基于 OpenMV 的智能人脸识别追踪

作者:董润（DuckQuck）

Python 大数据实验室

人脸识别——热门的计算机技术研究领域

Email:m18834164553@163.com

Python 大数据实验室

目录

1. 前言

本次讲课题目为**“基于 OpenMV 的智能人脸识别追踪”**，引入“机器视觉”、“计算机视觉”概念，简要介绍 OpenMV 和特征脸算法，并在此基础上实现人脸识别效验追踪等等功能。

2. 环境配置

操作系统：联想(Lenovo)笔记本电脑(i7-7700HQ) Windows 10 64 位 家庭中文版

语言：python3

库：OpenMV 库（包括 sensor、image、pyb、pid）、micropython 库

软件：OpenMV IDE 用于 OpenMV Cam 的代码编写、编译、调节、图像绘制等等功能

硬件：OpenMV Cam M7 - OV7725 、焦距为 2.8mm 的摄像头、 3D 打印舵机 、 3.7V 1000mAh 锂电池 、 USB 数据线

3. 原理简述

3.1. 机器视觉与计算机视觉

3.1.1. 机器视觉（Machine Vision, MV）

机器视觉是指用摄影机和计算机等代替人眼对目标进行识别、跟踪和测量。

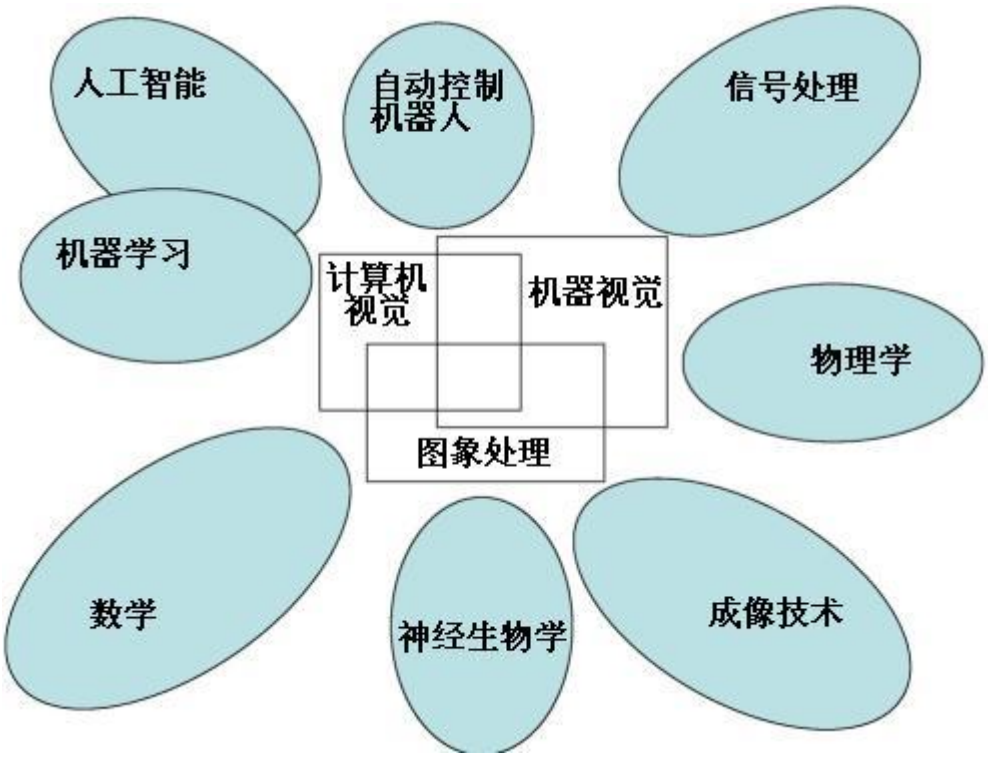
3.1.2. 计算机视觉(Computer Vision, CV）

计算机视觉是利用计算机和其辅助设备来模拟人的视觉功能，实现对客观世界的三维场景的感知、识别和理解。

3.1.3. MV 与 CV 的区别

计算机视觉的研究对象主要是**映射到单幅或多幅图像上的三维场景**，例如三维场景的重建。

机器视觉主要是指**工业领域的视觉研究**，例如自主机器人的视觉，用于检测和测量的视觉。



总的来说，机器视觉偏向硬件，计算机视觉偏向软件。

3.2. OpenMV Cam

3.2.1. OpenMV Cam 简介

OpenMV Cam 是一款低价，可扩展，支持 **Python** 的**机器视觉模块**，这个模块的目标是成为**“机器视觉世界的 Arduino”**。 OpenMV 搭载 **MicroPython 解释器**，这允许你在嵌入式上使用 **Python** 来编程。

