



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110569968 A

(43)申请公布日 2019.12.13

(21)申请号 201910994137.6

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2019.10.18

(71)申请人 上海大学

地址 200444 上海市宝山区上大路99号

(72)发明人 于晓宇 李雅洁 闻雯 李恒宇

(74)专利代理机构 郑州翊博专利代理事务所

(普通合伙) 41155

代理人 付红莉 周玉青

(51)Int.Cl.

G06N 3/04(2006.01)

G06N 3/08(2006.01)

A61B 5/04(2006.01)

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/0488(2006.01)

权利要求书3页 说明书9页 附图2页

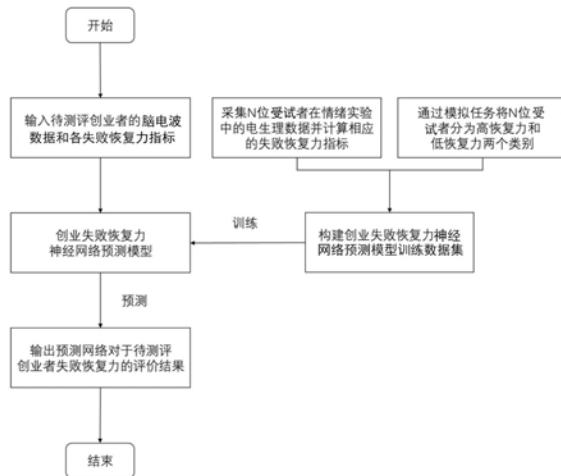
(54)发明名称

基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法及评估系统

(57)摘要

本发明属于电生理与模式识别领域,公开了一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法及评估系统,方法为:1)根据受试者面对任务失败的情绪反应,将受试者分为高、低恢复力两个类别,得到受试者恢复力类别标签;2)采集受试者情绪实验中大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤的电波信号,根据电波信号计算恢复力指标;以受试者恢复力指标、恢复力类别标签构建数据集;3)利用数据集训练创业失败恢复力神经网络预测模型,得到训练后的网络预测模型;4)采集待测者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤电波信号,计算恢复力指标,将恢复力指标输入训练后的网络预测模型,测评创业失败恢复力。该方法能消除社会称许性、记忆偏差干扰,提供客观准确评估结果。

A
CN 110569968



1.一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1)招募N位受试者参加企业经营实战模拟任务,通过问卷收集受试者面对任务失败后的情绪反应,根据问卷结果将所有受试者分为高恢复力和低恢复力两个类别,得到每位受试者的恢复力类别标签;

(2)对N位受试者进行情绪实验,并采集、记录情绪实验过程中每位受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤产生的电波信号,对采集的各电波信号进行处理分析,计算每位受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标;以每位受试者的脑电波数据、各恢复力指标、步骤(1)得到的恢复力类别标签,构建N位受试者的数据集;

(3)以步骤(2)得到的数据集训练创业失败恢复力神经网络预测模型,优化创业失败恢复力神经网络预测模型的参数,得到训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型;

(4)采集待测评创业者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤产生的电波信号,计算待测评创业者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤的恢复力指标,将待测评创业者的脑电波数据和各恢复力指标输入训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型,获取待测评创业者的创业失败恢复力测评结果。

2.根据权利要求1所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,其特征在于,步骤(1)的具体操作为:招募N位受试者参加企业经营实战模拟任务,通过PANAS负面情绪问卷对模拟任务失败的受试者进行测评,并计算得分;间隔24小时后再次通过PANAS负面情绪问卷对模拟任务失败的受试者进行测评,计算得分;第一次问卷得分与第二次问卷得分的差值为受试者的失败恢复测量值,计算N位受试者失败恢复测量值的平均值,失败恢复测量值高于平均值的受试者*i*为高恢复力类别,其对应的恢复力标签值 $y^{(i)}=1$,失败恢复测量值低于平均值的受试者*i*为低恢复力类别,其对应的恢复力标签值 $y^{(i)}=0$,从而得到N位受试者的恢复力类别标签集 $Y=\{y^{(i)}\}_{i=1:N}$ 。

3.根据权利要求2所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,其特征在于,步骤(2)中所述情绪实验的具体操作为:每一位受试者观看三组图片,三组图片中第一组为中性图片,第二组和第三组为负性图片,其中,观看第一组和第二组图片过程中受试者不适用任何情绪调节策略,观看第三组图片过程中采取情绪调节策略减少负性图片引发的负面情绪。

4.根据权利要求3所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,其特征在于,步骤(2)中采集大脑产生的电波信号包括LPP和P3,其中,LPP的波幅选取9个电极点进行采集分析,P3的波幅选取5个电极点进行采集分析;计算受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标的具体过程为:

a、计算LPP恢复力指标:

以一个电极点的LPP恢复力指标计算为例,具体操作为:以时间窗600~2000ms内的平均波幅作为LPP的测量值 Z_{LPP} ,受试者观看第一组图片过程中该电极点对应的LPP波幅值记作 Z_{LPP1} 、观看第二组图片过程中该电极点对应的LPP波幅值记作 Z_{LPP2} ,将 Z_{LPP1} 与 Z_{LPP2} 的差值记作该电极点的LPP恢复力指标;按照上述步骤,获得9个电极点对应的LPP总恢复力指标 $\{A_n^{(i)}\}_{n=1:9}$;

b、计算P3恢复力指标:

以一个电极点的P3恢复力指标计算为例,具体操作为:以时间窗300~600ms内的平均波幅作为P3的测量值 W_{P3} ,受试者观看第一组图片过程中该电极点对应的P3波幅值记作 W_{P31} 、观看第二组图片过程中该电极点对应的P3波幅值记作 W_{P32} ,将 W_{P31} 与 W_{P32} 的差值记作该电极点的P3恢复力指标;按照上述步骤,获得5个电极点对应的P3总恢复力指标 $\{A_n^{(i)}\}_{n=10:14}$;

c、计算心肌细胞对应的恢复力指标:

以时间窗2000~6000ms内心率平均值作为测量值 A_{hr} ,分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的心率平均值 A_{hr1} 、 A_{hr2} 、 A_{hr3} ,根据 A_{hr1} 、 A_{hr2} 、 A_{hr3} 计算得出心肌细胞对应的恢复力指标 $A_{15}^{(i)} = 1 - \frac{A_{hr1} - A_{hr3}}{A_{hr1} - A_{hr2}}$;

d、计算皱眉肌对应的恢复力指标:

