x轴↓ $\xrightarrow{y轴}$

目的：提高质量、便于存储

$b=M\times N\times k$, $(2^k)$ 位 (bits)

转为bytes, /8 $\xrightarrow{1024}$ kB

k bit per pixel / k bpp

$N_D$ (D-邻域) $N_4$ $N_8$

m邻域 4-邻域+

欧式距离 $[(x-s)^2+(y-t)^2]^{\frac{1}{2}}$ 圆

$D_4$距离 $|x-s|+|y-t|$ 菱形

$D_8$距离 $\max\{|x-s|,|y-t|\}$ 正方形

获取→增强→恢复→形态学处理→分割→物体识别→表示、描述

$[0,255]\xrightarrow{归一化}[0.0,1.0]$

## 点操作

$g(x,y)=T[f(x,y)]$, T:邻域操作

点处理相当于1×1邻域

阈值分割 $s=\begin{cases}1.0 & r>th\\ 0.0 & r\le th\end{cases}$

值域过大时(傅里叶变换) $S=C*\log(1+r)$ 表现更好。

$S=C\cdot r^{\gamma}$, $\gamma>1$, 变暗,

$S=r^{\gamma}$, $S=r^{1/\gamma}$, Gama Correction

$y=\begin{cases}y & \text{others}\\ c & a<x<b\end{cases}$

Bit 域分割, 高位信息多

$g(x,y)=f(x,y)-h(x,y)$

范围是$[-255,255]$, 再+255, ÷2.

## 均值平滑

$g(x,y)=f(x,y)+n(x,y)$

$=f(x,y)+\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}n_i(x,y)$

## Image Histograms

$P(r_k)=n_k$, $0\le r_k\le 1$

归一化直方图, $P(r_k)=n_k/n$.

直方图均衡化.

① 得到 $P_r(k)=n_k/n$

② 计算 $S_k=\left[\sum_{i=1}^{k}P_r(i)\right](L-1)$

③ 给每个$S_k$四舍五入.

④ 四舍五入后值对应原比例而绘制

## 空域操作

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

边界

① 忽略之外像素

② 扩大图像,填充黑白,

③ 保留边界图像 ④ 截成图像

## 平滑滤波

① 均值

减少尖锐过渡,降噪,模糊边界

去除不相关的特征

通常均值后会进行阈值处理

## 顺序统计滤波(非线性)

Min, Max, Median

Median 在椒盐噪声(impulse noise)去除中十分有效

Max适合椒, min适合盐

也去除dark　　也去除了light.

自适应中值滤波

A: $A_1=z_{med}-z_{min}$, $A_2=z_{med}-z_{max}$

If $A_1>0$, $A_2<0$, to B

Else increase window size

If size $\le S_{max}$, repeat A

else output $z_{med}$

B: $B_1=z_{xy}-z_{min}$, $B_2=z_{xy}-z_{max}$

If $B_1>0$, $B_2<0$, output $z_{xy}$.

Else output $z_{med}$

## Laplacian

$-\begin{bmatrix}0&1&0\\1&-4&1\\0&1&0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0&0&0\\0&1&0\\0&0&0\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0&-1&0\\-1&5&-1\\0&-1&0\end{bmatrix}$

$\begin{bmatrix}1&1&1\\1&-8&1\\1&1&1\end{bmatrix}$ Laplacian变体 $\begin{bmatrix}-1&-1&-1\\-1&9&-1\\-1&-1&-1\end{bmatrix}$

$g(x)=\begin{cases}f(x,y)-\nabla^2 f(x,y) & 中心负值\\ f(x,y)+\nabla^2 f(x,y) & 正值\end{cases}$

高增幅滤波

$g_{hb}(x,y)=\begin{cases}Af(x,y)-\nabla^2 f(x,y)\\ Af(x,y)+\nabla^2 f(x,y)\end{cases}$

A越大,锐化效果越不明显

用来增亮暗色图像

## 一阶导数梯度滤波

$\nabla f=\left[\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\approx|G_x|+|G_y|$

