



数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数
直方图处理

空间滤波

空间滤波基础
平滑空间滤波器
锐化空间滤波器

数字图像处理学习

第三章

常琳

CVBIOUC

<http://vision.ouc.edu.cn/~zhenghaiyong>

July 2, 2015



Contents

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数
直方图处理

空间滤波

空间滤波基础
平滑空间滤波器
锐化空间滤波器

1 灰度变换

- 灰度变换函数
- 直方图处理

2 空间滤波

- 空间滤波基础
- 平滑空间滤波器
- 锐化空间滤波器



灰度变换

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数
直方图处理

空间滤波

空间滤波基础
平滑空间滤波器
锐化空间滤波器

灰度变换在图像的单个像素上操作，主要以对比度和阈值处理为目的。空间性能涉及改善性能的操作。

空间域处理由下式表示：

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (1)$$

最小领域的大小为 $1 * 1$ 时，变换函数可以写为：

$$s = T(r) \quad (2)$$



灰度变换函数

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

图像增强常用三种基本函数：线性函数、对数函数、幂律函数
线性函数 `imadjust`

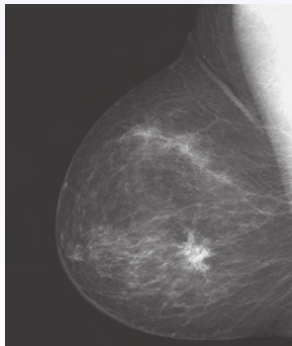


图 1(a)

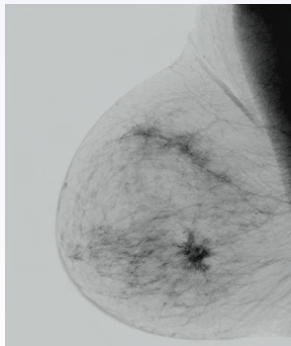


图 1(b)

使用该函数可由图 1(a) 得到明暗反转的图像，如图 1(b)。



灰度变换函数

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

对数变换函数 `im2uint8`

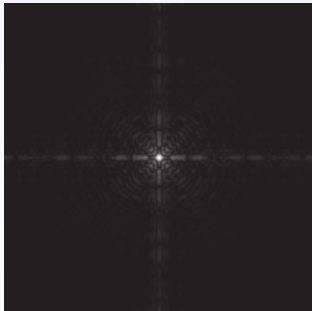


图 2(a)

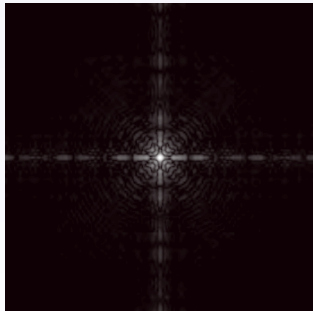


图 2(b)

对数变换函数压缩值的范围, 改进细节的丰富程度, 原图图 2(a), 改进后如图 2(b)。



直方图处理

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

- 与 r_k 相对的 $p_r(r_k)$ 图形通常称为直方图。
- 直方图操作可用于图像增强。

直方图均衡和直方图匹配



直方图均衡

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

作用：使图像的灰度级跨越更宽的灰度范围，增强对比度。
灰度级范围为 $[0, L-1]$ 的数字图像的直方图是离散函数 $h(r_k) = n_k$ 。离散函数主要通过以下两个公式实现直方图均衡：

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN}, k = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (3)$$

$$s_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j, k = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (4)$$



直方图均衡化实现函数: `histeq` 图 3(a) 为花粉图像原图, 图 3(b) 为使用 `histeq` 函数后的结果。

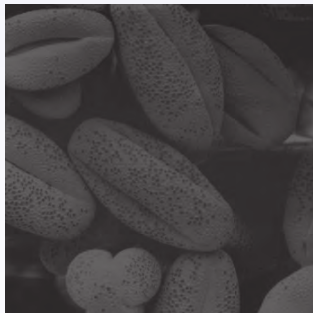


图 3(a)



图 3(b)

从图 3(b) 可以看出, 直方图均衡化后, 平均亮度以及对比度都有所增强。



直方图匹配 (规定化)

