

# 第2章 图像增强

# 第一节 图像增强的基本概念

## 一、图像增强目的

图像的采集和传输过程中，会产生降质的图像。图像的增强并不以图像的保真为原则，而是有选择地突出某些对人或机器分析有意义的信息，抑制无用信息，提高图像的使用价值。

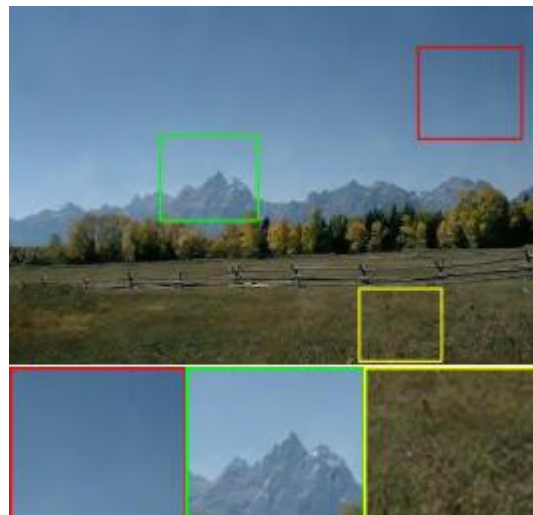
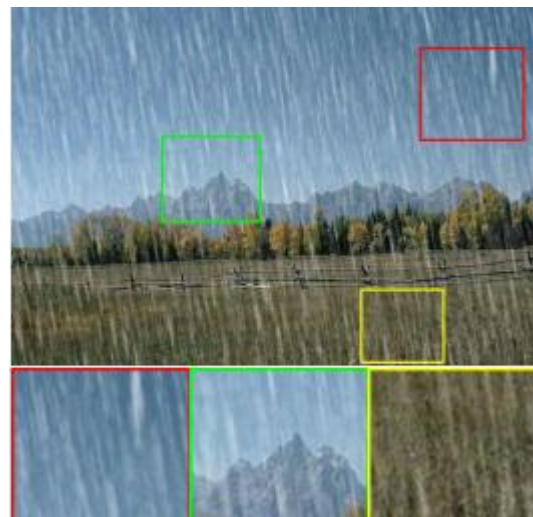
- 图像增强是使图像更适合于**特定应用**的图像处理技术
- 图像增强效果的评价是**高度主观**的过程
- 不存在对任何图像都**通用**的增强的理论

## ■ 曝光不足或曝光过度





## ■ 环境噪声干扰

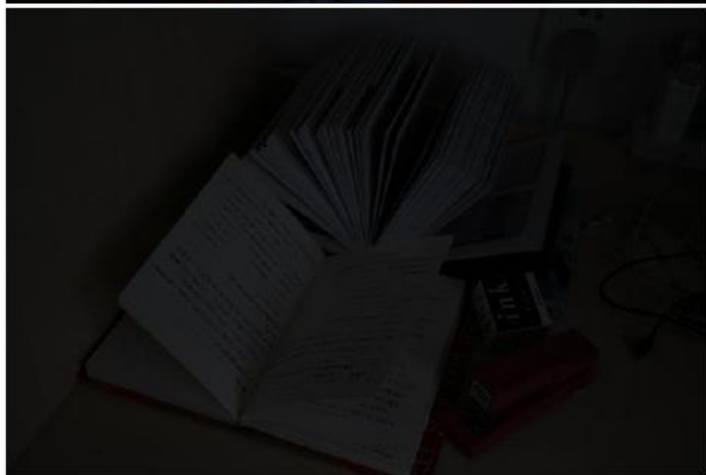
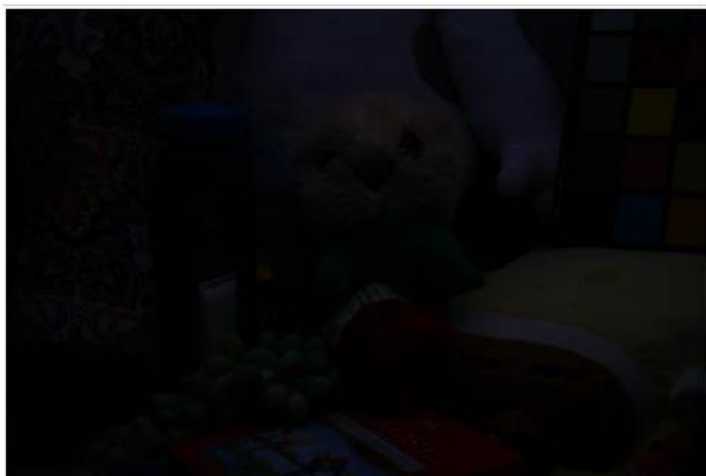


## ■ 图像模糊





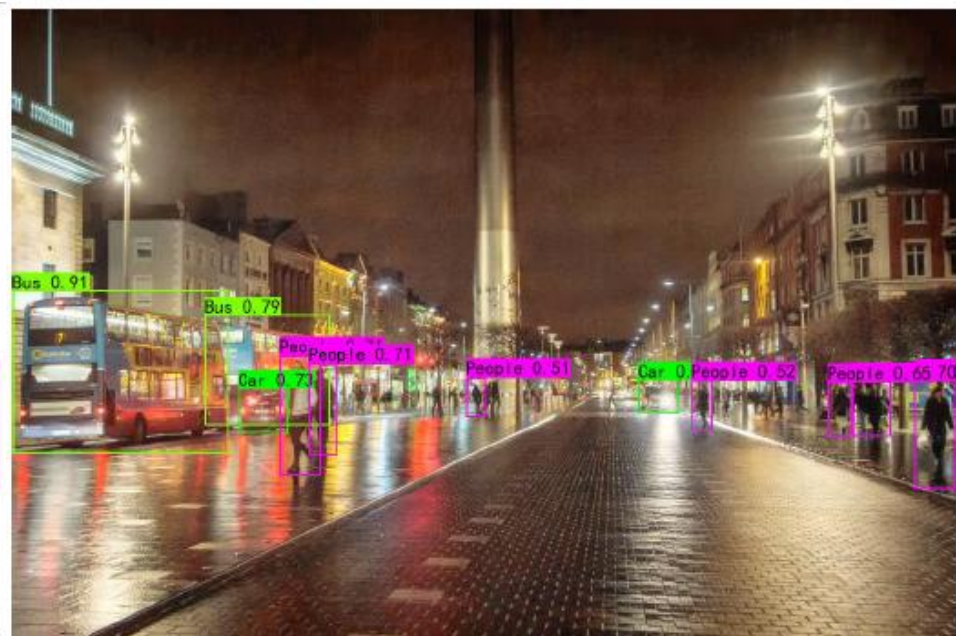
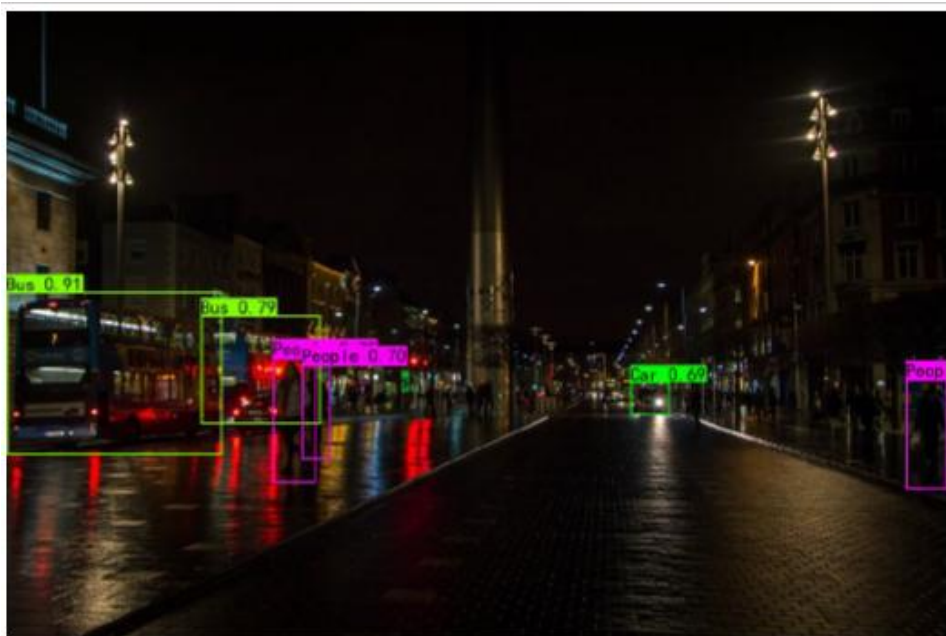
## ■ 图像增强对下游任务的支撑



