

基于卷积神经网络人脸情绪识别的 RGB LED 混合调光方法研究

周锦荣，徐张伟，段梦芳，邹力伟

(闽南师范大学物理与信息工程学院，福建 漳州 363000)

摘要：讨论利用 OpenCV 和 Tensorflow 框架，结合特征检测算法在 Android 移动端实现人脸的情绪采集和情绪类型识别的方法，并实现基于无线物联和 PWM 调控技术的 RGB-LED 三通道混光效果表示情绪识别结果的系统设计。系统主要由 Android 移动端程序、ESP8266 Wi-Fi 模块、NodeMCU 核心控制模块、WS2812 数控恒流 LED 驱动模块组成。通过卷积神经网络算法训练人脸情绪灰度图像数据集形成 CNN 模型，将移动端采集处理得到的人脸灰度图转化成向量输入 CNN 模型即可输出对应情绪编号。在 Android 端利用算法程序判断情绪编号值后生成对应的灯光方案，并通过 Wi-Fi 发送到微处理器硬件系统的 ESP8266 模块。根据 NodeMCU 对接收到数据的处理结果，利用 PWM 技术对 WS2812 恒流驱动模块进行控制，实现 LED 灯带混光颜色及亮度跟随情绪变化的自动调整。实验结果表明：系统的人脸情绪识别正确率约为 72%，实现了利用情绪识别结果编号对应 PWM 值调控 RGB LED 三通道的混光显示效果，为利用光环境实现情绪调整提供前期的设计方案参考。

关键词：光环境调控；RGB LED 混光 PWM 控制；情绪识别；图像处理；CNN 模型

中图分类号：TP312 + . 8；TP751；TN29 文献标识码：A DOI：10.3969/j.issn.1004-440X.2021.04.013

Research on RGB LED Mixed Dimming Method Based on Convolutional Neural Network Face Emotion Recognition

ZHOU Jinrong, XU Zhangwei, DUAN Mengfang, ZOU Liwei

(College of Physics and Information Engineering, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: This paper discusses the method of facial emotion collection and emotion type recognition in Android mobile terminal by using OpenCV and Tensorflow framework, combined with feature detection algorithm. The system design of emotion recognition result is realized. It is based on the RGB-LED three channel mixing effect representation based on wireless IOT and PWM control technology. The system is mainly composed of Android mobile terminal program, ESP8266 Wi-Fi module, NodeMCU core control module and WS2812 Numerical control constant current LED driver module. In the design, convolution neural network algorithm is used to train face emotion gray image data set to form CNN model. The gray image of human face acquired by mobile terminal is transformed into vector and input into CNN model to output corresponding emotion number. In Android system, the algorithm program is used to determine the emotion number value, and the corresponding lighting scheme is generated, and sent to the ESP8266 module of the microprocessor hardware system by Wi-Fi. According to the processing results of the received data by NodeMCU, the WS2812 constant current drive module is controlled by PWM technology to realize the automatic adjustment of LED light band mixed light color and brightness with emotional changes. The experimental results show that the correct rate of face emotion recognition is about 72%.

The mixed light effect of RGB LED three channels can be regulated by using the corresponding PWM value of emotion recognition result number, which provides the early design scheme reference for emotion adjustment using light environment.

Key words: light environment control; RGB LED mixed light PWM control; emotion recognition; image processing; CNN model

引言

随着物联网、人工智能以及混合光源、变色光源等先进新技术的发展, LED 照明正在迅速实现智能化和应用多样化。依靠 LED 亮度、颜色易于调控等优点, 向用户提供健康舒适的照明环境, 成为情感照明设计的一个新的研究和应用热点。通过研究数字混合调光引起的光学属性变化(包括光强度、波长和色温等)和对人体健康、工作表现、情绪等光的空间情感特征之间的相关性来构建不同的采光方式和照明表现, 实现需要的各种不同光视觉体验和情绪变化调节结果^[1-3]。

国内外对于 LED 实现情感(情绪)照明的研究应用已取得了一些进展。Yun S J 等^[2]根据人类感官功能的敏感性, 应用采集到的情绪状态脑电波(EEG)生物信号进行用户的情绪状态分类, 获得了色度坐标, 实现 LED 情感照明控制系统设计。Kang E Y 等^[3]根据室温、室内环境因素与用户感受到的温度颜色混合等具体情况, 采用神经模糊系统设计了一种 LED 情感照明系统。Lim S J 等^[4]利用 RBFNN 智能算法实现 LED 情感照明系统设计, 这种方法采用红色、绿色和蓝色三种 LED 来确保色彩空间的情感照明, 并使用白色 LED 来确保足够的光强度。Hartstein L E 等^[5]研究了 LED 光源的相关色温对人体认知过程的影响情况, 认为不同种类的光可以导致昼夜节律、情绪和认知能力的变化。接触较冷的色温光源(CCT light)可以维持注意力, 改善情绪和警觉性, 并可能在性别之间产生差异。Gabel V 等^[6]认为光照会对认知表现和情绪等人体生理和行为产生许多影响。他们利用 LED 模拟晨光, 研究晨光照射作为睡眠限制(SR)下认知能力和情绪受损的对策。朱莹莹、汝涛涛博士和周国富教授等对照明在非视觉功能(认知、情绪、社会行为等)方面的表现及国内外的研究情况进行了深入说明, 对照度和相关色温与情绪和认知的相互作用