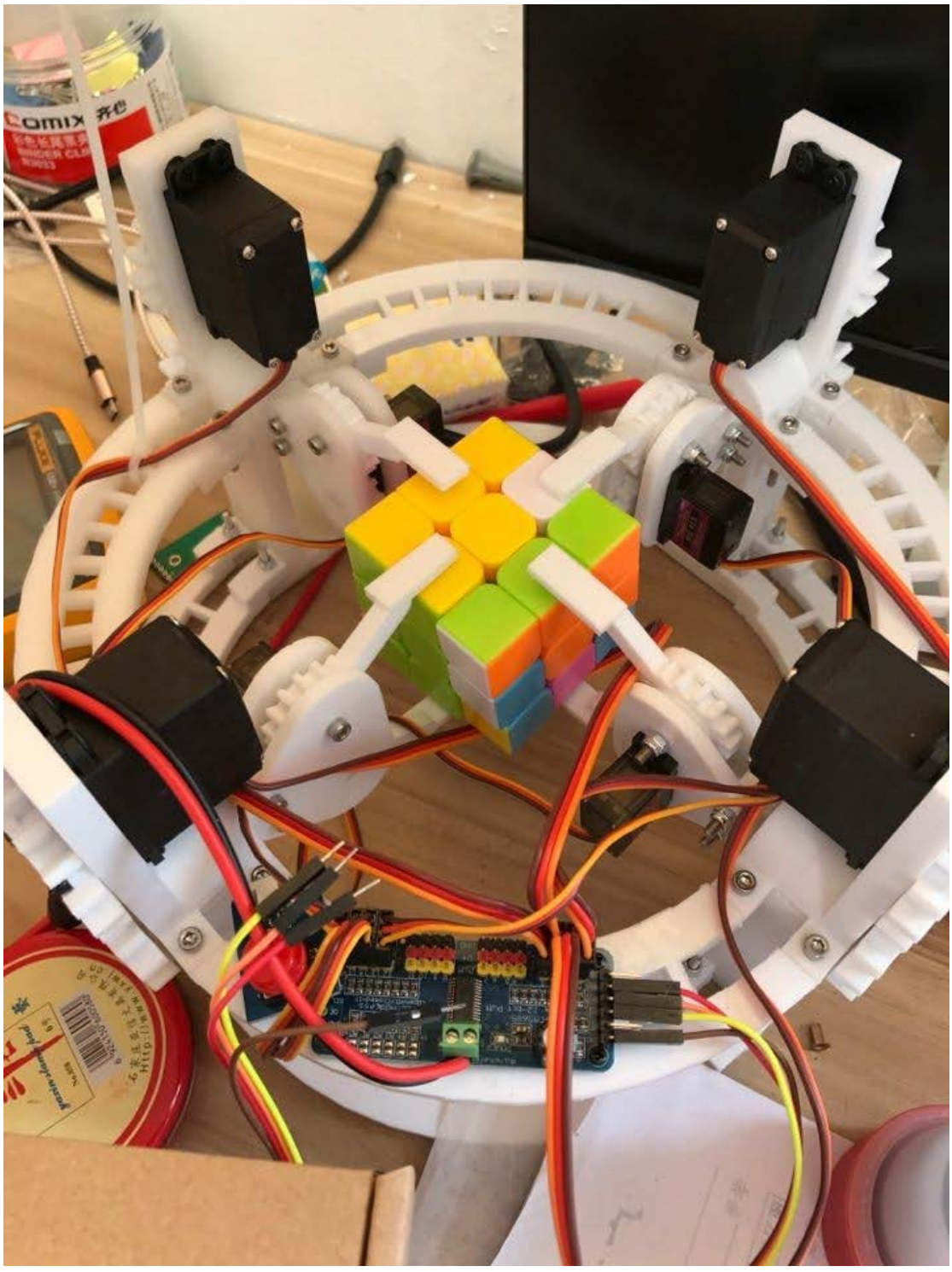
3.2.2. OpenMV Cam 应用

常用的有颜色识别、形状识别、二维码识别、人脸识别、边缘检测、特征点追踪等等。

应用

颜色识别，形状识别，矩形识别，圆形识别，机器人巡线，
直线识别，人脸识别，边缘检测，连通域检测，光流，
人眼追踪，模板匹配，特征点追踪，瞳孔检测，二维码识别，
条形码识别，矩形码识别，AprilTag目标跟踪，绘图写字，
帧差异，录制视频，无线图传，红外热成像。

