

Design and Research of Emotion Recognition and Music Assisted Therapy System Based on Arduino

Wei jie Wu Aixia Yuan* Feiyang He Haohao Zhou Tianyu Wang

Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning, 116034, China

Abstract

With the accelerating pace of society and the increasing aging population, the need for emotion management and rehabilitation therapy is becoming increasingly prominent. This paper designs an emotion recognition and music-assisted therapy system combining an Arduino-based data acquisition unit and a PC-based signal processing/audio playback unit. The acquisition unit uses an Arduino microcontroller as the core control unit, connected to a pulse sensor and a GSR skin conductance sensor, to collect physiological signals from the subject in real time and transmit them to the computer via a serial port. The PC processes the pulse signal to calculate heart rate, extracts feature values from the skin conductance signal, and constructs an emotion recognition model using the KNN classification algorithm. Based on the recognition results, the system automatically matches appropriate therapeutic music and generates audio synchronized with the user's heart rate. After synthesis, the audio is played in real time by the computer, achieving dynamic emotion regulation. Experimental comparisons between data from two groups, one using the system and the other not using music-assisted therapy, verified the positive role of the system in emotion therapy. Furthermore, the system is inexpensive to build and use, making it suitable for daily emotion management and rehabilitation assistance scenarios.

Keywords

Emotion recognition system; Arduino; Music therapy; Physiological signal processing; Emotion recognition; music generation

基于 Arduino 的情绪识别与音乐辅助治疗系统的设计与研究

吴伟杰 袁爱霞* 何飞扬 周浩浩 王天宇

大连工业大学, 中国·辽宁 大连 116034

摘要

随着社会节奏加速和人口老龄化加剧, 情绪管理与康复治疗需求日益凸显。本文设计一种基于Arduino的数据采集端与PC端信号处理/音频播放端相结合的情绪识别与音乐辅助治疗系统: 采集端以Arduino单片机为核心控制单元, 连接脉搏传感器与GSR皮肤电传感器, 用于实时采集受试者生理信号并通过串口传输至电脑; PC端对脉搏信号进行处理以计算心率, 提取皮肤电信号特征值, 并结合KNN分类算法构建情绪识别模型。系统依据识别结果自动匹配适配的治疗音乐, 并生成与用户心率同步的音频, 经合成后由电脑端实时播放, 实现情绪动态调节。实验对比使用该系统与未使用音乐辅助治疗的两组数据, 验证了系统在情绪治疗中的积极作用, 适用于日常情绪管理与康复辅助场景。

关键词

情绪识别系统; Arduino; 音乐治疗; 生理信号处理; 情绪识别; 音乐生成

1 引言

随着人口老龄化现象不断增加, 老年慢性病患者逐日增多, 社会层面各种压力过大, 人们的情感需求逐渐增加。随着老年慢性病患者和焦虑抑郁患者治疗需求增多, 有特色的治疗手段无疑能提高治愈率和提高患者的信任度。音乐在医疗机构中的探索式应用能促进医患关系的沟通, 优化就医

环境, 提高治疗效果^[1]。如在对肺癌手术治疗患者音乐疗法的研究中, 通过音乐治疗后焦虑自评量表(SAS)评分以及血皮质醇浓度均明显下降, 证明音乐疗法可以有效缓解患者术前的焦虑状态, 从而确保患者手术期平稳, 减少严重术后并发症^[2]。在对高血压患者音乐放松治疗的研究中, 治疗组自主神经平衡指数下降, 心率减慢, 血压下降, 各种住宿症状明显减轻, 结果表明音乐辅助放松治疗可以干涉高血压患者的自主神经平衡状态, 降低血压^[3]。目前, 在美国等一些国家音乐治疗师的行业标准已经得到了逐步的规范化, 相关的音乐治疗协会拥有较为严格的资质审核权限。这些国家的音乐治疗师执业领域得到了良好的规范, 并享有良好的信誉。然而, 在中国音乐治疗师的职业资格尚未得到国家相关部门的正式认可, 目前从事这一专业的人员缺少统一的资格