Input

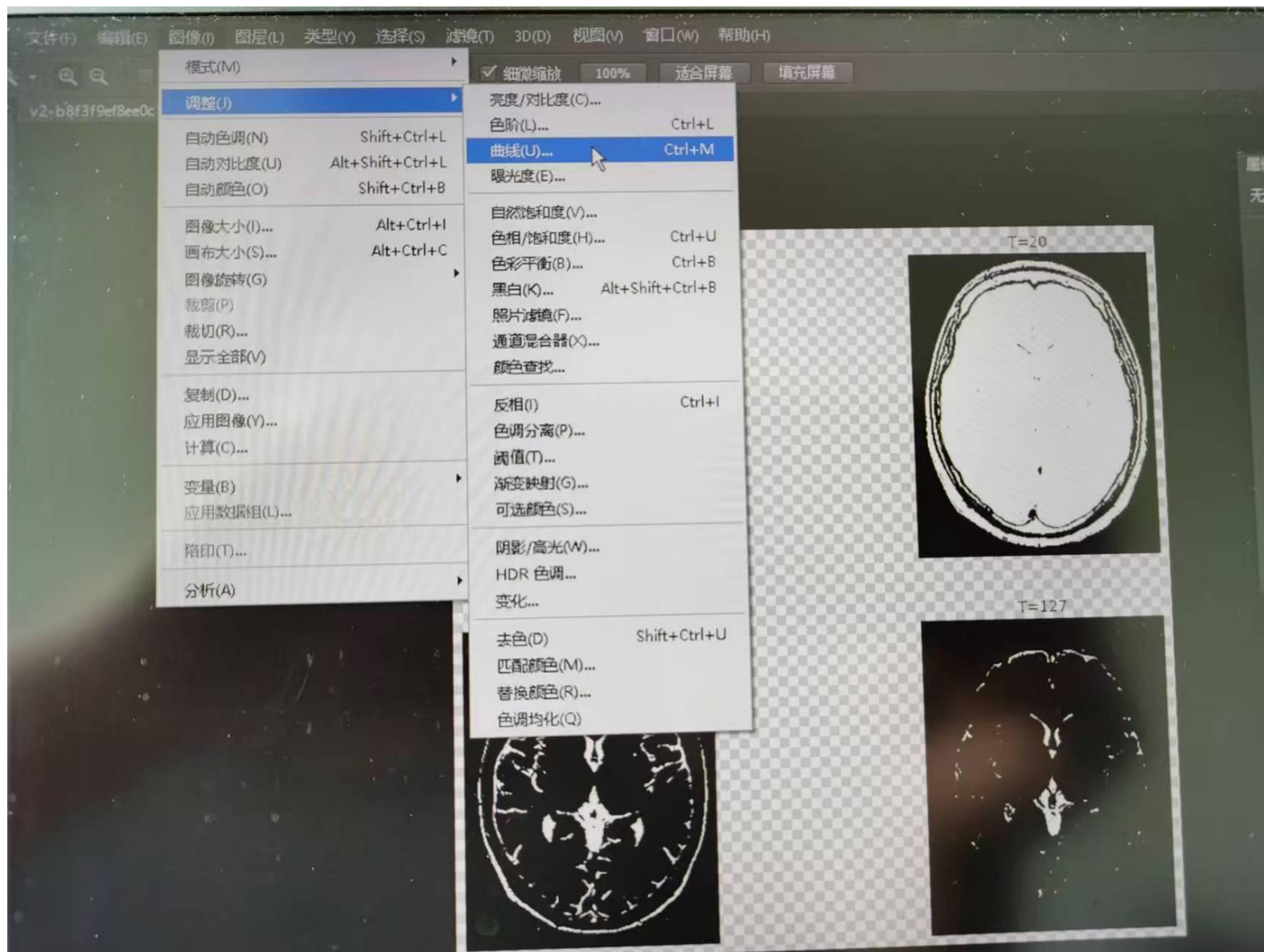
Ours

## ■ 图像增强对下游任务的支撑

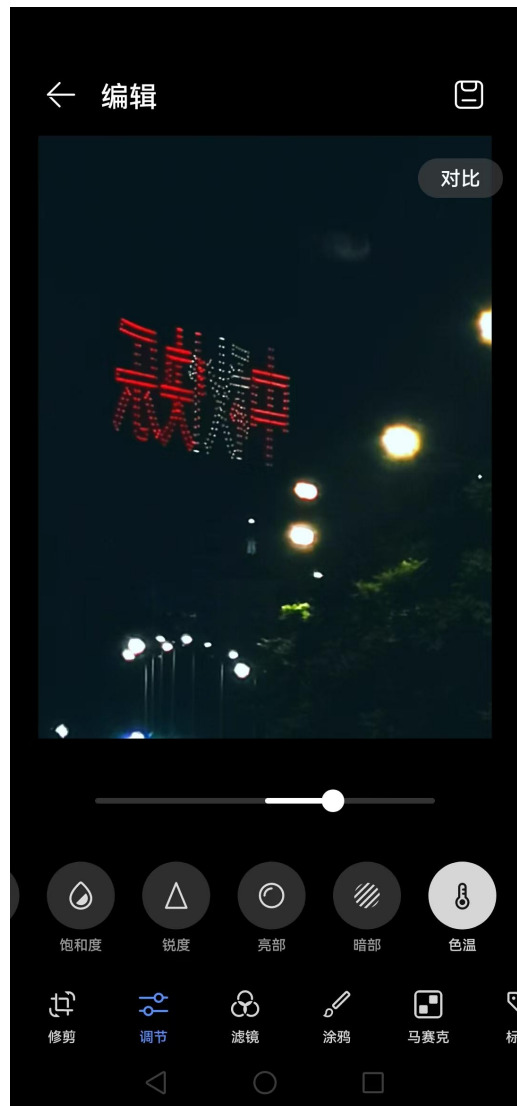
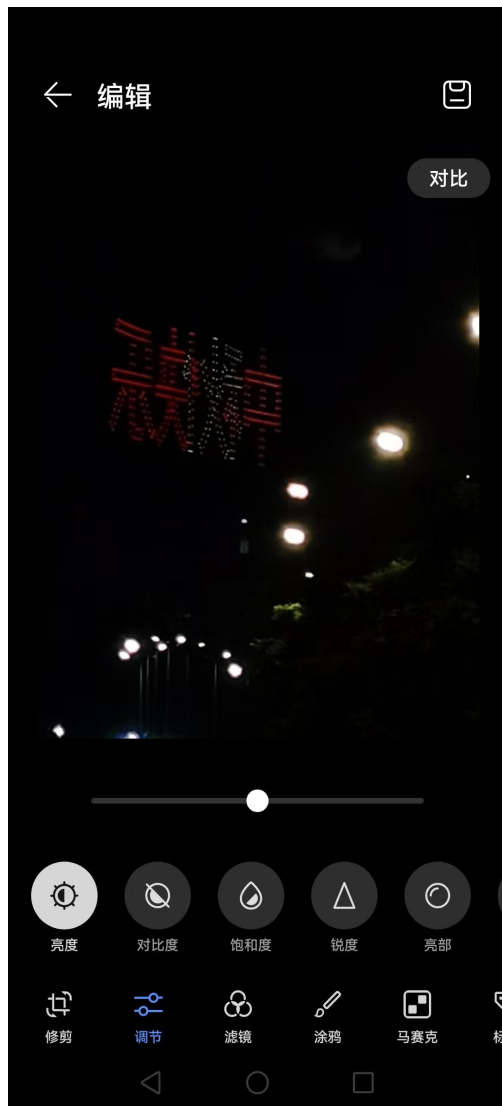
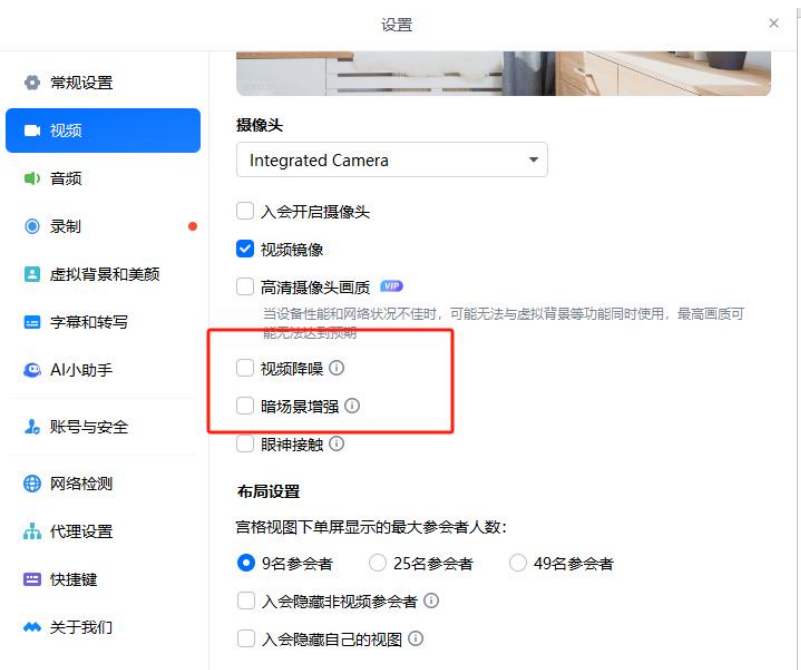