解魔方机器人：



3.2.3. OpenMV Cam 的优点与不足

优点：

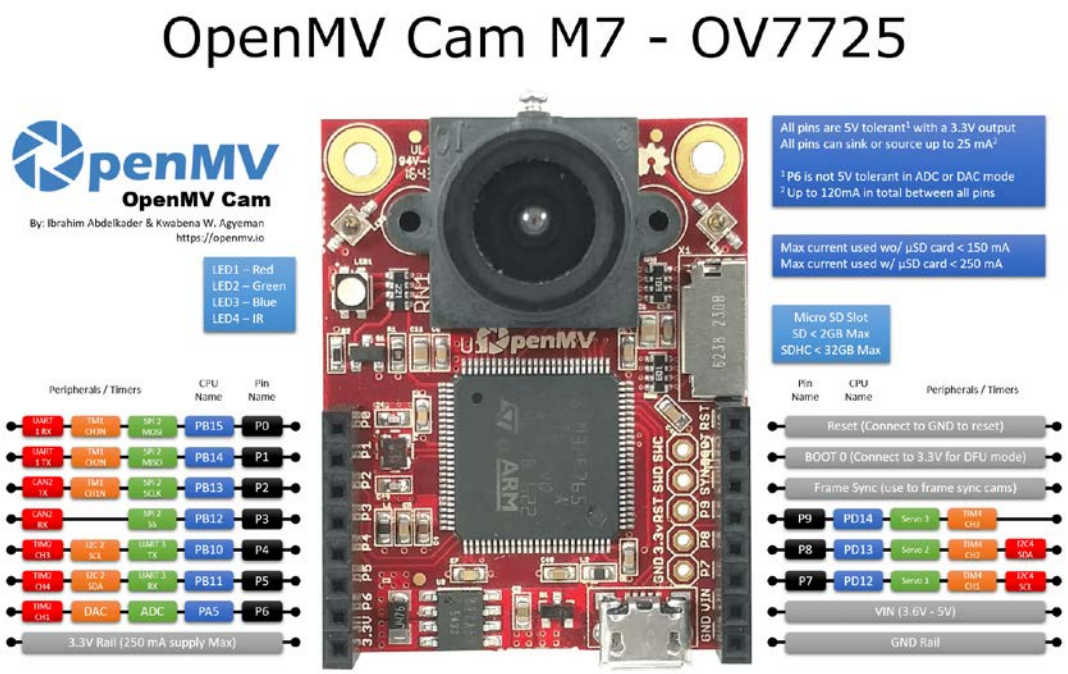
1. 支持 Python 语法，即 Micropython 库，即可用 python 写实现功能的代码。
2. 板子自带解释器且官方自带 IDE，编写代码、调试方便。
3. 可以完全控制 OpenMV，包括 IO 引脚。

不足：

1. 内置 RAM 小，不足以同时处理多张图片。
2. OV7725 感光元件最多处理 640×480 RGB565 彩色图像。
3. 价格对于学生来说偏贵。

3.2.4. OpenMV Cam M7 - OV7725

OpenMV3 Cam M7 是目前 **OpenMV 系列**性能最优秀的版本。



参数表：

Tables	OpenMV3(M7)
Pin	10
ADC/DAC	1
SPI	1
I2C	2
UART	1
Servo	3
CAN bus	1
IC	STM32F765
RAM	512KB
Flash	2MB
Frequency	216MHz

