

➤ 图像退化模型:

➤ 空间域:

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$$

➤ 频域:

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$$

➤ 假设 S_{xy} 表示中心在(x,y)点,尺度为 $m \times n$ 的矩形子图像窗口的坐标组.

算术均值滤波器:
$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)$$

几何均值滤波器:
$$\hat{f}(x, y) = \left[\prod_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \right]^{\frac{1}{mn}}$$

谐波均值滤波器:
$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} \frac{1}{g(s, t)}}$$

逆谐波均值滤波器:
$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^{Q+1}}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^Q}$$

五 线性、移不变的退化

假设系统的退化模型为:

$$g(x, y) = H(f(x, y)) + \eta(x, y)$$

如果H是线性移不变的, 则存在 $h(x, y)$ 使

$$H(f(x, y)) = f(x, y) * h(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha, \beta) h(x - \alpha, y - \beta) d\alpha d\beta$$

由于 $H(\delta(x, y)) = \delta(x, y) * h(x, y) = h(x, y)$

因此, $h(x, y)$ 称为系统H的冲激响应.

➤ 也就是说 $h(x, y)$ 是系统H对坐标 (x,y) 处强度为1 的冲激的响应.

➤ 在光学中, 冲激为一个光点, 所以 $h(x, y)$ 也称为点扩散函数 (PSF).

➤ 所有光学系统都一定程度模糊光点.

3. 膨胀与腐蚀的关系

$$(A \ominus B)^c = A^c \oplus \hat{B}$$

证明:

$$(A \ominus B)^c = \{z | (B)_z \subseteq A^c\}$$

如果集合 $(B)_z$ 包含于 A , 则等价于 $(B)_z \cap A^c = \emptyset$

于是: $(A \ominus B)^c = \{z | (B)_z \cap A^c = \emptyset\} = \{z | (B)_z \cap A^c \neq \emptyset\}$

依定义: $A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$

类似可定义: $A^c \oplus \hat{B} = \{z | (B)_z \cap A^c \neq \emptyset\}$

故 $(A \ominus B)^c = A^c \oplus \hat{B}$

噪声模型有: 高斯噪声、瑞利噪声、伽马噪声、指数分布噪声、均匀分布噪声、脉冲(椒盐)噪声。

几何均值滤波器与算术均值滤波器相比,更少模糊细节。谐波均值滤波器对”盐”噪声效果好,而不适应”胡椒”噪声。逆谐波均值滤波器当 Q 为正时,用于消除”胡椒”噪声,当 Q 为负时,用于消除”盐”噪声。当 Q=0 时,退化为算术均值滤波器;当 Q=-1 时,退化为谐波均值滤波器。

(1) 自适应中值滤波器的处理有三个目的: 除去“椒盐”噪声,平滑其他非椒盐噪声,并减少诸如物体边界细化或粗化的失真。优点:自适应中值滤波器对噪声密度大时更有效,并且平滑非冲激噪声时可以保存细节。(2) 利用带阻滤波器消除周期性噪声。陷波滤波器阻止(或通过)事先定义的中心频率邻域内的频率。陷波滤波器分陷波带阻滤波器和陷波带通滤波器两大类。陷波带阻滤波器又分为理想\巴特沃斯\高斯陷波带阻滤波器等。陷波带通滤波器又分为理想\巴特沃斯\高斯陷波带通滤波器等。

有三种估计退化函数的方法:(1).观察法;(2).实验法;(3).数学建模法;

(1) 描述彩色光的 3 个基本量: 辐射率: 从光源流出能量的总量, 用瓦特(W)度量。光强: 观察者从光源接收的能量总和, 用流明度表示。亮度: 主观描绘子。(2) 自然界常见的各种颜色光, 都是由红(R)($\lambda = 700\text{nm}$)、绿(G)($\lambda = 546\text{nm}$)、蓝(B)($\lambda = 435.8\text{nm}$)三种颜色光按不同比例相配而成, 同样绝大多数颜色也可以分解成红、绿、蓝三种单色光, 这就是色度学中最基本的原理—三基色原理。

彩色模型: (1) RGB (2) CMY 和 CMYK (3) HIS(HSB)

(2) 充满颜色时, 为黑色; 没有颜色时, 为白色。使用 RGB 的补色做基本色:

