第二节

点特征提取算法

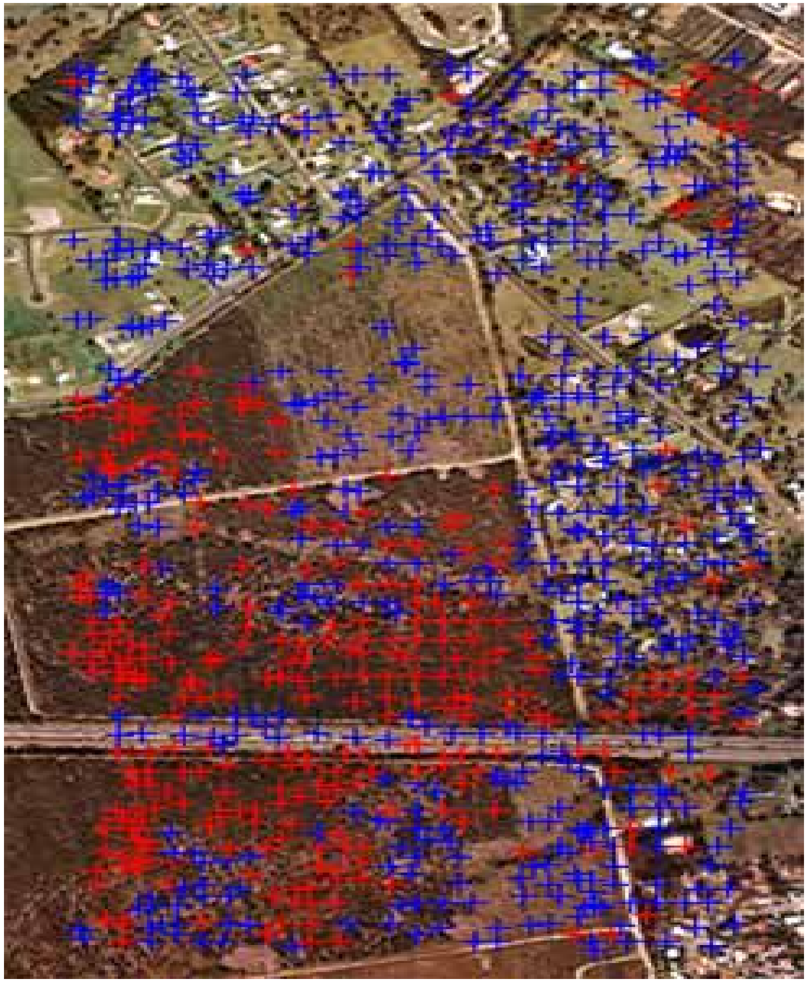
主要内容

一.Moravec算子

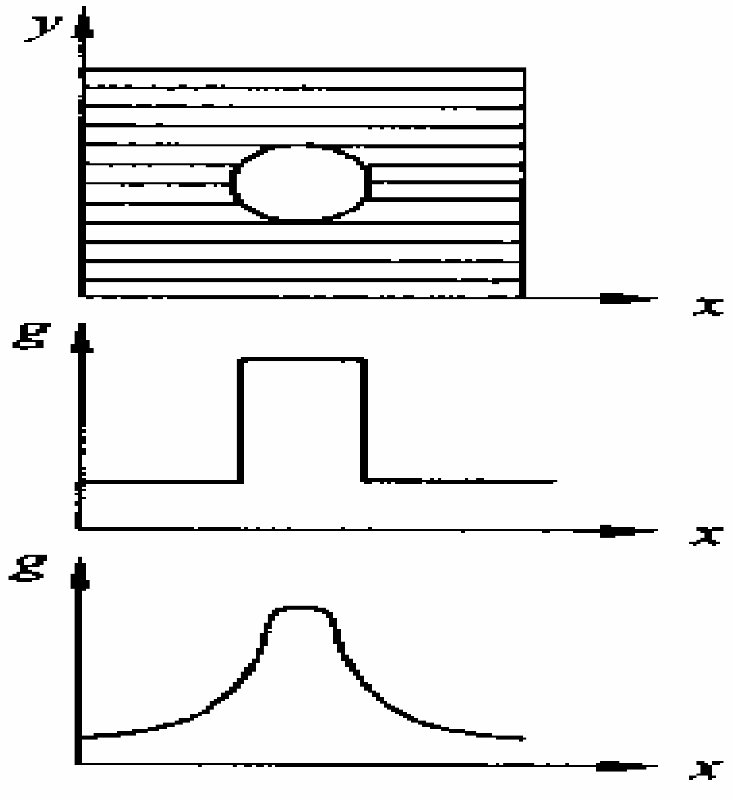
二.Forstner算子

1.点特征

- 点特征主要指明显点，
- 提取点特征的算子称为兴趣算子

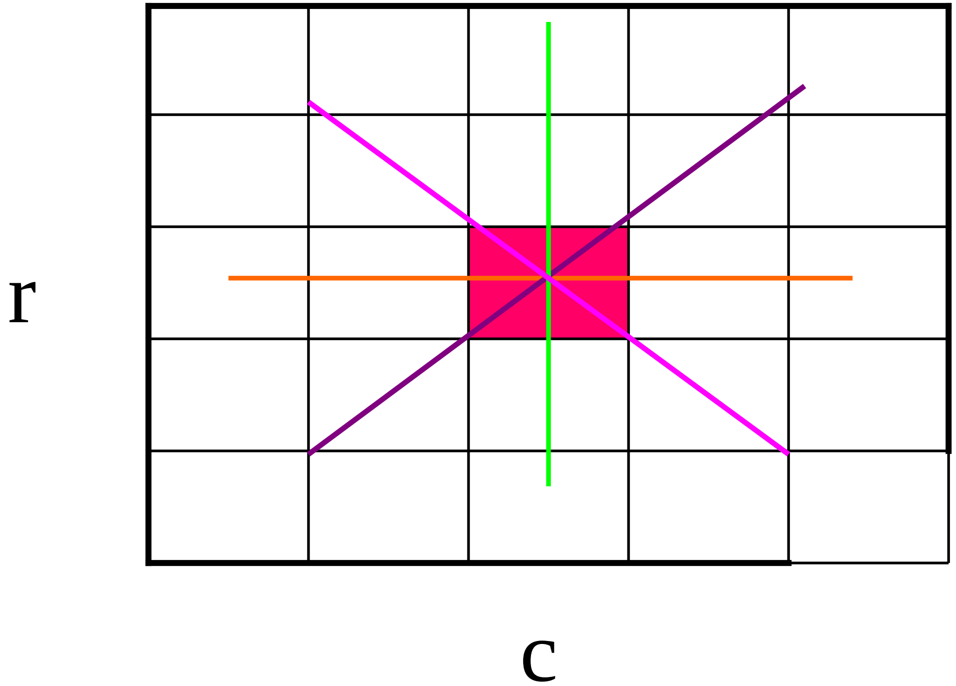


2.点特征的灰度特征



