

# 姓名学号

- 张进华 201900150221

# 实验日期

- 2021.11.19

# 实验题目

- 图像匹配

# 实验内容

- 了解cv::matchTemplate函数的用法，并选择合适的测试图像进行测试，要求：
  - 理解TM\_SQDIFF等相似性度量方法的含义和适用情况。
  - 针对模板与图像目标存在颜色（亮度）差异、几何形变等情况进行测试分析，可以重点对比TM\_SQDIFF和TM\_CCOEFF\_NORMED进行对比。

# 实验步骤

## 步骤一 了解实验原理

- cv::matchTemplate()的具体调用方法如下：

```
void cv::matchTemplate(  
    cv::InputArray image, // 用于搜索的输入图像，8U 或 32F，大小 W-H  
    cv::InputArray templ, // 用于匹配的模板，和image类型相同，大小 w-h  
    cv::OutputArray result, // 匹配结果图像，类型 32F，大小 (W-w+1)-(H-h+1)  
    int method // 用于比较的方法  
);
```

- 该函数第一个参数是源图像，第二个参数是模板图像，第三个参数是匹配的结果图像，第四个参数是用于指定比较的方法,opencv中支持的比较方法有六种，分别如下：
  - 1、cv::TM\_SQDIFF：该方法使用平方差进行匹配，因此最佳的匹配结果在结果为0处，值越大匹配结果越差。

$$R_{sq\_diff} = \sum_{x', y'} [T(x', y') - I(x + x', y + y')]^2$$

- 2、cv::TM\_SQDIFF\_NORMED：该方法使用归一化的平方差进行匹配，最佳匹配也在结果为0处。

$$R_{sq\_diff\_normed} = \frac{\sum_{x', y'} [T(x', y') - I(x + x', y + y')]^2}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

- 3、cv::TM\_CCORR: **相关性匹配**方法，该方法使用源图像与模板图像的卷积结果进行匹配，因此，最佳匹配位置在值最大处，值越小匹配结果越差。

$$R_{ccorr} = \sum_{x', y'} T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')$$

- 4、cv::TM\_CCORR\_NORMED: **归一化的相关性匹配**方法，与相关性匹配方法类似，最佳匹配位置也是在值最大处。

$$R_{ccorr\_normed} = \frac{\sum_{x', y'} T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

- 5、cv::TM\_CCOEFF: **相关性系数匹配**方法，该方法使用源图像与其均值的差、模板与其均值的差二者之间的相关性进行匹配，最佳匹配结果在值等于1处，最差匹配结果在值等于-1处，值等于0直接表示二者不相关。

$$R_{ccoeff} = \sum_{x', y'} T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y')$$

$$T'(x', y') = T(x', y') - \frac{\sum_{x'', y''} T(x'', y'')}{(w - h)}$$

$$I'(x + x', y + y') = I(x + x', y + y') - \frac{\sum_{x'', y''} I(x'', y'')}{(w - h)}$$

- 6、cv::TM\_CCOEFF\_NORMED: **归一化的相关性系数匹配**方法，正值表示匹配的结果较好，负值则表示匹配的效果较差，也是值越大，匹配效果也好。

$$R_{ccoeff\_normed} = \frac{\sum_{x', y'} T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y')}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}}$$