以时间窗400~1000ms内的肌电平均值作为测量值 A_{emg} ,分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的肌电平均值 A_{emg1} 、 A_{emg2} 、 A_{emg3} ,根据 A_{emg1} 、 A_{emg2} 、 A_{emg3} 计算得出皱眉肌对应的恢复力指标 $A_{16}^{(i)} = 1 - \frac{A_{emg1} - A_{emg3}}{A_{emg1} - A_{emg2}}$;

e、计算皮肤对应的恢复力指标:

以时间窗1200~2000ms内的标准化皮电平均值作为测量值 A_{gsr} ,分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的皮电平均值 A_{gsr1} 、 A_{gsr2} 、 A_{gsr3} ,根据 A_{gsr1} 、 A_{gsr2} 、 A_{gsr3} 计算得出恢复力指标 $A_{17}^{(i)} = 1 - \frac{A_{gsr1} - A_{gsr3}}{A_{gsr1} - A_{gsr2}}$ 。

5. 根据权利要求4所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,其特征在于,步骤(2)中,以每位受试者的脑电波数据、各恢复力指标、步骤(1)得到的恢复力类别标签,构建N位受试者的数据集的具体过程为:

根据大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标,得到每一位受试者*i*的17维特征向量 $I_4^{(i)} = [A_1^{(i)}, A_2^{(i)}, \dots, A_{17}^{(i)}]^T$;同时,对每一位受试者*i*观看第一组图片、第二组图片、第三组图片过程中采集的脑电波信号进行重采样,采样频率为120Hz,得到每一位受试者*i*的三个 264×64 的脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$,其中,3代表情绪实验中的三个组,64代表脑电波信号通道数,264代表脑电波信号在120Hz采样率下2200ms的时域波形;以每一位受试者*i*的17维特征向量 $I_4^{(i)}$ 、脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$ 作为该受试者*i*的对应的输入数据,表示为 $x^{(i)} = \{I_n^{(i)}\}_{n=1:4}$,同时,结合步骤(1)获取的每位受试者*i*的恢复力类别标签,得到N位受试者的数据集记作D,D = {(x⁽ⁱ⁾, y⁽ⁱ⁾) }_{i=1:N}。

6. 根据权利要求5所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,其特征在于,步骤(3)中所述创业失败恢复力神经网络预测模型的网络整体结构为六层,第一层Layer 0是输入层,输入样本是3个 264×64 的脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$;第二层Layer 1实现空域滤波功能,分别用12个 1×64 的卷积核对2个输入矩阵进行卷积计算,并利用ReLU激活函数对卷积特征图进行激活,从而得到36个 264×1 空间滤波特征图;第三层Layer 2实现时域滤波功能,在Layer 1输出的36个特征图上,分别用5个 24×1 的卷积核进行卷积计算,并利用ReLU激活函数对卷积特征图进行激活,从而输出180个 16×1 的时域滤波特征图;第四层为全连

接层Layer 3,其神经元个数为200个并使用ReLU激活函数进行非线性化,并将全连接输出的 200×1 特征图与对应受试者的17维特征向量 $I_4^{(i)}$ 连接组成一个扩大的 217×1 的特征图;第五层也为全连接层Layer 4,其神经元个数为100个,使用ReLU激活函数对特征图进行非线性化;第六层为输出层Layer 5,输出的是一个2维向量。

7.根据权利要求6所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,其特征在于,步骤(3)所述训练创业失败恢复力神经网络预测模型的具体操作过程为:

1)、将步骤(2)得到的数据集按13:2:5的比例分为训练集、验证集和测试集;

2)、利用训练集对创业失败恢复力神经网络预测模型进行训练,并在训练过程中利用验证集对创业失败恢复力神经网络预测模型进行验证,选出在验证集上误差最低的创业失败恢复力神经网络预测模型作为训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型;其中,训练模型时,所使用的损失函数为交叉熵损失函数,batch size设置为16,采用随机梯度下降算法进行优化,初始学习率设为 1×10^{-3} ,Epoch设置为100,并且每隔10个Epoch学习率乘以 1×10^{-1} ;

3)、利用测试集对训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型的预测性能进行评估。

8.一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统,其特征在于,包括电生理信号采集模块、计算机、人机界面终端和输入设备;所述电生理信号采集模块包括脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块;所述计算机中安装有权利要求1~7任一所述的训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型;所述脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块将采集的电波信号传输至计算机,同时,通过输入设备将创业者的数据信息输入计算机,计算机对接收的电波信号、数据信息进行处理分析,然后通过训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型测评创业者的创业失败恢复力,并将创业失败恢复力测评结果通过人机界面终端呈现出来。

9.根据权利要求8所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统,其特征在于,所述脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块均包括用于采集电波信号的电极。

10.根据权利要求9所述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统,其特征在于,所述创业失败恢复力评估系统还包括可穿戴设备,所述可穿戴设备用于放置采集电波信号的电极;所述输入设备包括键盘和鼠标。

基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法及评估系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电生理技术与模式识别领域,具体涉及一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法及评估系统。

背景技术

[0002] 在高不确定性与高模糊性的创业情境中,中国创业企业的失败率高达90%,创业失败很难避免,导致创业者时常陷入负面情绪状态。因此,创业失败恢复力是创业者不可忽视的重要能力。创业失败恢复力是指创业者在创业失败后从负面情绪状态中快速恢复的能力,不仅决定了创业者是否失败后一蹶不振,能否从失败经历中学习,甚至决定了创业者能否持续创造价值。因此,对于计划进入创业领域的个体而言,有必要在创业前预测自身的创业失败恢复力,以评估自我与创业的适配性。同时,对于投资人而言,创业失败恢复力也是投资决策的重要依据,具备较强创业失败恢复力的创业者才更有可能在失败后仍坚持创业而非放弃,从而为投资人避免投资损失。总而言之,预测创业者的创业失败恢复力具有重要的实践价值。