进行了分析, 指出动态照明, 特别是 LED 新型绿色光源的使用可有效弥补静态照明的不足, 有利于结合实际情境创设个性化的照明环境以满足特殊需求, 促进身心健康发展^[7,8]。徐俊丽等^[9]从光环境健康设计角度出发, 基于对上海市第十人民医院心内科导管手术室的深入调研, 设计应用了 LED 媒体界面, 通过改变其光色、亮度及图案, 定性研究光照对病患负面情绪的缓解作用。

基于不同的 LED 光环境会对人的情绪变化产生不同的影响, 本文采用提取几何特征和神经网络分类器识别的卷积神经网络算法对人脸脸部情绪特征进行采集与检测, 并结合物联网和微处理器数字脉宽控制技术, 设计一种根据人脸情绪识别的 LED 混合光环境的调控系统。主要步骤如下:

- 1) 通过 Android 端应用程序调用手机摄像头采集用户图像数据。
- 2) 调用 OpenCV 框架对采集到的图像数据提取 Haar 特征并识别人脸区域。
- 3) 将人脸区域经图像剪裁及灰度化后生成 48×48 的人脸灰度图像。
- 4) 在 Linux 环境中使用 Tensorflow(谷歌深度学习框架)对 fer2013 人脸图像数据集进行卷积神经网络模型训练, 得到输入为 48×48 的灰度图, 输出为六种情绪编号的 CNN 模型。将得到的 CNN 模型放入 Android 程序里。最后在程序中将采集后处理得到图像输入该模型即可返回对应的情绪编号。
- 5) 通过硬件 NodeMCU 及 ESP8266 的物联网专用系统板接收由 Android 端发送的由情绪编号生产的灯光方案, 并根据方案中的 RGB 颜色及动态相关数据控制 WS2812 灯带变色和产生动态光照强度、色温等灯光效果。

1 系统整体设计方案

本系统主要由电脑端模型训练、上位机 Android 端应用程序、下位机单片机硬件控制驱动模块构成。

下位机系统硬件由集成了 NodeMCU 及 ESP8266 的物联网专用系统板外接 WS2812 灯带构成。硬件端只需要接收由 Android 手机端发送的灯光方案并根据方案中的 RGB 颜色及动态相关数据，利用 PWM 控制灯带变色和产生动态效果即可，如图 1 所示。

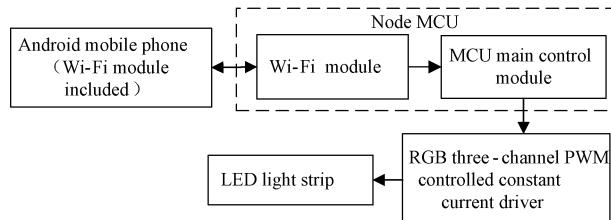


图 1 系统框图

Fig. 1 System hardware block diagram

电脑端安装 TensorFlow 框架，利用 TensorFlow 对 Fer2013.CSV 开源人脸数据集进行 CNN 模型训练。使用 Android Studio 软件编写 Android 移动端程序，该程序也是整套系统的核心程序。程序由一个主页面 Activity、一个图像采集 Dialog 页面、一个控制 Wi-Fi 的 Service、三个起界面美化作用的 CardView 加上图像处理、情绪分类、灯光方案等相关工具类构成。程序工程集成 OpenCV 图像处理框架、电脑端编译好的 TensorFlow for ARM 框架以及训练得到的 CNN 模型文件。整个流程为调用手机镜头采集图像数据，利用 OpenCV 检测 Haar 特征识别人脸区域并对该区域剪裁和灰度处理，将图像输入 CNN 模型文件后输出情绪编号，根据得到的情绪值选择对应的灯光方案，将方案通过 Wi-Fi 发送到单片机。方案流程如图 2 所示。

2 人脸情绪识别的算法实现

表情是人类情绪的直观反应，表情（情绪）识别一直是计算机视觉的重要研究课题之一。徐峰等^[10]对人脸微表情识别的国内外研究进展进行了综述，指出国内外对人脸表情的研究目前主要集中在心理学应用方面，基于视觉图像处理和机器学习等智能自动识别算法模型构建逐渐成为新的研究热点。Mohammed A A 等^[11]基于双向二维主成分分析（B2DPCA）和极端学习机（ELM）的人脸识别算法，使用改进的降维技术在尺寸上减小标准偏差和利用 B2DPCA 生成判别性特征集以确定分类准确性来提高人脸识别分类率和降低对原型数量的依赖性。