3.3. 特征脸算法

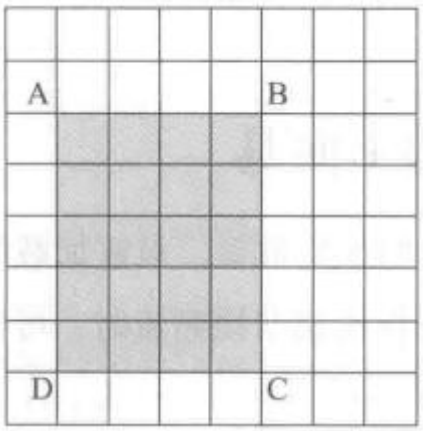
特征脸算法是主流的人脸识别技术，也是具有最好性能的识别方法之一。

3.3.1. Haar-like 特征

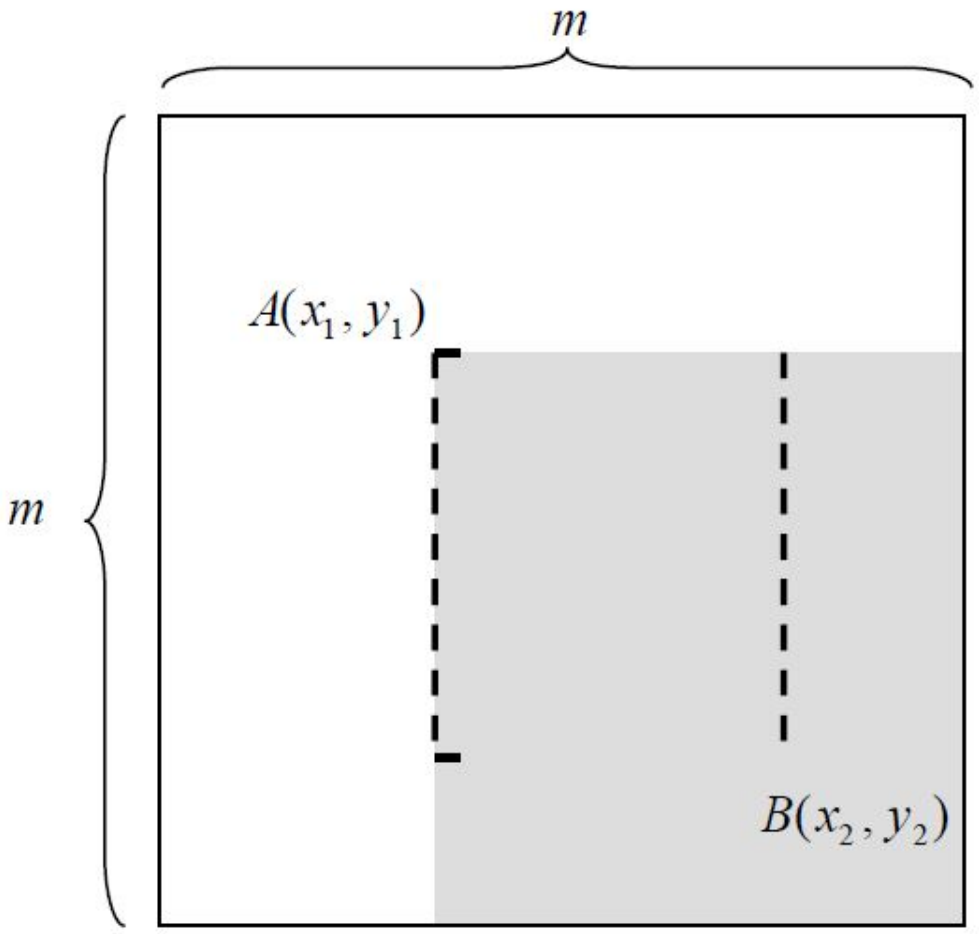
哈尔特征 是用于物体识别的一种数字图像特征。**是第一种即时的人脸检测运算**。

哈尔特征最主要的优势是**它的计算非常快速**。使用一个称为**积分图**的结构，任意尺寸的哈尔特征可以在常数时间内进行计算。

积分图是类似动态规划的方法，主要的思想是将图像从起点开始到各个点所形成的矩形区域像素之存在数组中，当要计算某个区域的像素和时可以直接从数组中索引，不需要重新计算这个区域的像素和，从而加快了计算。