[0003] 个体的电生理反应是失败恢复力的重要表征,包括脑电信号、皮肤电信号、面部肌电信号、心电信号等。首先,脑电信号受个体情绪反应与调节的影响,其中LPP与P3脑电成分是表征失败恢复力的重要指标。LPP属于晚期正成分,在刺激后500~700ms达到最大峰值,并持续几百毫秒。在从负面情绪中恢复的过程中,LPP的波幅随情绪强度的降低而降低,即LPP波幅降低的程度越高,表明恢复力越强。P3属于早期正成分,在刺激后300ms~400ms达到峰值。情绪调节策略会消耗个体的认知资源,而有效使用情绪调节策略的个体能够在调节情绪中减少认知资源的损耗。当个体从负面情绪状态中恢复所需消耗的认知资源越少,表明恢复力越强。P3的波幅随认知资源的消耗而增加,因此当个体努力从负面情绪中恢复时,P3波幅增加的程度越小,表明恢复力越强。其次,心电信号是人体心脏跳动时心肌细胞产生电位活动的综合表现,指的是每次心动周期所产生的电活动变化,受到情绪波动的影响而发生变化,具有简便、易于施测等诸多优势,常用于情绪调节的测量,能够有效表征个体的失败恢复力。第三,人体的面部肌肉会随着情绪状态的变化而变化并产生肌电信号,通过记录这一电信号波动情况能够有效了解个体的情绪变化。其中,个体在负面情绪状态下意识带动皱眉肌的活动,其产生的肌电信号与负面情绪的波动情况相关,是反应个体失败恢复力的指标。最后,皮肤表面汗腺因应激而激活并引起皮肤的电传导能力发生了变化,产生了皮肤电信号。皮肤电信号受人体交感神经的影响,会随着情绪波动而产生变化,研究发现当被试采用情绪调节策略时,可消除因负面情绪产生的皮肤电反应增高的现象,因此皮肤电信号能够有效反应失败恢复力。

[0004] 目前主要通过事后问卷追踪的方法在创业者经历失败之后进行测量和评估,通过跟踪测量的方法评估创业者失败后的恢复情况。这不仅需要耗费大量的人力物力,而且很难获得创业者的真实情况,创业者更倾向于将创业失败隐藏起来,避而不谈。同时,这种方法不具有预测作用,不能评估未经历过创业失败的创业者。因此,不论是对于创业者个体还

是投资机构,已有的事后问卷追踪的方法都不具有采纳和推广的价值。本发明的目的在于利用电生理技术与神经网络方法,建立基于个体电生理指标的创业失败恢复力系统,提供一种可以快速、方便、客观地预测创业失败恢复力的评估的系统及利用该系统进行评估的方法。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题和不足,本发明的目的是提供一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法及评估系统。

[0006] 为实现发明目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 招募N位受试者参加企业经营实战模拟任务,通过问卷收集受试者面对任务失败后的情绪反应,根据问卷结果将所有受试者分为高恢复力和低恢复力两个类别,得到每位受试者的恢复力类别标签;

[0009] (2) 对N位受试者进行情绪实验,并采集、记录情绪实验过程中每位受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤产生的电波信号,对采集的各电波信号进行处理分析,计算每位受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标;以每位受试者的脑电波数据、各恢复力指标、步骤(1)得到的恢复力类别标签,构建N位受试者的数据集;

[0010] (3) 以步骤(2)得到的数据集训练创业失败恢复力神经网络预测模型,优化创业失败恢复力神经网络预测模型的参数,得到训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型;

[0011] (4) 采集待测评创业者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤产生的电波信号,计算待测评创业者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤的恢复力指标,将待测评创业者的脑电波数据和各恢复力指标输入训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型,获取待测评创业者的创业失败恢复力测评结果。

[0012] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(1)的具体操作为:招募N位受试者参加企业经营实战模拟任务,通过PANAS负面情绪问卷对模拟任务失败的受试者进行测评,并计算得分;间隔24小时后再次通过PANAS负面情绪问卷对模拟任务失败的受试者进行测评,计算得分;第一次问卷得分与第二次问卷得分的差值为受试者的失败恢复测量值,计算N位受试者失败恢复测量值的平均值,失败恢复测量值高于平均值的受试者*i*为高恢复力类别,其对应的恢复力标签值 $y^{(i)}=1$,失败恢复测量值低于平均值的受试者*i*为低恢复力类别,其对应的恢复力标签值 $y^{(i)}=0$,从而得到N位受试者的恢复力类别标签集 $Y=\{y^{(i)}\}_{i=1:N}$ 。

[0013] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(2)中所述情绪实验的具体操作为:每一位受试者观看三组图片,三组图片中第一组为中性图片,第二组和第三组为负性图片,其中,观看第一组和第二组图片过程中受试者不适用任何情绪调节策略,观看第三组图片过程中采取情绪调节策略减少负性图片引发的负面情绪。

[0014] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(2)中采集大脑产生的电波信号包括LPP和P3,其中,LPP的波幅选取CP3,CPz,CP4,P3,Pz,P4,P03,P0z和P04共9个电极点进行采集分析,P3的波幅选取Fz,Fcz,Cz,CPz,Pz共5个电极点进行采集分析。

[0015] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(2)中计算受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标的具体过程为:

[0016] a、计算LPP恢复力指标:

[0017] 以一个电极点的LPP恢复力指标计算为例,具体操作为:以时间窗600~2000ms内的平均波幅作为LPP的测量值 Z_{LPP} ,受试者观看第一组图片过程中该电极点对应的LPP波幅值记作 Z_{LPP1} 、观看第二组图片过程中该电极点对应的LPP波幅值记作 Z_{LPP2} ,将 Z_{LPP1} 与 Z_{LPP2} 的差值记作该电极点的LPP恢复力指标;按照上述步骤,获得9个电极点对应的LPP总恢复力指标 $\{A_n^{(i)}\}_{n=1:9}$:

[0018] b、计算P3恢复力指标:

[0019] 以一个电极点的P3恢复力指标计算为例,具体操作为:以时间窗300~600ms内的平均波幅作为P3的测量值 W_{P3} ,受试者观看第一组图片过程中该电极点对应的P3波幅值记作 W_{P31} 、观看第二组图片过程中该电极点对应的P3波幅值记作 W_{P32} ,将 W_{P31} 与 W_{P32} 的差值记作该电极点的P3恢复力指标;按照上述步骤,获得5个电极点对应的P3总恢复力指标 $\{A_n^{(i)}\}_{n=10:14}$;