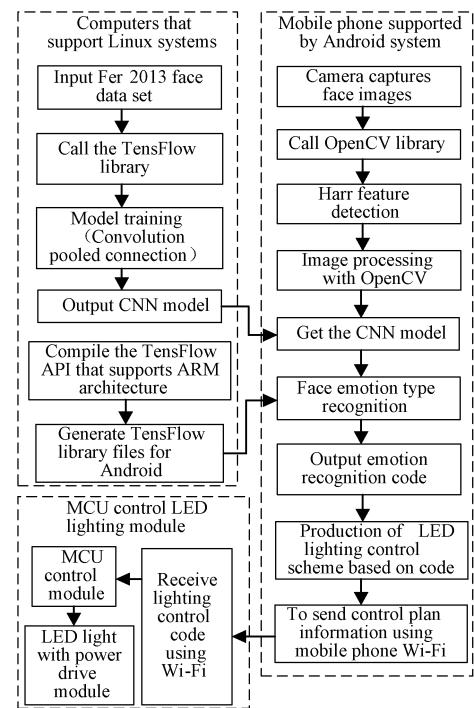


图 2 系统方案流程

Fig. 2 System overall solution block diagram

中国科学院心理研究所王甦菁等提出了微观表达定位的主方向最大差异（MDMD）分析，使用光流特征主方向上的幅度最大差异来发现面部微表情的变化，他们还提出通过转移长期卷积神经网络模型（TLCNN）实现小样本的微表达识别^[12,13]。夏召强等^[14]通过几何变形建模并应用于 Adaboost 算法模型进行面部微表情识别。从视频序列（微表情定位）中检测存在的细微头部运动和不受约束的照明条件等方面影响。

本设计采用卷积神经网络 CNN 模型进行训练实现分类器功能。CNN 由输入层、隐含层、输出层构成，其中隐含层包含卷积层、池化层和全连接层。系统使用 Fer2013.CSV 作为数据输入，目前训练样本为 7 000 个，使用三个卷积池化层后叠加三个全连接层进行模型文件输出。第一个的卷积层代码示例：及池化层模型代码如图 3 所示。最终可以得到格式为 pb 的 CNN 模型文件，该模型输入为 48×48 的灰度图像，输出为 0 ~ 6 总共 7 种情绪编号。

当输入 CNN 的值为图像时，实际上输入的并不是图像，而是图像中像素点包含的数字信息，常见形式有矩阵和向量。CNN 在处理图像时，可以把图像理解成一个长方体，如图 4 所示，长方体的长和宽为图像的长和宽，而高度可以理解成每个像素的

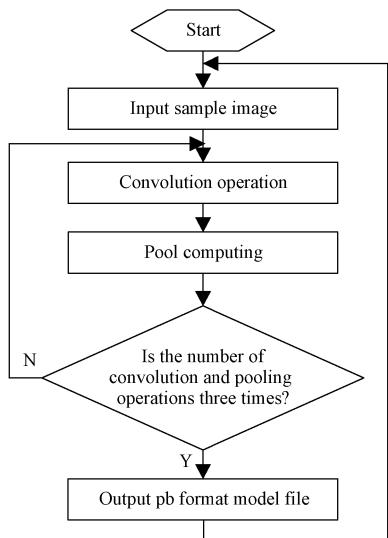


图 3 CNN 模型训练流程

Fig. 3 CNN model training process

颜色信息数，如 RGB 图像高度为 3，灰度图像高度为 1。每次处理时收集图像中一小块区域的像素信息，按这个区域大小以一定的步长遍历整个图像，处理完成后输出一个新的高度增加、长宽缩小的图像，这个过程称为对图片的卷积。多次重复这个步骤，最后将得到高度更高的图像输入普通的分类神经层，就可以得到原始图像的分类结果。由于 CNN 对图像的处理单位并不是一个像素，而是图像中的某一小块像素区域，这使得它能获得图像中像素间的关系信息而非仅仅是单个像素的信息。

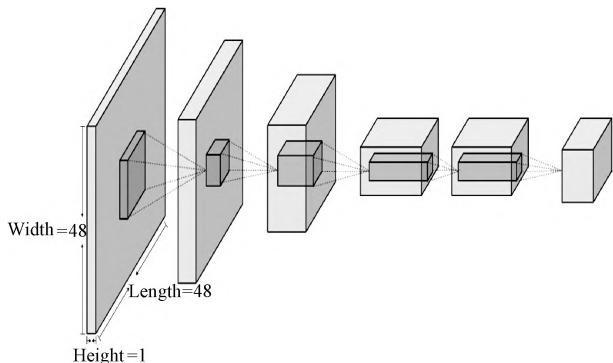


图 4 卷积神经网络

Fig. 4 Convolutional neural network

对图像进行卷积操作的实质就是求某些矩阵的内积。例如，有一个大小为 $3 \times 3 \times 1$ 的灰度图像，如果需要对他进行卷积处理，需要先将其抽象为一个矩阵，将该矩阵最外圈填充一圈 0 得到一个 5×5 矩阵 A_1 ，定义两个滤波矩阵 W_1 、 W_2 和一个偏置量