## ■ 图像增强 – 软件应用



## ■ 图像增强 – 软件应用



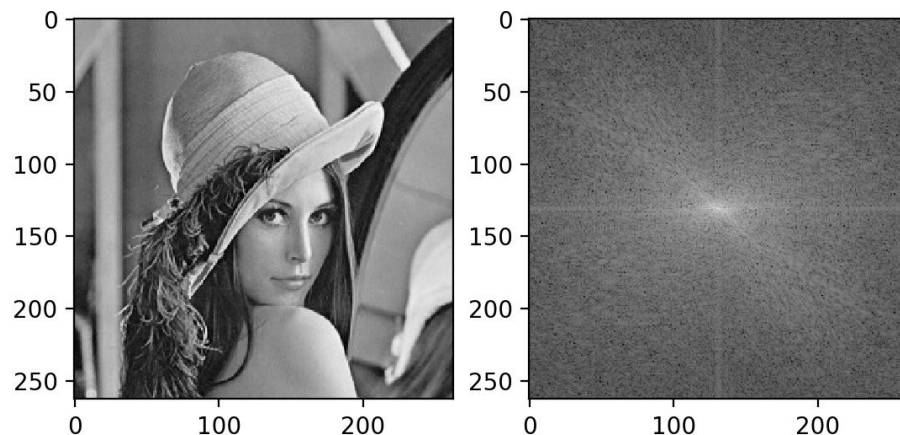
# 第 2 章 图像增强

## 第一节 图像增强的基本概念

### 二、图像增强分类

图像增强主要分为两大类：

- 空间域图像增强
- 频率域图像增强

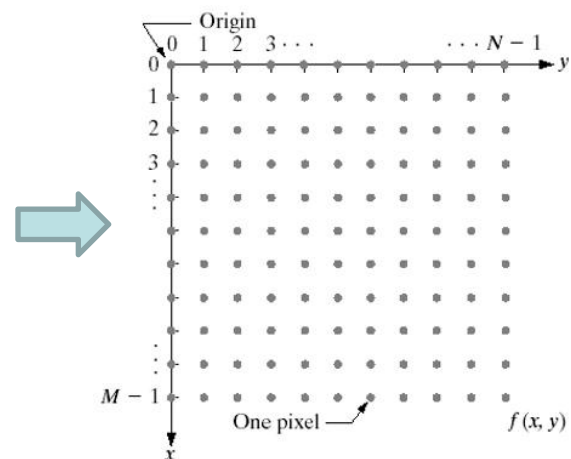


# 第 2 章 图像增强

## 第一节 图像增强的基本概念

### 三、空间域

- 空间域是指图像平面自身
- 空间域图像增强技术主要以图像像素直接处理为基础



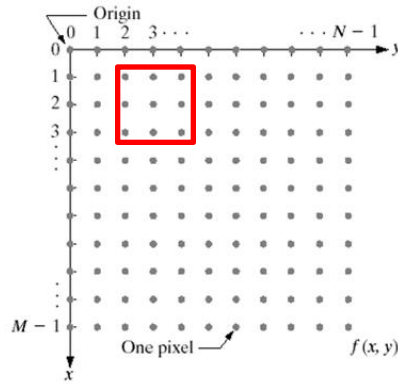
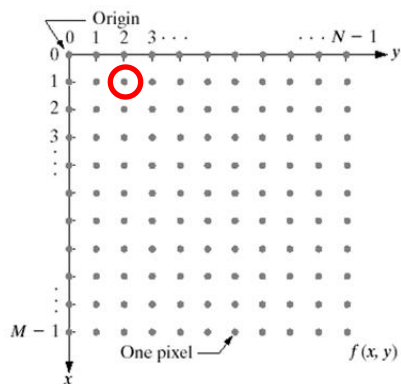
# 第 2 章 图像增强

