

图像基本处理以及图像JPEG压缩

赵紫如

学号：201711123020 班级：信息安全2017级

1 测试环境

(1) 实验图像：512x512的灰度图像(即lena512.bmp)和512x512的彩色图像(即lena512.tif)。

(2) 使用的工具：MATLAB R2018a。

2 实验目的

(1)熟悉Matlab图像处理编程环境；

(2)图像JPEG压缩实验。

3 实验内容

3.1 模拟数字图像JPEG压缩，绘制PSNR~Q曲线

3.1.1 读入图片

(1) 用imread读入灰度图片。

```
% imread返回值类型为uint8，读入一张灰度图片
im=imread('lena512.bmp');
```

(2) 读入彩色图片，需要转换颜色空间，通过matlab内置函数rgb2ntsc，即将读入的图像由RGB空间转化为NTSC空间。NTSC的亮度通道图像是YIQ图像的第二个颜色通道。

```
% imread返回值类型为uint8
im=imread('lena512.bmp');
% convert the image to YIQ color space
y=rgb2ntsc(im);
% get the NTSC luminance value
% represented by the first color channel in the YIQ image.
y=y(:, :, 1);
```

3.1.2 遍历质量因子，得到压缩后的图片

(1) 质量因子 q 的范围是 $0\sim 100$ ，由 $F_q(u,v)=\{F(u,v)\over q\}$ ，我们可从理论上分析质量因子越大，压缩的比重越小，损失越小。

(2) 遍历质量因子的范围 $0\sim 100$ ，得到101张lena图像。

```
path='images/';
im=imread('lena512.bmp');
% get the images when Quality change between 0-100
for i=0:100
    % 将文件以编号重命名放入images文件夹中
    savename=[num2str(i),'.jpg'];
    savename=[path,savename];
    % imwrite可以实现JPEG压缩并指定质量因子
    imwrite(im,savename,'jpg','Quality',i);
end
```

通过画图展示当质量因子 q 为特殊值1, 5, 10, 15, 30, 50, 70, 90, JPEG图像的质量的变化情况。

```
q=[1, 5, 10, 15, 30, 50, 70, 90];
num=1;
for i=q
    imwrite(im,'test.jpg','jpg','Quality',i);
    subplot(2,4,num),imshow(imread('test.jpg')),title(['质量因子',int2str(i),'%']);
    num=num+1;
end
```

从实验上验证我们的分析，可得如下对比图1。



图1 不同质量因子的JPEG图像

3.1.3 绘制PSNR~Q曲线

(1) PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)峰值信噪比，PSNR越高，压缩后失真越小。

(2) 根据公式 $PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$ ， MAX_I 为最大像素值(8bit的灰度图像为255)， MSE 是均方差，计算公式为 $MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} ||I(i,j) - K(i,j)||^2$ ， I 为原图像， K 为失真后图像， (m,n) 为图像尺寸。

```
im=imread('lena512.bmp');
[h w]=size(im);
im=double(im);
ans=zeros(1,101);
ans=double(ans);
% 位深度
bit=8;
% 当前图像的最大像素值
fmax=2.^bit-1;
MAX=fmax.^2;
for i=0:100
    readname=[path,num2str(i)];
    readname=[readname, '.jpg'];
    read=imread(readname);
    read=double(read);
    % 矩阵可以直接相减
    MES=sum(sum((im-read).^2))/(h*w);
```

```
ans(i+1)=10*log10(MAX/MES);  
end
```

