

实验五：数字水印

综合评分：

【实验目的】:

了解水印的基本生成和检测技术，学会使用 matlab 软件写出 W-SVD, DCT 域混沌细胞自动机水印实现细胞自动机水印的检测。

【实验内容】: (请将你实验完成的项目涂“■”)

- 一、实现 W-SVD 水印生成的算法，并进行检测该水印。
- 二、实现混沌细胞自动机水印生成的算法，并进行检测该水印。

【实验工具及平台】:

☒ Windows+Matlab☐ 其它: (请注明) _____

【实验涉及到的相关算法】:

- 1、与实验内容选择的项目对应;
- 2、请使用流程图、伪代码、NS 图或文字方式描述，不要完全贴代码

■一、实现 W-SVD 水印生成的算法，并进行检测该水印。

水印生成和嵌入:

总体流程步骤如下:

1. 读取图像，提取 R 层，准备在 R 层加水印。
2. 对图像做小波分解得到低频系数 CA。
3. 对 CA 做单值分解 $CA=U*\sigma*V'$
4. 用伪随机序列生成正交矩阵 U、V，对角矩阵 sigma。
5. 用随机矩阵 U、V 的后 d 列替换 U、V 的后 d 列，得到新的 U、V。水印模板 $waterCA=U*\sigma*V'$
6. 将水印 waterCA 加入低频系数 CA 中，对新的低频系数进行重构。

代码如下:

```
function
[watermarkimagergb,watermarkimage,waterCA,watermark2,correlationU,correlationV]=wavemarksvd(input,goal,seed,wavelet,level,alpha,ratio)
%读取原始图像
data=imread(input);
data=double(data)/255;
datared=data(:,:,1);%在 R 层加水印
%对原始图像的 R 层进行小波分解记录原始大小,并将其补成正方
[C,Sreal]=wavedec2(datared,level,wavelet);
[row,list]=size(datared);
standard1=max(row,list);
new=zeros(standard1,standard1);
```

```
if row<=list
    new(1:row,:)=datared;
else
    new(:,1:list)=datared;
end
%正式开是加水印
%小波分解,提取低频系数
[C,S]=wavedec2(new,level,wavelet);
CA=appcoef2(C,S,wavelet,level);
%对低频系数进行归一化处理
[M,N]=size(CA);
CAmin=min(min(CA));
CAmax=max(max(CA));
CA=(1/(CAmax-CAmin))*(CA-CAmin);
d=max(size(CA));
%对低频率系数单值分解
[U,sigma,V]=svd(CA);
%按输出参数得到要替换的系数的数量
np=round(d*ratio);
%以下是随机正交矩阵的生成
rand('seed',seed);
M_V=rand(d,np)-0.5;
[Q_V,R_V]=qr(M_V,0);
M_U=rand(d,np)-0.5;
[Q_U,R_U]=qr(M_U,0);
%替换
V2=V;U2=U;
V(:,d-np+1:d)=Q_V(:,1:np);
U(:,d-np+1:d)=Q_U(:,1:np);
sigma_tilda=alpha*flipud(sort(rand(d,1)));
correlationU=corr2(U,U2);%计算替换的相关系数
correlationV=corr2(V,V2);
%生成水印
watermark=U*diag(sigma_tilda,0)*V';
%重构生成水印的形状,便于直观认识,本身无意义
watermark2=reshape(watermark,1,S(1,1)*S(1,2));
waterC=C;
waterC(1,1:S(1,1)*S(1,2))=watermark2;
watermark2=waverec2(waterC,S,wavelet);
%调整系数生成嵌入水印后的图片
CA_tilda=CA+watermark;
over1=find(CA_tilda>1);
below0=find(CA_tilda<0);
CA_tilda(over1)=1;
```

```
CA_tilda(below0)=0;%系数调整,将过幅与附数修正
CA_tilda=(CAmax-CAmin)*CA_tilda+CAmin;%系数还原到归一化以前的范围
%记录加有水印的低频系数
waterCA=CA_tilda;
if row<=list
    waterCA=waterCA(1:Sreal(1,1),:);
else
    waterCA=waterCA(:,1:Sreal(1,2));
end
%重构
CA_tilda=reshape(CA_tilda,1,S(1,1)*S(1,2));
C(1,1:S(1,1)*S(1,2))=CA_tilda;
watermarkimage=waverec2(C,S,wavelet);
%将前面补上的边缘去掉
if row<=list
    watermarkimage=watermarkimage(1:row,:);
else
    watermarkimage=watermarkimage(:,1:list);
end
watermarkimagergb=data;
watermarkimagergb(:, :, 1)=watermarkimage;
imwrite(watermarkimagergb,goal,'BitDepth',16);%通过写回修正过幅系数
watermarkimagergb2=imread(goal);
figure(1);
subplot(321);imshow(watermark2*255);title('水印');
subplot(323);imshow(data);title('原始图片');
subplot(324);imshow(watermarkimagergb2);title('嵌入水印后的 RGB 图片');
subplot(325);imshow(datared);title('R 层图片');
subplot(326);imshow(watermarkimage);title('嵌入水印后的 R 层图片');
```