## 第一节 图像增强的基本概念

### 四、空间域图像增强分类

空间域图像增强主要分两大类：

- 点运算：基本灰度变换，直方图处理
- 邻域运算：平滑空间滤波器，锐化(边缘)空间滤波器





# 点运算

灰度级变换函数

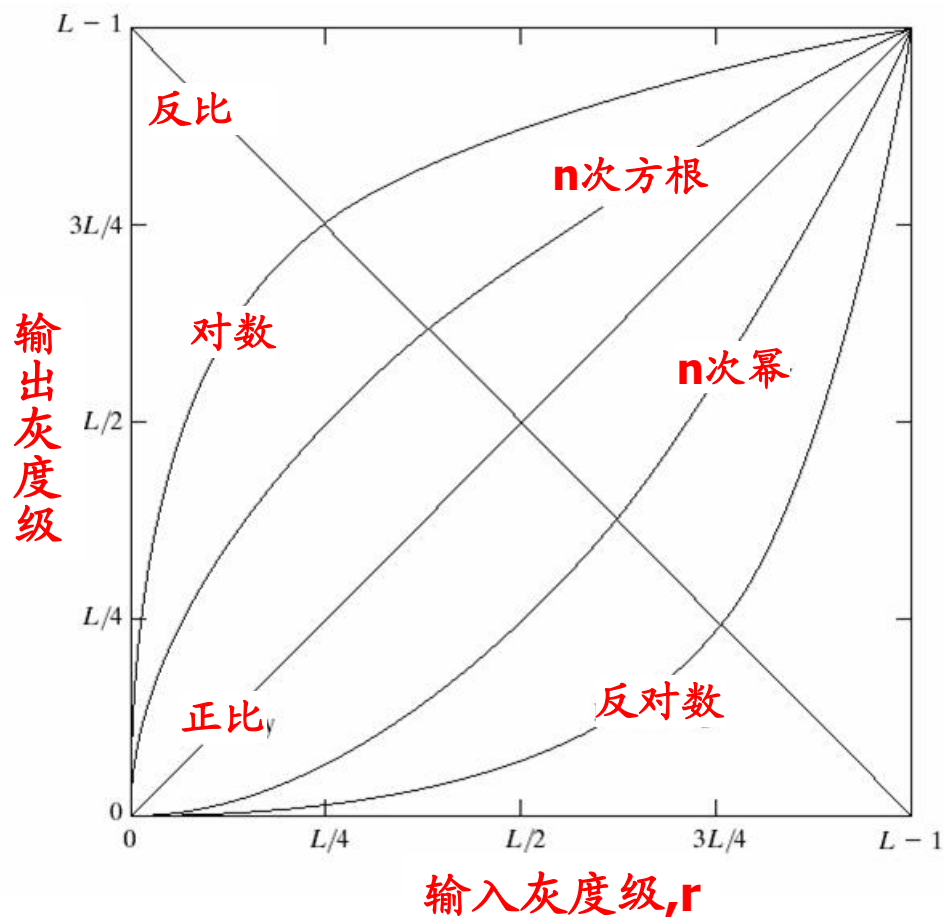
$$s = T(r)$$

三种基本类型

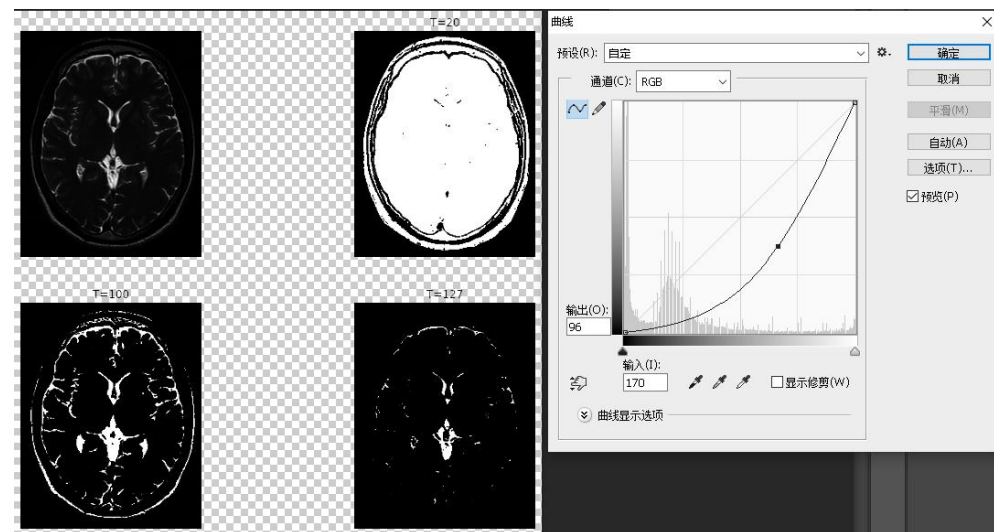
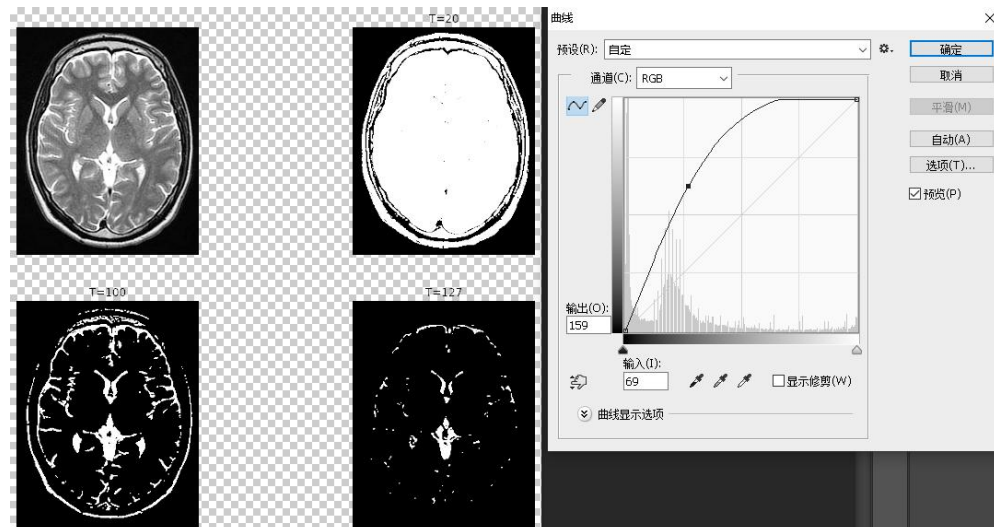
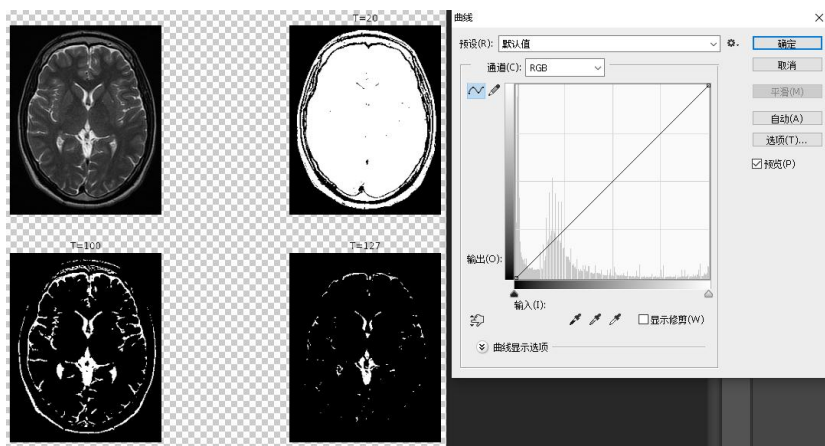
线性的(正比或反比)

对数的(对数和反对数的)

幂次的(n次幂和n次方根变换)

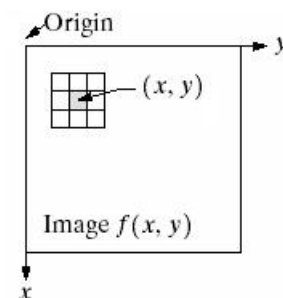


用于图像增强的某些基本灰度变换函数



# 邻域

- 邻域：也称模板、滤波器、核、掩膜、窗口
- 邻域一般定义为以某像素为中心的小的二维阵列
- 一般取为 $3 \times 3$ 二维阵列
- 当邻域为 $1 \times 1$ 二维阵列时，邻域变为点
- 对邻域为 $1 \times 1$ 的运算，称点运算；其余称邻域运算



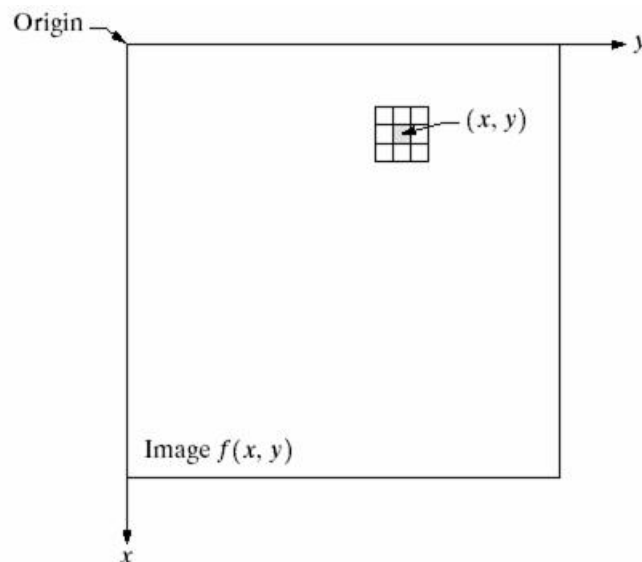
空间域增强是指增强构成图像的像素，可由下式定义：

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

其中 $f(x, y)$ 是输入图像， $g(x, y)$ 是输出图像， $T$ 是对 $f$ 的一种操作，其定义在 $(x, y)$ 的邻域.

定义一个点 $(x, y)$ 邻域的主要方法是利用中心在 $(x, y)$ 点的正方形或矩形子图像.

子图像的中心从一个像素  
向另一个像素移动，  
 $T$ 操作应用到每一个 $(x, y)$ 位置  
得到该点的输出 $g$ .