处理后的曲线为图2。

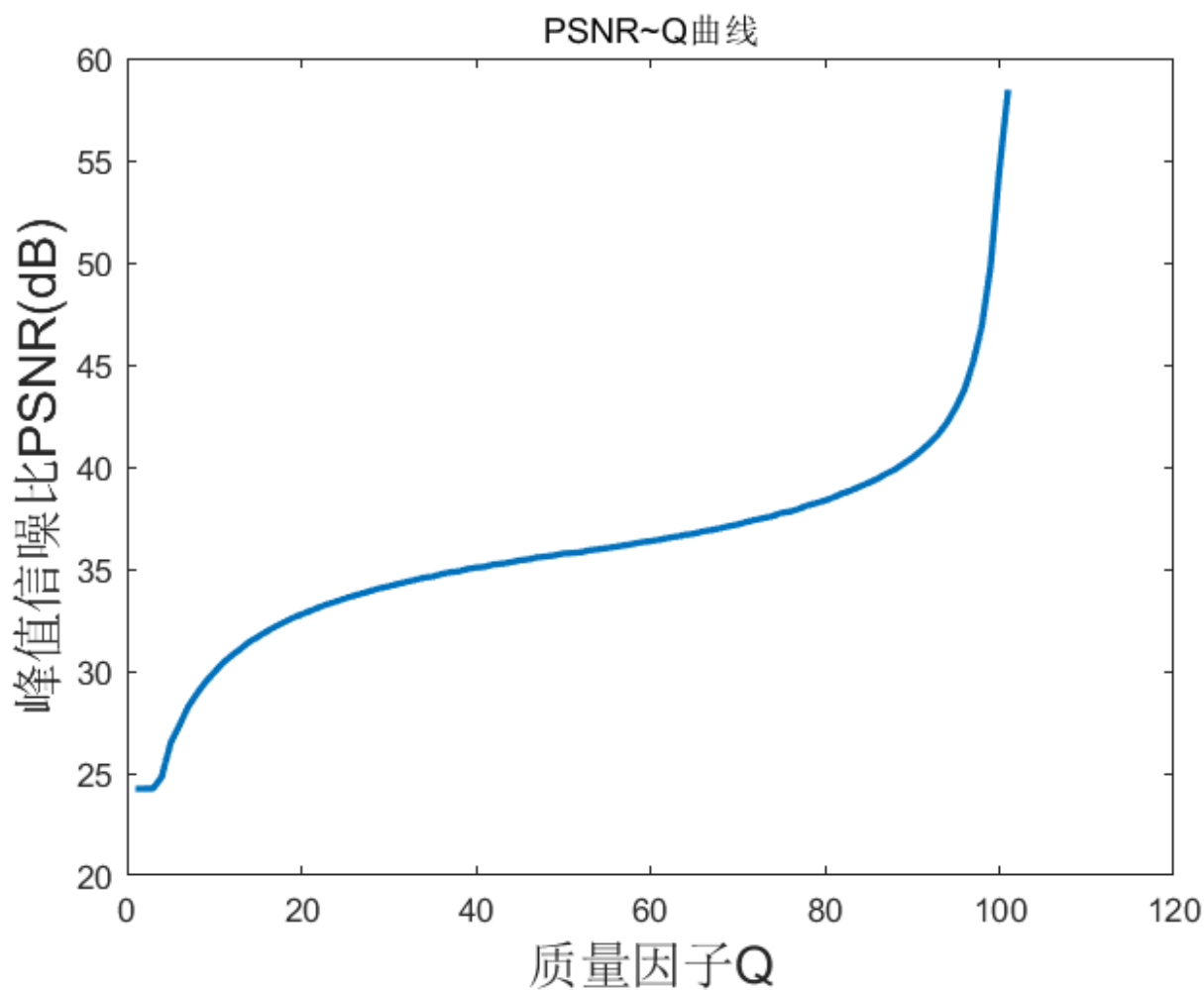


图2 PSNR~Q曲线

(3) 调用matlab的内置psnr函数

```
% 注意用psnr函数不能把imread后得到的矩阵转为double，否则结果不对。  
im=imread('lena512.bmp');  
ans=zeros(1,101);  
ans=double(ans);  
for i=0:100  
    readname=[path,num2str(i)];  
    readname=[readname, '.jpg'];  
    read=imread(readname);  
    [peaksnr,snr]=psnr(read,im);  
    ans(i+1)=peaksnr;  
end
```

