**非密**

**基于眼动特征的抑郁状态识别**

**软件设计说明**

**中国电子科技集团公司第二十八研究所**

**2020年6月**

|  |
| --- |
| **目 录** |

[一、 概述 1](#_Toc42849117)

[（一） 设计目的 1](#_Toc42849118)

[（二） 设计依据 1](#_Toc42849119)

[（三） 设计内容 1](#_Toc42849120)

[二、 系统需求分析 1](#_Toc42849121)

[（一） 任务分析 1](#_Toc42849122)

[（二） 系统主要功能 1](#_Toc42849123)

[（三） 系统技术指标 1](#_Toc42849124)

[三、 系统总体设计 1](#_Toc42849125)

[（一） 系统组成 1](#_Toc42849126)

[（二） 系统信息处理流程 2](#_Toc42849127)

[（三） 信息交互关系 2](#_Toc42849128)

[（四） 系统开发与运行环境设计 2](#_Toc42849129)

[四、 模块组成与功能设计 2](#_Toc42849130)

[（一） 情绪识别模块 2](#_Toc42849131)

[（二） 抑郁状态识别模块 3](#_Toc42849132)

# 概述

## 设计目的

本文档是在分析基于眼动特征需求的基础上，以图、文结合的方式，着重描述基于眼动特征的抑郁状态识别系统的总体设计、仿真软件设计、关键技术与解决方案等内容。本文档经审定和确认后，可作为基于眼动特征的抑郁状态识别软件开发、集成、测试和验收的依据。

## 设计依据

基于眼动特征的抑郁状态识别技术研究合同

基于眼动特征的抑郁状态识别技术协议

## 设计内容

根据抑郁状态识别分析需求，对基于眼动特征的抑郁状态识别软件主要功能进行分析，设计系统组成、信息处理流程和系统开发与运行环境，以及其中的主要模块，并对关键技术的解决方案进行论述。

# 系统需求分析

## 任务分析

本系统的功能是通过眼动特征完成情绪状态识别、异常精神状态识别的任务。通过跨多摄像头的目标跟踪，实现眼动持续特征提取，建立眼动情绪特征与抑郁症关联模型，在排除非神经系统疾病导致的眼动障碍的基础上，识别异常精神状态（抑郁）。

## 系统主要功能

（1）情绪识别功能

首先，抑郁症状与患者的情绪有直接关联，表现为长期处于低迷情绪之中。所以识别负性情绪可以作为抑郁症判别的首要条件。本模块采用PHRNN网络结构模型，根据面部结构将提取的关键点分为四部分——眉毛、眼睛、鼻子和嘴巴，分别输入一个子网络（BRNN）中，通过不同部分低级特征的组合得到全局的高级特征。最后将特征输入训练好的Soft Max分类器中完成情绪识别任务。

（2）抑郁状态识别功能

抑郁症患者通常表现出包括情绪低落、表情变化幅度小、眼睛运动迟缓和减少，以及视线总向下看等症状。本模块定义如下几个统计特征参数：1）负性情绪出现的时间点；2）每次负性情绪出现的时长；3）每天的负性情绪出现的次数/频率；4）每分钟眼睛的眨眼次数；5）经过归一化处理的上下眼睑的间距；6）瞳孔的运动轨迹；7）眼睛的注视方向/姿态；8）每分钟眼睛固定和进行扫视的次数，以及两种运动出现次数的比值等。同时提取关键点轨迹特征，采用深度学习端到端的方式构建神经网络模型，建立人眼关键点运动轨迹与抑郁状态的关联关系。

## 系统技术指标

（1）情绪状态识别准确率；

（2）抑郁状态识别准确率

# 系统总体设计

## 系统组成

情绪识别模型和抑郁状态识别模型组成如图1所示。



图1 抑郁状态识别系统组成

## 系统信息处理流程

基于眼动特征的抑郁状态识别系统信息处理流程如图2所示。

图2 系统信息处理流程图

主要处理流程如下：

第一步，点击“选择文件”按钮，选择打开本地media文件夹下的一个MP4格式的视频文件；第二步，点击“开始识别”按钮，后台的预训练好的情绪识别模型开始识别，所选视频将同步播放；情绪识别结果通过前后台数据交互，由后台将识别结果等数据传递到前端，将在柱状图中进行显示，红色代表负性情绪，白色代表中性情绪，绿色代表正性情绪；情绪识别结果将在仪表盘中进行显示，显示的结果表示情绪识别的准确率；第三步，如果对情绪识别结果存疑或识别出错，可对结果进行标注修改，选择单选按钮“正性、中性、负性”中的一个，点击“确认”按钮，网页将显示“标注完成”字样，此时前端将标注结果传递给后台，写入、保存到文件中；标注完成后，后台读取文件中的数据并将数据传递到前台，将所选文件的识别结果、标注结果等信息在仪表盘下方的表格控件中显示出来；第四步，选择“开始日期”和“结束日期”，日期选择结束后，点击“确认”按钮，所选时间段内的识别结果将用柱状图显示，值“-1”表示“负性情绪”，值“0”表示“中性情绪”，值“1”表示“正性情绪”，同时，结果也将在下方的表格中进行显示。