[0020] c、计算心肌细胞对应的恢复力指标:

[0021] 以时间窗2000~6000ms内心率平均值作为测量值 A_{hr} ,分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的心率平均值 $A_{hr1}、A_{hr2}、A_{hr3}$,根据 $A_{hr1}、A_{hr2}、A_{hr3}$ 计算得出心肌细胞对应的恢复力指标 $A_{15}^{(i)} = 1 - \frac{A_{hr\ 1}-A_{hr\ 3}}{A_{hr\ 1}-A_{hr\ 2}}$;

[0022] d、计算皱眉肌对应的恢复力指标:

[0023] 以时间窗400~1000ms内的肌电平均值作为测量值 A_{emg} ,分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的肌电平均值 $A_{emg1}、A_{emg2}、A_{emg3}$,根据 $A_{emg1}、A_{emg2}、A_{emg3}$ 计算得出皱眉肌对应的恢复力指标 $A_{16}^{(i)} = 1 - \frac{A_{emg\ 1}-A_{emg\ 3}}{A_{emg\ 1}-A_{emg\ 2}}$;e、计算皮肤对应的恢复力指标:

[0024] 以时间窗1200~2000ms内的标准化皮电平均值作为测量值 A_{gsr} ,分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的皮电平均值 $A_{gsr1}、A_{gsr2}、A_{gsr3}$,根据 $A_{gsr1}、A_{gsr2}、A_{gsr3}$ 计算得出恢复力指标 $A_{17}^{(i)} = 1 - \frac{A_{gsr\ 1}-A_{gsr\ 3}}{A_{gsr\ 1}-A_{gsr\ 2}}$ 。

[0025] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(2)中,以每位受试者的脑电波数据、各恢复力指标、步骤(1)得到的恢复力类别标签,构建N位受试者的数据集的具体过程为:

[0026] 根据大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标,得到每一位受试者i的17维特征向量 $I_4^{(i)} = [A_1^{(i)}, A_2^{(i)}, \dots, A_{17}^{(i)}]^T$;同时,对每一位受试者i观看第一组图片、第二组图片、第三组图片过程中采集的脑电波信号进行重采样,采样频率为120Hz,得到每一位受试者i的三个 264×64 的脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$,其中,3代表情绪实验中的三个组,64代表脑电波信号通道数,264代表脑电波信号在120Hz采样率下2200ms的时域波形;以每一位受试者i的17维特征向量 $I_4^{(i)}$ 、脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$ 作为该受试者i的对应的输入数据,表示为 $x^{(i)} = \{I_n^{(i)}\}_{n=1:4}$,同时,结合步骤(1)获取的每位受试者i的恢复力类别标签,得到N位受试

者的数据集记作D,D={ $(x^{(i)}, y^{(i)})$ } $i=1:N$ 。

[0027] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(3)中所述创业失败恢复力神经网络预测模型的网络整体结构为六层,第一层Layer0是输入层,输入样本是3个 264×64 的脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$,优选地,在输入网络之前,分别对这3个脑电波形数据进行预处理,使得每个通道信号的均值为0,方差为1;第二层Layer 1实现空域滤波功能,分别用12个 1×64 的卷积核对2个输入矩阵进行卷积计算,卷积核滑移步长优选为1,并利用ReLU激活函数对卷积特征图进行激活,从而得到36个 264×1 空间滤波特征图;第三层Layer2实现时域滤波功能,在Layer 1输出的36个特征图上,分别用5个 24×1 的卷积核进行卷积计算,卷积核滑移步长优选为16,并利用ReLU激活函数对卷积特征图进行激活,从而输出180个 16×1 的时域滤波特征图;第四层为全连接层Layer 3,其神经元个数为200个并使用ReLU激活函数进行非线性化,并将全连接输出的 200×1 特征图与对应受试者的17维特征向量 $I_4^{(i)}$ 连接组成一个扩大的 217×1 的特征图;第五层也为全连接层Layer 4,其神经元个数为100个,使用ReLU激活函数对特征图进行非线性化;第六层为输出层Layer 5,输出的是一个2维向量。

[0028] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(3)所述训练创业失败恢复力神经网络预测模型的具体操作过程为:

[0029] 1)、将步骤(2)得到的数据集按13:2:5的比例分为训练集、验证集和测试集;

[0030] 2)、利用训练集对创业失败恢复力神经网络预测模型进行训练,并在训练过程中利用验证集对创业失败恢复力神经网络预测模型进行验证,选出在验证集上误差最低的创业失败恢复力神经网络预测模型作为训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型;其中,训练模型时,所使用的损失函数为交叉熵损失函数,batch size设置为16,采用随机梯度下降算法(SGD)进行优化,初始学习率设为 1×10^{-3} ,Epoch设置为100,并且每隔10个Epoch学习率乘以 1×10^{-1} ;

[0031] 3)、利用测试集对训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型的预测性能进行评估。

[0032] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(1)中受试者独立参加企业经营实战模拟任务,所述企业经营实战模拟任务采用教育部高等学校工商管理类专业教学指导委员会认定的《商道》软件进行设置。

[0033] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,优选地,步骤(1)中告知受试者企业经营实战模拟任务共进行10轮;受试者在第9轮任务的结束后均遭遇企业破产(通过实验操纵的方式使所有受试者都在第9轮失败)。

[0034] 一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统,包括电生理信号采集模块、计算机、人机界面终端和输入设备;所述电生理信号采集模块包括脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块;所述计算机中安装有上述的训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型;所述脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块将采集的电波信号传输至计算机,同时,通过输入设备将受试者的数据信息输入计算机,计算机对接收的电波信号、数据信息进行处理分析,然后通过训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型测评创业者的创业失败恢复