处理后的曲线为图3，和图2的结果一致。

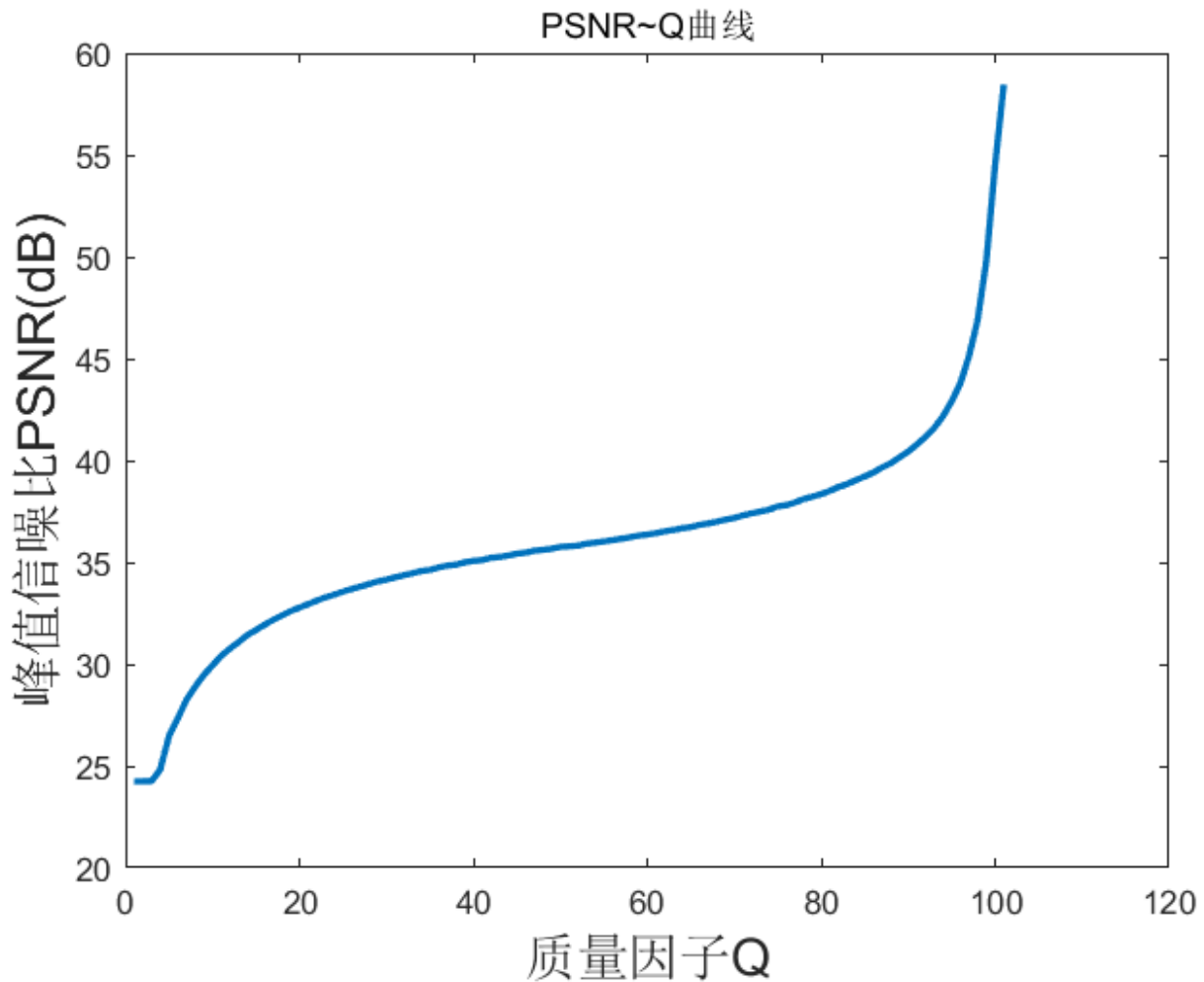


图3 调用psnr函数绘制PSNR~Q曲线

3.1.4 实验结果分析

(1) PSNR的指标：PSNR高于40dB说明图像质量极好（即非常接近原始图像）；在30-40dB通常表示图像质量是好的（即失真可以察觉但可以接受）；在20-30dB说明图像质量差；PSNR低于20dB图像不可接受。

(2) 在质量因子为0~20和80~100时，图像的PSNR变化较快；质量因子为20~80时，变化较为缓慢。当图像的PSNR位于30dB以下时，图像被压缩的程度大，图像在视觉上块效应明显，当30dB以上时，图像在视觉上块效应相对没那么明显。

3.2 显示压缩前后的灰度直方图，观察并分析所存在的差异

3.2.1 选择特殊的质量因子，绘制灰度直方图

(1) 选择q为1, 10, 30, 50, 70, 90，用内置函数imhist绘制灰度直方图。

```
% q=[1,10,30];  
q=[50,70,90];  
num=1;  
im=imread('lena512.bmp');  
subplot(2,4,num),imshow(im),title('原始图像');  
num=num+1;  
subplot(2,4,num),imhist(im),title('原始图像的灰度直方图');
```

```

for i=q
    name=[path,num2str(i),'.jpg'];
    read=imread(name);
    num=num+1;
    subplot(2,4,num),imshow(read),title(['质量因子',int2str(i),'%']);
    num=num+1;
    subplot(2,4,num),imhist(read),title(['质量因子',int2str(i),'%的灰度直方图']);
end

