

## 实验四 目标颜色识别

### 1 实验目的:

- ① 掌握色度学基础知识及颜色空间转换的基本原理
- ② 掌握轮廓检测算法实现对目标进行检测和分割
- ③ 掌握基于色度模型和阈值分割的颜色识别技术

### 2 实验仪器

- ① 硬件: 计算机, EAI 机器人
- ② 软件: ROS、OpenCV 库

### 3 实验原理

#### 3.1 色度模型



Fig 1 RGB 模型

RGB 模型与人眼强烈感知红绿蓝三色的事实能够很好地匹配, 但是不能适应实际上人们对颜色的解释, 当人们观察一个彩色物体时, 用色调 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和亮度 (Intensity) 描述, 色调是描述一种纯色的颜色属性, 饱和度是一种纯色被白光稀释的程度的度量, 亮度是一个主观描述子, 体现了无色的强度概念, 这三者组成了 HSI 色度模型。该模型能够在彩色图像中从携带的彩色信息中消去强度分量的影响, 因此是开发基于彩色描述的图像处理算法的理想工具。

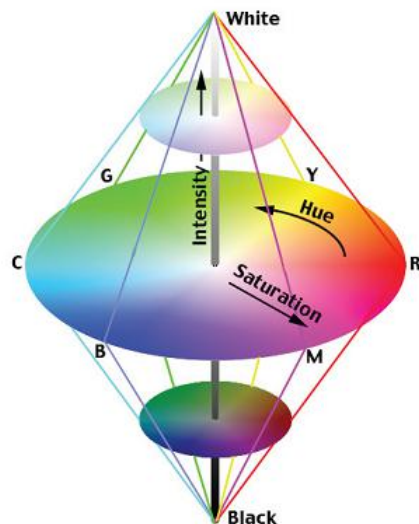


Fig 2 HSI 色度模型

给定一幅 RGB 彩色格式的图像，转换到 HSI 空间的公式如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{1}{3}(R + B + G) \\ S = 1 - \frac{3}{R + B + G}[\min(R + B + G)] \\ H = \arccos \left\{ \frac{[(R - G) + (R - B)] / 2}{[(R - G)^2 + (R - B)(R - B)]^{1/2}} \right\} \end{array} \right. \quad (1-1)$$

与 HSI 空间类似，HSV 空间也是一种常用的色彩描述空间，是根据颜色的直观特性由 A. R. Smith 在 1978 年创建的一种颜色空间，也称六角锥体模型。

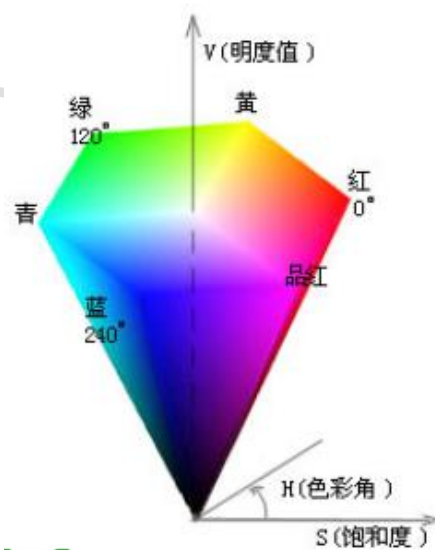


Fig 3 HSV 色度模型

给定一幅 RGB 彩色格式的图像，转换到 HSV 空间的公式如下：

$$\begin{aligned}
v &= \max(r, g, b) \\
s &= \frac{v - \min(r, g, b)}{v} \\
6h &= \begin{cases} 5 + b' & \text{when : } r = \max(r, g, b), g = \min(r, g, b) \\ 1 - g' & \text{when : } r = \max(r, g, b), g \neq \min(r, g, b) \\ 1 + r' & \text{when : } g = \max(r, g, b), b = \min(r, g, b) \\ 3 - b' & \text{when : } g = \max(r, g, b), b \neq \min(r, g, b) \\ 3 + g' & \text{when : } b = \max(r, g, b), r = \min(r, g, b) \\ 5 - r' & \text{else} \end{cases}
\end{aligned} \tag{1-2}$$

h 的另一种的表达形式:

$$h = \begin{cases} 0^\circ & \text{if } \max = \min \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 0^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g \geq b \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g < b \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120^\circ, & \text{if } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240^\circ, & \text{if } \max = b \end{cases}$$