简单 $\nabla f=|z_8-z_5|+|z_6-z_5|$

交叉梯度 $\nabla f=|z_9-z_5|+|z_8-z_6|$

Sobel 算子 $\begin{bmatrix}-1&-2&-1\\0&0&0\\1&2&1\end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix}-1&0&1\\-2&0&2\\-1&0&1\end{bmatrix}$

通常用于边缘检测

## 频域滤波

DFT $\begin{cases}F[f(x)]=F(u)=\sum_{x=0}^{N-1}f(x)e^{-j\frac{2\pi}{N}u\cdot x}\\ f(x)=\frac{1}{N}\sum_{u=0}^{N-1}F(u)e^{j2\pi/N\cdot u\cdot x}\end{cases}$

二维 $\begin{cases}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)e^{-j2\pi(ux/M+vy/N)}\\ \frac{1}{MN}\sum_{u=0}^{M-1}\sum_{v=0}^{N-1}F(u,v)e^{j2\pi(\frac{ux}{M}+\frac{vy}{N})}\end{cases}$

$f(x,y)(-1)^{x+y}$ $\Leftrightarrow$ 将频谱转到中间

$F(0,0)$ 直流分量

$\delta(x,y)$在原点实常数,在其余地方频域出现非零常值

$f(x,y)*h(x,y)\Leftrightarrow F(u,v)H(u,v)$

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

$f(x,y)\cdot h(x,y)\Leftrightarrow F(u,v)*H(u,v)$

频域滤波步骤.

$f(x,y)\xrightarrow{(-1)^{x+y}}\xrightarrow{DFT}\cdot H(u,v)\xrightarrow{IDFT}$ 取实部 $\cdot(-1)^{x+y}$

陷波 $H(u,v)=\begin{cases}0 & \text{if } (u,v)=(\frac{M}{2},\frac{N}{2})\\ 1 & \text{others}\end{cases}$

理想低通 $H(u,v)=\begin{cases}1 & \text{if } D(u,v)\le D_0\\ 0 & \text{others}\end{cases}$

$D(u,v)=\left[(u-\frac{M}{2})^2+(v-\frac{N}{2})^2\right]^{\frac{1}{2}}$

会出现振铃现象,宽带可避免

巴特沃斯 $H(u,v)=\frac{1}{1+[D(u,v)/D_0]^{2n}}$

高斯低通 $H(u,v)=e^{-D^2(u,v)/2D_0^2}$

无振铃,可用于连接断字

锐化/高通

$H_{hp}(u,v)=1-H_{lp}(u,v)$

补充DFT性质: ①平移 $(-1)^{x+y}$ ②旋转:空域转角,频域转角 ③均值, $F(0,0)$是平均灰度 ④ $\delta(x,y)$性质

## 图像复原

Noise:

Gausian $P(z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2}$

Rayleigh: $P(z)=\begin{cases}\frac{2}{b}(z-a)e^{-(z-a)^2/b} & z\ge a\\ 0 & z<a\end{cases}$

$\mu=a+\sqrt{\pi b/4}$, $\sigma^2=\frac{b(4-\pi)}{4}$

Uniform: $P(z)=\begin{cases}\frac{1}{b-a} & \text{if } a\le z\le b\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}$

$\mu=(a+b)/2$, $\sigma^2=(b-a)^2/12$

带阻滤波器 $H(u,v)=\begin{cases}1 & D<D_0-\frac{W}{2}\\ 0\\ 1 & D>D_0+\frac{W}{2}\end{cases}$

巴特沃斯带阻 $H(u,v)=\frac{1}{1+\left[\frac{D(u,v)W}{D^2(u,v)-D_0^2}\right]^{2n}}$

高斯带阻 $H(u,v)=1-e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{D^2(u,v)-D_0^2}{D(u,v)W}\right]^2}$

陷波滤波器 $H(u,v)=\begin{cases}0 & D_1(u,v)\le D_0, D_2\le D_0\\ 1 & \text{otherwise}\end{cases}$

$H_S(u,v)=\frac{G_S(u,v)}{F_S(u,v)}$

Motion Blur $H(u,v)=\frac{T}{\pi(ua+vb)}\sin[\pi(ua+vb)]e^{-j\pi(ua+vb)}$

估计 Degradation $H(u,v)=e^{-k(u^2+v^2)^{5/6}}$

维纳滤波 $e^2=E\{(f-\hat{f})^2\}$

最小均方误差滤波

$\hat{F}(u,v)=\left[\frac{1}{H(u,v)}\frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2+S_\eta(u,v)/S_f(u,v)}\right]G(u,v)$