```

imhist函数绘图的横坐标是灰度级，在此处则是从0到255，纵坐标是每一个灰度级在图像中出现的个数。

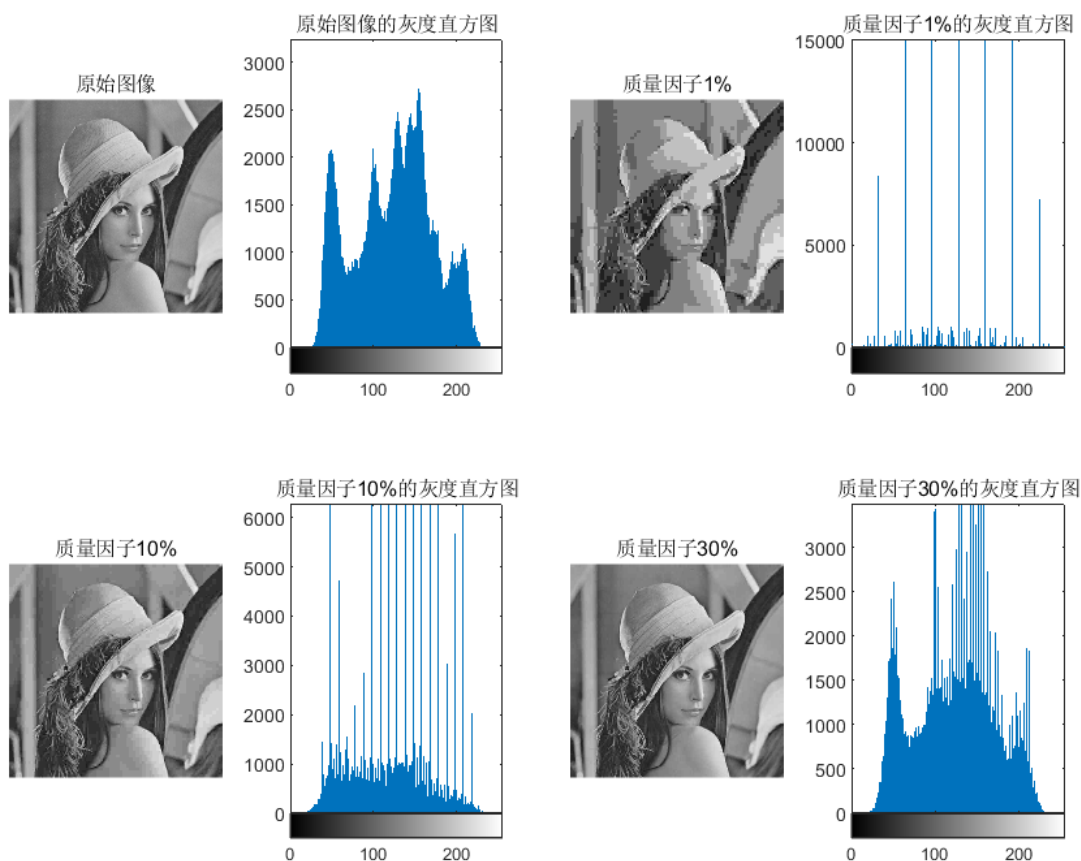


图4 质量因子 q 为1, 10, 30的图像灰度直方图

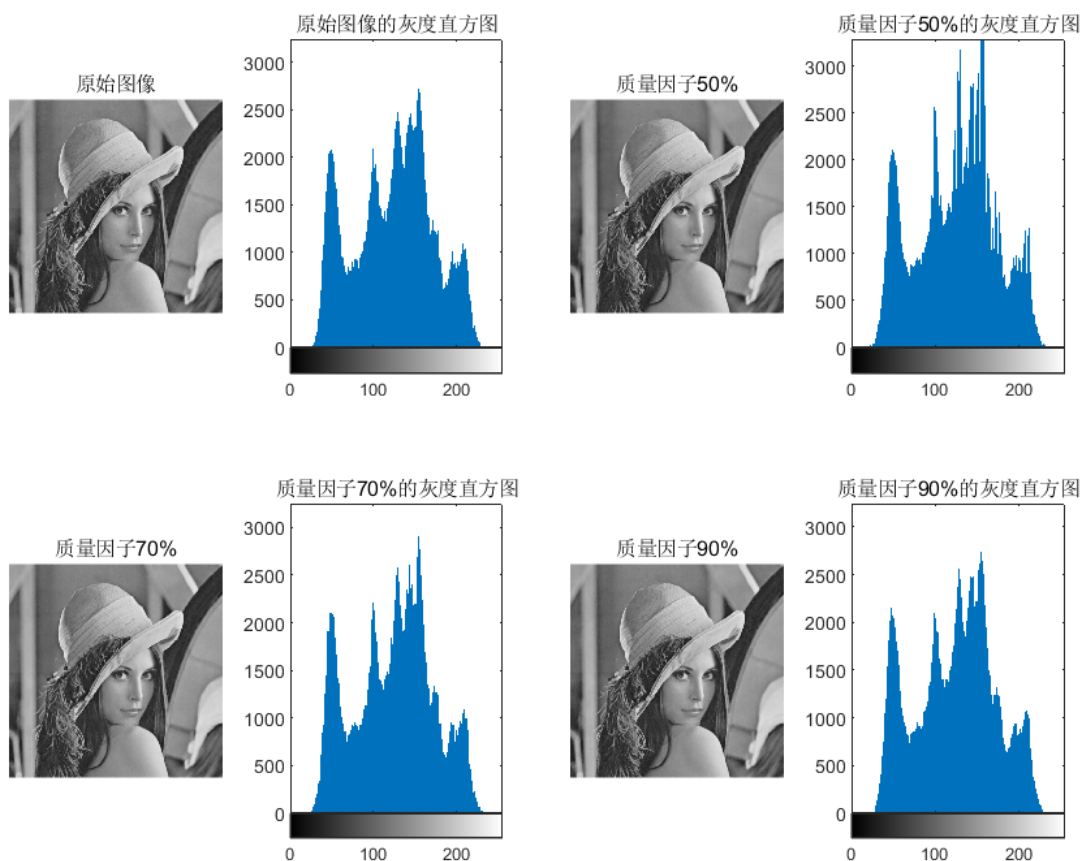


图5 质量因子q为50, 70, 90的图像灰度直方图

(2) 若不用内置函数imhist，则需要手动实现对读入的灰度图片进行0~255像素点出现个数的统计，实现代码如下。

```
im=imread('lena512.bmp');
im=double(im);
len=512;
% 若写成zeros(1:256)会报错超出了程序允许的最大变量值。
gray=zeros(1,256);
for i=1:len
    for j=1:len
        % 取像素值并且转为整形才能用于下标访问
        ind=uint8(im(i,j));
        % 像素值可能为0
        ind=ind+1;
        % 将对应的像素值的统计量++
        gray(ind)=gray(ind)+1;
    end
end

%内置函数bar画柱状图
bar(gray);
xlabel('灰度级(8bit)', 'FontSize', 8);
```