水印检测：

由于数字水印一般是一种具有特定性质但不具备可读性的随机信号，所以不能采取“提取”的方式加以识别。我们采用检测的手段。

总体流程步骤如下：

1. 提取原始图像的小波系数 realCA。
2. 提取待检测图像的小波系数 CA_test。
3. 利用原始图像生成一个带水印的图像，并提取小波系数 waterCA。
4. 生成两种水印：realwatermark=waterCA-realCA; testwatermark=CA_test-realCA;
5. 计算两种水印的相关性。

计算方法：

1. 常规检测直接相关性值 d。

对于 M*N 的 W 矩阵：

$$d = |\langle W, W' \rangle| / (||W|| * ||W' ||)$$

$\langle W, W' \rangle$ 表示 $\text{sum}(w_{ij} * w'_{ij})$

$$0 \leq i \leq M; 0 \leq j \leq N$$

$$\|W\| = \sqrt{\langle W, W \rangle}$$

$$\|W'\| = \sqrt{\langle W', W' \rangle}$$

2. DCT 域相关性值 d

$$d = \frac{\langle W, W' \rangle}{(\|W\| * \|W'\|)}$$

$\underline{W}, \underline{W'}$ 表示 W, W' 经过 DCT 变换后的系数矩阵

代码如下：

```
function
[corr_coef,corr_DCTcoef]=wavedetect(test,original,seed,wavelet,level,alpha,
ha,ratio)
dataoriginal=imread(original);
datatest=imread(test);
dataoriginal=double(dataoriginal)/255;
datatest=double(datatest)/65535;
dataoriginal=dataoriginal(:,:,1);
datatest=datatest(:,:,1);
%提取加有水印的图像的小波低频系数
[watermarkimagergb,watermarkimage,waterCA,watermark2,correlationU,correl
ationV]=wavemarksvd2(original,'temp.png',seed,wavelet,level,alpha,ratio)
;
%提取待测图像的小波低频系数
[C,S]=wavedec2(datatest,level,wavelet);
CA_test=appcoef2(C,S,wavelet,level);
%提取原始图像的小波低频系数
[C,S]=wavedec2(dataoriginal,level,wavelet);
realCA=appcoef2(C,S,wavelet,level);
%生成两种水印
realwatermark=waterCA-realCA;
testwatermark=CA_test-realCA;
%计算相关性
corr_coef=trace(realwatermark'*testwatermark)/(norm(realwatermark,'fro')
*norm(testwatermark,'fro'));
%DCT 系数比较
DCTrealwatermark=dct2(waterCA-realCA);
DCTtestwatermark=dct2(CA_test-realCA);
DCTrealwatermark=DCTrealwatermark(1:min(32,max(size(DCTrealwatermark))),
1:min(32,max(size(DCTrealwatermark))));
DCTtestwatermark=DCTtestwatermark(1:min(32,max(size(DCTtestwatermark))),
1:min(32,max(size(DCTtestwatermark))));
DCTrealwatermark(1,1)=0;
DCTtestwatermark(1,1)=0;
```

```
corr_DCTcoef=trace(DCTrealwatermark'*DCTtestwatermark)/(norm(DCTrealwatermark,'fro')*norm(DCTtestwatermark,'fro'));
```

接下来可以绘制图像检测随着种子的不同来判断水印的有无。

代码如下：

```
function
[corr_Wcoef,corr_Dcoef]=plotcorr_coef(test,original,testMAXseed,wavelet,
level,alpha,ratio)
corr_Wcoef=zeros(testMAXseed,1);
corr_Dcoef=zeros(testMAXseed,1);
s=1;
for i=1:testMAXseed

[corr_coef,corr_DCTcoef]=wavedetect(test,original,i,wavelet,level,alpha,
ratio);
    corr_Wcoef(s)=corr_coef;
    corr_Dcoef(s)=corr_DCTcoef;
    s=s+1;
end
subplot(211);plot(abs(corr_Wcoef));
title('小波系数阈值分析');
xlabel('种子');
ylabel('相关值');
subplot(212);plot(abs(corr_Dcoef));
title('DCT 变换后小波系数阈值分析');
xlabel('种子');
ylabel('相关值');
```

■二、实现混沌细胞自动机水印生成的算法，并进行检测该水印。

水印生成：

总体流程步骤如下：

1. 利用伪随机序列得到与原始图像相同大小的随机数模板。
2. 将随机数模板转化为二值矩阵
3. 将二值矩阵带入的细胞自动机，得到“凝聚模式”的水印模板
4. 采用中值滤波方法，将水印凝聚模式转化为平滑模式