【作者简介】吴伟杰(2004—), 男, 本科, 从事射频通信, 人工智能研究。

【通讯作者】袁爱霞(1980—), 女, 博士, 从事射频通信, 人工智能研究。

认证体系^[4]。由此本文对音乐辅助治疗系统进行了设计。本研究将传统的音乐治疗方法与现代传感器技术相结合，开发出一种个性化的音乐辅助治疗系统。该系统通过 Arduino 采集生理信号并传输至电脑端处理，可根据个体的实时生理数据提供定制化的音乐治疗方案，且搭建与使用便捷。这一成果为音乐治疗的普及和应用提供了新的可能性，尤其是在老年慢性病患者和焦虑抑郁患者的治疗中，都展现出广阔的应用前景。

2 情绪检测

人的情绪变化总是伴随一系列生理反应，如呼吸、心率、脉搏、腺体分泌等生理变化。皮肤电导率作为衡量人体出汗多少的指标，能够反映出人体的情绪和生理反应，因此常用作测量情绪变化的生理指标，而这项指标也是测谎仪等技术的基础^[5]。使用 Arduino 单片机连接脉搏传感器采集脉搏信号，连接 GSR 皮肤电传感器采集皮肤电信号，并通过串口通信将信号传输到电脑端；电脑端可使用 SerialPlot 观察电压变化波形，并将数据导出到 Excel，以便进一步导入 MATLAB 进行信号处理与波形绘制，如图 1 所示。

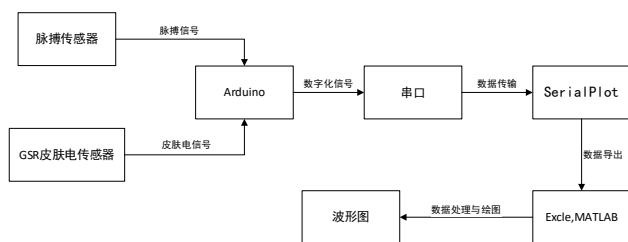


图 1 系统流程图

心率指的是一分钟内的心跳次数，可以通过测量相邻两次脉搏的时间间隔，再用一分钟除以这个间隔得出心率。通过检测脉搏信号的波峰来识别脉搏，并计算心率。

传感器输出波形的振幅在不断随机变化，无法用一个固定的值去判定波峰。通过对一个周期内的信号多次采样，得出信号的最高与最低电压值，由此算出阈值。再用这个阈值对采集的电压值进行判定，将判断为波峰。即电压信号的处理分两步，首先动态计算出参考阈值，然后用阈值对信号判定、识别一个波峰。

通过记录相邻两个特征点的时间并求差值，计算相邻两次脉搏的时间间隔。为了找到脉搏信号的最高点，可以使用两种方法。第一种方法是通过数学求导，找到信号曲线斜率为零的点，这个点通常就是脉搏波形的峰值。第二种方法是观察信号，当信号值超过我们设定阈值并且之后开始下降时，这个转变点就是脉搏波形的最高点。选取信号上升到振幅的一半作为特征点，捕获这个特征点作为一个有效脉搏的标志，然后计算相邻两次脉搏的时间间隔。

皮肤电反应 (Galvanic Skin Response, GSR) 是汗腺活

动或交感神经系统的变化导致的皮肤电阻波动，是测量情绪反应的常用指标。当机体受到感官刺激或情绪产生变化时，皮肤内的血管会因为个体受到情绪刺激而产生收缩和舒张，同时机体的汗腺分泌等也会发生变化，就会引起皮肤电阻的变化，形成皮肤电反应。

GSR 已普遍应用于心理学研究。但是迄今为止，还没有系统地探索不同 GSR 的预测能力。为了填补这一研究空白，通过采集不同情绪状态下的皮肤电信号模式，寻找大多数个体数据存在差异的情绪数据，并设计程序通过皮肤电预测被测者当下的情绪状态。为此，采用了情绪诱发法，使用电影短片诱发法，通过展示具有强烈情绪色彩的电影片段来诱发参与者的情绪反应。具有持续时间长，诱发效果好的优点^[6-7]。