图6是对应lena512.bmp的灰度直方图的绘制，生成的灰度直方图和用imhist生成的相同。

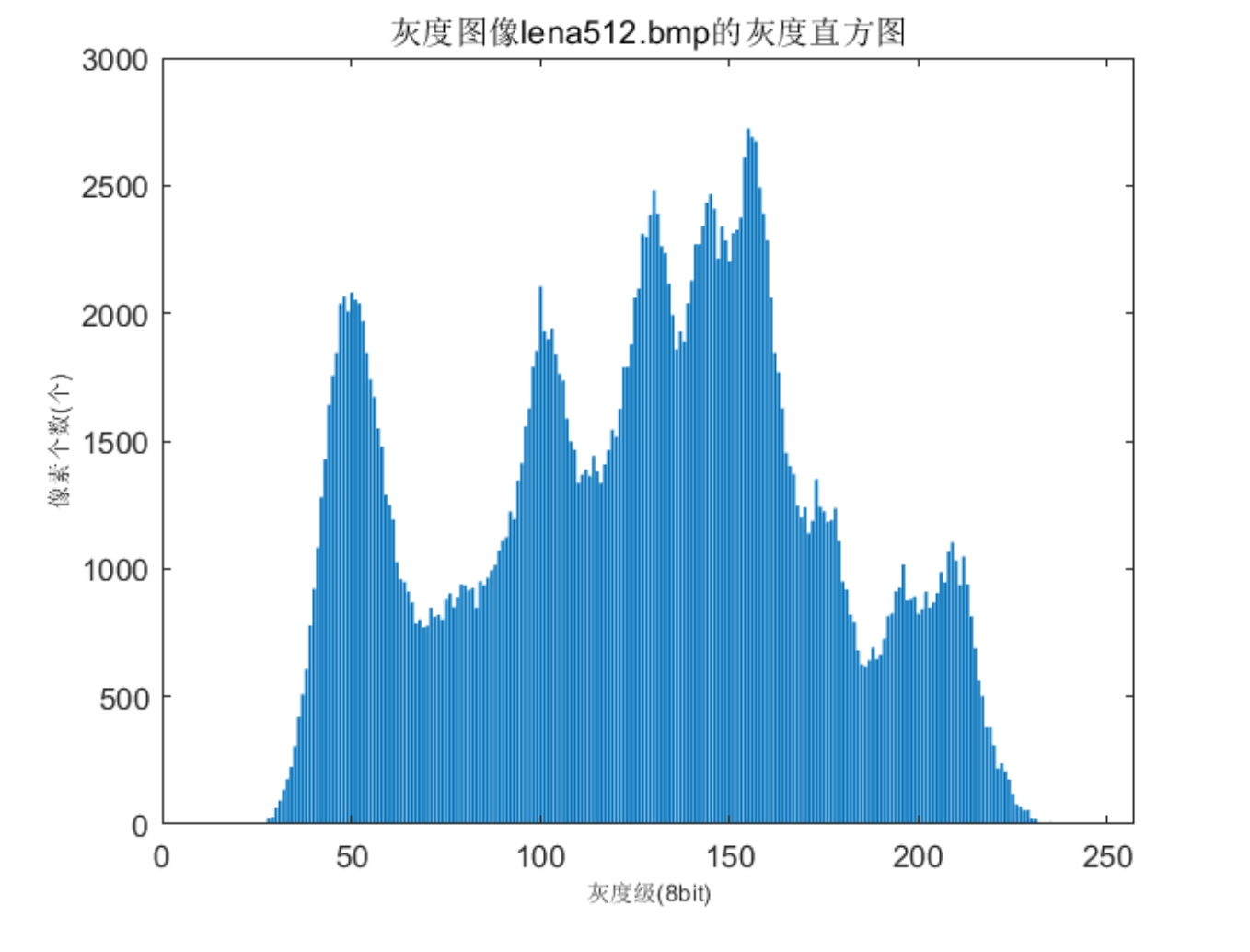


图6 lena512.bmp灰度直方图

3.2.2 实验结果分析

- (1) 当质量因子越高，JPEG压缩图像的直方图越接近原图的直方图。
- (2) 当质量因子很低时，直方图的灰度级的分布不集中、稀少且与原图的直方图差异很大，个别像素点出现的频率极高。

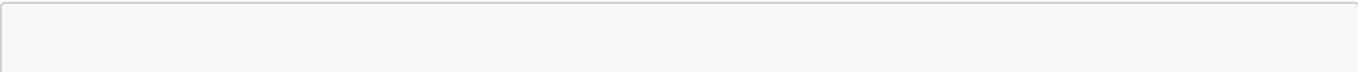
3.3 读取JPEG图像文件

实验要求：编程解码提取第x（学号后两位）个宏块的量化后DCT系数、模拟反量化和逆DCT变换，恢复并显示对应空域图像块，观察并分析JPEG压缩引起的块效应。

3.3.1 提取JPEG文件的结构

用nsf5的jpeg_read读取数字图像文件信息

- (1) 用imwrite将lena512.bmp转为lena512.jpg，因为要处理的是一个jpeg格式的图像。
- (2) 用nsf5中的jpeg_read读取该图像以及其DCT系数。已知jpeg_read的返回值是一个结构体，如图7所示。




```
% a JPEG image structure
im=jpeg_read(impath);
% DCT plane 读取DCT系数
DCT=im.coef_arrays{1};
```

1x1 struct 包含 14 个字段

字段 ▲	值
image_width	512
image_height	512
image_components	1
image_color_space	1
jpeg_components	1
jpeg_color_space	1
comments	0x0 cell
coef arrays	1x1 cell
quant tables	1x1 cell
ac_huff_tables	1x1 struct
dc_huff_tables	1x1 struct
optimize_coding	0
comp_info	1x1 struct
progressive_mode	0