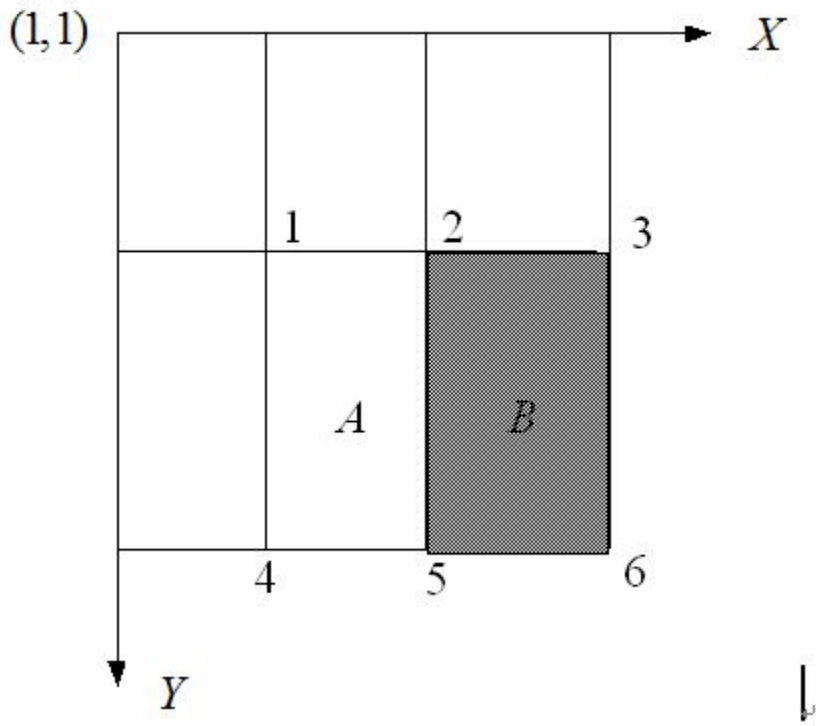


如图所示的一个 m*m 大小的子窗口，可以计算在这么大的子窗口内存在多少个矩形特征。



矩形范围(x2-x1,y2-y1)由左上角点 A 与右下角点 B 确定，即两个(x,y)不同的点确定了一个矩形。

如何计算特征值？



哈尔特征使用**检测窗口中指定位置的相邻矩形，计算每一个矩形的像素和并取其差值。其差值即为特征值**。然后用这些差值来对图像的子区域进行分类。

1. 先计算像素值，即计算点 6 与(1,1)构成的矩形的像素值为 D6(x6-1,y6-1) ， 其它的点分别为 D1、D2 等等。

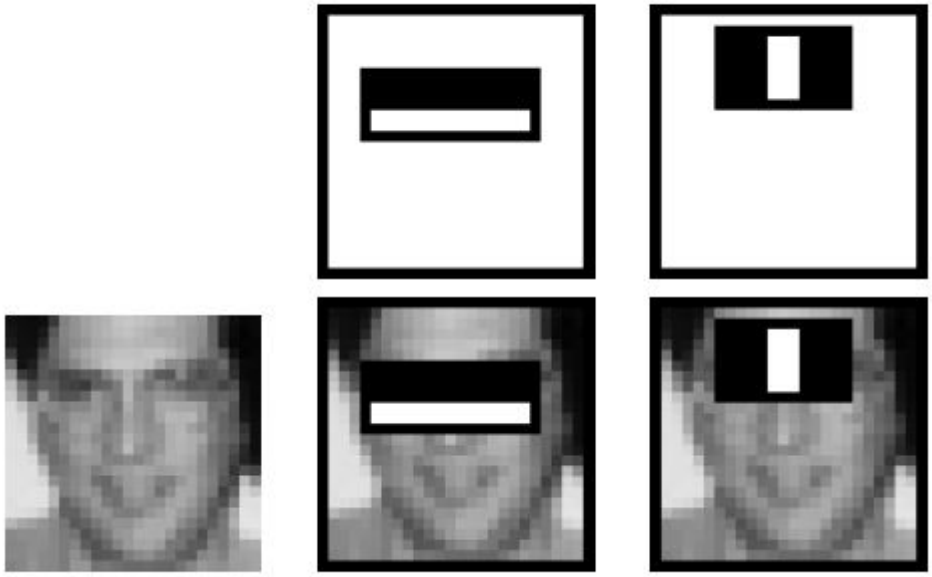
   此**矩形 B 的像素值** 即为**矩形范围 B 的像素之和 Sum_B = D6 + D2 - D3 - D5**