青 (Cyan)、品红 (Magenta) 和黄 (Yellow)。C(青) = W(白)-R(红) M(品红) = W(白)-G(绿) Y(黄) = W(白)-B(蓝)。

CMYK 是印刷业的标准, 在印刷时, 用这种方法显示黑色时, 油墨很少能将颜色都吸收掉, 深色效果较差, 故加入一种黑色 K。

(3) H (Hue)色调指光的颜色, 如赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫为基色调。它是以单一波长得到的成分。S (Saturation) 饱和度指色彩纯度的程度, 加入的白光越多就饱和和度越低。I (Intensity)亮度指彩色光对肉眼

引起的光刺激强度, 它与光的能量有关。两个特点: 1, I 分量与图像的彩色信息无关。2, H 和 S 分量与人感受颜色的方式是紧密相连的。3, 将亮度(I)与色调 (H) 和饱和度 (S) 分开, 避免颜色收到光照明暗(I)等条件的干扰, 仅仅分析反映色彩本质的色调和饱和度。4, 广泛用于计算机视觉、图像检索和视频检索。

➤ 当图像的退化模型如下:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$$

或

$$G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$$

一般的空间滤波方法:

1. 均值滤波器
2. 排序统计滤波器
3. 自适应滤波器

周期噪声是空间依赖型的噪声, 可以通过频域滤波抑制。

2. 顺序统计滤波器

最大滤波器: $\hat{f}(x, y) = \max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$

最小滤波器: $\hat{f}(x, y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$

中点滤波器: $\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \{ \max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} + \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} \}$

修正后的阿尔法均值滤波器:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn-d} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g_r(s, t)$$

修正后的阿尔法均值滤波器对多种噪声的图像去噪有效. 其中去掉d/2个最大值和d/2个最小值.

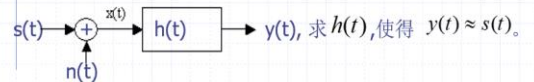
因此对于线性移不变系统的退化模型为:

➤ 空间域: $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$

➤ 频域: $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$

八、维纳滤波器(Wiener filter)设计

➤ 首先建立一套性能指标, 然后通过选择合适的冲激响应 (或传递函数) 来最大化这些性能指标。



六. 平滑和尖锐化

1. 彩色图像平滑

令 S_{xy} 表示在RGB彩色图像中定义一个中心在 (x, y) 的邻域的坐标集, 在该邻域中RGB分量的平均值为

$$\bar{c}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} c(x, y)$$

$$\bar{c}(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{1}{K} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} R(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} G(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} B(x, y) \end{bmatrix}$$

1. 彩色变换的简单形式

$$s_i = T_i(r_1, r_2, \dots, r_n), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

r_i 和 s_i 是 $f(x, y)$ 和 $g(x, y)$ 在任何点处彩色分量的变量 $\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ 是一个对 r_i 操作 s_i 产生的变换或彩色映射函数集选择的彩色空间决定n的值, 如RGB彩色空间, n=3, r1, r2和r3表示红、绿、蓝分量; CMYK, 则n=4

2. 彩色图像的锐化

RGB彩色空间, 分别计算每一分量图像的拉普拉斯变换, 再合并

拉普拉斯算子的核

$$\nabla^2 [c(x, y)] = \begin{bmatrix} \nabla^2 R(x, y) \\ \nabla^2 G(x, y) \\ \nabla^2 B(x, y) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} g(x, y) &= f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) \\ &= f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] + 4f(x, y) \\ &= 5f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] \end{aligned}$$

1. 膨胀：假设B为结构元素。

A被B膨胀定义为：
 $A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$

➤ 膨胀的运算过程类似卷积。

使用结构元素B对集合A进行开操作的定义为：

$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$

即，使用结构元素B对集合A进行先腐蚀，然后膨胀。

使用结构元素B对集合A进行闭操作的定义为：

$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$

即，使用结构元素B对集合A进行先膨胀，然后腐蚀。

开操作与闭操作的性质：

开操作满足下列性质：

- (i) $A \circ B$ 是A的子集（子图）。
- (ii) 如果C是D的子集，则 $C \circ B$ 是 $D \circ B$ 的子集。
- (iii) $(A \circ B) \circ B = A \circ B$