图7 jpeg_read返回的结构体

我的学号为**20**，则找到第**20**个宏块的**DCT**系数

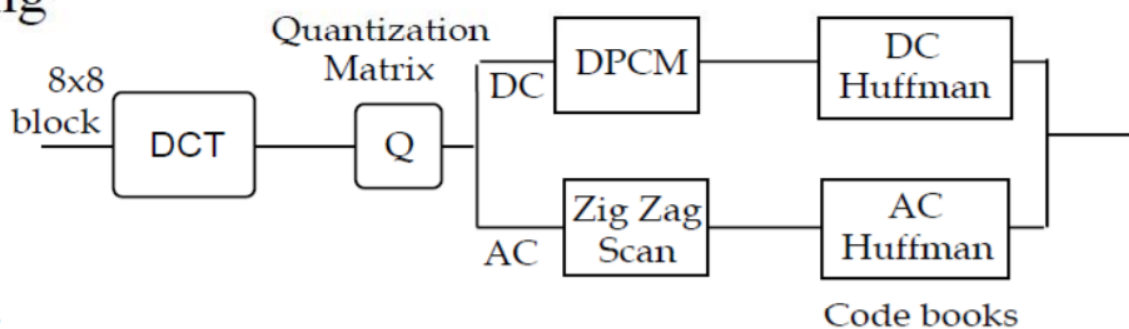
由于JPEG是对每个8x8的小块进行DCT，而8x8的小块太小，实验效果不明显，所以选择8x8个8x8的小块，即64个8 x8小块为一个宏块进行实验验证。

```
% 选第20个宏块的起始行的下标为129，结束行的下标为192
% 选第20个宏块的起始列的下标为129，结束列的下标为192
block=DCT(129:192,193:256);
```

模拟反量化和逆**DCT**变换

(1) JPEG解压缩的过程如图8，在JPEG压缩的过程中，先对像素值进行-128的平移操作，然后再进行DCT变换，最后进行量化，然后取整。

Encoding



Decoding

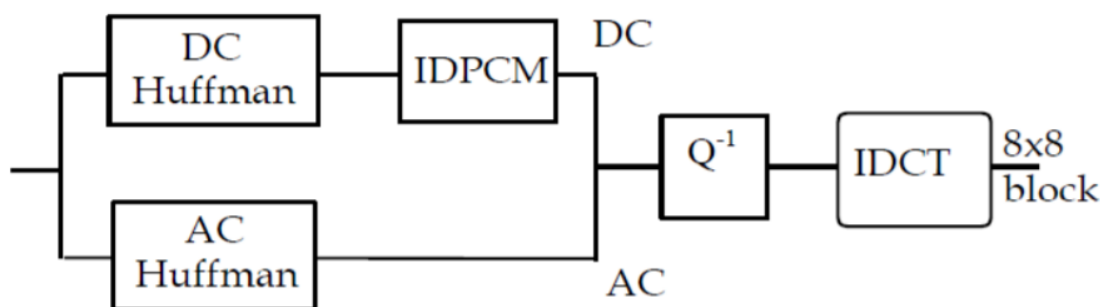


图8 JPEG压缩和解压缩的过程

(2) 通过jpeg_read读取的量化后的DCT系数和量化表，进行反量化和逆DCT变换。

```

bs=64;
len=bs/8;
block=DCT(129:192,193:256);
% get the quantization table读取量化表
qtable=im.quant_tables{1};
rblock=zeros(bs);
qb=zeros(8);
for i=1:len
    for j=1:len
        % 每个8x8小块进行反量化
        qb=block((i-1)*8+1:i*8,(j-1)*8+1:j*8).*qtable;
        % 每个8x8小块进行逆DCT变换
        rblock((i-1)*8+1:i*8,(j-1)*8+1:j*8)=idct2(qb);
    end
end
% 128移位
rblock=uint8(rblock+128);
  
```

恢复并显示对应空域的图像块

通过对比原图和jpeg解压缩后的图像，查看恢复图像是否出现了误差，从视觉上没有什么误差，从数据分析上也是相同的，所以恢复成功。图9是两个图像块的对比图，其中选取的是lena512.bmp图像。

```

img=imread(impath);
img=img(129:192,193:256);
  
```

```
subplot(1,2,1),imshow(img),title('原始图像');
subplot(1,2,2),imshow(rblock),title('反变换的图像');
```