$bias$ 。用 W_1 和 W_2 分别以步长 1 遍历矩阵 A_1 。所谓遍历与步长，可以理解为使用 W_1 和 W_2 在 A_1 矩阵上进行水平或垂直平移操作，每次平移中间间隔步长个单位，直到覆盖整个图像。其中矩阵 A_1 填充 0 的操作是为了使滤波矩阵能按规定步长恰好移到边缘的位置，从数学角度来说就是长或宽除以滤波矩阵长或宽的余数能被步长整除。在本次设计中，我们采用的步长为 1，但一般情况下实际图像长宽值较大，步长也不为 1，在元数据矩阵外侧填充任意最小圈 0 才能达到恰好遍历的目的。定义 $bias$ 为 1， A_1 、 W_1 、 W_2 ，如式 (1) 和式 (2) 所示：

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$W_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad W_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

使用 W_1 遍历 A_1 时，先计算 W_1 与对应范围的 3×3 矩阵的内积加上偏移量的值得到新的值 c_{11} ，如式 (3) 所示：

$$\begin{aligned} c_{11} &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \times W_1 + bias \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + 1 = 2 \end{aligned} \quad (3)$$

再将该值作为新矩阵 C_1 第一行一列的值，同理计算该矩阵其他位置的值与使用 W_2 遍历得到的值，得到的新矩阵 C_1 与 C_2 如式 (4) 所示：

$$C_1 = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 3 \end{bmatrix} \quad C_2 = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

此时图像的高度从 1 变成了 2，长和宽都缩小成了 2。从上述计算过程可以看出，输出矩阵的高度与滤波矩阵的数量有关，长和宽与步长和元数据矩阵长宽有关。

池化 (pooling) 的出现是为了解决在对图像进行卷积处理时由于图像尺寸较大，特征值过多时出现的计算缓慢问题和数据量过多时出现的过拟合问

题。池化的方法有最大值池化、平均值池化、随机池化、求和区域池化等。在 CNN 中，运用最多的是最大值池化，它能减少对图像进行卷积过程中由于参数误差造成的结果的偏移。最大值池化即取区域最大值，例如大小为 4×4 的矩阵 M ，需要池化为 2×2 的矩阵 N ， M 为假定值，如式（5）所示：

$$M = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 6 & 3 & 2 \\ 6 & 3 & 1 & 7 \\ 9 & 5 & 7 & 7 \end{bmatrix} \quad (5)$$

过程为将 M 按 2×2 分割成 4 个区域，取每个区域的最大值即可得到矩阵 N ，结果如式（6）所示：

$$N = \begin{bmatrix} 6 & 3 \\ 9 & 7 \end{bmatrix} \quad (6)$$

3 上位机移动端程序设计

3.1 人脸图像采集

图像采集页面 CameraCaptureDialog.java 继承自 DialogFragment，使用 Fragment 而非 Activity 可以降低在两个页面之间切换的延迟感，提升软件实际体验。在主页面点击扫描按钮即可打开图像采集页面，页面提供镜头转换及打开闪光灯功能，在图像采集页面按住扫描图标开始采集图像。初始主页面及图像采集页面设计如图 5 所示。

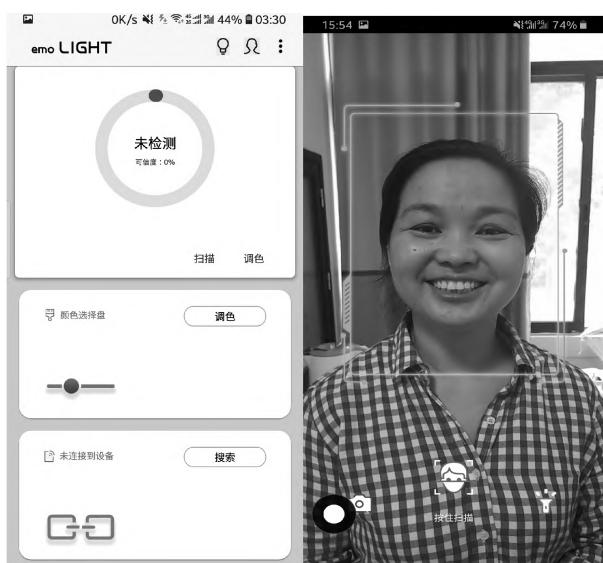


图 5 图像采集与控制处理页面

Fig. 5 Image acquisition and control processing page

采集图象使用 cameraKit 类中的 captureImage 函

数，执行成功后回调 callback 函数，将图像数据保存在 cameraKitImage 对象中，最后使用该对象所在类中的 getBitmap 方法返回 bitmap 类型的数据并储存，流程如图 6 所示。

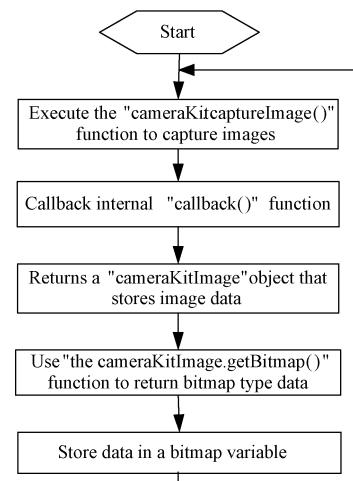


图 6 图像采集流程图

Fig. 6 Image acquisition key code flow chart

3.2 人脸图像处理

本系统中我们使用 OpenCV 自带的 haarcascade_frontalface_default.xml 特征文件对图像进行人脸检测，图 7 为具体实现效果。