   同理得**矩形 A 的像素值为 Sum_A = D5 + D1 - D2 - D4**

2. B 的特征值即为 **Sum_A - Sum_B**

所以，矩形特征的特征值只与特征矩形端点的积分图有关，而与图像的坐标无关。

下图中两个矩形特征，表示出人脸的某些特征。

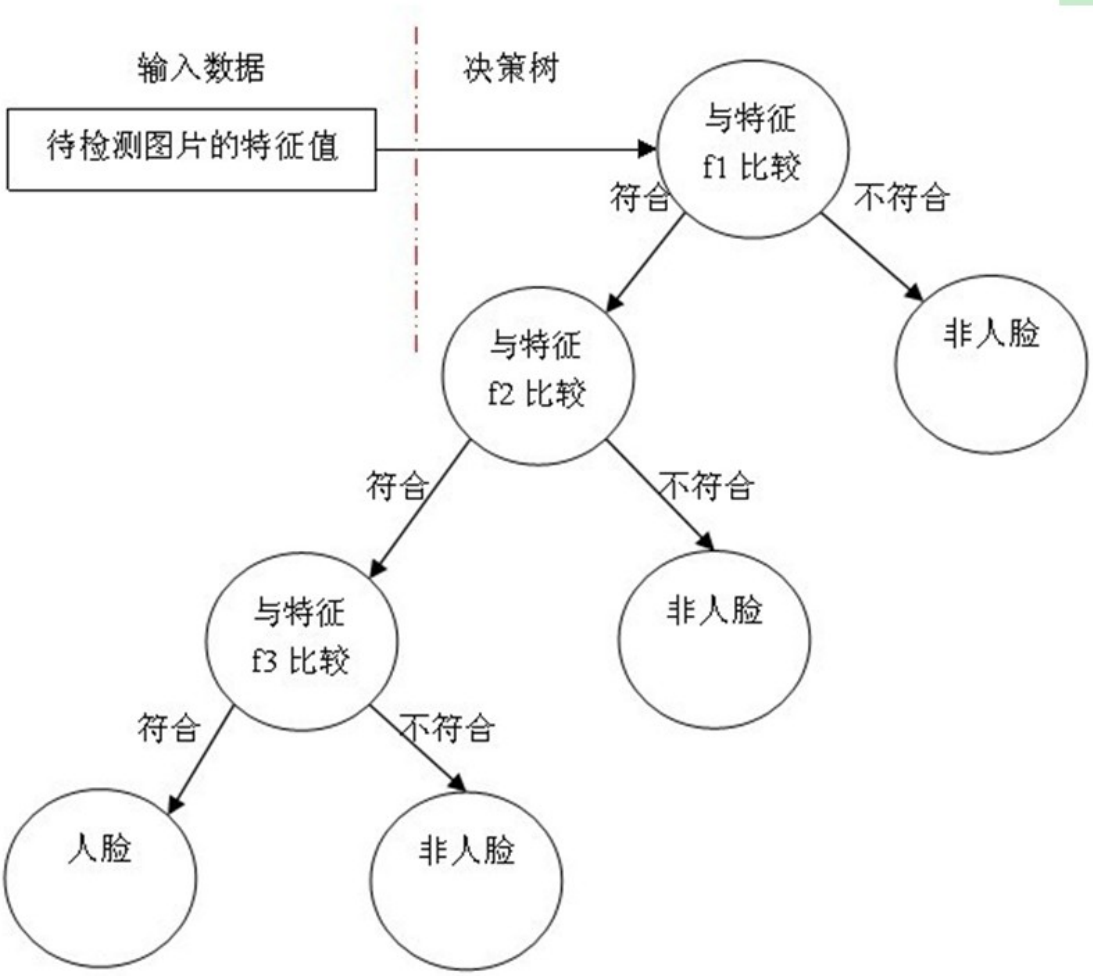


比如中间一幅表示**眼睛区域的颜色比脸颊区域的颜色深**，右边一幅表示**鼻梁两侧比鼻梁的颜色要深**。同样，其他目标，如眼睛等，也可以用一些矩形特征来表示。

使用特征比单纯地使用像素点具有很大的优越性，并且速度更快。

3.3.2. 决策树

决策树是一个**树结构**（可以是二叉树或非二叉树）。其每个非叶节点表示一个特征属性上的测试，每个分支代表这个特征属性在某个值域上的输出，而每个叶节点存放一个类别。



4. 项目各功能描述

4.1. 实现人脸识别

因为 OpenMV Cam 自有特定的库，比如 sensor 感光元件库、image 机器视觉库等等，所以能很方便的调用来实现所需功能，但记住 OpenMV Cam 因为内存容量问题不支持 numpy 等等较大的库。

```
import sensor, image
```

首先，初始化感光元件，这里为了匹配了摄像头的参数而对感光元件进行必要的设置，比如对比度、相机帧大小、像素模式（灰度图、RGB565 彩色图）等等。

```
sensor.reset()
sensor.set_contrast(1) #对比度
sensor.set_gainceiling(16) #图像增益上限
sensor.set_framesize(sensor.HQVGA) #相机帧大小（分辨率），HQVGA 即 240x160 像素
sensor.set_pixformat(sensor.GRAYSCALE) #像素模式
```

其次，加载 haar 人脸识别算法。

```
face_cascade = image.HaarCascade("frontalface", stages=25) #加载人脸模型
```

最后，拍照，通过照片进行特征分析，如果分析到人脸则在 IDE 里的帧缓冲图像区画出匹配的方框。

```
while (True):
    img = sensor.snapshot() #拍照
    objects = img.find_features(face_cascade, threshold=0.75, scale_factor=1.25) #寻找特征点，匹配人脸
    for r in objects:
        img.draw_rectangle(r) #画方框
```

例图：

4.2. 实现人脸识别效验追踪

因为“世界上没有一模一样的树叶”，故每个人的人脸也是不一样的。

人脸效验需要的是在图片中搜寻特征关键点，与匹配人物的特征点进行对比匹配，如果相同的特征点数量超过一定数目，则可以认定是同一个人脸。

我们在人脸识别追踪的代码上进行修改补充。

首先，使用的库不变，设置阈值，并改变相机帧大小。

```
Threshold = 0.5 #数值越大匹配速度越快但错误率上升
sensor.set_framesize(sensor.VGA) #设置相机的帧大小
                                 #VGA 为 640x480 像素
sensor.set_windowing((320,240)) #选取中间区域，防止内存爆满。
```

设置完后需要稳定摄像头。

```
sensor.skip_frames(time = 2000) #跳过 2000 毫秒的帧
```

然后，进行匹配人物特征点的获取。

```
Face1 = None
while(Face1 == None):
    img = sensor.snapshot()
    objects = img.find_features(FaceCascade,threshold = Threshold,scale = 1.25)
    #寻找与 Haar Cascade 匹配的图像区域。scale 越大，比例因子运行更快，但图像匹配较
差。此函数返回列表(x,y,w,h)
    if objects:
        face = (objects[0][0] - 31,objects[0][1] - 31,objects[0][2] + 31 *
2,objects[0][3] + 31 * 2)
        #使用检测区域大小作为 ROI 提取关键点
        Face1 = img.find_keypoints(threshold = 10,scale_factor = 1.1,max_keypoints
= 100,roi = face)
        #从 ROI 元组 face(x,y,w,h)中提取 ORB 键点。max_keypoints 为一个键点对象的最大
键点数量
```