### 3.2 阈值分割

利用色度模型将 RGB 图像转换到其他空间后，获取了原图的彩色信息，由图 1 和图 2 可知，不同颜色占据着不同的颜色空间，因此我们需要对图像中的像素进行取舍和决策，直接剔除一些低于或者高于一定值的像素。若给定上下界  $\text{thresh\_max}$  和  $\text{thresh\_min}$  的条件下，阈值分割后的像素值  $\text{dst}(x, y)$  满足：

$$\text{dst}(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{thresh\_min} < \text{dst}(x, y) < \text{thresh\_max} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

对转换后的三通道进行阈值分割，以 HSV 空间为例，不同颜色对应的三通道阈值如表 1-1 所示：

表 1-1 HSV 空间颜色分割阈值参考表

	黑	灰	白	红		橙	黄	绿	青	蓝	紫
H_min	0	0	0	0	156	11	26	35	78	100	125
H_max	180	180	180	10	180	25	34	77	99	124	155
S_min	0	0	0	43		43	43	43	43	43	43
S_max	255	43	30	255		25	255	255	255	255	255
V_min	0	46	221	46		46	46	46	46	46	46
V_max	46	220	255	255		255	255	255	255	255	255

通过设置合适的阈值对图像进行处理,能够分别得到不同的颜色在原图中的对应区域,如下图所示。

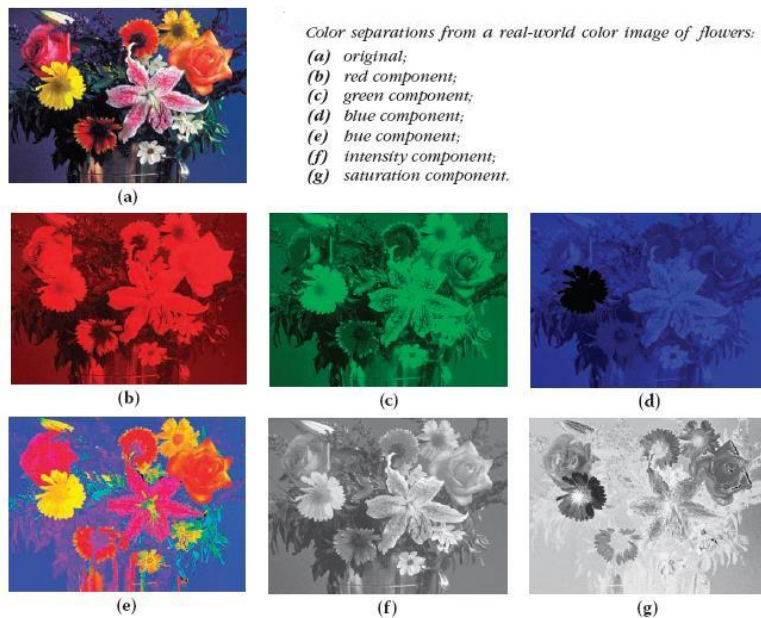


Fig 4 色彩分割结果示意图

### 3.3 轮廓检测

边缘检测虽然能够根据像素之间的差异,检测出轮廓边界的像素,但是它并没有将轮廓作为一个整体,而霍夫变换虽然能够实现直线、圆等简单轮廓的检测,但是功能单一。1985年,satoshi suzuki发表了一篇论文《Topological structural analysis of digitized binary images by border following》,通过分析数字二值化图像的拓扑结构,实现了对二值图的轮廓检测,基于该文章的思想,Opencv中提供了findContours()函数来寻找图像中物体的轮廓,并结合drawContours()函数将找到的轮廓绘制出。

