



# 数字图像处理

## Digital Image Processing



### ■ 第五章 图像增强(1)

- 图像增强引言
- 空域处理
  - ✓ 点运算增强
  - ✓ 直方图增强
  - ✓ 彩色图像增强
  - ✓ 空域模板滤波
- 频域处理
  - ✓ 频域滤波
  - ✓ 从频域规范产生空域模板



### ■ 图像增强的应用及其分类

- 图像处理最基本的目的之一是改善图像
- 改善图像最常用的技术就是图像增强
- 图像增强有两大类应用
  - ✓ 第一类是改善图像的视觉效果
  - ✓ 突出图像的特征, 便于计算机处理
- 图像增强按作用域分为两类, 即空域处理和频域处理
  - ✓ 空域处理是直接对图像进行处理
  - ✓ 频域处理则是在图像的某个变换域内, 对图像的变换系数进行运算, 然后通过逆变换获得图像增强效果



### ■ 图像的增强的目的是改善图像的质量

- 图像在生成、获取、传输等过程中, 往往会发生质量的损伤, 造成图像质量的损坏的因素有:

1. 图像传输等过程中, 由于信道带宽等限制所造成的图像模糊, 相当于

$$\vec{g} = [h] \vec{f}$$

其中,  $f$  和  $g$  分别表示原始图像和模糊后图像,  $h$  为信道的冲击响应(矩阵表示)



### 2. 图像中的噪声干扰

- A. 与图像无关的噪声干扰, 又称加性噪声, 如信道、摄像机的热噪声

$$\vec{g} = \vec{f} + \vec{n}$$

其中,  $\vec{n}$  是噪声的矢量表示

- B. 与图像有关的噪声干扰, 如乘性噪声

$$\vec{g} = \vec{f} + v_1 \vec{f} = (1 + v_1) \vec{f} = v \vec{f}$$



### C. 周期噪声

### D. 量化噪声

### E. 盐粒、胡椒面噪声

### F. 背景干扰: 入射光的不均匀性造成图像 $f(m, n)$ 的畸变.

$$f(m, n) = I(m, n) R(m, n)$$

### 3. 信号减弱, 对比度下降

### 4. 成像条件的欠缺, 获取图像的清晰度偏低



## 图像增强引言

### ■ 归纳起来,图像质量退化的原因:

- 对比度问题: 对比度局部或全部偏低,影响图像视觉
- 噪声干扰问题: 使图像蒙受干扰和破坏
- 清晰度下降问题,使图像模糊不清,甚至严重失真

### ■ 针对图像的退化和不足,改善图像的质量以较好地满足实际的需要,是图像增强的目的

■ 图像增强并不去估计图像实际退化的过程和实际退化的因素而加以矫正,而只是考虑图像退化的一般性质,加以修正,以求得一般的或平均的图像质量的改进。例如,边缘锐化去模糊、平滑去噪声、直方图修正、对比度增强等



## 图像增强引言

### ■ 图像增强还可能为了人类视觉的需要,使图像的内容更突出,更容易被获取,并不关心和原始图像是否一致,甚至人为地畸变原始图像,以达到视觉增强的效果

- 例如, **伪彩色图像增强**: 将不同灰度的图像赋以不同的彩色,以增强人类的视觉感知,在医学图像处理中经常采用;
- 又如, **假彩色增强**: 不同波段获取的图像赋以不同的彩色,用在多波段遥感图像的假彩色显示等

■ 图像的增强是综合和一般性地改善图像质量,解决图像由于噪声、模糊退化和对比度降低等三类问题,获得最好的视觉效果



## 图像增强引言

### ■ 图像增强的定义

➢ 图像增强技术的主要目标是:

- ✓ 通过对图像的处理,使图像比处理前**更适合一个特定的应用**
- ✓ 突出图像中的“有用”信息,扩大图像中不同物体**特征间的差别**,为**图像信息的识别与提取奠定基础**
- 可能的应用: 显示、打印、印刷、识别、分析、创艺等
- 可能的处理: 去除噪声、边缘增强、提高对比度、增加亮度、改善颜色效果、改善细微层次等——通常与改善视觉效果相一致
- 可能的处理方法: 空域运算、变换域运算与处理