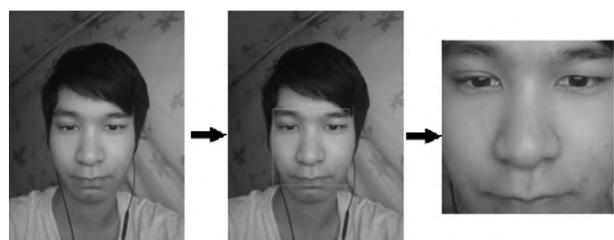


图 7 人脸区域检测效果图

Fig. 7 Face area detection effect chart

图像的缩放就是根据原图像矩阵生成目标图像矩阵。例如，一个 3×3 大小的灰度图像 A_2 ，需要将其缩放成 4×4 大小图像 B ， A_2 和 B 分为如式（7）和式（8）所示：

$$A_2 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 231 & 12 & 23 \\ 54 & 32 & 100 \\ 20 & 203 & 16 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中就涉及到如何填充新矩阵中各个值的问题。若使用临近插值算法, B 中的值可由公式(9)和式(10)计算得出:

$$srcX = dstX \times (srcW/dstW) \quad (9)$$

$$srcY = dstY \times (srcH/dstH) \quad (10)$$

该式中 $srcX$, $srcY$ 和 $dstX$, $dstY$ 分别表示以左上角为原点时 A_2 矩阵和 B 矩阵中值的坐标。 $srcW$, $srcH$ 和 $dstW$, $dstH$ 分别表示 A 矩阵和 B 矩阵的宽和高, 在本例中分别等于 3 和 4。于是, 当我们要填充 b_{11} 的值时, 将 $dstX = dstY = 1$ 带入公式可得 $srcX = srcY = 0.75$, 由于像素坐标只能使用整数, 采用四舍五入原则, 取 $srcX = srcY \approx 1$ 。同理计算 B 中其他值可得到 B 如式(11)所示:

$$B = \begin{bmatrix} 231 & 12 & 12 & 23 \\ 54 & 32 & 32 & 100 \\ 54 & 32 & 32 & 100 \\ 20 & 203 & 203 & 16 \end{bmatrix} \quad (11)$$

本系统中图像缩放采用双线性插值算法如式(12)所示:

$$\begin{aligned} f(X_i + X_j, Y_i + Y_j) &= (1 - X_i)(1 - Y_j) \times f(X_i, Y_i) \\ &+ (1 - X_j)Y_j \times f(X_i, Y_{i+1}) + X_j(1 - Y_j) \times f(X_i + 1, Y_i) \\ &+ X_jY_j \times f(X_{i+1}, Y_{i+1}) \end{aligned} \quad (12)$$

在该算法中, 将原图像矩阵中的像素值表示为 $f(X_i + X_j, Y_i + Y_j)$, 其中 X_i 和 Y_i 表示坐标的整数部分, X_j 和 Y_j 表示坐标的小数部分。当需求依然是将 A_2 图像矩阵缩放成 B 矩阵时, 不再使用四舍五入原则, 取 $srcX = srcY = 0.75$, 即 $X_i = Y_i = 0$, $X_j = Y_j = 0.75$, 该算法中, 我们将像素坐标从 0 开始计算, 即可得到 b_{11} 如式(13)所示:

$$\begin{aligned} b_{11} &= f(0.75, 0.75) \\ &= 0.25 \times 0.25 \times f(0, 0) + 0.25 \times 0.75 \times f(0, 1) \\ &+ 0.75 \times 0.25 \times f(1, 0) + 0.75 \times 0.75 \times f(1, 1) \\ &= 0.0625a_{11} + 0.1875a_{12} + 0.1875a_{21} + 0.5625a_{22} \end{aligned} \quad (13)$$

从该计算结果可以看出, b_{11} 的值由 a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} 四个值决定, 而且由于 $f(0.75, 0.75)$ 离 $f(1, 1)$ 更近, 所以在结果中 a_{22} 所占的权重更大。因此双线性插值算法可以有效地解决临近插值算法中图像失真严重的问题, 在图像缩放运算中使用该算法更加科学有效。

图像信息根据其表示方法可分为位图和矢量图。位图(Bitmap)又称点阵图或光栅图, 简单的说, 它

使用我们称为像素(Pixel)的一格一格的小点来描述图像, 矢量图(Vector)也称向量图, 是通过组成图形的一些基本元素, 如点、线、面、边框、填充色的信息通过计算的方式来显示图形^[12]。由摄像头采集到的图像都是位图, 由多个像素构成, 每个像素点由 A 、 R 、 G 、 B 四个分量决定, 分别对应透明度(Alpha)、红色(Red)、绿色(Green)、蓝色(Blue)。