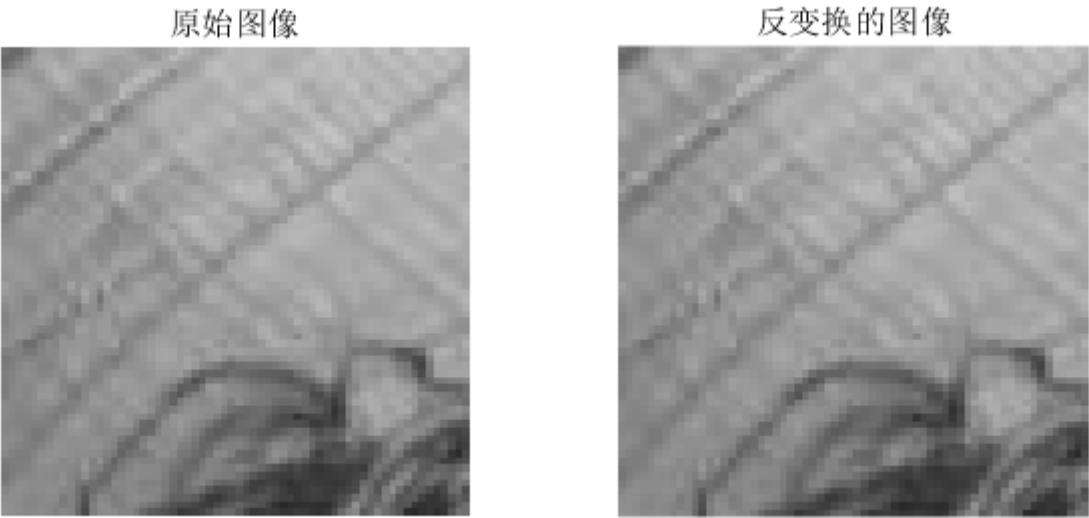
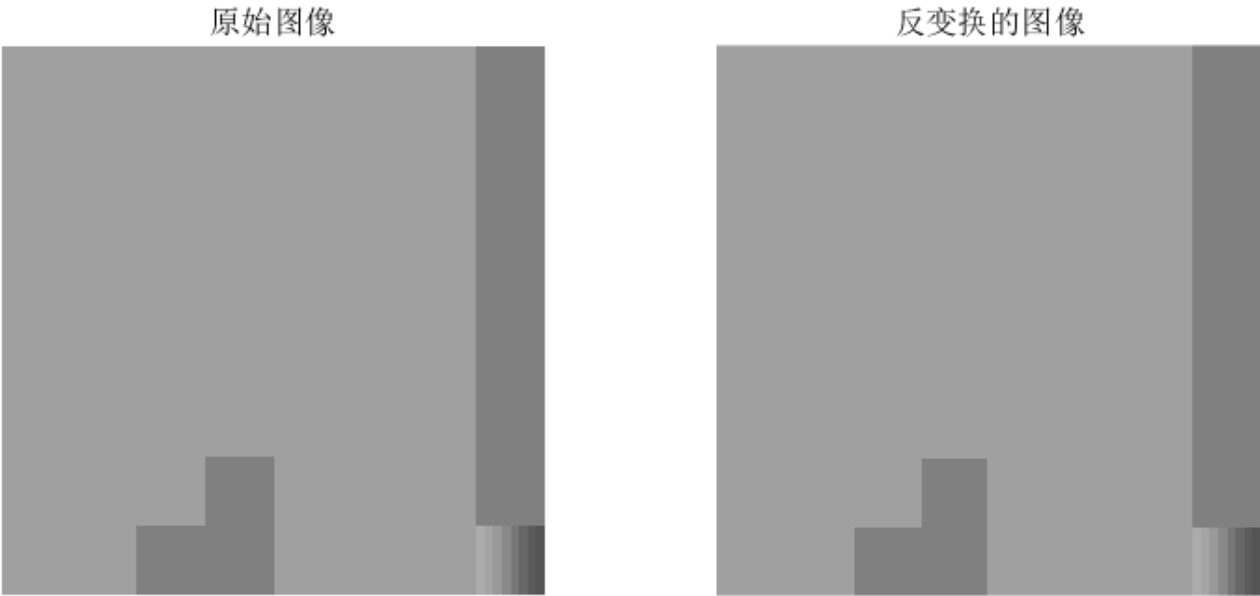


图9 lena512.bmp的第20宏块的空域恢复

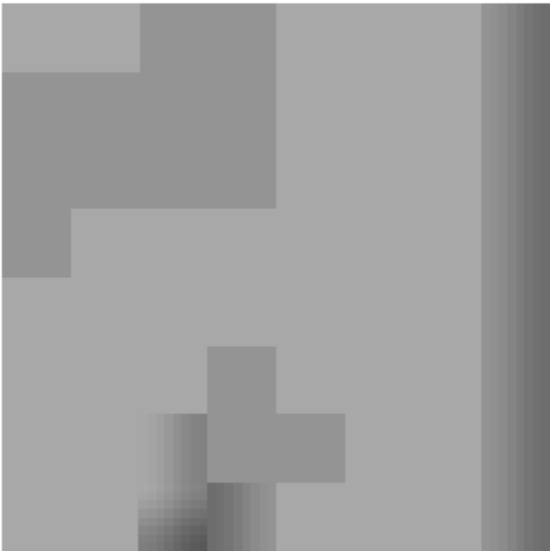
3.3.2 观察并分析JPEG压缩引起的块效应

(1) 由于8*8的分块看不出什么块效应，几乎都是同一个颜色而且显示比较平滑，所以将块的大小设置为64x64，即对一个宏块进行测试，当质量因子为1,5,10,50,90的情况下图像宏块的情况。