## 图像增强引言

### ■ 图像增强的空域法

- 点运算法——灰度级变换
  - ✓ 寻找一个合适的变换 $T$
- 模板运算法——空域过滤器
  - ✓ 寻找一个合适的模板
- 几何变换法——形变矫正
- 基于色彩的处理



## 图像增强引言

### ■ 图像增强的频域法

- 频域增强的理论基础
  - ✓ 卷积理论

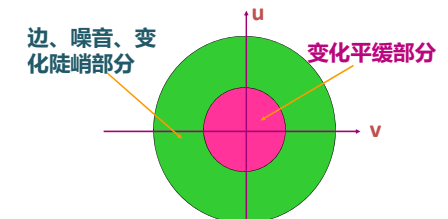
### ■ 频域增强的原理

- 频率平面与图像空域特性的关系
  - ✓ 图像**变化平缓的部分**靠近频率平面的圆心,这个区域为**低频区域**
  - ✓ 图像中的**边、噪音、变化陡峭的部分**,以放射方向离开频率平面的圆心,这个区域为**高频区域**



## 图像增强引言

### ■ 频域增强的原理





## 图像增强引言

### ■ 频域增强的处理方法

- 对于给定的图像 $f(x,y)$ 和目标，计算出它的傅立叶变换 $F(u,v)$
- 选择一个变换函数 $H(u,v)$  /\*并非到空域找
- 计算出目标图像 $g(x,y)$ 

$$g(x,y) = F^{-1}[H(u,v)F(u,v)]$$



## 图像增强引言

### ■ 频域增强与空域模板增强的关系

- 卷积的离散表达式，基本上可以理解为模板运算的数学表达方式

$$g(x,y) = f * h = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m,n)h(x-m, y-n)$$

- 由此，卷积的冲击响应函数 $h(x,y)$ ，称为**空域卷积模板**，这种称谓仅在模板相对其中心原点对称时，才能成立
- 在实践中，小的空间模板比傅立叶变换应用更为广泛，因为它们易于实现，操作快捷
- 对于很多在空域上难以表述清楚的问题，对频域概念的理解就显得十分重要



## 空域处理——点运算增强

### ■ 点运算——灰度级变换增强

- 什么是灰度变换
  - ✓ 将一个灰度区间映射到另一个灰度区间的变换称为灰度变换
- 灰度变换的作用
  - ✓ 灰度变换可使图像动态范围加大，图像对比度扩展，图像清晰，特征明显，是图像增强的重要手段
- 灰度级变换的应用
  - ✓ 亮度调整、对比度拉伸、灰度级切片



## 空域处理——点运算增强

- 灰度变换的分类
  - ✓ 线性变换，非线性变换
- 获取变换函数的方法
  - ✓ 固定函数、交互样点插值、直方图



## 空域处理——点运算增强

### ■ 线性变换

原始图像： $f(i,j)$ ，灰度范围： $[a, b]$ ，

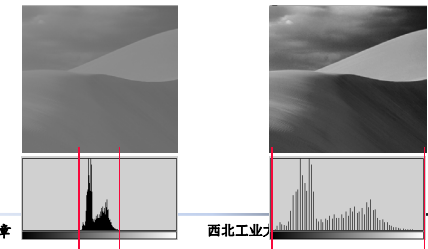
变换后图像： $f'(i,j)$ ，灰度范围： $[a', b']$ ，存在以下关系：

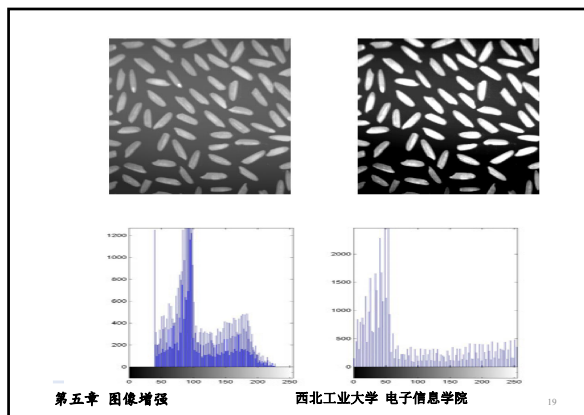
$$f'(i,j) = a' + \frac{b'-a'}{b-a}(f(i,j) - a)$$