调整图像颜色可以看作对构成该图像的所有像素点进行分别调色。在 Android 系统中, 对图像进行颜色处理需要使用颜色矩阵(ColorMatrix), 它是一个 4 行 5 列的数字矩阵。在调整单个像素点颜色时, 只需要使用该矩阵与这个像素点的 R 、 G 、 B 、 A 四个值和单位值 1 构成的 1 列 5 行矩阵相乘即可。例如, 矩阵 CL 为颜色矩阵, 矩阵 PI 为像素值矩阵, 如式(14)和式(15)所示:

$$CM = \begin{bmatrix} a & b & c & d & e \\ f & g & h & i & j \\ k & l & m & n & o \\ p & q & r & s & t \end{bmatrix} \quad PI = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ A \\ 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$CL = CM \times PI = \begin{bmatrix} a & b & c & d & e \\ f & g & h & i & j \\ k & l & m & n & o \\ p & q & r & s & t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} aR + bG + cB + dA + e \\ fR + gG + hB + iA + j \\ kR + lG + mB + nA + o \\ pR + qG + rB + sA + t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \\ A' \end{bmatrix} \quad (15)$$

由 $CM \times PI$ 得到的新矩阵 CL 即代表经过调色后的该像素点的 R 、 G 、 B 、 A 值。由公式(15)可知, 调色后该像素点 R 、 G 、 B 、 A 的值由每个分量的系数和偏移量(e 、 j 、 o 、 t)决定。

本系统需要对图像进行灰度处理, 只需要将由该图像生成的像素值矩阵与灰度颜色矩阵相乘即可。Android 系统提供了许多默认的颜色矩阵, 灰度颜色矩阵(grayMatrix)和反转颜色(reverseMatrix)矩阵, 分别用 GM 和 RM 表示, 如式(16)和式(17)所示:

$$GM = \begin{bmatrix} 0.33 & 0.59 & 0.11 & 0 \\ 0.33 & 0.59 & 0.11 & 0 \\ 0.33 & 0.59 & 0.11 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$RM = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

灰度图像的特征为 RGB 的值相等。观察灰度颜色矩阵可以看出，处理得到的灰度图像的灰度值是由原图像中红、绿、蓝三种颜色根据不同权重混合而成，其中红色权重 0.33，绿色权重 0.59，蓝色权重 0.11。

图 8 为本系统中对人脸图像进行缩放和灰度处理后，得到 48×48 大小灰度图像的效果图。

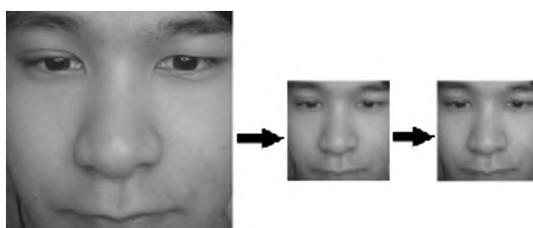


图 8 图像灰度处理

Fig. 8 Collected face image processing

3.3 人脸情绪识别

由于已经在 Linux 桌面端输出了 CNN 模型文件，Android 只需要将其导入工程，并引入 TensorFlow 接口即可使用。实例化接口代码为：

```
inferenceInterface = new TensorFlowInferenceInterface
(assetManager, modePath)。
```

其中 assetManager 为 Android 默认资源管理对象，modePath 为 CNN 模型文件名及所在工程目录，值为 file: //android/_asset/FacealExpressionReg.pb。图 9 为数据输入模型文件返回情绪编号相关代码流程。该程序中传入的图像数据类型为 2304 维浮点型数组。返回值 labels 包含 0 ~ 6 总共 7 种情绪编号。

4 下位机硬件控制程序设计

NodeMCU 是一个能快速搭建物联网系统的硬件平台，平台集成 ESP8266 Wi-Fi 芯片，使用 Lua 脚本进行编程开发。本系统使用该平台接收方案信息并控制 WS2812 灯带颜色，下位机的硬件程序控制流程图如图 10 所示。

本系统总共能分辨 0 ~ 6 总共 7 种人脸情绪，分

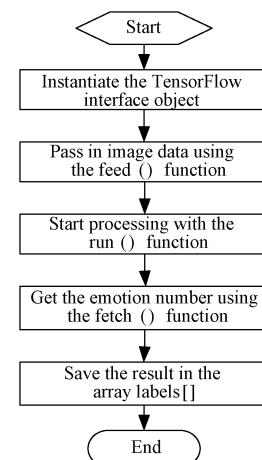


图 9 数据输入模型文件返回情绪编号程序流程

Fig. 9 Data input model file returns the emotional number related code flow chart