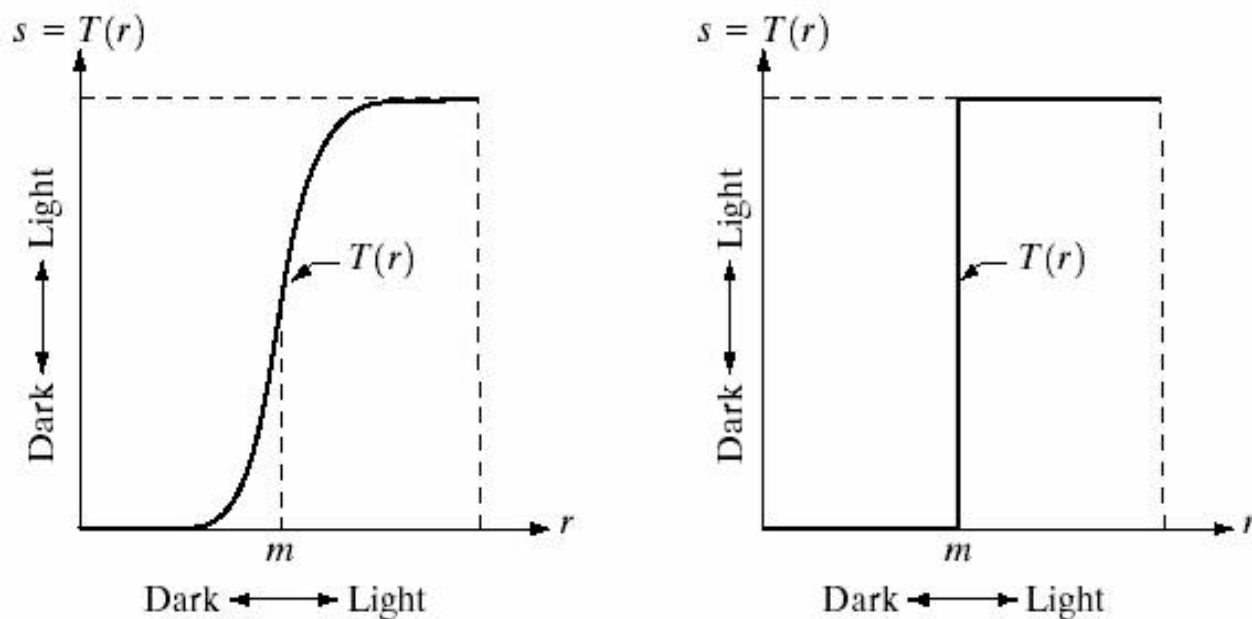
图像中 $(x, y)$ 点的3X3邻域

空间域增强的简化形式:  $s=T(r)$

$r$ 是 $f(x,y)$ 在任意点 $(x,y)$ 的灰度级

$s$ 是 $g(x,y)$ 在任意点 $(x,y)$ 的灰度级

$1 \times 1$ 的邻域  $T(r)$  产生两级(二值)图像, 阈值函数



对比度增强的灰度级函数

更大的邻域会有更多的灵活性, 一般的方法是利用点  $(x, y)$  事先定义的邻域里的一个  $f$  值的函数来决定  $g$  在  $(x, y)$  的值, 主要是利用所谓的模板 (也称为滤波器, 核, 掩模)。

模板是一个小的  $(3 \times 3)$  二维阵列, 模板的系数值决定了处理的性质, 如图像尖锐化等. 以这种方法为基础的增强技术通常是指模板处理或滤波。



# 第 2 章 图像增强

## 第一节 图像增强的基本概念

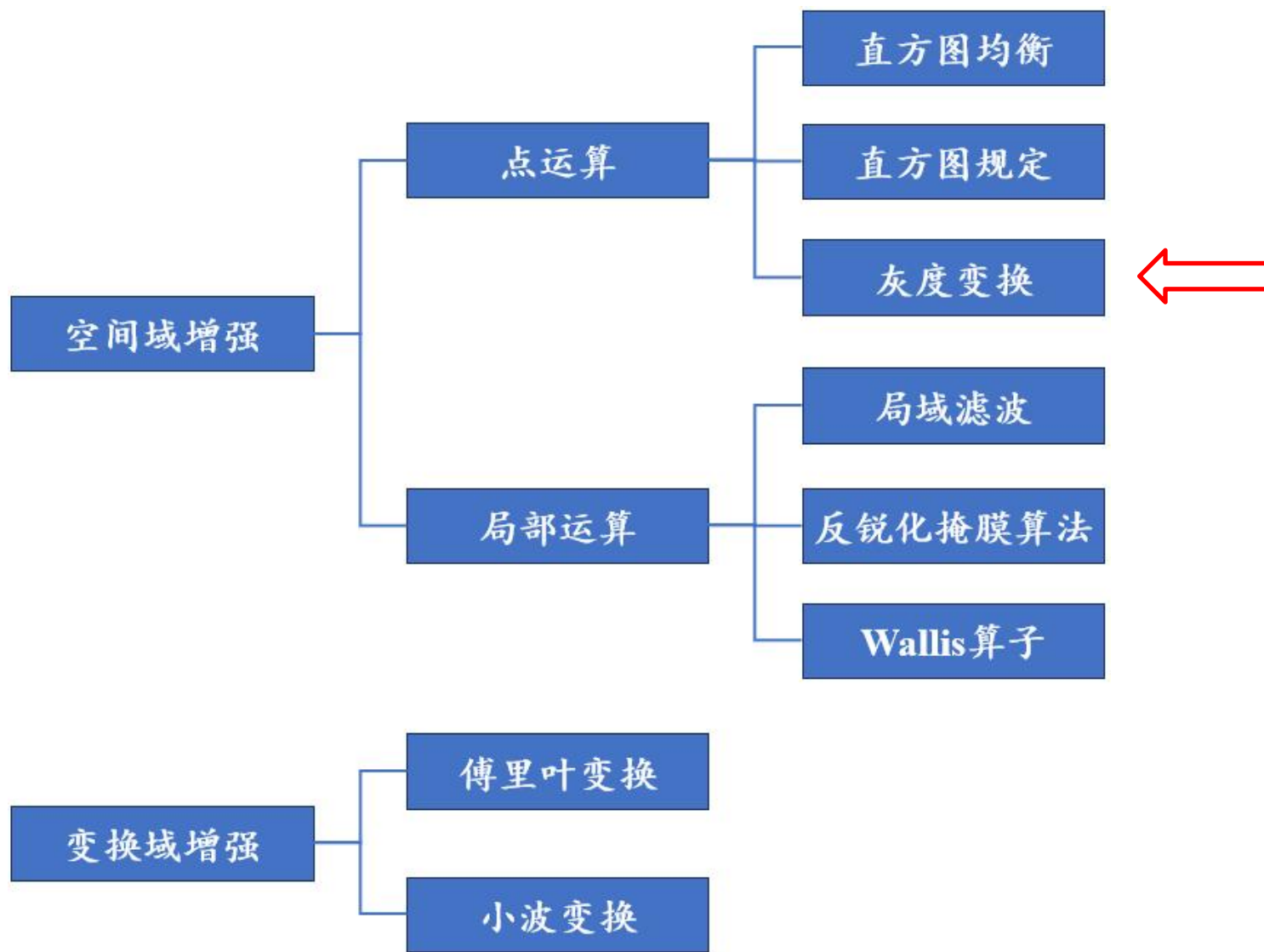
### 五、空间域图像增强定义

- 空间域图像增强可表示为：

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

- $T$ 一般表示 $f$ 在像素 $(x, y)$ 邻域的一种操作
- $T$ 有时表示图像集（本课程只在图像算术 / 逻辑操作增强中才这样使用，其它情况皆指邻域）