最后，进行匹配。如果匹配特征点大于 5 则匹配成功。

```
while(True):
    img = sensor.snapshot()
    Face2 = img.find_keypoints(threshold = 10, scale_factor = 1.1, max_keypoints =
100, normalized = True)
```

```
        #normalized 为布尔值,若为 True,在多分辨率下关闭提取键点。设为 False 则算法运行更
快。
        if Face2:
            ImgMatch = image.match_descriptor(Face1,Face2,threshold = 85)
            #返回 Kptmatch 特征点对象
            ImgMatchNum = ImgMatch[6]
            if ImgMatchNum > 5:
                img.draw_rectangle(ImgMatch[2:6])
                img.draw_cross(ImgMatch[0],ImgMatch[1],size = 10)
                print(Face2,"matched:dt:%d"%(ImgMatch[7]))
```

4.3. 实现带舵机的人脸识别效验追踪

增加了舵机，便可真正实现追踪效果。 主要是增加了舵机模块。

```
import pyb,pid #板级功能,舵机库

PanServo = pyb.Servo(1) #舵机 IO 口接 P7
TiltServo = pyb.Servo(2) #P8
```

设置舵机灵敏度等参数

```
PanPid = pid.PID(p=0.11, i=0, imax=90) #p 为反应速度，i 为稳差
TiltPid = pid.PID(p=0.11, i=0, imax=90)
```

因为在舵机上接上摄像头后图像在 IDE 调试时是反着的，故需调节。

```
sensor.set_vflip(True) #图像垂直方向翻转
```

最后当人脸匹配成功时进行舵机运动。注意的是因为图像垂直翻转过，则舵机垂直运动与水平运动函数不一样。

```
PanError = ImgMatch.cx() - img.width() / 2
TiltError = img.height() / 2 - ImgMatch.cy()
PanOutput = PanPid.get_pid(PanError,1)
TiltOutput = TiltPid.get_pid(TiltError,1)
PanServo.angle(PanServo.angle() + PanOutput)
TiltServo.angle(TiltServo.angle() - TiltOutput)
```

5. 源码

5.1. 人脸识别追踪

```
import sensor, image

sensor.reset()

sensor.set_contrast(1)
sensor.set_gainceiling(16)
sensor.set_framesize(sensor.HQVGA)
sensor.set_pixformat(sensor.GRAYSCALE)

face_cascade = image.HaarCascade("frontalface", stages=25)

while (True):

    img = sensor.snapshot()

    objects = img.find_features(face_cascade, threshold=0.75, scale_factor=1.25)

    for r in objects:
        img.draw_rectangle(r)
```

5.2. 人脸识别效验追踪

```
import sensor,image #传感器(摄像头),机器视觉库

Threshold = 0.5 #阈值,数值越大匹配速度越快但错误率上升

sensor.reset()

sensor.set_contrast(1) #设置对比度
sensor.set_gainceiling(16) #设置相机图像增益上限
sensor.set_framesize(sensor.VGA) #设置相机的帧大小
                                    #VGA 为 640x480 像素
sensor.set_windowing((320,240)) #选取中间区域，防止内存爆满
sensor.set_pixformat(sensor.GRAYSCALE) #设置相机的像素模式
                                        #GRAYSCALE 为灰度图,8 位比特每像素
sensor.skip_frames(time = 2000) #跳过 2000 毫秒的帧
FaceCascade = image.HaarCascade("frontalface",stages = 25)
#加载 haar 人脸模型,stages 为 Haar Cascade 中的阶段数。此函数返回 Haar Cascade 对象
Face1 = None
while(Face1 == None):
    img = sensor.snapshot()
```

```
        objects = img.find_features(FaceCascade,threshold = Threshold,scale = 1.25)
        #寻找与 Haar Cascade 匹配的图像区域。scale 越大，比例因子运行更快，但图像匹配较差。此函数返回列表(x,y,w,h)
        if objects:
            face = (objects[0][0] - 31,objects[0][1] - 31,objects[0][2] + 31 * 2,objects[0][3] + 31 * 2)
            #使用检测区域大小作为 ROI 提取关键点
            Face1 = img.find_keypoints(threshold = 10,scale_factor = 1.1,max_keypoints = 100,roi = face)
            #从 ROI 元组 face(x,y,w,h)中提取 ORB 键点。max_keypoints 为一个键点对象的最大键点数量
            img.draw_rectangle(objects[0])

    img.draw_keypoints(Face1,size = 24)
    img = sensor.snapshot()

    while(True):
        img = sensor.snapshot()
        Face2 = img.find_keypoints(threshold = 10, scale_factor = 1.1, max_keypoints = 100, normalized = True)
        #normalized 为布尔值,若为 True,在多分辨率下关闭提取键点。设为 False 则算法运行更快。
        if Face2:
            ImgMatch = image.match_descriptor(Face1,Face2,threshold = 85)
            #返回 Kptmatch 特征点对象
            ImgMatchNum = ImgMatch[6]
            if ImgMatchNum > 5:
                img.draw_rectangle(ImgMatch[2:6])
                img.draw_cross(ImgMatch[0],ImgMatch[1],size = 10)
                print(Face2,"matched:dt:%d"%(ImgMatch[7]))
```

