

实验1：E_BLIND/D_LC 系统测试

课程名称：信息隐藏与数字水印技术

实验项目名称：E_BLIND/D_LC 系统测试

学生姓名：黄炯睿 学号：3170103455

电子邮件地址：jionggrui_huang@zju.edu.cn

实验日期：2020 年 3 月 18 日

实验目的

1. 了解 E_BLIND/D_LC 系统的基本原理，理解 False Positive 和 False Negative 的概念，掌握 Linear Correlation 的计算。
2. 考察 E_BLIND/D_LC 系统检测值的分布，给出检测值的概率分布图或密度分布图。
3. 测试 8-bit 灰度值截断对系统检测准确率的影响。

实验内容与要求

1. 实现 E_BLIND/D_LC 系统。
2. 设计一张水印，嵌入强度 $\alpha = 1$ ，使用该水印测试 E_BLIND/D_LC 系统应用于不同封面时的检测准确率，计算 False Positive/Negative Rate，并绘制如课本图 3.6 的检测值分布图或密度图。要求封面数量不少于 40 张(建议使用课程提供的标准数据集作为测试封面)。
3. 设计不少于 40 张不同的水印，使用固定的嵌入强度 $\alpha = 1$ ，选择一张黑白像素比例(即灰度值接近 0 或 255 的像素数量占总像素数量的比例) 不高于 30% 的封面，测试不同的水印嵌入同一封面时 E_BLIND/D_LC 系统的检测准确率，计算 False Positive/Negative Rate，并绘制如课本图 3.6 的检测值分布图或密度图。
4. 选取一张黑白像素比例不低于 50% 的原始封面，重复子实验 3，比较检测准确率并分析原因。

实验环境

本次实验使用MATLAB2017进行，所有脚本文件均在附件的压缩文件之中

实验过程

E_BLIND/D_LC 系统的实现

- E_BLIND

```
1 function [wimg] = E_BLIND(img,w, m, alpha)
2 if nargin == 2
3     m = 0;
4     alpha = 1;
5 elseif nargin == 3
6     alpha = 1;
7 end
8 for i = 1:size(img,1)
9     for j = 1:size(img,2)
10         wimg(i,j) = int32(img(i,j)) + alpha * (2*m-1)*w(i,j);
11     end
```

```

12 end
13 wimg = uint8(wimg);
14 end

```

输入参数为预先生成的水印，需要加水印的图片，水印信息和嵌入强度，其中水印信息和嵌入强度拥有缺省值，分别为0和1。

返回值为嵌入了水印的图片，注意需要把图片矩阵转换为uint8类型。

- D_LC

```

1 function [ans] = D_LC(img,w)
2 height = size(img,1);
3 width = size(img,2);
4 w = w(1:height,1:width);
5 tmp = int32(img).*w;
6 ans = sum(sum(tmp)) / (height * width);
7 end

```

输入参数为已知水印和带水印的图片，输出值是一个评估结果。

- 水印的生成

水印的生成利用了MATLAB的randn函数，其缺省值生成均值为0，方差为1的正太分布。本次所用的所有水印都由该函数生成。

False Positive/Negative Rate

```

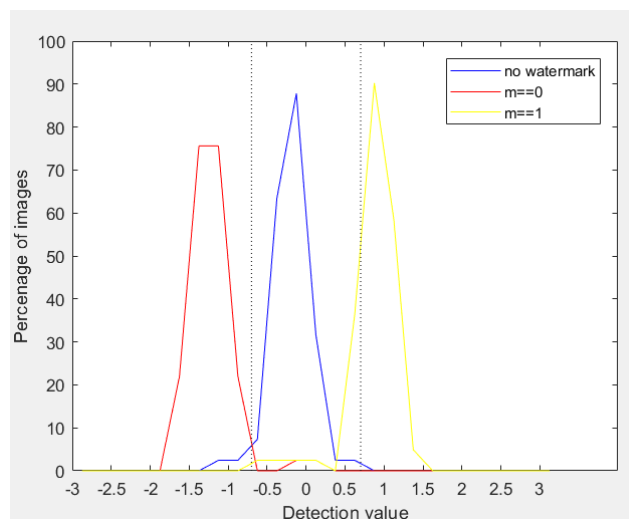
1 function [Accuracy, Fpos,Fneg] = GetRate(threshold,wimg0,img, wimg1)
2 Fpos = 0;
3 Fneg = 0;
4 for i = 1:41
5     if abs(wimg0(i)) <= threshold || abs(wimg1(i)) <= threshold
6         Fneg = Fneg + 1;
7     end
8     if abs(img(i)) > threshold
9         Fpos = Fpos + 1;
10    end
11 end
12 Accuracy = (41*3 - Fpos - Fneg) / (41*3);
13 Fpos = Fpos / 41;
14 Fneg = Fneg / 82;
15 end

```

将携带最终评估值的三个数组以及最终的阈值作为输入参数，输出图像检测的准确率和False Positive/Negative。注意这里的Fneg的总数是Fpos的两倍。