力,并将创业失败恢复力测评结果通过人机界面终端呈现出来。其中,脑电信号采集模块用于采集、存储受试者大脑皮层产生的电波信号,心电信号采集模块用于采集、存储受试者心肌细胞产生的电波信号,面部肌电信号采集模块用于采集、存储受试者皱眉肌运动产生的电波信号,皮肤电信号采集模块用于采集、存储受试者皮肤的电传导能力变化产生的电波信号;所述计算机用于处理各种输入的电波信号和数据信息,以及将处理后的电波信号、输入的数据信息反馈至训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型,并利用训练后的创业失败恢复力神经网络模型测评创业者的创业失败恢复力,测评结果通过人机界面终端反馈给受试人;所述人机界面终端用于向受试人显示各种信息;所述输入设备用于向计算机输入数据和信息。

[0035] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统,优选地,所述脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块均包括用于采集电波信号的电极。

[0036] 根据上述的基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统,优选地,所述创业失败恢复力评估系统还包括可穿戴设备,所述可穿戴设备用于放置采集电波信号的电极;所述输入设备包括键盘和鼠标。

[0037] 与现有技术相比,本发明取得的积极有益效果为:

[0038] (1) 本发明通过大量且多样的创业者样本获得创业失败恢复力的指标,同时应用电生理技术客观测量创业者的恢复力,采用深度学习方法构建创业失败恢复力神经网络预测模型,并利用该模型对新数据样本进行评价预测,为创业者了解自身失败恢复力、投资人了解创业者的失败恢复力提供了一种预测系统和方法。

[0039] (2) 本发明创业失败恢复力评估方法通过脑电对待测评创业者的创业失败恢复力进行测评,能够消除社会称许性、记忆偏差等问题产生的干扰,提供客观、准确的预测结果。

[0040] (3) 本发明创业失败恢复力评估系统结构简单,设计合理,能够快速对待测评的创业者进行创业失败恢复力评估,评估结果客观,准确。

附图说明

[0041] 图1为本发明基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法的流程图;

[0042] 图2为本发明中创业失败恢复力神经网络预测模型的结构示意图;

[0043] 图3为本发明基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统示意图。

具体实施方式

[0044] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清晰明了,下面结合具体实施例对本发明作详细说明。以下实施例中所涉及的方法或步骤,如无特别说明,则均为本技术领域的常规方法或步骤,本领域技术人员均能根据具体应用场景做出常规选择或者适应性选择。

[0045] 实施例1:

[0046] 一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法,如图1所示,具体步骤如下:

[0047] (1) 招募N位受试者,每位受试者独立参加企业经营实战模拟任务,所述企业经营实战模拟任务采用教育部高等学校工商管理类专业教学指导委员会认定的《商道》软件进行设置;企业经营实战模拟任务开始前,每位受试者被告知经营实战模拟任务共进行10轮;

模拟任务过程中,通过实验操纵的方式使所有受试者在第9轮任务的结束后均遭遇企业破产(使所有受试者都在第9轮失败)。在第9轮任务失败后,通过PANAS负面情绪问卷对模拟任务失败的受试者进行测评,并计算得分;间隔24小时后再次通过PANAS负面情绪问卷对模拟任务失败的受试者进行测评,计算得分;第一次问卷得分与第二次问卷得分的差值为受试者的失败恢复测量值,计算N位受试者失败恢复测量值的平均值,失败恢复测量值高于平均值的受试者*i*为高恢复力类别,其对应的恢复力标签值 $y^{(i)}=1$,失败恢复测量值低于平均值的受试者*i*为低恢复力类别,其对应的恢复力标签值 $y^{(i)}=0$,从而得到N位受试者的恢复力类别标签集 $Y=\{y^{(i)}\}_{i=1:N}$ 。

[0048] 其中,N(N≥2000)位受试者中,N/2位受试者只创办过一家企业且没有失败经验,另外N/2的受试者至少有一次创业失败经验;且N为受试者的创业时间跨度不同且创业背景不同。

[0049] (2) 对N位受试者进行情绪实验,并采集、记录情绪实验过程中每位受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤产生的电波信号,其中,采集大脑产生的电波信号包括LPP和P3,其中,LPP的波幅选取CP3,CPz,CP4,P3,Pz,P4,P03,P0z和P04共9个电极点进行采集,P3的波幅选取Fz,Fcz,Cz,CPz,Pz共5个电极点进行采集;对采集的各电波信号进行处理分析,计算每位受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标;以每位受试者的脑电波数据、各恢复力指标、步骤(1)得到的恢复力类别标签,构建N位受试者的数据集。

[0050] 其中,所述情绪实验的具体操作为:

[0051] 每一位受试者单独进入隔音、隔光、隔磁、恒温的电生理实验室,穿戴用于采集脑电波信号、心电波信号、面部肌电波信号和皮肤电波信号的各检测电极,并对各检测电极相对应的检测仪器进行调试。具体过程为:受试者佩戴脑电电极帽,并通过导电膏降低头皮电阻,使用德国Brain Products公司的ERP记录与分析系统进行脑电波信号的采集、转换、放大和存储,按国际10-20系统扩展的64导电极帽记录脑电波信号,以双侧乳突作为参考电极,双眼外侧安置电极记录水平眼电(HEOG),左眼上下安置电极记录垂直眼电(VEOG),每个电极处的头皮电阻保持在5kΩ以下,滤波带通为直流电0.05~100Hz,采样频率为1000Hz/导。将电极连接创业者的左下肢与右上肢,并通过导电膏降低皮肤电阻,采用16导BIOPAC MP150生理记录仪中的ECG100C放大器进行心肌细胞电波信号的采集、转换、放大和存储,放大器增益设置在500,高通滤波器设置在0.5Hz,低通滤波器设置在35Hz。将电极连接在创业者左眼附近的皱眉肌上,并通过导电膏降低皮肤电阻,采用16导BIOPAC MP150生理记录仪中的EMG100C放大器进行皱眉肌电波信号的采集、转换、放大和存储,放大器增益根据需要设置,高通滤波器设置在DC,低通滤波器设置在1Hz。将电极连接在创业者的食指(+)和中指(-)指腹,并通过导电膏降低皮肤电阻,采用16导BIOPAC MP150生理记录仪中的GSR100C放大器进行皮肤电波信号的采集、转换、放大和存储,放大器增益设置为5,高通滤波器设置在DC,低通滤波器设置为1Hz,采样率为250Hz。