在曝光不足或过度的情况下，**图像灰度可能会局限在一个很小的范围内**。这时在显示器上看到的将是一个模糊不清、似乎没有灰度层次的图像。

下图是对曝光不足的图像采用线性变换对图像每一个像素灰度作线性拉伸。可有效地改善图像视觉效果。





空域处理——点运算增强

### 线性变换

另一种情况，图像中大部分像素的灰度级在[a, b]范围内，少部分像素分布在小于a和大于b的区间内。此时可用下式作变换：

$$f'(i, j) = \begin{cases} a'; f(i, j) < a \\ a' + \frac{b'-a'}{b-a}(f(i, j)-a); a \leq f(i, j) < b \\ b'; f(i, j) \geq b \end{cases}$$

第五章 图像增强 西北工业大学 电子信息学院 20

空域处理——点运算增强

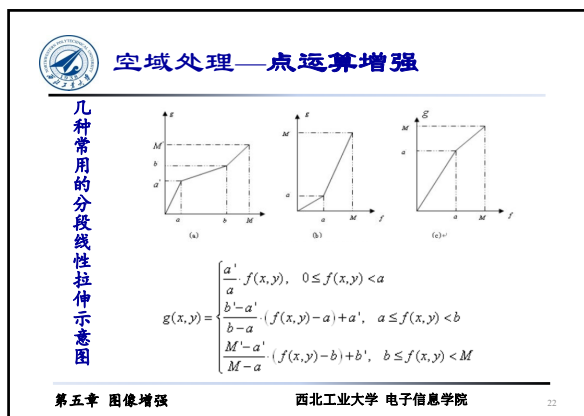
### 分段线性变换

拉伸图像中一些灰度细节，相对抑制不感兴趣的部分。这可以通过分段线性变换得到：

$$f'(i, j) = \begin{cases} \frac{c'-a'}{c-a}(f(i, j)-a)+a'; a \leq f(i, j) < c \\ \frac{d'-c'}{d-c}(f(i, j)-c)+c'; c \leq f(i, j) < d \\ \frac{b'-d'}{b-d}(f(i, j)-d)+d'; d \leq f(i, j) < b \end{cases}$$

如果  $|a'-c'| > |a-c|$ ,  $|c'-d'| < |c-d|$ ,  $|d'-b'| = |d-b|$   
 则扩展第一区间[a, c], 压缩第二区间[c, d], 维持第三区间[d, b]

第五章 图像增强 西北工业大学 电子信息学院 21



空域处理——点运算增强

### 非线性变换

非线性拉伸不是对图像的整个灰度范围进行扩展，而是有选择地对某一灰度值范围进行扩展，其他范围的灰度值则有可能被压缩

### 与分段线性拉伸区别

非线性拉伸不是通过在不同灰度值区间选择不同的线性方程来实现对不同灰度值区间的扩展与压缩，而是在整个灰度值范围内采用统一的非线性变换函数，利用函数的数学性质实现对不同灰度值区间的扩展与压缩

第五章 图像增强 西北工业大学 电子信息学院 23

空域处理——点运算增强

### 常用的两种非线性扩展方法

#### 对数扩展

基本形式:  $g(x, y) = \log[f(x, y)]$   
 实际应用中一般取自然对数变换，具体形式如下  
 $g(x, y) = C \log[f(x, y) + 1]$   
 [f(x, y)+1]是为了避免对零求对数，C为尺度比例系数，用于调节动态范围