5.3. 带舵机的人脸识别效验追踪

```
import sensor,pyb,image,pid #传感器(摄像头),板级功能,机器视觉,舵机库

PanServo = pyb.Servo(1) #舵机 IO 口接 P7
TiltServo = pyb.Servo(2) #P8

Threshold = 0.5 #阈值,数值越大匹配速度越快但错误率上升

PanPid = pid.PID(p=0.11, i=0, imax=90)#在线调试使用这个 PID
TiltPid = pid.PID(p=0.11, i=0, imax=90)#在线调试使用这个 PID

sensor.reset()
```

```
    sensor.set_contrast(1) #设置对比度
    sensor.set_gainceiling(16) #设置相机图像增益上限
    sensor.set_framesize(sensor.QVGA) #设置相机的帧大小
                                      #VGA 为 640x480 像素
                                      #QQVAG 为 320×240 像素
                                      #QQVAG 为 160×120 像素
    #sensor.set_windowing((320,240)) #选取中间区域，防止内存爆满
    sensor.set_pixformat(sensor.GRAYSCALE) #设置相机的像素模式
                                           #GRAYSCALE 为灰度图,8 位比特每像素
    sensor.set_vflip(True) #图像垂直方向翻转
    sensor.skip_frames(time = 2000) #跳过 2000 毫秒的帧
    FaceCascade = image.HaarCascade("frontalface",stages = 25)
    #加载 haar 人脸模型,stages 为 Haar Cascade 中的阶段数。此函数返回 Haar Cascade 对象
    Face1 = None
    while(Face1 == None):
        img = sensor.snapshot()
        objects = img.find_features(FaceCascade,threshold = Threshold,scale = 1.25)
        #寻找与 Haar Cascade 匹配的图像区域。scale 越大，比例因子运行更快，但图像匹配较
差。此函数返回列表(x,y,w,h)
        if objects:
            face = (objects[0][0] - 31,objects[0][1] - 31,objects[0][2] + 31 *
2,objects[0][3] + 31 * 2)
            #使用检测区域大小作为 ROI 提取关键点
            Face1 = img.find_keypoints(threshold = 10,scale_factor = 1.1,max_keypoints
= 100,roi = face)
            #从 ROI 元组 face(x,y,w,h)中提取 ORB 键点。max_keypoints 为一个键点对象的最大
键点数量

    while(True):
        img = sensor.snapshot()
        Face2 = img.find_keypoints(threshold = 10, scale_factor = 1.1, max_keypoints =
100, normalized = True)
        #normalized 为布尔值,若为 True,在多分辨率下关闭提取键点。设为 False 则算法运行更
快。
        if Face2:
            ImgMatch = image.match_descriptor(Face1,Face2,threshold = 85)
            #返回 Kptmatch 特征点对象
            ImgMatchNum = ImgMatch[6]
            if ImgMatchNum > 5:

img.draw_rectangle((ImgMatch.x(),ImgMatch.y(),ImgMatch.w(),ImgMatch.h()))
                img.draw_cross((int(ImgMatch.cx()),int(ImgMatch.cy())),size = 10)
```

```
PanError = ImgMatch.cx() - img.width() / 2
TiltError = img.height() / 2 - ImgMatch.cy()
PanOutput = PanPid.get_pid(PanError,1)
TiltOutput = TiltPid.get_pid(TiltError,1)
PanServo.angle(PanServo.angle() + PanOutput)
TiltServo.angle(TiltServo.angle() - TiltOutput)
print(ImgMatch.cx(),ImgMatch.cy())
```

6. 结语及展望

希望自己能在硬件的路上一直走下去。

7. 参考资料

7.1. 英文注解：

1. Machine Vision（MV）：机器视觉
2. Computer Vision（CV）：计算机视觉
3. Cam（Camera）：摄像头
4. OV7725：感光元件型号
5. Pin：I/O 引脚（Input / Output）
6. ADC（Analog-to-digital converter）：模拟数字转换器
7. DAC（Digital to analog converter）：数字模拟转换器
8. SPI（Serial Peripheral Interface Bus）：串行外设接口
9. I2C（Inter-Integrated Circuit）：集成电路总线
10. UART（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter）：异步串行通信口
11. Servo：这里指的是舵机

12.CAN bus（Controller Area Network）：控制器局域网

13.IC（Integrated Circuit）：集成电路，这里指微芯片，即 STM32F765VI ARM CortexM7 处理器

14.RAM（Random Access Memory）：随机存取存储器，也叫主存

15.Flash（Flash Memory）：快闪存储器，也叫闪存

16.Frequency：频率

7.2. 参考文献：

1. OpenMV Cam 官方手册
2. Micropython 中文教程 V2.0
3. 哈尔特征 - 维基百科
4. OV7725 Color CMOS VGA (640x480) CAMERACHIPTM SensorOmniision®with OmniPixel2TM Technology

因参考文献过多，此处不再列举。