代码如下：

```
function
[chaoticrand,chaoticcell,watermark]=cellauto(row,col,seed,do_num)
%生成随机模板
rand('seed',seed);
chaoticrand=rand(row,col)>0.5;%转二值矩阵
chaotic=chaoticrand;
%扩大边界等待处理
```

```
temp=zeros(row+2,col+2);
temp(2:row+1,2:col+1)=chaotic;
%细胞自动机处理
for i=1:do_num
    %边界补充
    temp(1,2:col+1)=temp(row+1,2:col+1);
    temp(row+2,2:col+1)=temp(2,2:col+1);
    temp(2:row+1,1)=temp(2:row+1,col+1);
    temp(2:row+1,col+2)=temp(2:row+1,2);
    temp(1,1)=temp(row+1,col+1);
    temp(row+2,col+2)=temp(2,2);
    temp(1,col+2)=temp(row+1,2);
    temp(row+2,1)=temp(2,col+1);
    %vote 规则
    cell1=temp(1:row,1:col);
    cell2=temp(1:row,2:col+1);
    cell3=temp(1:row,3:col+2);
    cell4=temp(2:row+1,1:col);
    cell5=temp(2:row+1,2:col+1);
    cell6=temp(2:row+1,3:col+2);
    cell7=temp(3:row+2,1:col);
    cell8=temp(3:row+2,2:col+1);
    cell9=temp(3:row+2,3:col+2);

    temp(2:row+1,2:col+1)=(cell1+cell2+cell3+cell4+cell5+cell6+cell7+cell8+cell9)>4;
end
chaoticcell=temp(2:row+1,2:col+1);
%平滑处理
chaotic2=chaoticcell;
avg=fspecial('average',3);
for j=1:do_num
    chaotic2=filter2(avg,chaotic2);
end
scale=max(max(chaotic2));
chaotic2=chaotic2/scale;
%水印生成
watermark=(chaotic2-mean2(chaotic2)*ones(row,col));
subplot(131);imshow(chaoticrand);title('随机模式');
subplot(132);imshow(chaoticcell);title('细胞模式');
subplot(133);imshow(watermark);title('平滑模式（水印）');
```

DCT 域水印嵌入：

总体流程步骤如下：

$$E(\text{image}) = \text{IDCT}(\text{DCT}(\text{image}) + \alpha * \text{watermark})$$

代码如下：

```
function[watermark,datared,datadct,datared2]=dctwatermark(ornal,goal,p
ermission,seed,do_num,alpha)
data=imread(ornal,permission);
data=double(data)/255;
datared=data(:,:,1);
[row,col]=size(datared);
datadct=dct2(datared);
%调用函数 cellauto
[chaoticrand,chaoticcell,watermark]=cellauto(row,col,seed,do_num);
dataadd=datadct+alpha*watermark;
datared2=idct2(dataadd);
data(:,:,1)=datared2;
%显示结果
subplot(131);imshow(datared2);title('R 层图片');
%subplot(132);imshow(data);title('加入水印后的图片')
imwrite(data,goal,permission);
```

水印检测：

这里使用的方法和 WSVD 的方法一致：

接下来绘画出不同种子检测出来的相关系数的图像：

代码如下：

```
function
[corr_Wcoef,corr_Dcoef]=plotcorr_coef2(test,permission1,original,permiss
ion2,do_num,alpha,testMAXseed)
corr_Wcoef=zeros(testMAXseed,1);
corr_Dcoef=zeros(testMAXseed,1);
s=1;
for i=1:testMAXseed

corr_coef= wavedetect2(test,permission1,original,permission2,i,do_num,alp
ha);
corr_Wcoef(s)=corr_coef;
s=s+1;
end
subplot(111);plot(abs(corr_Wcoef));
title('水印检测阈值分析');
xlabel('种子');
ylabel('相关值');
```

其中 wavedetect2 的代码如下：

```
function
corr_coef=wavedetect2(test,permission1,original,permission2,seed,do_num,
alpha)
dataoriginal=imread(original,permission2);
datatest=imread(test,permission1);
dataoriginal=dataoriginal(:,:,1);
[m,n]=size(dataoriginal);
datatest=datatest(:,:,1);
%提取加有水印的图像的DCT系数
waterdct=dct2(datatest);
%提取原始图像的DCT系数
waterdcto=dct2(dataoriginal);
%生成两种水印
realwatermark=cellauto(m,n,seed,do_num);
realwatermark=double(realwatermark);
testwatermark=(waterdct-waterdcto)/alpha;
%计算相关性
corr_coef=trace(realwatermark'*testwatermark)/(norm(realwatermark,'fro')
*norm(testwatermark,'fro'));
```