## 步骤二 采用cv::TM\_CCOEFF\_NORMED进行匹配

- 这里解释一下为什么要进行转化为灰度图？
  - 识别物体，最关键的因素是梯度，梯度意味着边缘，这是最本质的部分，而计算梯度，自然就用到灰度图像了，可以把灰度理解为图像的强度。颜色，易受光照影响，难以提供关键信息，故将图像进行灰度化，同时也可以加快特征提取的速度。
- 然后归一化的相关性系数匹配方法正值表示匹配的结果较好，负值则表示匹配的效果较差，也是值越大，匹配效果也好，所以在绘制时我们采用最大值

```

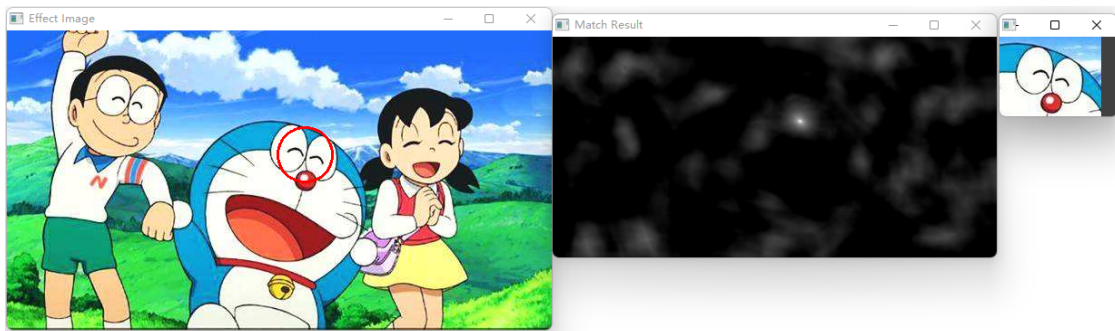
o //模板匹配
  cv::matchTemplate(gray_image_source, gray_image_template,
    image_matched, cv::TM_CCOEFF_NORMED);
  //寻找最佳匹配位置
  cv::minMaxLoc(image_matched, &minVal, &maxVal, &minLoc, &maxLoc);

  cv::circle(image_color,
    cv::Point(maxLoc.x + image_template.cols/2, maxLoc.y +
    image_template.rows/2),
    30,
    cv::Scalar(0, 0, 255),
    2,
    8,
    0);