[0052] 受试者穿戴好检测电极后观看三组图片,三组图片中第一组为中性图片,第二组和第三组为负性图片,每组50张,每张照片呈现6000ms,图片之间间隔1000ms,所有图片均不重复出现;其中,中性图片和负性图片均选自中国情绪图片系统(CAPS),中性图片描述了中性的动物和人活动的场景,负性图片包括自然灾害场景、人类的攻击行为、令人惊恐的动物等;观看第一组和第二组图片过程中受试者不适用任何情绪调节策略,观看第三组图片

过程中采取情绪调节策略减少负性图片引发的负面情绪，并在第二组图片、第三组图片观看结束后通过7点量表来评定受试者多大程度上通过情绪调节策略减少了负面情绪。每组图片之间的间隔时间为2分钟，受试者可充分休息并平复心情。

[0053] 对采集的脑电波信号数据进行预处理的具体操作为：使用24Hz的高通滤波剔除眼球运动伪迹（包括眨眼和转动），屏蔽受到明显扰动的脑电信号；截取刺激呈现前200ms及刺激呈现后2000ms作为分析时程，即分析时程总长为2200ms，对同组块的脑电波活动进行叠加平均。

[0054] 对采集的心肌细胞电波信号数据进行预处理的具体操作为：通过小波变换将原始心电波信号分解成小波函数族的线性叠加，应用门限阈值法来改变小波系数，对信号进行重构获取降噪处理之后的心电波信号。

[0055] 对采集的皱眉肌电波信号数据进行预处理的具体操作为：通过小波变换将原始肌电波信号分解成小波函数族的线性叠加，应用门限阈值法来改变小波系数，对信号进行重构获取降噪处理之后的皱眉肌电信号。

[0056] 对采集的皮肤电波信号数据进行预处理的具体操作为：由于皮肤电波信号在采集时的采样频率通常比实际要求高的多，因此在处理数据时首先运用Acqknowledge对数据进行采样频率的降低。随后，利用小波变换阈值降噪的方法对下采样后的信号进行降噪。最后，由于个体的基础皮肤电信号存在较大差异，为使不同被试间的皮电信号具有可比性，对其进行标准化。标准化的具体方法为：将被试在观看图像时的皮电值减去该被试平静状态下的皮电平均值，所得到的数据就是标准化后的皮电数据。

[0057] 计算受试者大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标的具体过程为：

[0058] a、计算LPP恢复力指标：

[0059] 以一个电极点的LPP恢复力指标计算为例，具体操作为：以时间窗600~2000ms内的平均波幅作为LPP的测量值 Z_{LPP} ，受试者观看第一组图片过程中该电极点对应的LPP波幅值记作 Z_{LPP1} 、观看第二组图片过程中该电极点对应的LPP波幅值记作 Z_{LPP2} ，将 Z_{LPP1} 与 Z_{LPP2} 的差值记作该电极点的LPP恢复力指标；按照上述步骤，获得9个电极点对应的LPP总恢复力指标 $\{A_n^{(i)}\}_{n=1:9}$ ；

[0060] b、计算P3恢复力指标：

[0061] 以一个电极点的P3恢复力指标计算为例，具体操作为：以时间窗300~600ms内的平均波幅作为P3的测量值 W_{P3} ，受试者观看第一组图片过程中该电极点对应的P3波幅值记作 W_{P31} 、观看第二组图片过程中该电极点对应的P3波幅值记作 W_{P32} ，将 W_{P31} 与 W_{P32} 的差值记作该电极点的P3恢复力指标；按照上述步骤，获得5个电极点对应的P3总恢复力指标 $\{A_n^{(i)}\}_{n=10:14}$ ；

[0062] c、计算心肌细胞对应的恢复力指标：

[0063] 以时间窗2000~6000ms内心率平均值作为测量值 A_{hr} ，分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的心率平均值 $A_{hr1}、A_{hr2}、A_{hr3}$ ，根据 $A_{hr1}、A_{hr2}、A_{hr3}$ 计算得出心肌细胞对应的恢复力指标 $A_{15}^{(i)} = 1 - \frac{A_{hr1} - A_{hr3}}{A_{hr1} - A_{hr2}}$ ；

[0064] d、计算皱眉肌对应的恢复力指标：

[0065] 以时间窗400~1000ms内的肌电平均值作为测量值 A_{emg} ，分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的肌电平均值 $A_{emg1}、A_{emg2}、A_{emg3}$ ，根据 $A_{emg1}、A_{emg2}、A_{emg3}$ 计

算得出皱眉肌对应的恢复力指标 $A_{16}^{(i)} = 1 - \frac{A_{\text{emg}} 1 - A_{\text{emg}} 3}{A_{\text{emg}} 1 - A_{\text{emg}} 2}$; e、计算皮肤对应的恢复力指标:

[0066] 以时间窗1200~2000ms内的标准化皮电平均值作为测量值 A_{gsr} , 分别计算受试者观看第一组、第二组和第三组图片过程所对应的皮电平均值 $A_{\text{gsr}1}, A_{\text{gsr}2}, A_{\text{gsr}3}$, 根据 $A_{\text{gsr}1}, A_{\text{gsr}2}, A_{\text{gsr}3}$ 计算得出恢复力指标 $A_{17}^{(i)} = 1 - \frac{A_{\text{gsr}} 1 - A_{\text{gsr}} 3}{A_{\text{gsr}} 1 - A_{\text{gsr}} 2}$ 。

[0067] 以每位受试者的脑电波数据、各恢复力指标、步骤(1)得到的恢复力类别标签,构建N位受试者的数据集的具体过程为:

[0068] 根据大脑、心肌细胞、皱眉肌、皮肤所对应的恢复力指标,得到每一位受试者i的17维特征向量 $I_4^{(i)} = [A_1^{(i)}, A_2^{(i)}, \dots, A_{17}^{(i)}]^T$; 同时,对每一位受试者i观看第一组图片、第二组图片、第三组图片过程中采集的脑电波信号进行重采样,采样频率为120Hz,得到每一位受试者i的三个 264×64 的脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$, 其中,3代表情绪实验中的三个组,64代表脑电波信号通道数,264代表脑电波信号在120Hz采样率下2200ms的时域波形; 以每一位受试者i的17维特征向量 $I_4^{(i)}$ 、脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$ 作为该受试者i的对应的输入数据,表示为 $x^{(i)} = \{I_n^{(i)}\}_{n=1:4}$, 同时,结合步骤(1)获取的每位受试者i的恢复力类别标签,得到N位受试者的数据集记作D, $D = \{(x^{(i)}, y^{(i)})\}_{i=1:N}$ 。