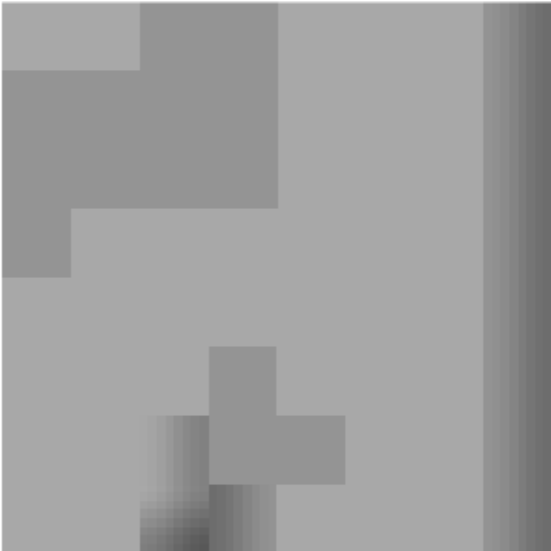


质量因子为1的64x64图像块

原始图像

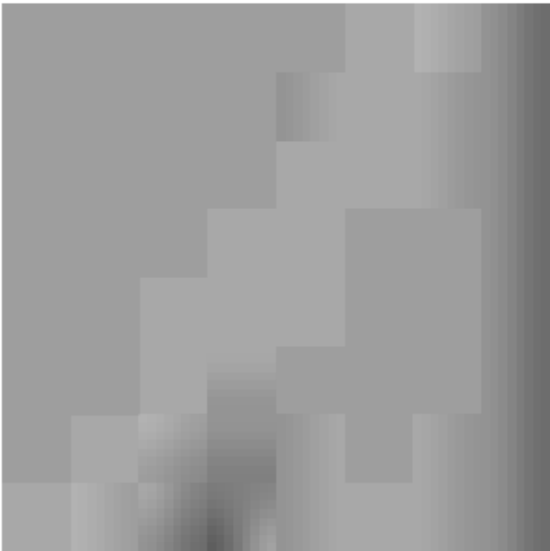


反变换的图像

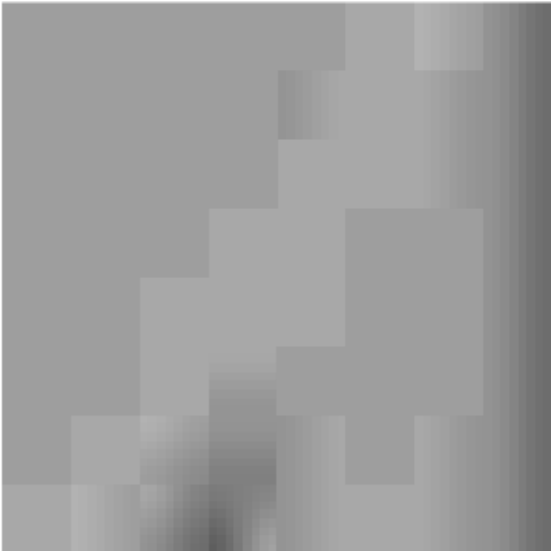


质量因子为5的64x64图像块

原始图像

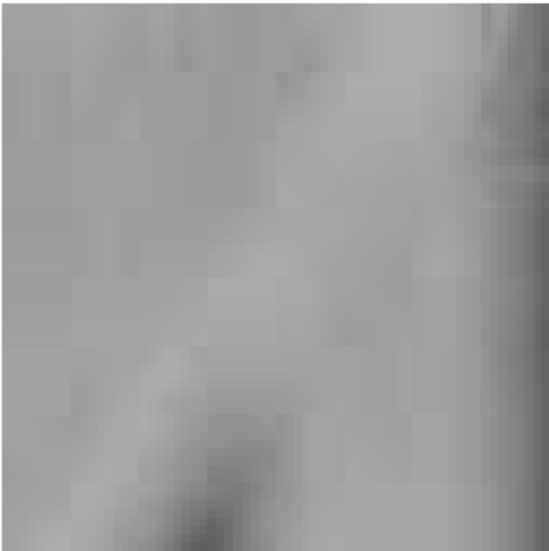


反变换的图像

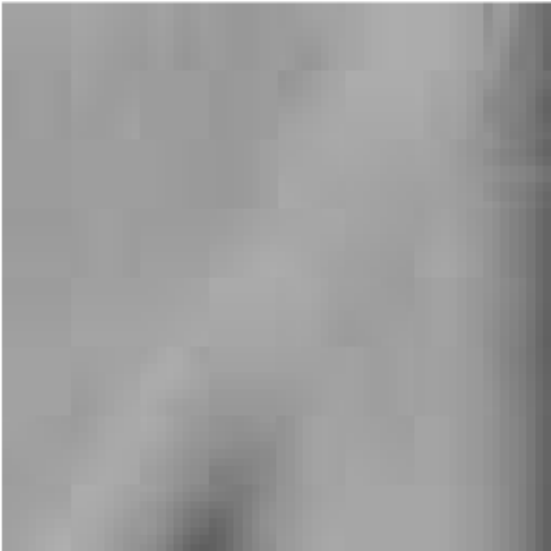


质量因子为10的64x64图像块

原始图像



反变换的图像



质量因子为50的64x64图像块

原始图像



反变换的图像



质量因子为90的64x64图像块

(2) 实验结果分析：当质量因子越小时，可以明显的看到整个图像块由很多小块组成，即块边缘特别清晰；随着质量因子增加，图像块的不同颜色增多，块边缘逐渐模糊而变得平滑。

4 参考资料

(1) 文件格式的说明：

- TIFF(Tag Image File Format)标签图像文件格式，是灵活的位图格式，主要用来储存包括照片和艺术图在内的图像
- PNG(Portable Network Graphics)便携式网络图形，一种无损压缩的位图片形格式

(2) [读取JPEG文件的压缩质量/质量因子参数](#)

(3) matlab中内置函数imhist的实现过程