



数字图像处理

实验二 图像的灰度变换

专 业： 计算机科学与技术

年 级： 2020 级

学 号： 20201060330

姓 名： 胡诚皓

2022 年 9 月 29 日

实验二：灰度变换和直方图均衡化

1. 实验目的

- 1) 掌握图像数据与信息的读取方法。
- 2) 理解图像灰度变换处理在图像增强的作用。
- 3) 掌握绘制灰度直方图的方法，理解灰度直方图的灰度变换及均衡化的方法。

2. 实验原理

1. 灰度变换

灰度变换是图像增强的一种重要手段，它常用于改变图像的灰度范围及分布，是图像数字化及图像显示的重要工具。

1) 图像反转

灰度级范围为 $[0, L-1]$ 的图像反转可由下式获得

$$s = L - 1 - r$$

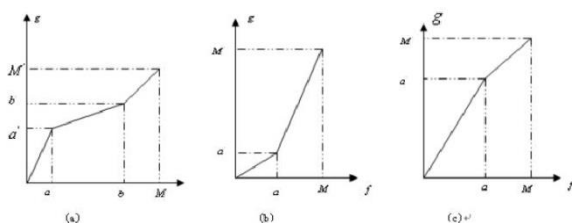
- 2) 对数运算：有时原图的动态范围太大，超出某些显示设备的允许动态范围，如直接使用原图，则一部分细节可能丢失。解决的方法是对原图进行灰度压缩，如对数变换：

$$s = c \log(1 + r), \quad c \text{ 为常数}, \quad r \geq 0$$

3) 幂次变换：

$$s = cr^\gamma, \quad c \geq 0, \gamma \geq 0$$

- 4) 对比拉伸：在实际应用中，为了突出图像中感兴趣的研究对象，常常要求局部扩展拉伸某一范围的灰度值，或对不同范围的灰度值进行不同的拉伸处理，即分段线性拉伸：



其对应的数学表达式为：

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{a'}{a} \cdot f(x, y), & 0 \leq f(x, y) < a \\ \frac{b' - a'}{b - a} \cdot (f(x, y) - a) + a', & a \leq f(x, y) < b \\ \frac{M' - a'}{M - a} \cdot (f(x, y) - b) + b', & b \leq f(x, y) < M \end{cases}$$

2. 直方图均衡化

灰度直方图的横坐标是灰度级，纵坐标是该灰度级出现的频度，它是图像最基本的统计

特征。依据定义，在离散形式下，用 r_k 代表离散灰度级，用 $p_r(r_k)$ 代表 $p_r(r)$ ，并且有下式成立：

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad 0 \leq r_k \leq 1 \quad k = 0, 1, 2, \dots, l-1$$

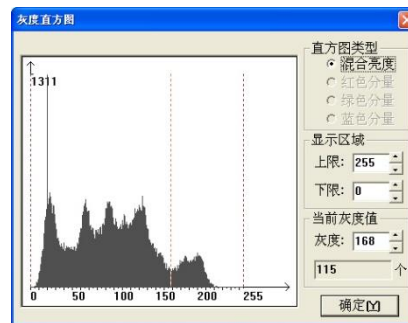
式中： n_k 为图像中出现 r_k 级灰度的像素数， n 是图像像素总数，而 n_k/n 即为频数。

直方图均衡化处理是以累积分布函数变换法为基础的直方图修正法。假定变换函数为

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(\omega) d\omega$$



(a) Lena图像



(b) Lena图像的直方图

图1.2 Lena图像及直方图

当灰度级是离散值时，可用频数近似代替概率值，即

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad 0 \leq r_k \leq 1 \quad k = 0, 1, \dots, l-1$$

式中： l 是灰度级的总数目， $p_r(r_k)$ 是取第 k 级灰度值的概率， n_k 是图像中出现第 k 级灰度的次数， n 是图像中像素总数。

所以积分可以表示为下列累计分布函数(cumulative distribution function, CDF)

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad 0 \leq r_j \leq 1 \quad k = 0, 1, \dots, l-1$$

3、实验内容与要求

1. 自学 MATLAB 语言中对图像数据读取，显示等基本函数

特别需要熟悉下列命令：熟悉 `imread()` 函数、`imwrite()` 函数、`size()` 函数、`Subplot()` 函数、`Figure` 函数。

(1) `imread` 函数：`A = imread(filename, fmt)`

根据文件名 `filename` 读取灰度或彩色图像。若 `filename` 文件不在当前目录下，也不在 Matlab 搜索路径下，则必须指定全路径。

2. 图像灰度变换处理在图像增强的作用

读入不同情况的图像，请自己编程或调用 Matlab 函数用常用灰度变换函数(如 `imadjust()`)对输入灰度图像(可以自己从网上下载，或将彩色图像变换为灰度图像可用 `rgb2gray()` 函数完成)进行灰度变换，比较相应的处理效果。需要完成的变换包括