# 第 2 章 图像增强



# 第 2 章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

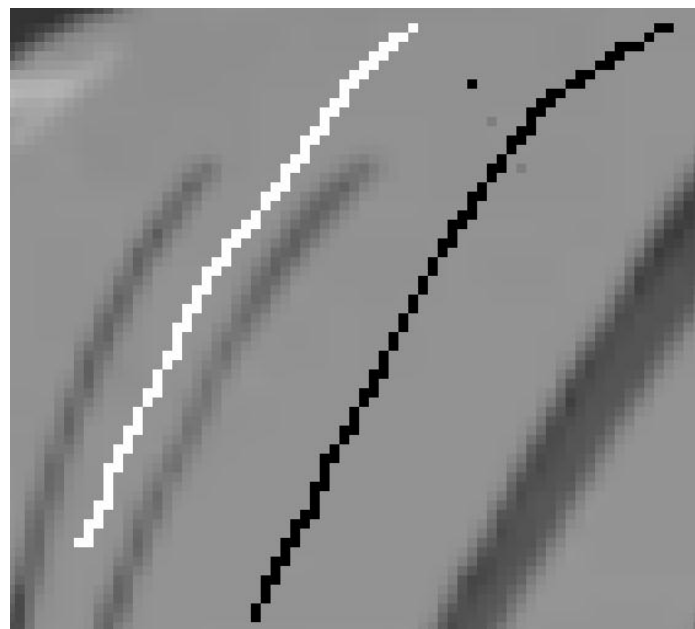
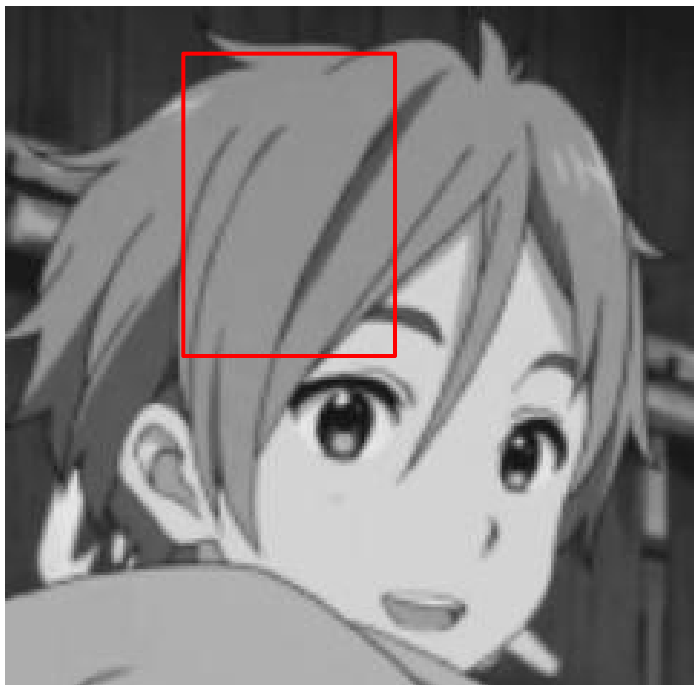
### 灰度变换概念：

- 灰度变换是最简单的点运算图像增强技术
- 灰度变换是对图像对比度进行处理的方法
- 灰度变换中，任何一个像素变换后的值 $s$ ，只与该像素变换前的值 $r$ 相关，即：

$$s = T(r)$$

# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换



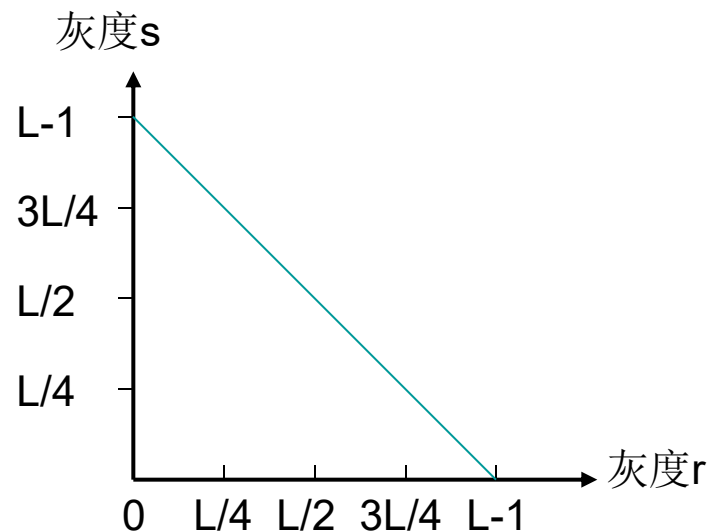
# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 一、图像反转

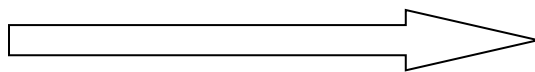
- 灰度级范围为 $[0, L-1]$ 的图像，其反转变换为：

$$s = L - 1 - r$$



1	2	0	0
2	3	3	2
0	2	2	1
0	1	1	0

$L=4$



2	1	3	3
1	0	0	1
3	1	1	2
3	2	2	3



# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 一、图像反转[举例]

- 适合增强嵌入于图像暗色区域的白色细节，特别是当黑色面积占主导地位时



# 第2章 图像增强

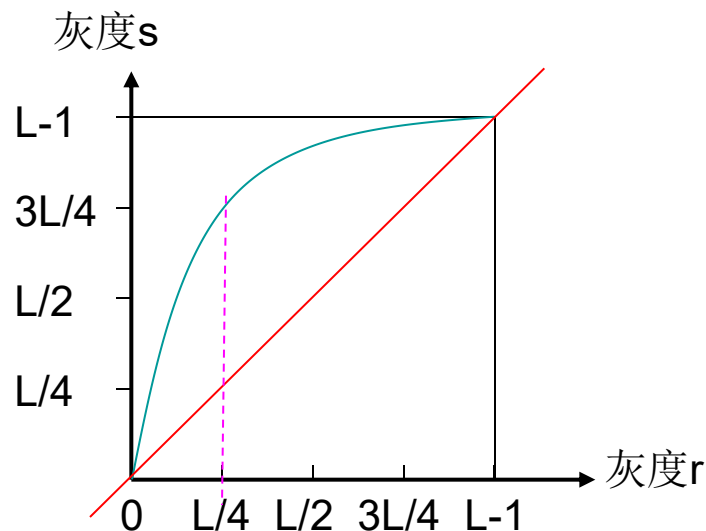
## 第二节 基本灰度变换

### 二、对数变换

- 灰度级范围为 $[0, L-1]$ 的图像，其对数变换为：

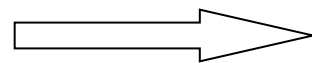
$$s = c \log(1+r)$$

$c$  是一个常数，用于控制对比度的增益。对数变换可以扩展低亮度区域，压缩高亮度区域，从而提高图像的可视化效果。



1	2	0	0
2	3	3	2
0	2	2	1
0	1	1	0

$L=4, c=2$



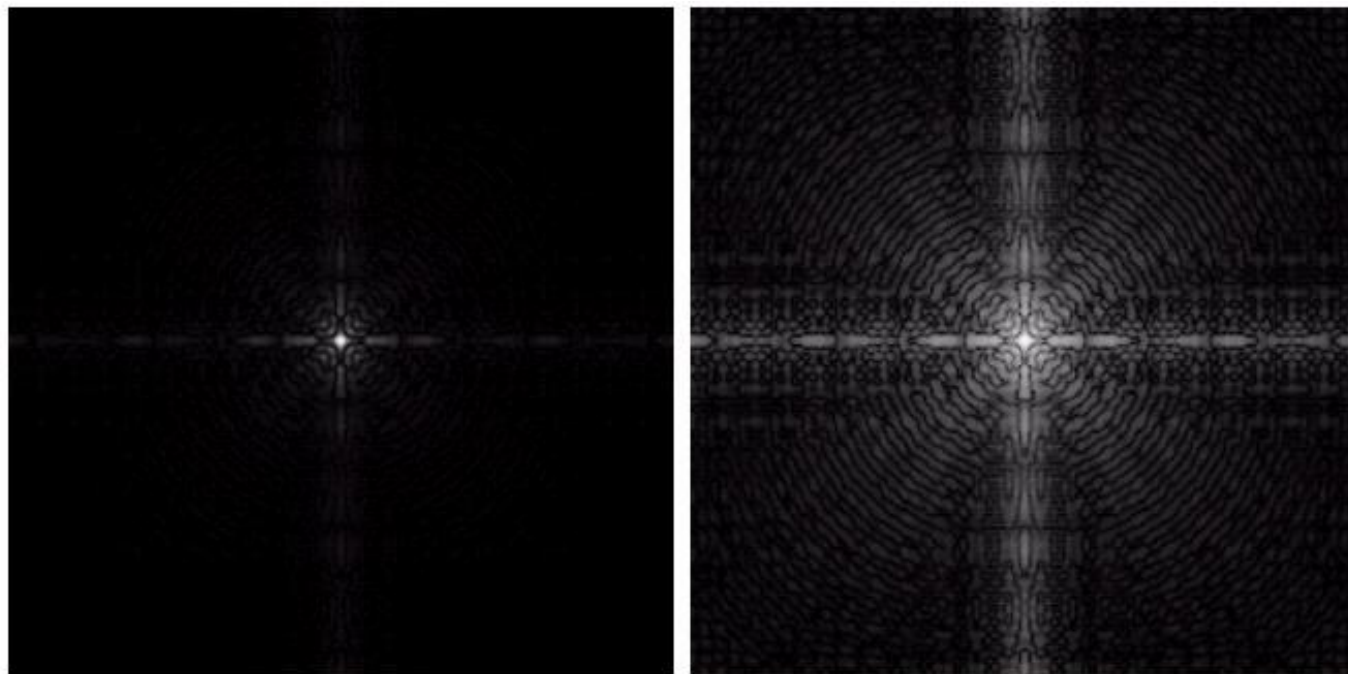
# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 二、对数变换[举例]