## 信息交互关系

基于眼动特征的抑郁状态识别软件前后台信息交互关系，如图3所示。

前端

后台

调用、图表显示、数据标注

响应、模型识别、数据处理

数据交互

数据交互

图3 前后台信息交互关系

## 系统开发与运行环境设计

本系统在Windows 10操作系统环境下开发，后端采用的Web应用开发框架为Django，计算机编程语言为python，使用nVidia的通用并行计算架构CUDA进行数据加速处理；前端采用的JavaScript框架为jQuery、bootstrap，前端的数据可视化工具为Echarts，使用的程序设计语言为JavaScript。同时，本Web软件的运行环境要求为Chrome浏览器的最新版本。

# 模块组成与功能设计

## 情绪识别模块

情绪识别模块由人脸关键点检测、情绪识别网络、识别结果的图表功能展示等子模块组成，如图4所示。

图4 情绪识别模块组成

1. 人脸关键点检测

人脸关键点检测模块采用约束局部模型，包括形状模型和面片模型两个部分，人脸特征点检测的主要步骤是：第一，使用Viola-Jones算法检测出人脸，然后再检测出眼睛和嘴巴的位置；第二，使用平均形状对人脸初始化；第三，使用SVM训练得到的面片模型数据对特征点打分得到响应图；第四，使用二次函数来拟合响应图，二次函数和形状限制结合得到一个目标函数；第五，通过优化目标函数得到新的特征点位置，重复第三到第五步直到达到迭代次数或者特征点收敛。

2. 情绪识别网络

情绪识别网络采用PHRNN网络模型，具体做法是根据面部结构将提取的关键点分为四部分——眉毛、眼睛、鼻子和嘴巴，分别输入一个子网络（BRNN）中，通过不同部分低级特征的组合得到全局的高级特征。最后将特征输入训练好的Soft Max分类器中完成情绪识别任务。

3. 图表展示模块

图表展示模块采用的数据可视化工具为Echarts，Echarts具有丰富的可视化类型，提供各种折线图、柱状图、散点图、仪表盘等数据可视化的手段。本模块使用柱状图实现情绪识别结果的展示功能，红色代表负性情绪，白色代表中性情绪，绿色代表正性情绪；使用仪表盘实现情绪识别准确率的展示功能。

## 抑郁状态识别模块

抑郁状态识别模块由统计特征提取、人眼关键点轨迹特征提取、抑郁状态识别网络、识别结果的图表功能展示等子模块组成，如图5所示。

图5 抑郁状态识别模块组成

1. 统计特征提取

统计特征包含的参数有：1）负性情绪出现的时间点；2）每次负性情绪出现的时长；3）每天的负性情绪出现的次数/频率；4）每分钟眼睛的眨眼次数；5）经过归一化处理的上下眼睑的间距；6）瞳孔的运动轨迹；7）眼睛的注视方向/姿态；8）每分钟眼睛固定和进行扫视的次数，以及两种运动出现次数的比值等。

2. 人眼关键点轨迹特征提取

人眼关键点轨迹特征提取模块采用基于卷积神经网络的约束局部模型，相较于原始的约束局部模型，改进就在于用CNN网络取代了SVM分类器计算关键点的响应图，使得关键点检测的准确性得到了很大提高，从而达到人眼关键点检测的精度和稳定性要求。

3. 抑郁状态识别网络

采用深度学习端到端的方式构建神经网络模型，建立人眼关键点运动轨迹与抑郁状态的关联关系。人眼关键点共包括两只眼睛56个关键点在连续时间内的二维空间坐标信息及其变化信息。采用因果卷积神经网络（C-CNN）模型，建立眼动特征长序列模型。

4. 图表展示模块

图表展示模块采用的数据可视化工具为Echarts，Echarts具有丰富的可视化类型，提供各种折线图、柱状图、散点图、仪表盘等数据可视化的手段。本模块使用柱状图实现抑郁状态识别结果的展示功能，白色代表正常，即非抑郁症患者，黄色代表轻度抑郁状态，橙色代表中度抑郁，红色代表重度抑郁；使用仪表盘实现抑郁状态识别准确率的展示功能。