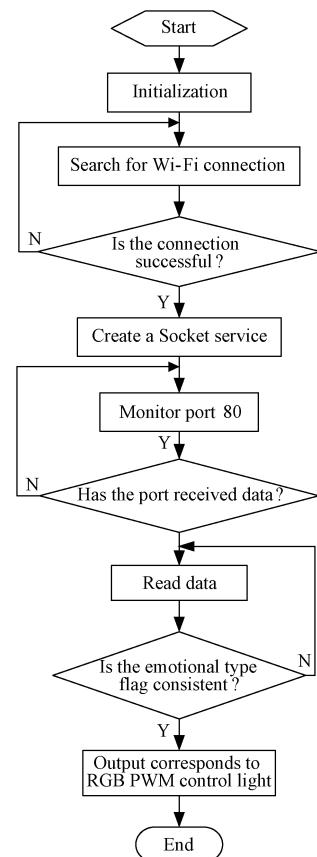


图 10 硬件程序控制流程图

Fig. 10 Hardware program control flow chart

别为开心、平静、惊讶、低落、害怕、反感、愤怒。每种情绪对应一种 RGB 灯光方案，在该方案中，用三个 8 位数字来分别表示 RGB 的值，其范围为 0 ~ 255。具体方案如表 1 所示。

表 1 情绪类型对应的 RGB LED 三通道 PWM 控制值
Table 1 Emotion type corresponds to RGB mixed light three-channel PWM value adjustment scheme

Emotional number	Emotional type	PWM value (Red)	PWM value (Green)	PWM value (Blue)
0	Happy	255	36	0
1	Calm	220	220	220
2	Surprised	255	75	0
3	Low	10	10	10
4	Scared	0	75	255
5	Dislike	0	255	0
6	Anger	255	0	0

由于需要将灯光方案发送至单片机接收端，所以需要制定应用层协议。在本系统中，使用长度为 10 的字符串常量来表示灯光方案。例如使用“a255036000”来代表编号 0 方案，第 2 ~ 10 位由 RGB 的值顺序排列组成，第一位为标志位，单片机接收到字符“a”后才会继续接收后续字符，该位也为实现其他灯光效果提供方便。

5 实验测试

为了测试系统识别情绪的准确度，我们使用 700 组 fer2013.csv 中的人脸图像对系统进行测试，其中包括 0 ~ 6 共 7 种情绪的图像各 100 组，使用该样本进行的准确度测试结果如表 2 所示。

表 2 情绪识别测试结果

Table 2 Emotion recognition test results

Emotional number	Emotional type	识别正确数量	识别错误数量	识别正确率
0	Happy	91	9	91%
1	Calm	82	18	82%
2	Surprised	75	25	75%
3	Low	57	43	57%
4	Scared	63	37	63%
5	Dislike	53	47	53%
6	Anger	85	15	85%

从测试结果可以看出，7 种情绪中开心、平静、愤怒识别率较高，反感、低落识别率较低。分析原因可能是由于人脸情绪中，反感和低落在面部的特征体现不如其他情绪明显。

在整体系统实际图像测试中使用本人四组不同情绪照片做测试，分别包括平静、开心、低落、惊讶。测试中包含对戴眼镜及侧脸的不确定因素的测试。测试的四组图像如图 11 所示。

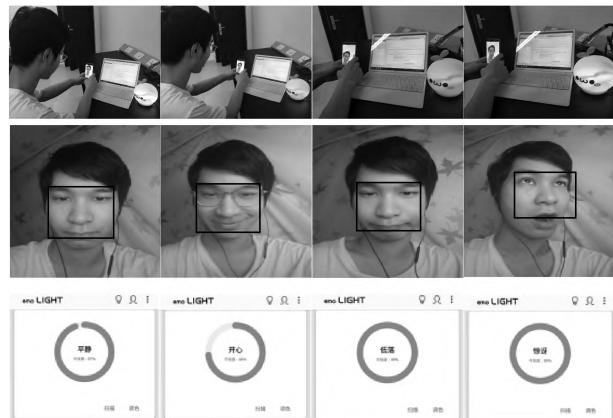


图 11 情绪识别调控 RGB LED 灯光结果
Fig. 11 Emotional recognition to control RGB LED lighting

从图 11 结果可以看出，1、2、3、4 号图像最后得到的结果分别是平静、开心、低落、惊讶，与图像实际情绪较为接近。从第 2 号图像的处理结果可以看出，该系统能正确识别戴眼镜的人脸图像。从 4 号图像的处理结果可以看出，该系统对小角度的侧脸图像能正确识别。

6 结束语

本文讨论了利用卷积神经网络 CNN 算法识别移动端采集到的人脸面部情绪的方法，实现了通过无线物联 Wi-Fi 进行情绪识别结果传送，向微控制器发送相关的数字调控信息控制 LED 灯的 RGB 三通道混合光颜色和光强度变化。设计中研究和应用了卷积神经网络模型训练、图像处理以及 Android 程序编写方法；并采用单片机无线通信技术，结合 Android Studio 开发软件，在 OpenCV 与 TensorFlow 框架下对传统照明情绪识别的应用设计，实现可根据人物情绪变化实时调节 LED 灯光特性的效果，可作为利用 LED 灯光显示判别人的情绪状态，满足人们对照明应用多样化的需求。在后续工作中，可进一步结合心理学、医学等不同领域深入研究 LED 照明光环境与人情绪变化的内在关系，以及增加系统智能反馈调节性能以便于更好地对利用灯光调节情绪方案的调控精度进行改进。

参 考 文 献

- [1] Kwon S Y, Lim J H. Multi-objective context-adaptive natural lighting system [J]. Energy & Buildings, 2017,

144: 61-73.