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

性质 能自动地确定变换函数, 该函数寻求产生有均匀直方图的输出图像。

用途 当需要自动增强时。

优点 结果可预知, 实现简。

主要公式:

$$s_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j, k = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (5)$$

$$G(z_q) = (L-1) \sum_{i=0}^q p_z(z_i) \quad (6)$$

(任何 $p_z(z_i)$ 都不能为 0)



直方图匹配 (规定化)

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

$$G(z_q) = s_k \quad (7)$$

$p_z(z_i)$ 是规定的直方图的第 i 个值

$$z_q = G^{-1}(s_k) \quad (8)$$



直方图匹配 (规定化)

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

直方图匹配的主要步骤:

- 1 计算 $p_r(r)$, 计算 s_k 并四舍五入为 $[0, L - 1]$ 内的整数。
- 2 用 $p_z(z_i)$ 计算变换函数 G 的所有值, 把 G 四舍五入为 $[0, L - 1]$ 内的整数。
- 3 对每一个 $s_k, k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$, 使用 G 值寻找相应的 z_q 值, 使 $G(z_q)$ 最接近 s_k , 当满足给定 s_k 的 z_q 值多余一个时, 选最小的 z_q
- 4 把该图像中的每个均衡后的像素值 s_k 映射为直方图规定化后的图像中的相应 z_q 值, 形成直方图规定化后的图像。



在图像增强中使用直方图统计

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

求均值和方差

均值 是平均灰度的度量，也是划分某一区域灰度强弱的标准。

方差 是图像对比度的度量，也是划分某一区域对比度强弱的标准。

局部增强 中，局部均值和方差是根据图像中每一像素的邻域内的图像特征进行改变的基础。



空间滤波基础

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数
直方图处理

空间滤波

空间滤波基础
平滑空间滤波器
锐化空间滤波器

空间滤波器 由 (1) 一个邻域, (2) 对该邻域包围的图像像素执行的预定义操作组成)。

使用大小为 $m * n$ 的滤波器对大小为 $M * N$ 的图像进行线性空间滤波, 可由下式表示:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) \quad (9)$$



空间滤波基础

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

相关与卷积的概念

相关 滤波器模板移过图像并计算每个位置乘积之和。

卷积 滤波器先旋转 180°



空间滤波器模板的产生

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数
直方图处理

空间滤波

空间滤波基础
平滑空间滤波器
锐化空间滤波器

生成大小为 $m * n$ 的线性空间滤波器，要求根据该滤波器支持什么样的操作指定模板系数。线性滤波能进行的操作：乘积求和



平滑线性滤波器

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

平滑线性滤波器 平滑线性滤波器使用滤波器模板确定的邻域内像素的平均值代替图像中每个像素的值，降低了图像灰度的“尖锐”变化，也叫均值滤波器。

主要应用：去除某些与模板器尺寸相比较小的像素区域。
均值与加权平均（一些像素的重要性比另一些像素的重要性要大）



统计排序（非线性）滤波器

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数
直方图处理

空间滤波

空间滤波基础
平滑空间滤波器
锐化空间滤波器

使用统计排序结果决定的值代替中心像素的值。其中中指滤波器可以很好的处理脉冲噪声。(medfilt2 函数)



锐化空间滤波器

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

锐化处理 的主要目的是突出灰度的过度部分。
实现方法 微分。



锐化空间滤波器

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

一维函数一阶微分

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x) \quad (10)$$

一维函数二阶微分

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x) \quad (11)$$

二阶微分在增强细节方面比一阶微分好。



使用二阶微分进行图像锐化——拉普拉斯算子

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数

直方图处理

空间滤波

空间滤波基础

平滑空间滤波器

锐化空间滤波器

二维图像函数 $f(x, y)$ 拉普拉斯算子为:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (12)$$

实现拉普拉斯算子可用滤波模板。

微分算子强调图像中灰度的突变而不是缓慢变化。



使用二阶微分进行图像锐化——拉普拉斯算子

数字图像处理
学习

灰度变换

灰度变换函数
直方图处理

空间滤波

空间滤波基础
平滑空间滤波器
锐化空间滤波器

用拉普拉斯算子对图像增强的方法是将原图像和拉普拉斯图像叠加，公式如下：

$$g(x, y) = f(x, y) + c[\nabla^2 f(x, y)] \quad (13)$$