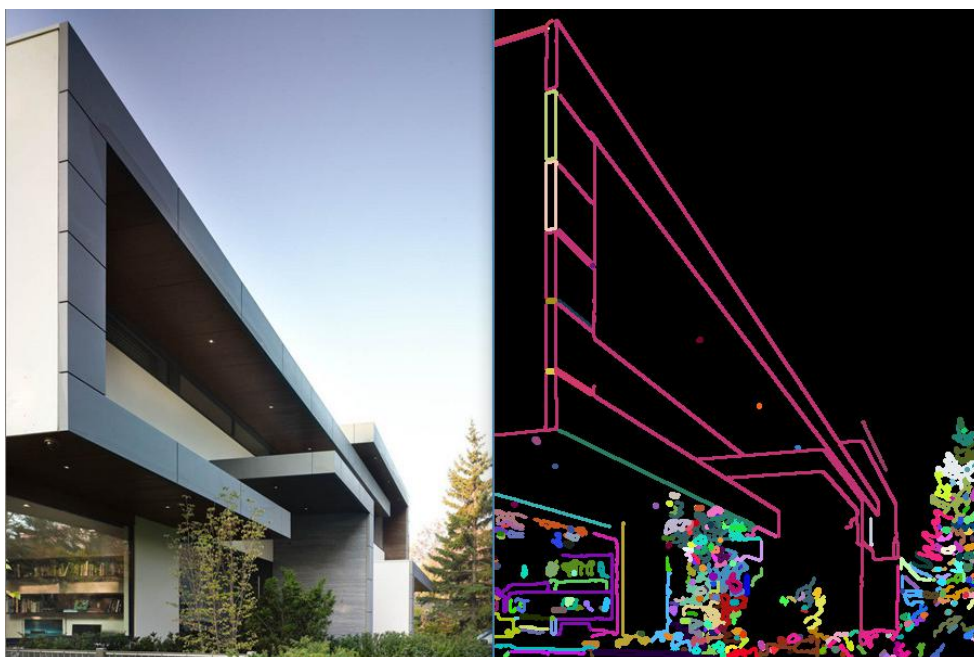
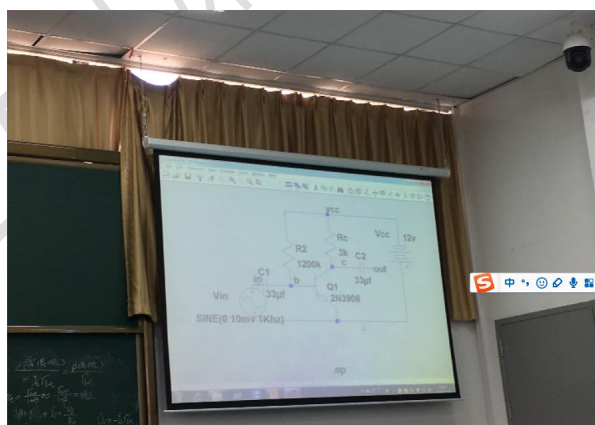


Fig 5 轮廓检测结果示意图

实际应用中, 为了对轮廓进行分割, 需要将检测到的轮廓用多边形表示出来, 既根据轮廓提取出图像的多边形区域, 常见的函数包括:

- 1) `boundingRect()`: 返回外部矩形边界;
- 2) `minAreaRect()`: 寻找最小包围矩形;
- 3) `minEnclosingCircle()`: 寻找最小包围圆形;
- 4) `approxPolyDP()`: 逼近多边形曲线