变换函数曲线：

第五章 图像增强 西北工业大学 电子信息学院 24



## 空域处理——点运算增强

### 常用的两种非线性扩展方法（续）

#### ➢ 指数扩展

基本形式:  $g(i, j) = b^{f(i, j)}$

实际应用中，为了增加变换的动态范围，一般需要加入一些调制参数。具体形式如下：

$$g(i, j) = b^{c[f(i, j) - a]} - 1$$

参数a可以改变曲线的起始位置；

参数c可以改变曲线的变化速率；

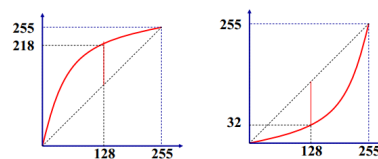
指数扩展可以对图像的高亮度区进行大幅扩展



## 空域处理——点运算增强

### ■ 灰度级变换应用之一

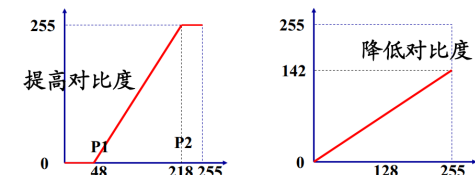
#### ➢ 亮度调整——加亮、减暗图像



## 空域处理——点运算增强

### ■ 灰度级变换应用之二

#### ➢ 对比度拉伸——提高、降低对比度



## 空域处理——点运算增强

### ■ 灰度级变换应用之三

#### ➢ 提高对比度

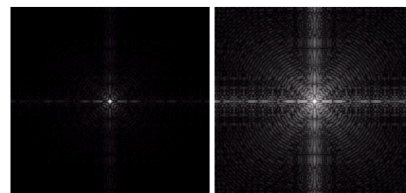
通常通过直方图得到两个拐点的位置

#### ➢ 降低对比度

降低对比度一般用于输出设备的灰度级小于输入图像的灰度级的情况，如显示傅立叶频谱时



## 对数变换用于频谱显示



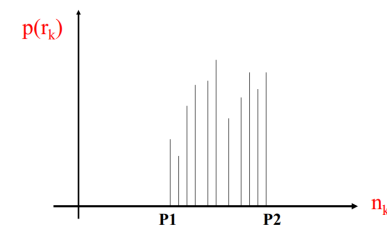
$$s = c \log(1 + r)$$

Compress the dynamic range



## 空域处理——点运算增强

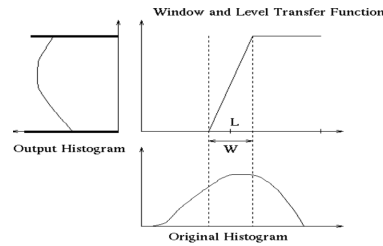
通过直方图得到两个拐点P1、P2的位置





## 空域处理—点运算增强

通过直方图交互式确定两个拐点P1、P2的位置



第五章 图像增强

西北工业大学 电子信息学院

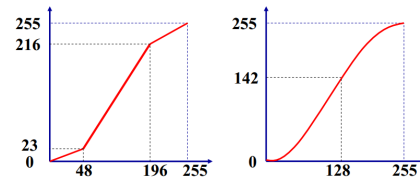
31



## 空域处理—点运算增强

### 灰度级变换应用之四

局部提高、局部降低对比度



第五章 图像增强

西北工业大学 电子信息学院

32

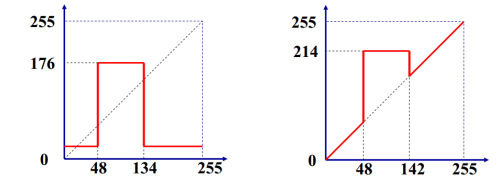