- 1) 线性变换
- 2) 分段线性变换
- 3) 对数变换
- 4) 指数变换

代码如下：

① 普通线性变换

```
% 相当于 imadjust(origin, stretchlim(origin), [0 1])
linear_adj = imadjust(origin);
```

② 分段线性变换

舍弃非关注部分

```
% 斜率为 k
k = (d-c)/(b-a);
fenduan = origin;
% 小于 a 的直接赋为 c
fenduan(fenduan<a) = c;
% 大于 b 的直接赋为 d
fenduan(fenduan>b) = d;
% 中间部分正常线性变换
fenduan(fenduan>=a & fenduan<=b) = k*(fenduan(fenduan>=a & fenduan<=b)-a)+c;
```

压缩非关注部分

```
% k1, k2, k3 分别为三段线性变换的斜率
k1 = c / a; k2 = (d-c)/(b-a); k3 = (N-d)/(M-b);
fenduan2 = origin;
% 对三段分别进行线性变换
fenduan2(fenduan2<a & fenduan2>=0) = k1*fenduan2(fenduan2<a);
fenduan2(fenduan2>=a & fenduan2<=b) = k2*(fenduan2(fenduan2>=a & fenduan2<=b)-a)+c;
fenduan2(fenduan2>b & fenduan2<=M) = k3*(fenduan2(fenduan2>b & fenduan2<=M)-b)+d;
```

③ 对数变换

```
% base 为对数变换的底数
duishu = lambda*(log(1+origin)/log(base));
```

④ 指数变换

```
% gamma 为指数，加入一个微小偏移量防止  $\gamma < 1$  时底数等于 0
zhishu = lambda*(origin+0.001).^gamma;
```

⑤ 直方图修正

调用自带函数 `histeq`

```
hist = histeq(origin);
```

自己实现直方图修正

```
% n 用于统计各灰度值像素的个数，实际灰度为下标减一
n = zeros(1, 256);
for i=0:255
    n(i+1) = length(find(img_in==i));
end

% 除以像素总数即可
p = n/(width*height);

s = zeros(1, 256);
s(1) = p(1);
% 递推计算，可以少一层循环
for i=2:256
    s(i) = p(i)+s(i-1);
end

% 先把累积概率乘上 255，同时四舍五入
s2 = round(s*255);

% 直接更新原图像（未归一化的）
self_hist = img_in;
% 将原图逐个灰度等级进行映射
for i=0:255
    self_hist(img_in==i) = s2(i+1);
end
```



4、实验分析:

在本次实验中，掌握了一些基本的图像处理方法，学习了几种对图像进行对比度增强的方法，熟练掌握了 MATLAB 中的几个图像处理函数：histeq、imadjust 等。

MATLAB 中自带的 RGB 转灰度图像的函数 rgb2gray，查阅资料后发现它是简单地使用加权求和的方式得到灰度值： $0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B$ ，RGB 三个颜色分量的权重是根据人眼对色彩的感知敏感性确定的。

在分段线性变换时，采用“舍弃不关注部分”策略需要 a、b、c、d 四个参数，通过手动调整勉强能得到相对好的结果，但是若采用“压缩不关注部分”策略则需要 a、b、c、d、M、N 六个参数，人工手动调整非常困难。

要解决如上参数调整的问题，首先要解决的就是对图片的评价，也就是说需要对图片对比度调整的结果的质量“好坏”进行量化的评价。根据后面直方图修正的思路，可以根据图片在各灰度值上分布是否均匀来评价一张图片对比度调整结果的“好坏”，那么就可以尝试使用方差进行量化。先统计出图像的直方图，再计算直方图的方差，下面是对本次实验中得到的各图像处理结果的计算（方差越小越好）。

表格 1 直方图的方差

名称	原图	普通线性变换	舍弃非关注部分的分段线性变换	压缩非关注部分的分段线性变换
方差	2.8014e+06	1.2677e+06	1.6240e+06	1.5992e+06
名称	对数变换	指数变换	直方图修正 histeq	直方图修正 自实现
方差	1.3963e+06	2.5578e+06	7.8645e+05	8.0847e+05

结合对实验结果的肉眼观察，这个评价方法似乎还可以，基本能对对比度调整的质量进行评价。其中的对数、指数变换似乎不能很好的评价，肉眼观察感觉指数变换的效果明显好于对数变换，而对数变换的效果明显差于两种分段线性变换。

另外从上表中可以发现，使用 MATLAB 的 histeq 函数进行修正的结果与自己实现的还是有些许差别，推测差别是在出现在将各灰度值“平整化”的映射算法上。