- 使窄带低灰度输入图像值映射为一宽带输出值

傅里叶频谱  
(图像偏暗)



# 第2章 图像增强

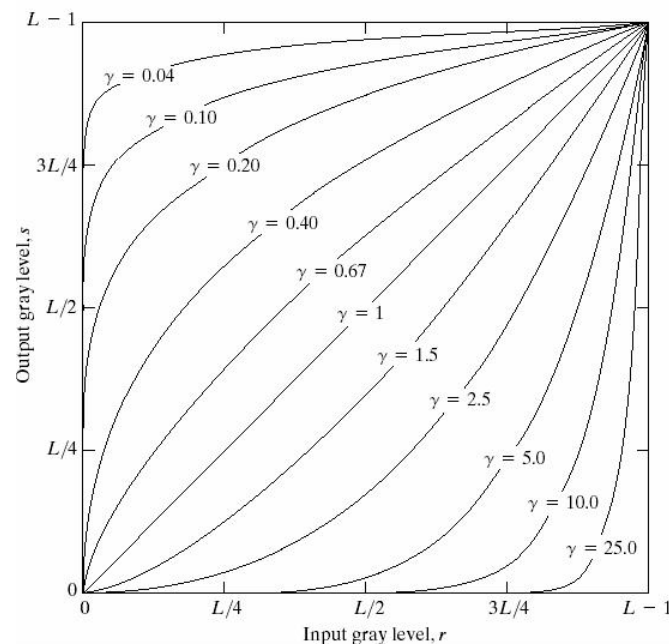
## 第二节 基本灰度变换

### 三、幂次变换

- 灰度级范围为 $[0, L-1]$ 的图像，其幂次变换为：

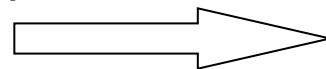
$$s = c \cdot r^\gamma$$

$c$  是一个常数，用于控制对比度的增益， $\gamma$  是一个参数，称为伽马值，用于调整亮度的曲线形状。  
 $\gamma > 1$ 时，扩增暗区的对比度；  
 $\gamma < 1$ 时，扩增亮区对比度。



1	2	0	0
2	3	3	2
0	2	2	1
0	1	1	0

$\gamma=5.0, c=2$

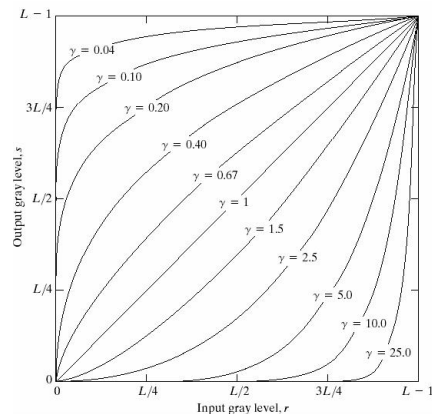


# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 三、幂次变换[举例]

- 幂次变换也叫伽马校正，是一种更加灵活的对比度增强方法



$\gamma = 5.0$

(图像偏白)





# 第2章 图像增强

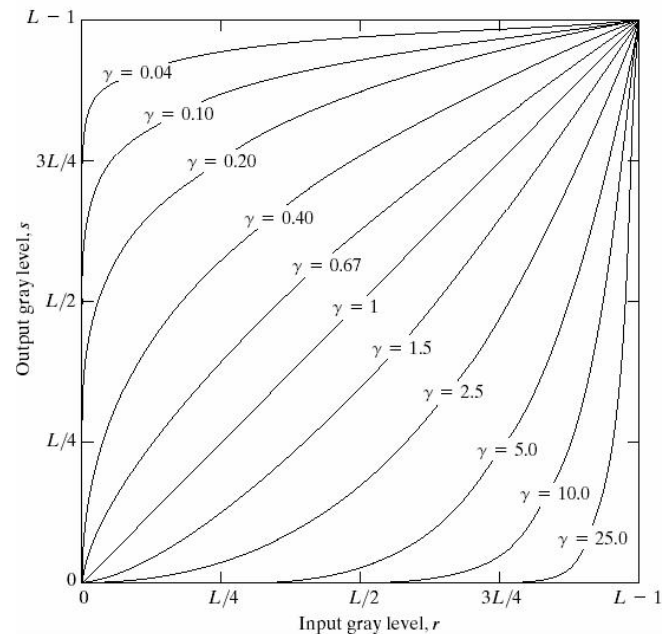
## 第二节 基本灰度变换

### 三、幂次变换[举例]

- 幂次变换对图像偏亮和偏暗的图像都可以进行增强

$$\gamma = 0.3$$

(图像偏暗)



# 点运算——3幂次变换

- 例：人体胸上部脊椎骨折的核磁共振图像
- $\gamma < 1$  提高灰度级，使图像变亮。 $c=1, \gamma=0.6, 0.4, 0.3$



原图

FIGURE 3.8

(a) Magnetic resonance (MRI) image of a fractured human spine. (b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2–3) with  $c = 1$  and  $\gamma = 0.6, 0.4$ , and  $0.3$ , respectively. (Original image for this example courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

$\gamma = 0.4$

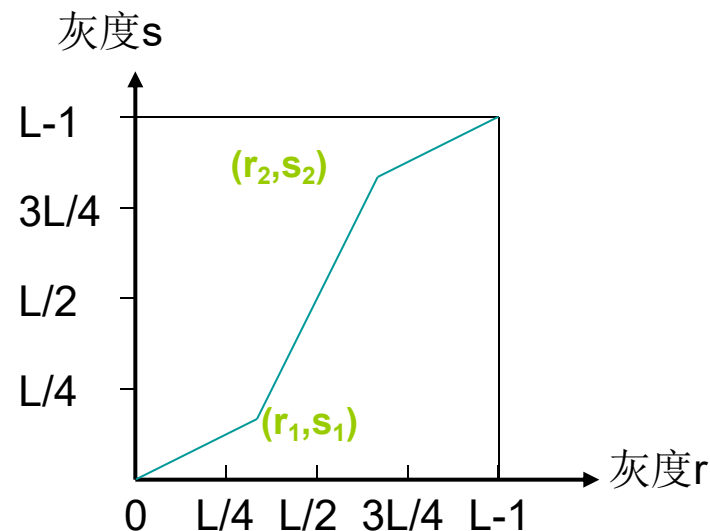
增强效果最好

# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 四、分段线性变换函数

- 变换函数由多个折线组成



$$s' = (s_1/r_1) \times r \quad (0 \leq r < r_1)$$

$$s'' = [(s_2 - s_1) / (r_2 - r_1)] \times (r - r_1) + s_1 \quad (r_1 \leq r < r_2)$$

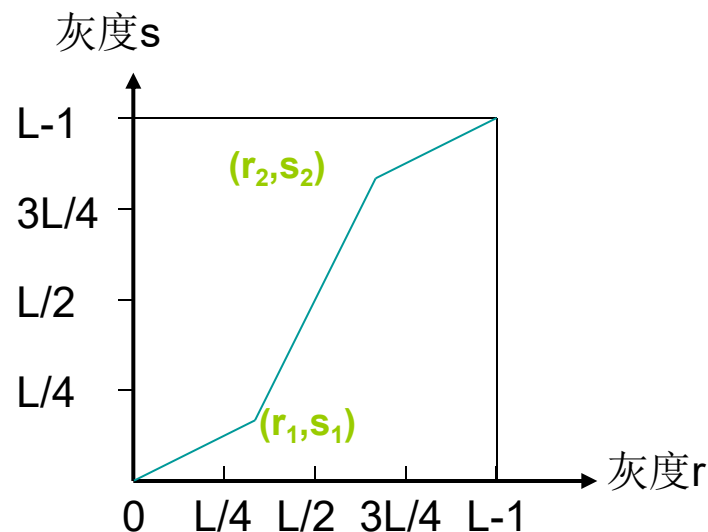
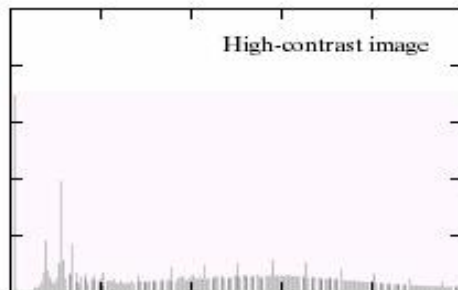
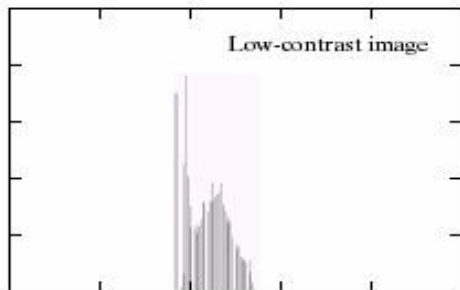
$$s''' = [(L-1 - s_2) / (L-1 - r_2)] \times (r - r_2) + s_2 \quad (r_2 \leq r \leq L-1)$$

# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 四、分段线性变换函数[对比(度)拉伸]

- 按需要，将集中在某些段的对比度增强



# 第2章 图像增强

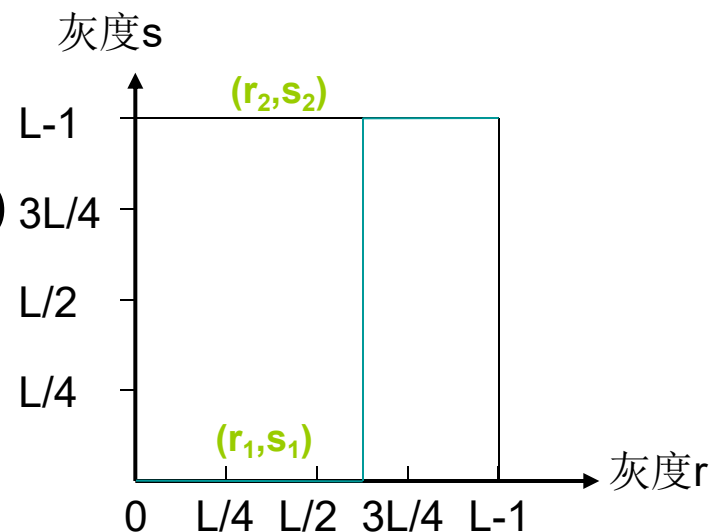
## 第二节 基本灰度变换

### 四、分段线性变换函数[二值化]

- 当 $s_1=0$ ,  $s_2=L-1$ , 且 $r_1=r_2$ , 称灰度图像二值化

$$s' = (s_1/r_1) \times r = 0 \quad (0 \leq r < r_1)$$

$$s'' = \left[ (L-1-s_2) / (L-1-r_2) \right] \times (r-r_2) + s_2 = s_2 = L-1 \quad (r_2 \leq r \leq L-1)$$

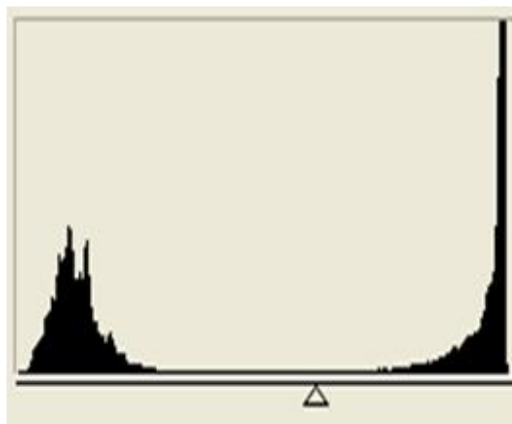
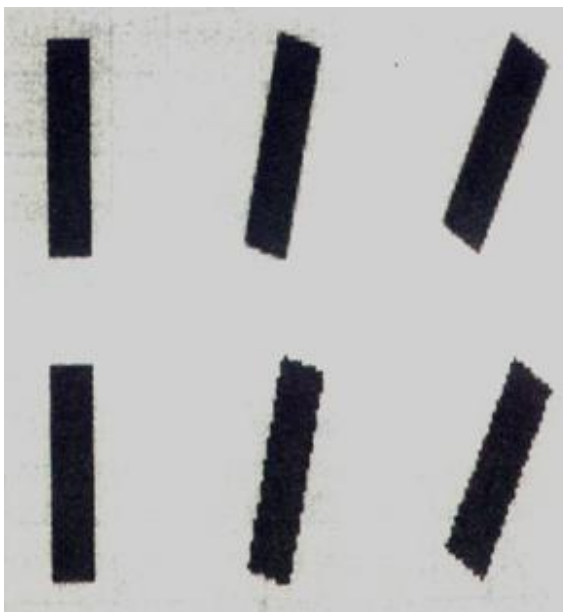
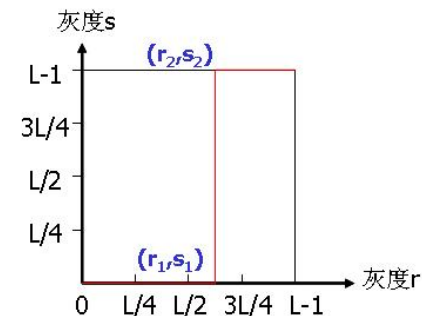


# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 四、分段线性变换函数[二值化举例]

- $s' = 0$  ( $0 \leq r < r_1$ ) 及  $s'' = L-1$  ( $r_2 \leq r \leq L-1$ )

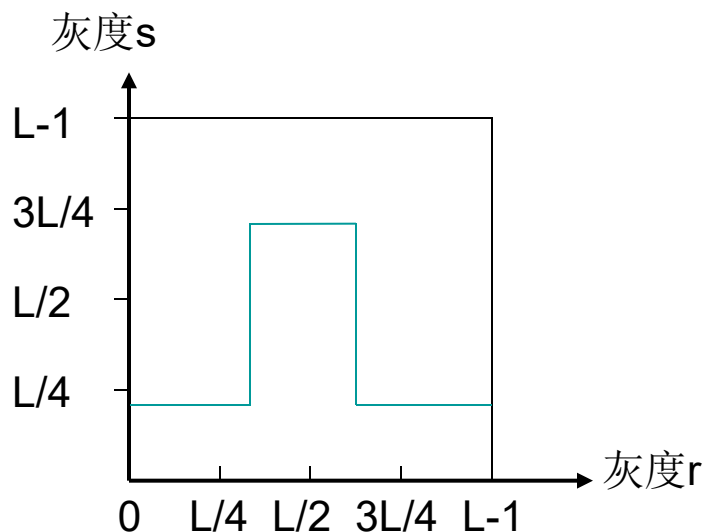
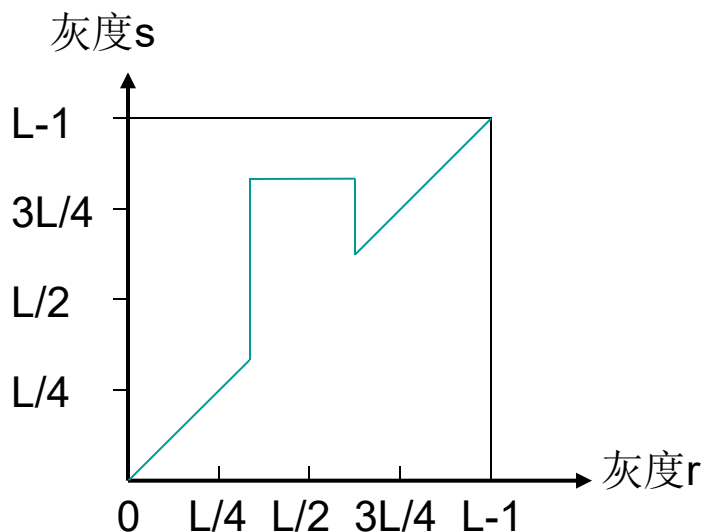


# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 四、分段线性变换函数[灰度切割]

- 提高特定范围灰度的幅值，其余灰度保持不变（左图变换）或变暗（右图变换）





# 第2章 图像增强

## 第二节 基本灰度变换

### 四、分段线性变换函数[灰度切割举例]

- 提高中间灰度的幅值，其余灰度变暗