[0069] (3) 以步骤(2)得到的数据集训练创业失败恢复力神经网络预测模型,优化创业失败恢复力神经网络预测模型的参数,得到训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型。

[0070] 其中,创业失败恢复力神经网络预测模型的网络结构为:

[0071] 参见图2,创业失败恢复力神经网络预测模型的网络整体结构为六层,第一层Layer 0是输入层,输入样本是3个 264×64 的脑电波形矩阵 $\{I_n^{(i)}\}_{n=1:3}$, 优选地,在输入网络之前,分别对这3个脑电波形数据进行预处理,使得每个通道信号的均值为0,方差为1; 第二层Layer 1实现空域滤波功能,分别用12个 1×64 的卷积核对2个输入矩阵进行卷积计算,卷积核滑移步长优选为1,并利用ReLU激活函数对卷积特征图进行激活,从而得到36个 264×1 空间滤波特征图; 第三层Layer 2实现时域滤波功能,在Layer 1输出的36个特征图上,分别用5个 24×1 的卷积核进行卷积计算,卷积核滑移步长优选为16,并利用ReLU激活函数对卷积特征图进行激活,从而输出180个 16×1 的时域滤波特征图; 第四层为全连接层Layer 3,其神经元个数为200个并使用ReLU激活函数进行非线性化,并将全连接输出的 200×1 特征图与对应受试者的17维特征向量 $I_4^{(i)}$ 连接组成一个扩大的 217×1 的特征图; 第五层也为全连接层Layer 4,其神经元个数为100个,使用ReLU激活函数对特征图进行非线性化; 第六层为输出层Layer 5,输出的是一个2维向量。

[0072] 训练创业失败恢复力神经网络预测模型的具体操作过程为:

[0073] 1)、将步骤(2)得到的数据集按13:2:5的比例分为训练集、验证集和测试集;

[0074] 2)、利用训练集对创业失败恢复力神经网络预测模型进行训练,并在训练过程中利用验证集对创业失败恢复力神经网络预测模型进行验证,选出在验证集上误差最低的创业失败恢复力神经网络预测模型作为训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型; 其中,训练模型时,所使用的损失函数为交叉熵损失函数, batch size设置为16,采用随机梯度下降法。

降算法(SGD)进行优化,初始学习率设为 1×10^{-3} ,Epoch设置为100,并且每隔10个Epoch学习率乘以 1×10^{-1} ;

[0075] 3)、利用测试集对训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型的预测性能进行评估。

[0076] (4)按上述步骤(2)中记载的方法采集待测评创业者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤产生的电波信号,计算待测评创业者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤的恢复力指标,将待测评创业者的脑电波数据和各恢复力指标输入训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型,获取待测评创业者的创业失败恢复力测评结果。

[0077] 实施例2:

[0078] 一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统,如图3所示,包括电生理信号采集模块、计算机、人机界面终端和输入设备。所述电生理信号采集模块包括脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块,所述计算机中安装有实施例1中所述的训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型;所述脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块将采集的电波信号传输至计算机,同时,通过输入设备将受试者的数据信息输入计算机,计算机对接收的电波信号、数据信息进行处理分析,然后通过训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型测评受试者创业失败恢复力,并将创业失败恢复力测评结果通过人机界面终端呈现出来。

[0079] 其中,脑电信号采集模块用于采集、存储受试者大脑皮层产生的电波信号,心电信号采集模块用于采集、存储受试者心肌细胞产生的电波信号,面部肌电信号采集模块用于采集、存储受试者皱眉肌运动产生的电波信号,皮肤电信号采集模块用于采集、存储受试者皮肤的电传导能力变化产生的电波信号;所述脑电信号采集模块、心电信号采集模块、面部肌电信号采集模块和皮肤电信号采集模块均包括用于采集电波信号的电极。所述计算机用于处理各种输入的电波信号和数据信息,以及将处理后的电波信号、输入的数据信息反馈至训练后的创业失败恢复力神经网络预测模型,并利用训练后的创业失败恢复力神经网络模型测评受试者创业失败恢复力,测评结果通过人机界面终端反馈给受试人。所述人机界面终端用于向受试人显示各种信息;所述输入设备用于向计算机输入数据和信息,包括鼠标和键盘。

[0080] 实施例3:

[0081] 实施例3的内容与实施例2基本相同,其不同之处在于,所述基于电生理信号的创业失败恢复力评估系统还包括可穿戴设备,所述可穿戴设备用于放置采集电波信号的电极。

[0082] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,但不仅限于上述实例,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