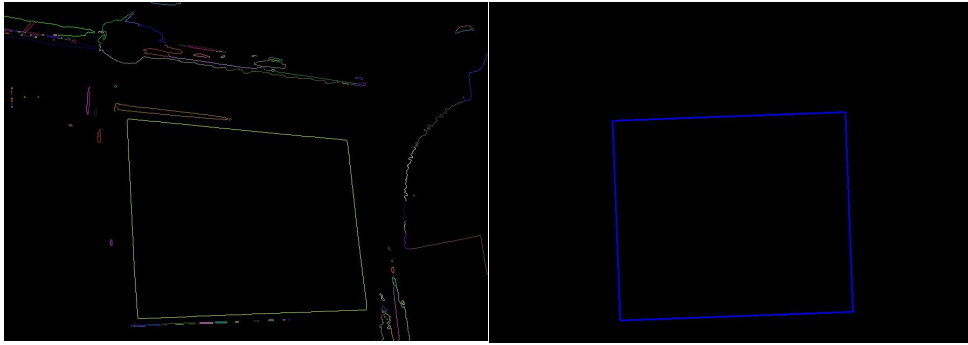


Fig 6 轮廓检测多边形表示示意图

## 4 实验内容

### 4.1 色度空间转换

1. 利用 `Imread` 函数或者从 ROS 话题中获取目标图片
2. 进行滤波去噪
3. 遍历原图的 RGB 三通道像素，并将其转换至特定色度空间
4. `Imshow` 显示结果图



Fig 7 HSV 空间转换结果图

### 4.2 颜色分割

1. 利用 `createTrackbar()` 函数建立滑动条，对颜色空间转换后的各通道进行阈值分割
2. 根据阈值分割的结果，判断各种颜色的对应阈值





Fig 8 红黄绿三色的分割结果

#### 4.3 目标颜色检测

1. 对图像进行预处理，消除噪声，阈值分割后获取二值化图如 Fig 8
2. 对二值图进行轮廓检测；
3. 根据任务目标选择合适的多边形描述轮廓；
4. 获取多边形区域后，从原图中截取该区域图像；
5. 对多边形区域的图像进行颜色分割，对分割结果进行统计，判断图像的颜色并输出分类结果，具体操作如下：
  - (1) 从（红，橙，黄，绿，青，蓝，紫）中选取 4~7 种颜色并设定对应阈值，统计轮廓内对应每种颜色阈值范围内的像素个数。
  - (2) （附加题）绘制直方图如 Fig.9

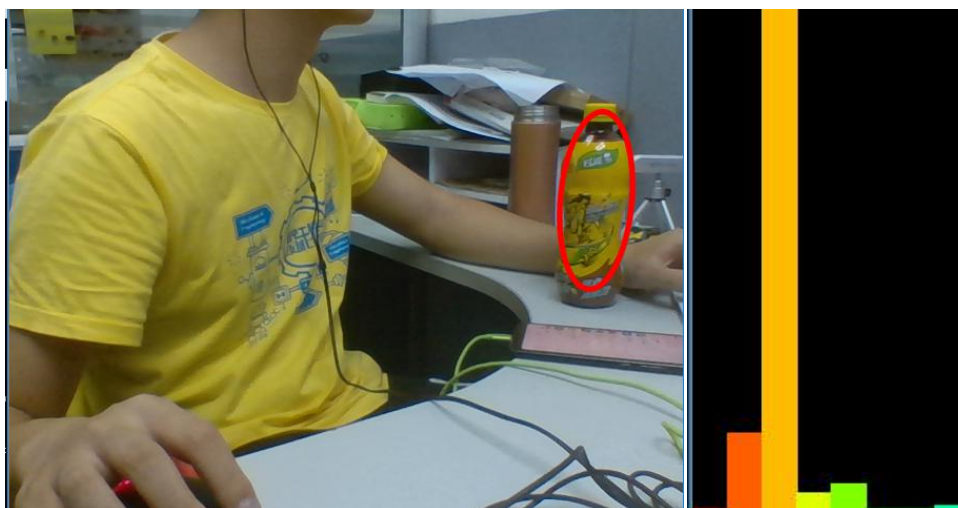


Fig 9 目标颜色检测结果

#### 4.4 机器人控制

1. 机器人通过摄像头获取当前图像;
2. 检测指示牌, 并识别其颜色
3. 根据识别出的指示牌颜色, 对机器人发出控制指令, 其中:
  - 红色: 前进;
  - 绿色: 后退;
  - 蓝色: 左转;
  - 黄色: 右转。