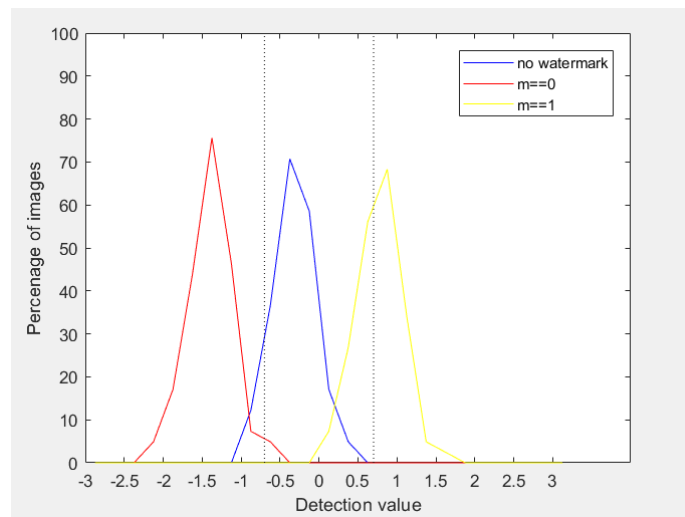
实验分析与结论

问题2 使用同一张水印嵌入多张不同的图片



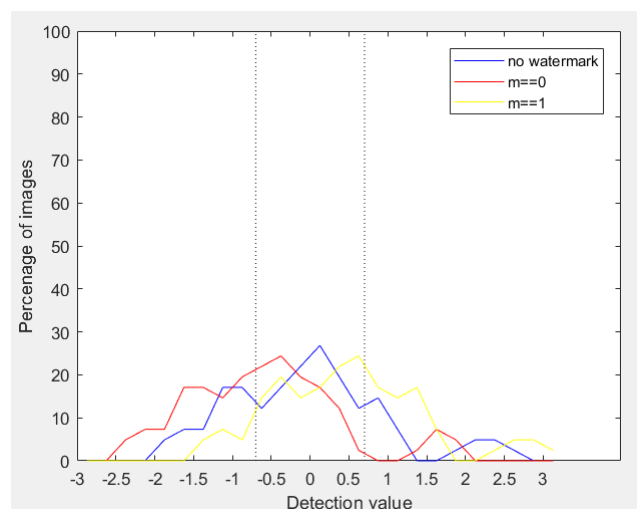
本次实验使用随机产生的一个水印进行测试，每次不同的水印得到的结果均不完全相同。上图所示的检测值分布图对应的检测准确率为96.75%，其中false positive为2.44%，false negative为3.66%。

问题3 多张水印嵌入同一张黑白像素比例不高于 30% 的图片



本实验使用了lena512.bmp图，该图的黑白像素比例低于30%。上图所示的检测值分布图对应的检测准确率为89.43%，其中false positive为4.88%，false negative为13.41%。

问题4 多张水印嵌入同一张黑白像素比例不低于 50% 的图片



本实验使用了rec.bmp图，该图的黑白像素比例高于50%。上图所示的检测值分布图对应的检测准确率为55.47%，其中false positive为51.22%，false negative为42.68%。

很明显，黑白像素多的图片更难被成功检测出来，rec.bmp图几乎全图都由黑和白组成，因此成功率低到和瞎猜也没啥区别了。

原因是和老师课件讲的式子有关：

$$\begin{aligned} z_{lc} &= \frac{1}{N} (\mathbf{c}_o + \mathbf{w}_a + \mathbf{n}) \cdot \mathbf{w}_r \\ &= \frac{1}{N} (\mathbf{w}_a \cdot \mathbf{w}_r + (\mathbf{c}_o + \mathbf{n}) \cdot \mathbf{w}_r) \\ &= \frac{1}{N} (\mathbf{w}_a \cdot \mathbf{w}_r) + \varepsilon \\ &= \frac{1}{N} (\alpha(2m - 1)\mathbf{w}_r \cdot \mathbf{w}_r) + \varepsilon \\ &= (2m - 1) \left(\alpha \frac{\|\mathbf{w}_r\|^2}{N} \right) + \varepsilon. \end{aligned}$$

一个通常的图片往往近似于高斯分布，与水印几乎正交，但是显然在一个全为黑和白组成的图片中， $(c_0 + n) * w_r$ 成为了一个不可忽略的数字，它极大地拉近了三个峰值之间的距离。

当然，除了上述原因之外，8bit截断也是一个重要因素。因为在图像中 $255+1 = 255$ 、 $0-1=0$ ，所以在水印加到图像上的时候会有一部分数据实际上无效，这也影响了检测值的大小。

实验感想

一开始使用了opencv + Python，虽然之前在计算机视觉课上已经熟悉了他们的用法，但是写起来的繁琐还是让我转向拥抱了MATLAB。整个实验难度不高，在理解了E_BLIND/D_LC系统的原理后再进行代码实现，可以较为轻松的完成任务。主要繁琐的是这次造了几个函数的轮子比如画图求准确率等，不过估计下次写的话可以直接用了。

说实话，这节课越来越像数学课了.....用数学解释现象，还蛮有意思。