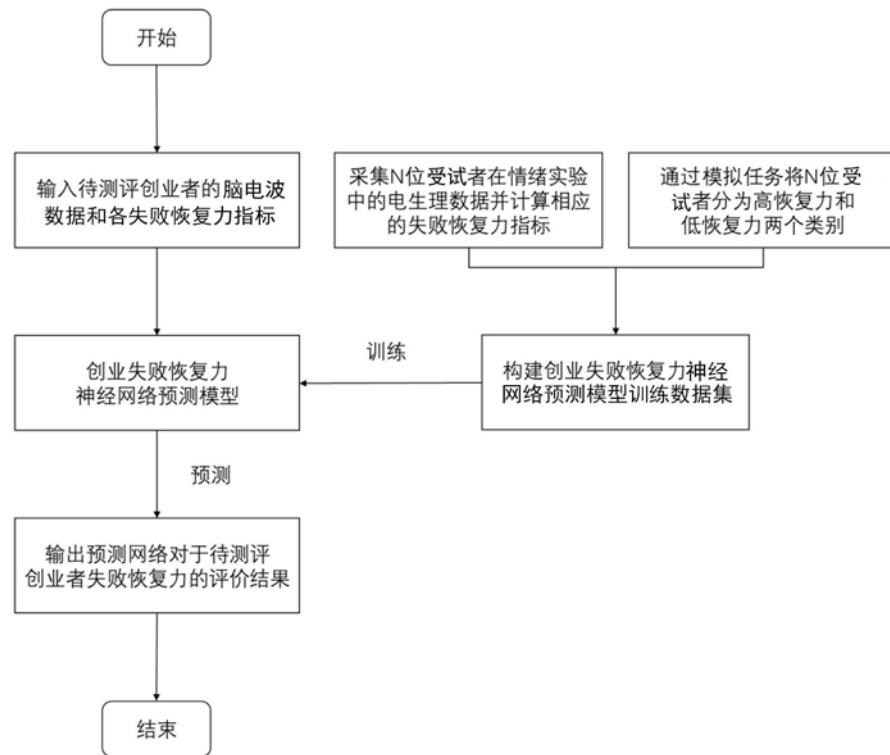


图1

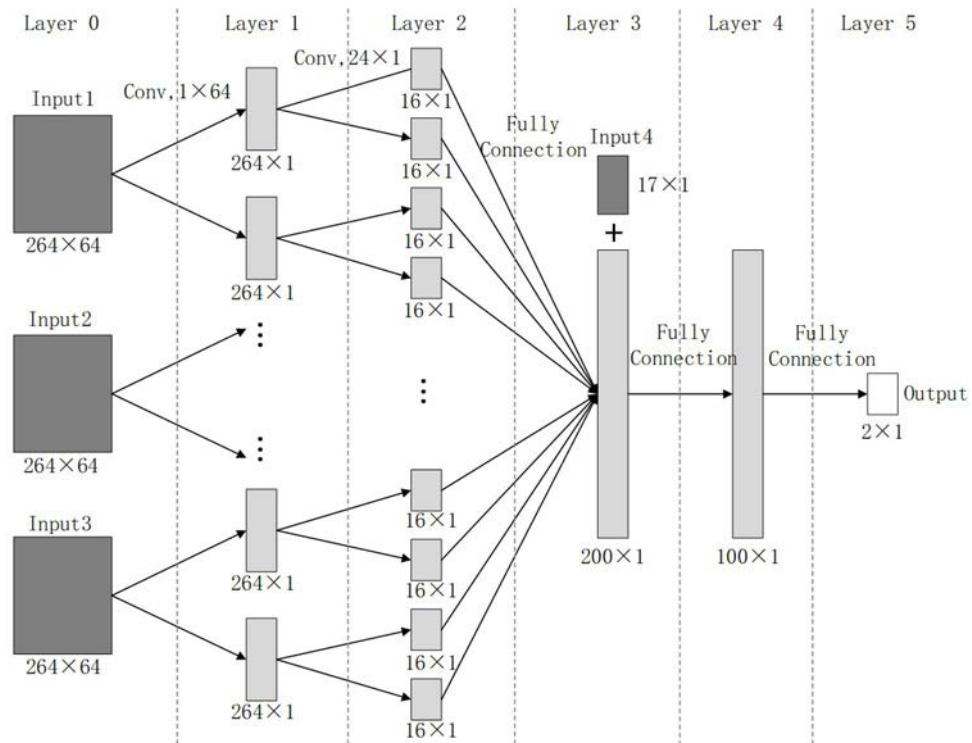


图2

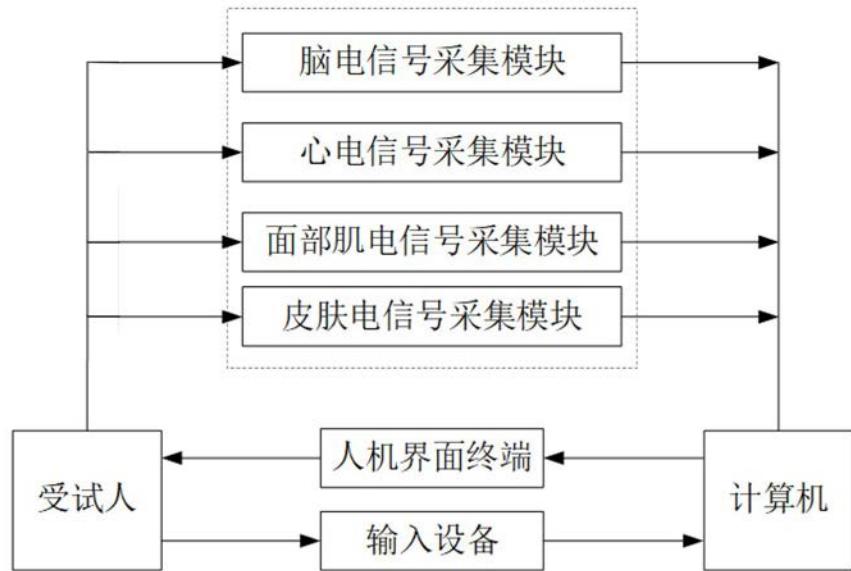


图3

专利名称(译)	基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法及评估系统		
公开(公告)号	CN110569968A	公开(公告)日	2019-12-13
申请号	CN201910994137.6	申请日	2019-10-18
[标]申请(专利权)人(译)	上海大学		
申请(专利权)人(译)	上海大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海大学		
[标]发明人	于晓宇 李雅洁 闻雯 李恒宇		
发明人	于晓宇 李雅洁 闻雯 李恒宇		
IPC分类号	G06N3/04 G06N3/08 A61B5/04 A61B5/0402 A61B5/0476 A61B5/0488 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/04 A61B5/0402 A61B5/0476 A61B5/0488 A61B5/7267 G06N3/0454 G06N3/0481 G06N3/08		
代理人(译)	周玉青		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

本发明属于电生理与模式识别领域，公开了一种基于电生理信号的创业失败恢复力评估方法及评估系统，方法为：1)根据受试者面对任务失败的情绪反应，将受试者分为高、低恢复力两个类别，得到受试者恢复力类别标签；2)采集受试者情绪实验中大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤的电波信号，根据电波信号计算恢复力指标；以受试者恢复力指标、恢复力类别标签构建数据集；3)利用数据集训练创业失败恢复力神经网络预测模型，得到训练后的网络预测模型；4)采集待测者大脑、心肌细胞、皱眉肌和皮肤电波信号，计算恢复力指标，将恢复力指标输入训练后的网络预测模型，测评创业失败恢复力。该方法能消除社会称许性、记忆偏差干扰，提供客观准确评估结果。