同样，闭操作也满足下列性质：

- (i) A是 $A \bullet B$ 的子集（子图）。
- (ii) 如果C是D的子集，则 $C \bullet B$ 是 $D \bullet B$ 的子集。
- (iii) $(A \bullet B) \bullet B = A \bullet B$

注意，由两个情况下的条件（iii）可知，算子应用一次后，一个集合进行多少次开操作或闭操作或开操作都不会有变化。

开操作与闭操作的关系：（作业！）

$(A \bullet B)^c = (A^c \circ \hat{B})$

四. 击中或击不中变换

- 击中或击不中变换是形状检测的基本工具。
- 令每种形状的重心为它的原点。

设形状X包含在一个小窗口W中，X的背景定义为W-X。令B是由X和W-X组成的集合，使用结构元素B对集合A进行匹配操作的定义为：

$A \otimes B = (A \ominus X) \cap [A^c \ominus (W - X)]$

更一般地，令 $B = (B_1, B_2)$ ，使用结构元素B对集合A进行匹配操作的定义为：

$A \otimes B = (A \ominus B_1) \cap (A^c \ominus B_2)$

由于 $A^c \oplus \hat{B} = (A \ominus B)^c$ 和 $A \cap B^c = A - B$

因此， $A \otimes B = (A \ominus B_1) - (A \oplus \hat{B}_2)$

$A \ast B = (A \ominus X) \cap [A^c \ominus (W - X)]$

(1)形态学图像平滑：先采用开操作，然后采用闭操作以去除亮

和暗的噪声。

(2)形态学图像梯度：
$$g = f \oplus b - f \ominus b$$

(4) 粒度测定：原理：以某一特定的尺度对含有相近尺度颗粒的图像区域进行开操作，然后通过计算输入图像和输出图像之间的差异可以对相近尺寸颗粒的相对数量进行测算。

伪色彩处理：也叫假彩色图像处理。根据一定的准则对灰度值赋以彩色的处理。区分：伪彩色图像、真彩色图像、单色图像。

强度分层：把一幅图像描述为三维函数 (x, y, f(x, y))。 分层技术：放置平行于(x, y)坐标面的平面。每一个平面在相交区域切割图像函数。 全彩色图像处理研究分为两大类：(1) 分别处理每一分量图像，然后，合成彩色图像。(2) 直接对彩色像素处理：3个颜色分量表示像素向量。令 c 代表 RGB 彩色空间中的任意向量。补色：在如图所示的彩色环上，与一种色调直接相对立的另一色调称为补色。作用：增强

嵌在彩色图像暗区的细

节。 HSI 彩色空间分割

——直观：H 色调图像方

便描述彩色。S 饱和度图

像做模板分离感兴趣的

特征区。I 强度图像不携

带彩色信息。 RGB 彩色

空间——直接，

结果更好

开操作一般使对

象的轮廓变得光

滑，断开狭窄的

间断和消除细的

突出物。经常用

于去除小的明亮

的细节。

闭操作使对象的更为连

操 作	公 式	注 释 (罗马数字是指图 9.33 中的结构元)
平移	$(B)_z = \{w w = b + z, b \in B\}$	将 B 的原点平移到点 z
反射	$\hat{B}_z = \{w w = -b, b \in B\}$	关于集合 B 的原点映射该集合的所有元素
求补集	$A^c = \{w w \notin A\}$	不属于 A 的点的集合
求差集	$A - B = \{w w \in A, w \notin B\}$ $= A \cap B^c$	属于 A 但不属于 B 的点的集合
膨胀	$A \oplus B = \{z (\hat{B}_z) \cap A \neq \emptyset\}$	“扩展” A 的边界 (I)
腐蚀	$A \ominus B = \{z (B)_z \subseteq A\}$	“收缩” A 的边界 (I)
开操作	$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$	平滑轮廓，切断狭窄区域，并消除小的孤岛和尖刺 (I)
闭操作	$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$	平滑轮廓，融合狭窄间断和细长沟壑，并消除小的孔洞 (I)