对读取到的皮肤电信号进行均值、中值、标准差等特征提取^[8-9]，把这些特征作为输入变量，建立基于皮肤电的情绪识别模型，应用 KNN 分类算法构建模型。

建立的 KNN 分类模型测试，通过这个矩阵中，对角线上的值 (真正例 TP 和真正例 TN) 加起来计算可得模型的总体准确率是 22/24≈91.7%。表明模型在大多数情况下能够正确分类实例。

3 音乐生成

3.1 物理层面

在物理层面上作为治疗主体的音乐，发声的振动频率与人体心跳、呼吸、脉搏、脑波等身体频率相一致时，会发生共振，因而产生一种与音乐的“共鸣”，从而带动身体频率，提高身体活力，有助于更好地康复^[10]。

通过读取脉搏传感器采集的脉搏信号并在电脑端处理得到脉搏频率，利用编程生成与其频率相同的音频并加入治疗音乐中，使其频率能与心跳、脉搏频率发生共振，并由电脑端进行播放。

3.2 生理层面

聆听音乐可以通过调节躯体自主神经信号改善大脑皮质杏仁核区与海马区的状态，通过功能区的指令调节机体的神经及内分泌功能，增强副交感神经的兴奋性，同时减弱交感神经活动，增加内啡肽分泌的同时降低儿茶酚胺的水平，从而达到使患者放松的效果。音乐治疗学的理论基础为情绪调节和心理恢复提供了有力的支持。音乐的节奏和旋律可以引发人的情感反应，从而调节情绪的表达和体验。如焦虑时可以听巴赫《四大键琴协奏曲》，疲倦时可以听贝多芬《小提琴协奏曲》^[11]。

通过读取 GSR 皮肤电传感器采集的皮肤电信号，在电脑端提取特征参数并输入 KNN 模型得到情绪识别结果，根据识别到的情绪选择并播放相适应的音乐来调节当前情绪，音乐生成流程如图 2 所示。

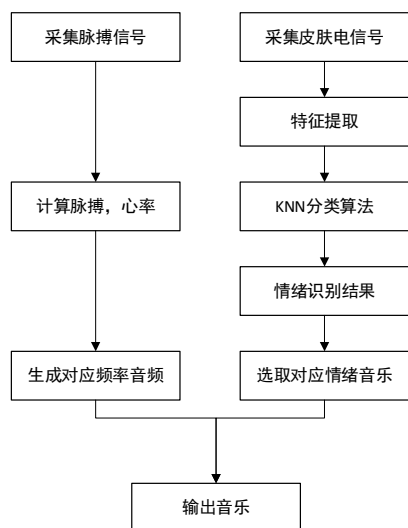


图2 音乐生成流程图

4 研究结果

实验在一个安静且安全的房间内进行,以最小化环境因素对参与者情绪的影响。实验分为两个阶段进行:

第一阶段:基线数据收集

实验参与者在没有任何辅助工具的情况下进行一段预定的运动。运动结束后,记录参与者情绪恢复到平静状态所需的时间,同时监测并记录他们的皮肤电活动。这一阶段旨在收集没有音乐辅助治疗时的情绪恢复数据。

第二阶段:音乐辅助治疗效果评估

在充分休息后,参与者重复相同的运动,但这次在运动结束后立即使用音乐辅助治疗系统。系统在电脑端根据参与者的实时心率生成音频,并结合情绪识别结果选择相应的治疗音乐,由电脑端进行播放。同样记录参与者情绪恢复到平静状态所需的时间和皮肤电活动。

通过对比两个阶段的数据,评估音乐辅助治疗系统对情绪恢复速度和皮肤电活动的影响,从而验证系统在情绪治疗方面的效果。这种方法不仅能够量化音乐治疗的潜在益处,还能为未来的情绪管理研究提供实证数据。