```

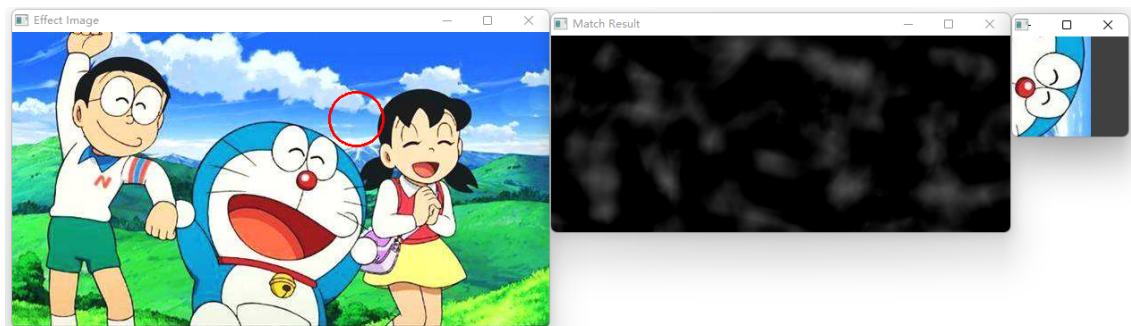
## 1.采用裁剪后的图像作为模板，结果显示如下

- 可以看到在模板未做任何改变的情况下匹配效果还是很好的

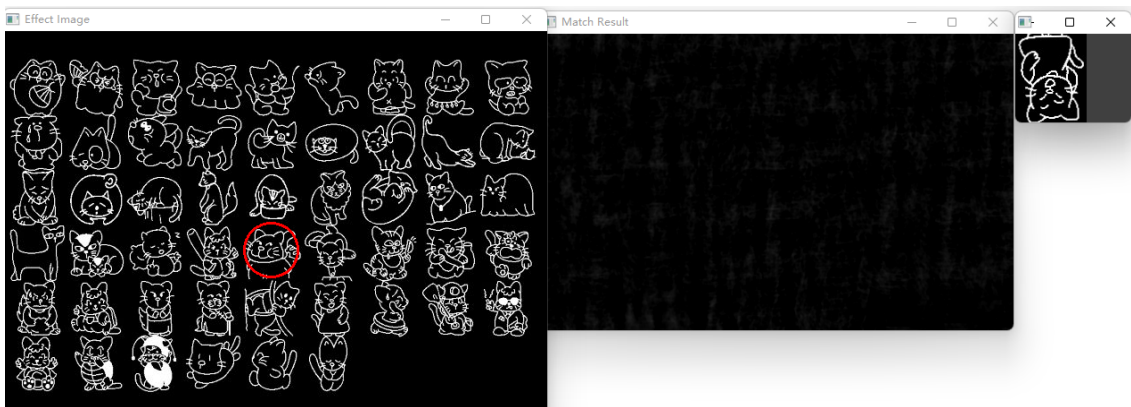


## 2.采用几何形状改变后的图像作为模板，结果显示如下

- 在模板几何形状改变后我们发现匹配的效果变差了，说明颜色几何形状变化对 `cv::TM_CCOEFF_NORMED` 影响很大

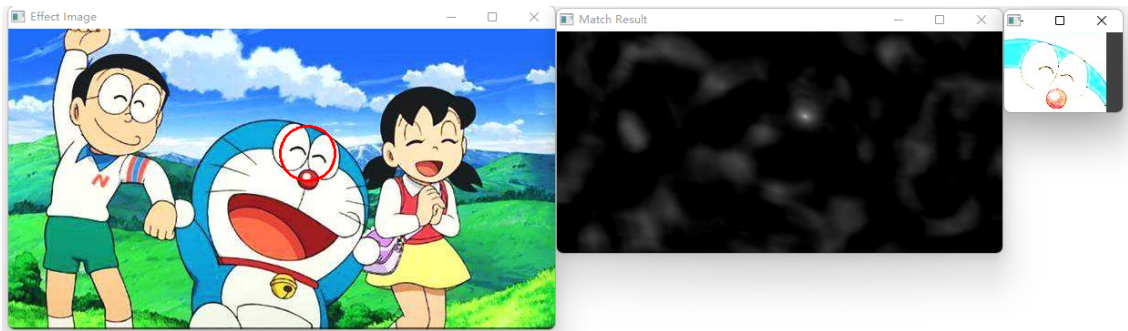


- 测试这张图，发现检测出的位置不对，效果不太理想



### 3.采用光照变换后的图像作为模板，结果显示如下

- 当模板图片光照发生改变时，我们可以看到匹配的效果仍然是很好的，说明颜色光照变化对cv::TM\_CCORR\_NORMED影响不大



### 4 总结

- TM\_CCORR\_NORMED（归一化相关系数法）对光照变化有非常好的稳定性，相比于光照变换而言尺寸变化对结果的影响更大。

## 步骤三 采用cv::TM\_SQDIFF进行匹配

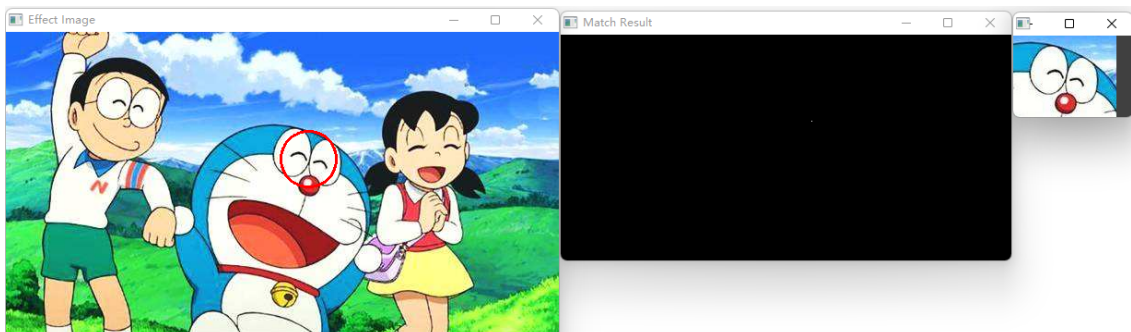
- 使用平方差进行匹配，因此最佳的匹配结果在结果为0处，值越大匹配结果越差，所以在绘制时我们采用最小值

```
//模板匹配
cv::matchTemplate(gray_image_source, gray_image_template,
image_matched, cv::TM_SQDIFF);
//寻找最佳匹配位置
cv::minMaxLoc(image_matched, &minVal, &maxVal, &minLoc, &maxLoc);

cv::circle(image_color,
            cv::Point(minLoc.x + image_template.cols/2, minLoc.y +
image_template.rows/2),
            30,
            cv::Scalar(0, 0, 255),
            2,
            8,
            0);
```