操 作		公 式	说 明 (罗马数字是指图 9.33 中的结构元)
击中或击中不中变换		$A \otimes B = (A \ominus B_1) \cap (A^c \ominus B_2)$ $= (A \ominus B_1) - (A \oplus \hat{B}_2)$	点(坐标)的集合。在这样的点处，同时， B_1 在 A 中可找到一个匹配(击中)， B_2 在 A^c 中可找到一个匹配
边界提取		$\beta(A) = A - (A \ominus B)$	在集合 A 的边界上的点的集合 (I)
孔洞填充		$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c;$ $k = 1, 2, 3, \dots$	填充 A 中的孔洞； X_k 是每个孔洞处元素为 1 而其他位置元素为 0 的阵列 (II)
连通分量		$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A;$ $k = 1, 2, 3, \dots$	寻找 A 中的连通分量； X_k 是每个连通分量中元素为 1 而其他位置元素为 0 的阵列 (I)
凸壳		$X_k^+ = (X_{k-1}^+ \oplus B^+) \cup A;$ $i = 1, 2, 3, 4;$ $k = 1, 2, 3, \dots;$ $X_0^+ = A; D^+ = X_{conv}^+$	寻找集合 A 的凸壳 C(A)，其中 conv 表示 $X_k^+ = X_{k-1}^+$ (III) 意义上的收敛。
细化		$A \otimes B = A - (A \otimes B)$ $= A \cap (A \otimes B)^c$ $A \ominus [B] =$ $(((\dots((A \otimes B^1) \otimes B^2) \dots) \otimes B^n))$ $[B] = \{B^1, B^2, B^3, \dots, B^n\}$	细化集合 A。前两个公式给出细化的基本定义。后两个公式表示使用一个结构元序列的细化。实际中通常使用这种方法 (IV)
粗化		$A \oplus B = A \cup (A \otimes B)$ $A \ominus [B] =$ $(((\dots((A \ominus B^1) \ominus B^2) \dots) \ominus B^n))$	粗化集合 A (见前面关于结构元序列的说明)。使用 IV，但把 0 和 1 颠倒
骨架		$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A)$ $S_k(A) = \{(A \ominus kB) - [(A \ominus kB) \ominus B]\}$ <p>A 的重建:</p> $A = \bigcup_{k=0}^K (S_k(A) \oplus kB)$	寻找集合 A 的骨架 S(A)。最后一个公式指出 A 可以由其骨架子集 $S_k(A)$ 重建。在所有 3 个公式中，K 是集合 A 被腐蚀为空集时的迭代次数。符号 $(A \ominus kB)$ 表示 B 对 A 连续腐蚀的第 k 次迭代 (I)
裁剪		$X_1 = A \otimes [B]$ $X_2 = \bigcap_{k=1}^K (X_1 \otimes B^k)$ $X_3 = (X_2 \oplus H) \cap A$ $X_4 = X_1 \cup X_3$	X_4 是裁剪集合 A 后的结果。必须指定使用第一个公式来得到 X_1 的次数。结构元 V 用于前两个公式。在第三个公式中，H 表示结构元 1

除小的孔

洞，并填补

轮廓线中的断裂。经常用于去除小的黑暗的

细节。

(1)形态学图像平滑：先采用开操作，然后采用闭操作以去除亮

集合的反射，表示为 \hat{B} 定义为：

$\hat{B} = \{w | w = -b, b \in B\}$

集合A平移到点 $z = (z_1, z_2)$,表示为 $(A)_z$ ，定义为：

$(A)_z = \{c | c = a + z, a \in A\}$

A被B腐蚀定义为：
 $A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$

(5)形态学的纹理分割

右边区域的圆点直径比左边大。目的是以纹理为基础找到区域的边界。算法如下：

- (i) 取尺寸与小斑点大小的结构元素做闭运算；（半径=30）
- (ii) 取比大斑点间隙大的结构元素做开操作；（半径=60）
- (iii)做二值化，（使用全1的3*3结构元执行梯度画界）



图 9.43 纹理分割：(a) 由两种斑点组成的大小为 600×600 的图像；(b) 对图 (a) 执行闭操作后删除了小斑点的图像；(c) 对图 (b) 执行开操作后删除了大斑点间的空白间隔的图像；(d) 将图 (c) 中两个区域间的边界叠加到原图像上后的结果。边界是使用形态学梯度操作得到的

(3)形态学top-hat变换

作用：矫正不均匀的光照影响。

$$T_{hat} = f - f \circ b$$
$$B_{hat} = f \bullet b - f$$

白顶帽变换
黑底帽变换