- [2] Yun S J, Lin C L. Design and implementation of optimal LED emotional-lighting control system [J]. The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, 2015, 40 (8): 1637-1642.

- [3] Kang E Y, Kim H J, Park K J, et al. Design of neuro-fuzzy LED emotional lighting system for concentration and resting situations in indoor environment [J]. Ghana Journal of Agricultural Science, 2015, 19 (3): 558-566.

- [4] Lim S J, Oh S K. Design of RBFNN-based emotional lighting system using RGBW LED [J]. Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 2013, 62 (5): 696-704.

- [5] Hartstein L E, Durniak M T, Karlicek R, et al. A comparison of the effects of correlated colour temperature and gender on cognitive task performance [J]. Lighting Research and Technology, 2018, 50 (7): 1057-1069.

- [6] Gabel V, Maire M, Reichert C F, et al. Effects of artificial dawn and morning blue light on daytime cognitive performance, well-being, cortisol and melatonin levels. [J]. Chronobiology International, 2013, 30 (8): 988-997.

- [7] Taotao Ru T T, Yvonne AW, Karin C H, et al. Non-image forming effects of illuminance and correlated color temperature of office light on alertness, mood, and performance across cognitive domains [J]. Building and

Environment, 2019, 149: 253-263.

- [8] 朱莹莹, 汝涛涛, 周国富. 照明的非视觉作用及其脑神经机制 [J]. 心理科学进展, 2015, 23 (8): 1348-1360.

- [9] 徐俊丽, 郝洛西, 崔哲. 基于健康光环境的LED媒体界面在医疗空间的创新应用——以上海市第十人民医院心内科导管手术室为例 [J]. 照明工程学报, 2015, 26 (4): 67-71.

- [10] 徐峰, 张军平. 人脸微表情识别综述 [J]. 自动化学报, 2017, 43 (3): 333-348.

- [11] Mohammed A A, Minhas R, Wu Q, et al. Human face recognition based on multidimensional PCA and extreme learning machine [J]. Pattern Recognition, 2012, 44 (10-11): 2588-2597.

- [12] Wang S J, Wu S, Qian X, et al. A main directional maximal difference analysis for spotting facial movements from long-term videos [J]. Neurocomputing, 2017, 230: 382-389.

- [13] Wang S J, Li B J, Liu Y J, et al. Micro-expression recognition with small sample size by transferring long-term convolutional neural network [J]. Neurocomputing, 2018, 312: 251-262.

- [14] Xia Z, Feng X, Peng J, et al. Spontaneous micro-expression spotting via geometric deformation modeling [J]. Computer Vision & Image Understanding, 2016, 147: 87-94.

中国照明学会与宁海县电子商务促进会就成立学会服务站举行会谈

2021年7月29日,中国照明学会与浙江省宁波市宁海县电子商务促进会就成立中国照明学会宁波(宁海)服务站举行会谈。中国照明学会理事长刘正雷、秘书长华树明出席。受宁海县电子商务促进会胡冰谷会长委托,宁海县电子商务促进会常务副秘书长郑学科参加。刘正雷理事长代表中国照明学会对郑学科常务副秘书长的到来表示热烈的欢迎。

郑学科常务副秘书长向刘正雷理事长汇报了宁海县照明行业情况,介绍宁海县照明企业需要支持的主要内容,期待中国照明学会在技术方面的支持,以助推宁海照明行业发展水平的进一步提高。刘正雷理事长对宁海县电子商务促进会关注照明行业的前沿技术,为当地照明行业发展积极寻找资源,主动为企业服务表示赞赏。值此宁海县被商务部认定为“国家外贸转型升级基地(照明电器)”之际,中国照明学会立足新发展阶段,贯彻新发展理念,坚持“四个服务”职责定位,坚持“四个面向”,按照中国科学技术协会和中国轻工业联合会的有关要求,推动“科创中国”品牌建设,将以建设学会服务站为契机,以技术创新需求为导向,发挥专家优势和组织优势,支持宁海县照明行业发展水平的提高。他希望宁海县电子商务促进会进一步深入调研宁海县照明企业的技术需求和发展诉求,制定有针对性的工作计划,为学会服务站开展精准有效的服务工作提供坚实基础。中国照明学会与宁海县电子商务促进会参会人员就学会服务站的工作愿景、工作内容和工作方式等进行了交流。双方同意进一步加强调研和沟通,建设好中国照明学会宁波(宁海)服务站,坚持问题导向,通过技术指导、科研合作、技术培训等服务解决企业诉求和发展中遇到的难题,为宁海县照明行业企业提供精准服务,携手推动宁海县照明产业的高质量发展。中国照明学会副秘书长郑炳松、办公室主任王海霞等参加会谈。