通过实验结果显示,在没有音乐辅助治疗的情况下,实验对象的情绪恢复时间较长,皮肤电活动也显示出较高的应激水平。相反,在使用音乐辅助治疗系统后,实验对象的情绪恢复时间明显缩短,皮肤电活动数据更接近于观看平静风景影片时的水平,这表明实验对象的生理应激反应得到了有效缓解。实验结果表明音乐辅助治疗系统能够显著加快情绪恢复速度,并有效调节生理状态,使个体达到更加放松的状态。证实了音乐辅助治疗系统在情绪治疗方面的积极作用。

5 结语

本文通过对音乐辅助治疗系统的研究,该系统通过Arduino采集心率/脉搏与皮肤电信号并传输至电脑端处理,

在电脑端生成与脉搏频率相同的音频并融合到治疗音乐中进行播放,从而带动身体频率,提高身体活力,有助于更好地康复。通过KNN分类算法构建的情绪识别模型,能够根据个体的皮肤电信号特征预测情绪状态,并据此选择相应的音乐进行干预与辅助治疗。通过实验,发现使用该系统能够显著加快实验对象情绪恢复至平静状态的速度,并且在相同时间内,使用系统后的皮肤电活动数据更接近于观看平静风景影片时的数据。这表明音乐辅助治疗系统不仅能够促进情绪的快速恢复,还能有效调节个体的生理状态,使其达到更加放松的状态。

尽管本研究取得了积极的成果,但仍存在一些局限性。例如,样本量较小,且实验环境控制较为严格,这可能限制了结果的普遍适用性。未来的研究可以扩大样本量,进行多中心、随机对照的实验设计,以进一步验证音乐辅助治疗系统的效果。此外,未来的工作还可以探索更多种类的音乐和不同频率的声音对情绪和生理状态的影响,以及如何将这些发现更好地应用于临床实践。

综上所述,本研究不仅为音乐治疗领域提供了新的视角和工具,也为心理健康和情绪管理的科学研究开辟了新的道路。随着技术的不断进步和研究的深入,有理由相信音乐辅助治疗系统将在未来的医疗健康领域发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] Mercier J L ,Langelier M D ,Buchanan J , et al.Development and integration of a music therapy program in the neurologic inpatient setting: a qualitative study.[J].Disability and rehabilitation,2024,11-10.
- [2] 王玉英.音乐疗法对缓解肺癌患者术前焦虑及应激状态作用的研究[J].中国实用护理杂志,2006,22(8):14-15.
- [3] 于兰,吕秋禄.音乐放松辅助治疗对高血压患者自主神经平衡状态的影响[J].中国临床康复,2002,6(15):2247.
- [4] 王子怡,王旻,李芋均.音乐治疗学科现状与发展策略[J].音乐天地,2022,(12):39-42.
- [5] 周昕炜.手腕式多生理参数检测分析装置的设计与实现[D].上海交通大学,2017.
- [6] 靳雷,邓光辉,经旻,等.视频材料诱发情绪的效果评价[J].心理学探新,2009,29(06):83-87.
- [7] 李芳,朱昭红,白学军.高兴和悲伤电影片段诱发情绪的有效性和时间进程[J].心理与行为研究,2009,7(01):32-38.
- [8] 张源.基于皮肤电的情绪识别及吊装工人安全预警模型研究[D].北方工业大学,2023.DOI:10.26926/d.cnki.gbfgu.2023.000754.
- [9] 杜思清.基于皮肤电信号的心理应激建模的研究[D].东南大学,2019.DOI:10.27014/d.cnki.gdnau.2019.003169.
- [10] 吕阳婷,付高爽,周波,等.节律感应和共振:音乐疗法的机制[J].医学与哲学,2019,40(15):54-57.
- [11] 邢艺凡.音乐疗法的文献研究[D].北京中医药大学,2008.