### 1.采用裁剪后的图像作为模板，结果显示如下

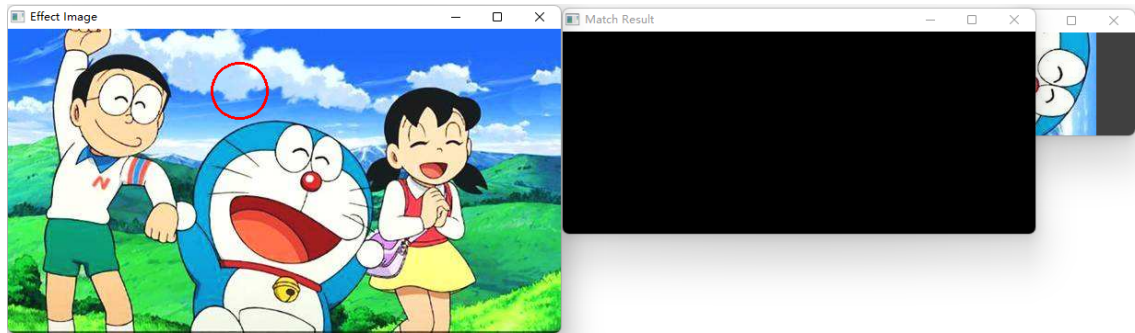
- 可以看到在未做任何改变的情况下匹配效果还是很好的





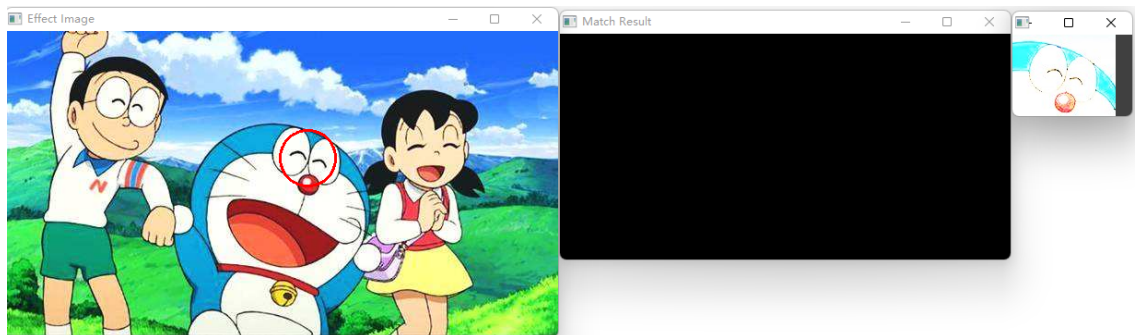
## 2.采用几何形状改变后的图像作为模板，结果显示如下

- 在模板几何形状改变后我们发现匹配的效果变差了，说明颜色几何形状变化对cv::TM\_SQDIFF方法影响很大



## 3.采用光照变换后的图像作为模板，结果显示如下

- 当模板图片光照发生改变时，我们可以看到匹配的效果仍然是很好的，说明颜色光照变化对cv::TM\_SQDIFF方法影响不是很大



## 4.总结

- TM\_SQDIFF（平方差匹配法）（归一化相关系数法）对光照变化有非常好的稳定性，相比于光照变换而言尺寸变化对结果的影响更大

# 实验结果分析

- 本次试验中，通过了解cv::matchTemplate函数的用法，掌握了六种相似性度量的方法原理，重点对比了TM\_SQDIFF和TM\_CCOEFF\_NORMED这两种相似性度量的计算方法的效果差异，对尺寸变化和光照变化的稳定性。
- 如果不对模板图像进行任何变换，TM\_SQDIFF（平方差匹配法）的效果TM\_CCOEFF\_NORMED（归一化相关系数法）的计算更准确，因为根据match result图，利用TM\_SQDIFF的基本上只检测出了一个点，而TM\_CCOEFF\_NORMED除了真正的点上有高亮之外，其他不匹配的地方也有一定的相关性
- TM\_SQDIFF（平方差匹配法）和 TM\_CCOEFF\_NORMED（归一化相关系数法）的对于尺寸变化和光照变化的稳定性很好