$S_\eta(u,v)=|N(u,v)|^2$

$S_f(u,v)=|F(u,v)|^2$

## 形态学处理

Fit匹配，Hit击中，Miss

SE里1对应是1即可。

$f \oplus S$ 膨胀

$$g(x,y)=\begin{cases}1 & \text{if } S \text{ hits } f\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}$$

①可以修复缺口 ②填补凹槽

$f \ominus S$ 腐蚀

$$g(x,y)=\begin{cases}1 & \text{if } S \text{ fits } f\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}$$

$A \oplus B=\{x \mid [(\hat{B})_x \cap A \neq \phi\}$

$=\{x \mid [(\hat{B})_x \cap A] \subseteq A\}$.

$A \ominus B=\{x \mid (B)_x \subseteq A\}$

①分开连接物体 ②消去毛刺

$f \circ S=(f \ominus S) \oplus S$ 开

$f \bullet B=(f \oplus B) \ominus S$ 闭

连续 $(A \circ B) \circ B=A \circ B$

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

开：打断，消去毛刺

闭：平滑缺口，填补小洞，间隙。

Hit or Miss，找到图像中的X

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

W是稍比X大的窗口。

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

---

$\beta(A)=A-(A \ominus B)$ 边缘

区域填充 $X_k=(X_{k-1} \oplus B) \cap A^c$

$X_0$是边界内点，B是简单结构元素

until $X_k=X_{k-1}$

最后结果是 $X_k \cup A$

提取连接组件

$X_k=(X_{k-1} \oplus B) \cap A$

$X_0=p$ 当$X_k=X_{k-1}$停止，$Y=X_k$

细化

$A \otimes B=A-(A \circledast B)=A \cap (A \circledast B)^c$

$A \otimes \{B\}=((\cdots(A \otimes B^1) \otimes B^2)\cdots) B^n)$

$B=\{B_1, B_2 \cdots, B_n\}$.

$B_i$是$B_{i-1}$旋转版本

最后再用m-邻接处理

粗化.

给A，$C=A^c$，thin A，得 $C^c$

提取骨架

$S(A)=\bigcup_{k=0}^{n} S_k(A)$,

$S_k(A)=(A \ominus kB)-(A \ominus kB) \circ B$.

$K=\max\{k \mid A \ominus B \neq \phi\}$

## 图像分割

点检测 $\begin{bmatrix}-1 & -1 & -1\\ -1 & 8 & -1\\ -1 & -1 & -1\end{bmatrix}$ $R=\sum_{i=1}^{9} w_i z_i$

$|R| \geq T$

线检测

| 水平 | 45° | 垂直 | -45° |
|---|---|---|---|
| -1 -1 -1 | -1 -1 2 | -1 2 -1 | 2 -1 -1 |
| 2 2 2 | -1 2 -1 | -1 2 -1 | -1 2 -1 |
| -1 -1 -1 | 2 -1 -1 | -1 2 -1 | -1 -1 2 |

$|R_i| \geq |R_j|$ for $j \neq i$，说明可能有线

边缘检测

1阶导告知边界位置，2阶导告知边界方向

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

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

Sobel $\begin{bmatrix}-1 & -2 & -1\\ 0 & 0 & 0\\ 1 & 2 & 1\end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\ -2 & 0 & 2\\ -1 & 0 & 1\end{bmatrix}$

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

增强 $\begin{bmatrix}0 & 1 & 2\\ -1 & 0 & 1\\ -2 & -1 & 0\end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix}-2 & -1 & 0\\ -1 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 2\end{bmatrix}$

$h(r)=-e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$

$\nabla^2 h(r)=-\left[\frac{r^2-\sigma^2}{\sigma^4}\right] e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$

Cany操作

①高斯除噪，② $G_x=\frac{1}{2}\begin{bmatrix}-1 & 1\\ -1 & 1\end{bmatrix}$，$G_y=\frac{1}{2}\begin{bmatrix}1 & 1\\ -1 & -1\end{bmatrix}$

