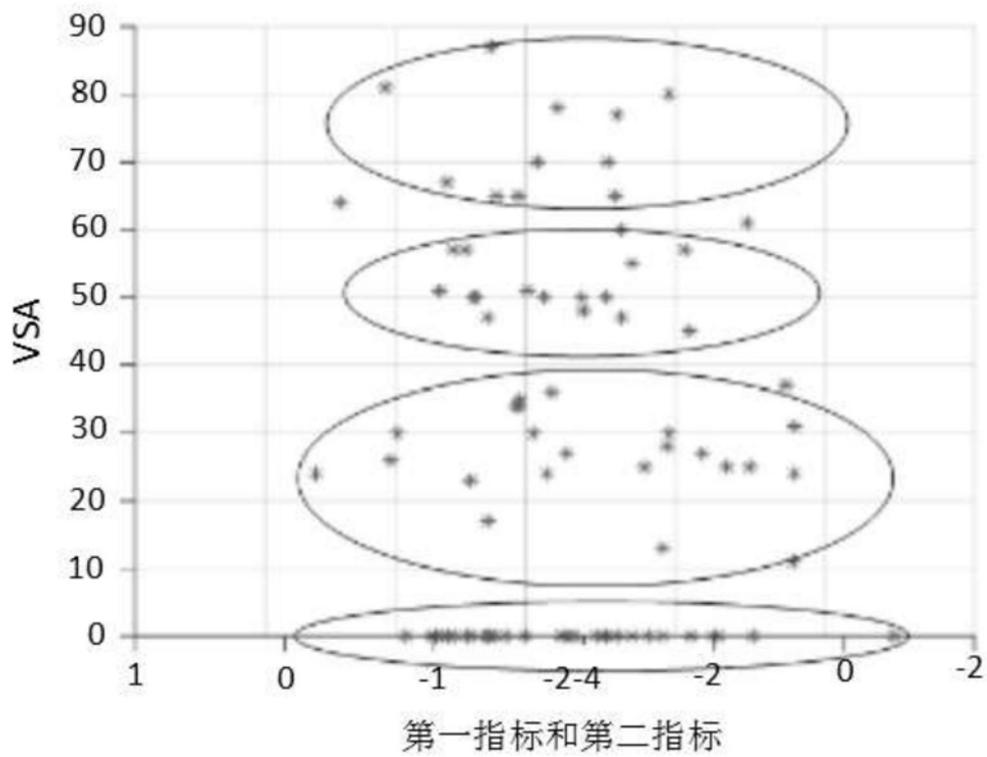


图3

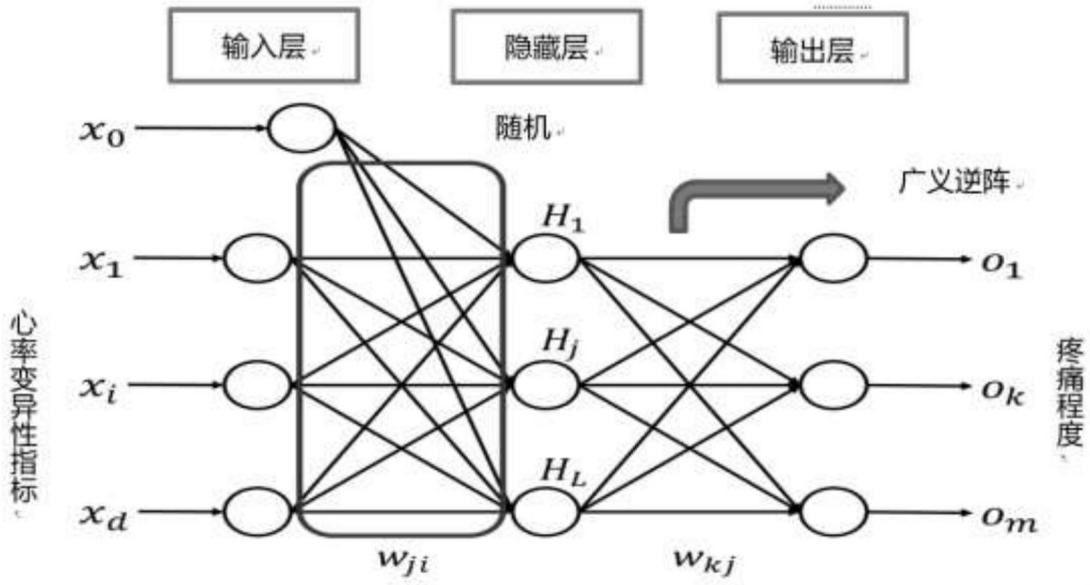


图4

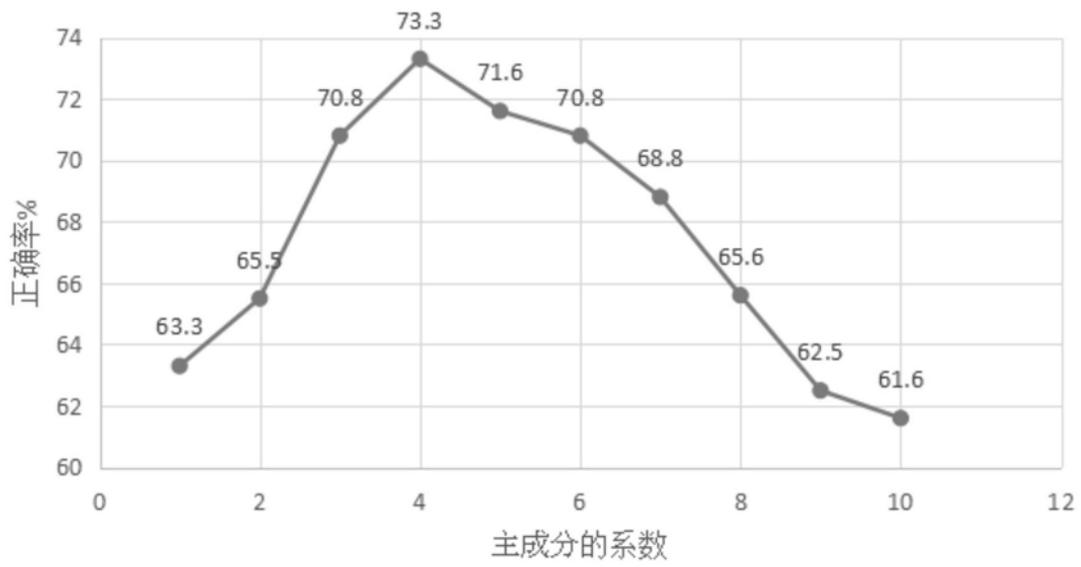


图5

专利名称(译)	一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110200617A</a>	公开(公告)日	2019-09-06
申请号	CN201910561913.3	申请日	2019-06-26
[标]发明人	党建武 申岱		
发明人	党建武 孟朋展 申岱		
IPC分类号	A61B5/024 A61B5/0402 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/02405 A61B5/0402 A61B5/4824 A61B5/486 A61B5/7267		
代理人(译)	潘卫锋		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种利用心率变异性定量评价疼痛的系统，包括体感刺激模块，用于激发人体心电信号发生改变；数据采集模块，记录疼痛数据和心电信号；指标提取模块，提取心率变异性在时间领域和频率领域的10个指标；指标分析模块，通过主成分分析对所述10维心率变异性指标在评价疼痛时贡献度，用于将10维降到4维；程度划分模块，疼痛数据的可视化对疼痛的程度进行分类；用于构建学习模型的模型构建模块和用于输出疼痛测评的结果输出模块。本发明采用主成分分析的方法，能够充分考虑各个指标对评价疼痛产生的影响，并且通过主成分分析的降维，去除了冗长的信息，在尽可能保留原数据的信息度的情况下增加了学习模型的正确率。