## 空域处理—点运算增强

### 灰度级变换应用之五

灰度级切片

主要用于突出某个特定的灰度范围，从而增强某个专门的特征



第五章 图像增强

西北工业大学 电子信息学院

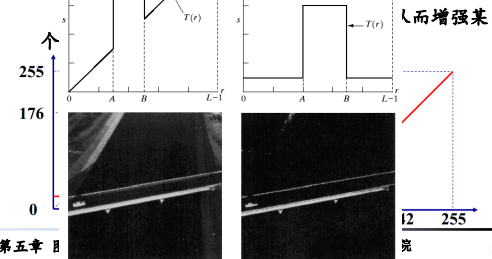
33



## 空域处理—点运算增强

### 灰度

灰度



第五章

宽

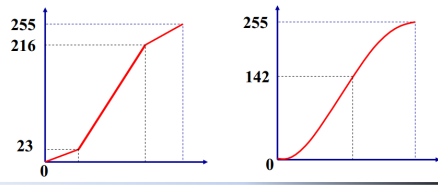
34



## 空域处理—点运算增强

### 获取变换函数的方法之一

固定函数：正弦函数、分段直线、指数函数、对数函数，如显示傅立叶的  $s = c \log(1+|r|)$



第五章 图像增强

西北工业大学 电子信息学院

35

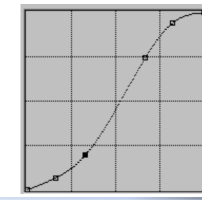


## 空域处理—点运算增强

### 获取变换函数的方法之二

交互样点插值

用过点的三次样条插值曲线，获得变换函数



第五章 图像增强

西北工业大学 电子信息学院

36



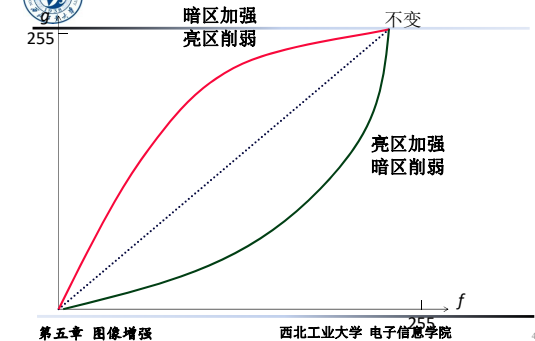
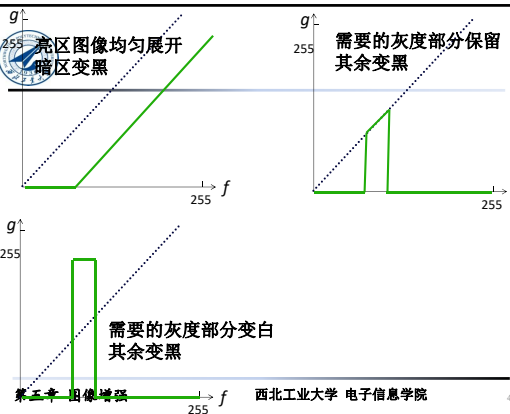
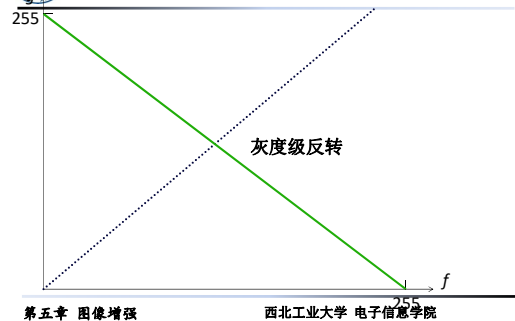
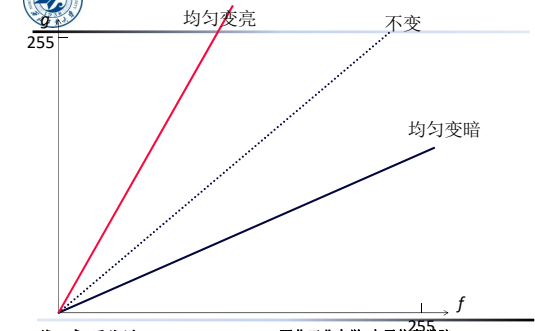
## 空域处理—点运算增强

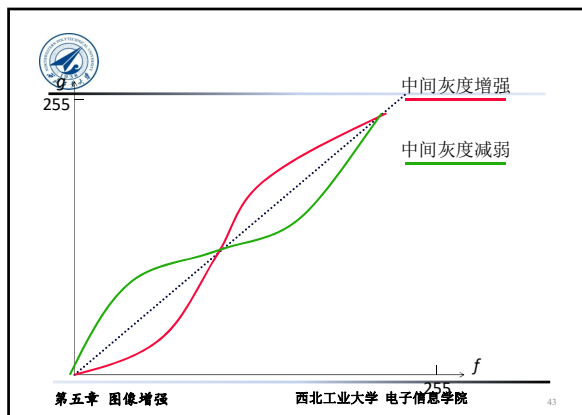
### ■ 灰度级变换的分析

- 灰度级变换对图像层次有负面影响
- 原因：由于变换是在有限个灰度级上进行的，因此会造成层次的减少
- 改进：通过输入较多层次（如 $>2^8$ ），保证在图像上进行灰度级变换后，其输出保留足够的层次



## 对比度增强小结





### 对比度增强小结

灰度变换效果有如下规律：

- 按曲线位置：
  - 变换曲线与横轴夹角为45度，灰度不变
  - 变换曲线在45度直线上方，灰度变亮
  - 变换曲线在45度直线下方，灰度变暗
- 按斜率：
  - 斜率等于1，灰度范围不变
  - 斜率大于1，灰度范围扩展，对比度增强
  - 斜率小于1，灰度范围压缩，对比度削弱

第五章 图像增强 西北工业大学 电子信息学院 44