③非极大值抑制，

| | | |
|---|---|---|
| 4 | 3 | 2 |
| 1 | M | 1 |
| 2 | 3 | 4 |

M小于maxima，M=0，否则不变

④双阈值、$th_1$，$th_2$，$th_1=0.4th_2$

⑤ Edge link

---

Global Processing

霍夫变换

$r=x\cos\theta+y\sin\theta$

$(x,y)$对应$(r,\theta)$平面一曲线。

全部绘制，看交点。

圆变换

变成三参数

阈值处理

基本全局阈值：①给初值T(一般为平均灰度) ②计算$G_1(>T)$平均$\mu_1$，计算$G_2(\leq T)$平均$\mu_2$，③ $T=\frac{\mu_1+\mu_2}{2}$ ④不断迭代

otsu.(大津法)是全局阈值最佳方法，优：简单快速，不受亮度和对比度影响，缺：噪声敏感，单一目标分割。

基本自适应阈值：分成多块，分别进行阈值，

区域分割是将R分为$R_1, \cdots, R_n$的过程，

区域增长：选取种子点，选取一个灰度最大变化值，生长

区域分割和合并：不断分四块

## 彩色图像处理

R，700nm，G 546.1nm，B 435.8nm

Hue(色调)，saturation(饱和度)

brightness(色彩强度)

HSI

全彩图像处理

①通道单独处理，

②像素单独处理

颜色分割，可以用立方体或球来实现

Smoothing and Sharping

RGB分别平滑。

HSI仅平滑强度分量

锐化：$g(x,y)=f(x,y)-\nabla^2 f$

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

图像分割(按色彩范围)。

$D(z,a)=\|z-a\| \leq D_0$

或者box形状。

$$H=\begin{cases}\theta & \text{if } B \leq G\\ 360-\theta & \text{if } B>G\end{cases}$$

$$\theta=\cos^{-1}\left\{\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}}\right\}.$$

$$S=1-\frac{3}{R+G+B}[\min\{R,G,B\}]$$

$$I=\frac{1}{3}(R+G+B)$$

---

二维函数的矩.

矩可用于表示图像中几何字符，对旋转，平移，缩放，不敏感

k-means算法

①确定分类数k.

②独立特征空间生成k的起点.

③每点分配给最近的中心

④重新计算中心

⑤别转新中心.

重复，直至满足收敛条件

3和4，(为同一区域)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 4 | 7 | 5 |
| 1 | 0 | 4 | 7 | 9 |
| 0 | $\boxed{1}$ | 5 | $\boxed{6}$ | 8 |
| 4 | 0 | 5 | 6 | 5 |
| 3 | 5 | 5 | 6 | 4 |

## Representation

大小、翻转、旋转

Freeman 链码

长，扰动使变化而无法反映

使用网格采样对边界重新取样，准确性取决于采样网格的大小

归化为最小量级整数

由于无法避免旋转带来影响

取用一阶差分

$b_i=(a_i-a_{i-1}) \bmod N$

多边形近似

①最小多边形

②点合成技术 (Merging Tech

Spliting(分割)

①找主轴 ②垂直主轴找最大轴，交点设为定位点 ③重复，直至分割长度小于阈值

边界分段

凸包分解具有很强鲁棒性，

先找包括S的最小凸集H.(凸壳)

H-S为S的凸缺

进入凸缺和离开凸缺点可分割边界

一般边界不规律，需平滑边界

曲线拟合，$MSE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-f(x_i))^2$

$E=Y-BC$，$C=(BB^T)^{-1}[B^TY]$

边界描述子.

定义长轴方向为物体方向.

边界长度，4-邻 $\sum 1$，8邻 $\sum 1+\sum\sqrt{2}$

直径为主轴，偏心性 长/短

封闭图形

外接盒：MER(最小外接矩形)；凸包(多边形近似)，傅里叶描述子($x(k)$与$y(k)$ DFT)

区域描述子.

Area：像素数，边界长度，

紧凑性：$\frac{长度^2}{area}$

欧拉数 $E=C-H$，连通域-孔洞