3.Moravec算子

Moravec于1977年提出利用灰度方差提取点特征的算子

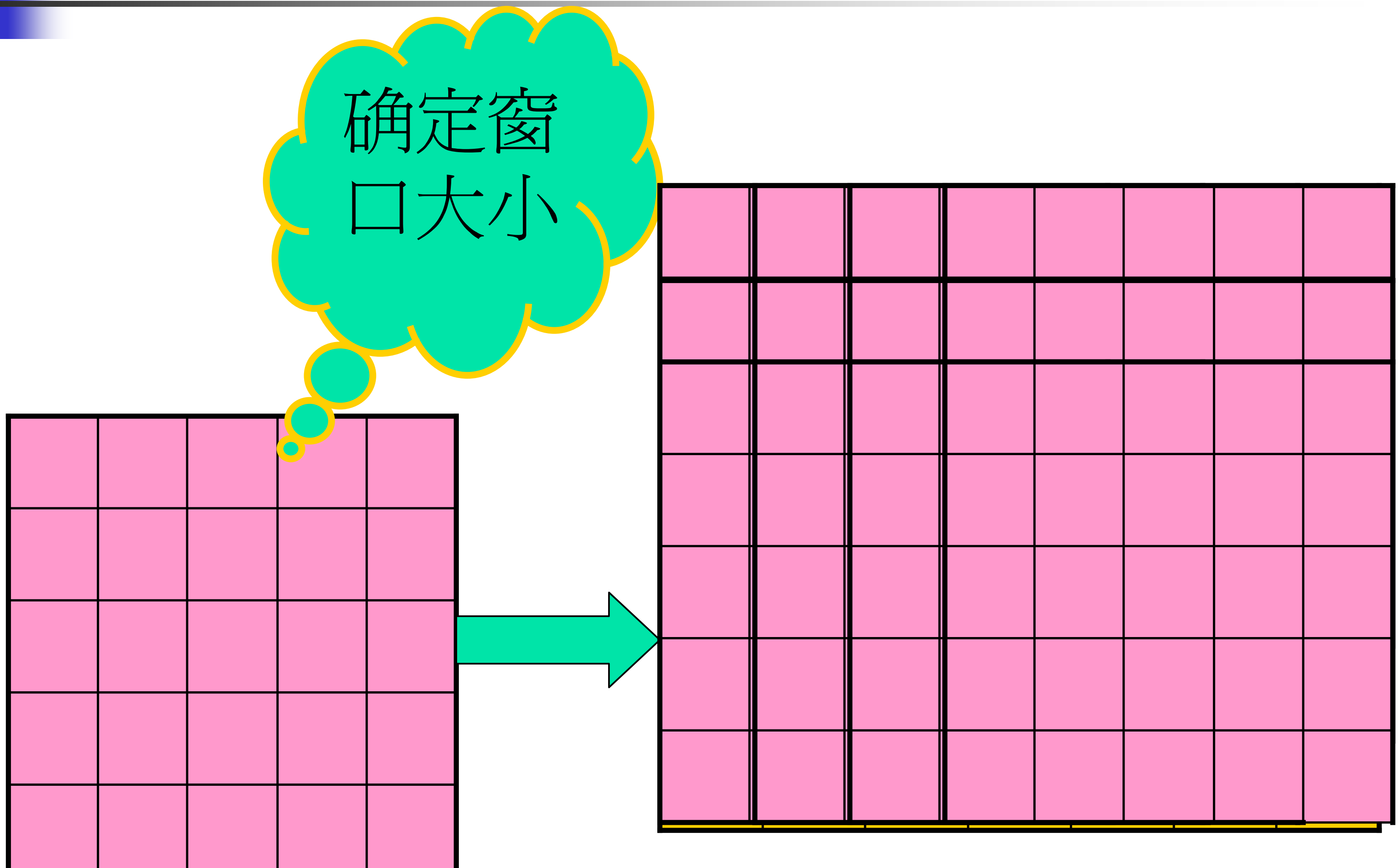


(1）计算各像元的兴趣值 IV

$$\left.\begin{aligned}
V_1 &= \sum_{i=-k}^{k-1} (g_{c+i,r} - g_{c+i+1,r})^2 \\
V_2 &= \sum_{i=-k}^{k-1} (g_{c+i,r+i} - g_{c+i+1,r+i+1})^2 \\
V_3 &= \sum_{i=-k}^{k-1} (g_{c,r+i} - g_{c,r+i+1})^2 \\
V_4 &= \sum_{i=-k}^{k-1} (g_{c+i,r-i} - g_{c+i+1,r-i-1})^2
\end{aligned}\right\}$$

$$IV_{c,r} = \min\{V_1, V_2, V_3, V_4\}$$

（2）给定一经验阈值，将兴趣值大于阈值的点作为候选点。

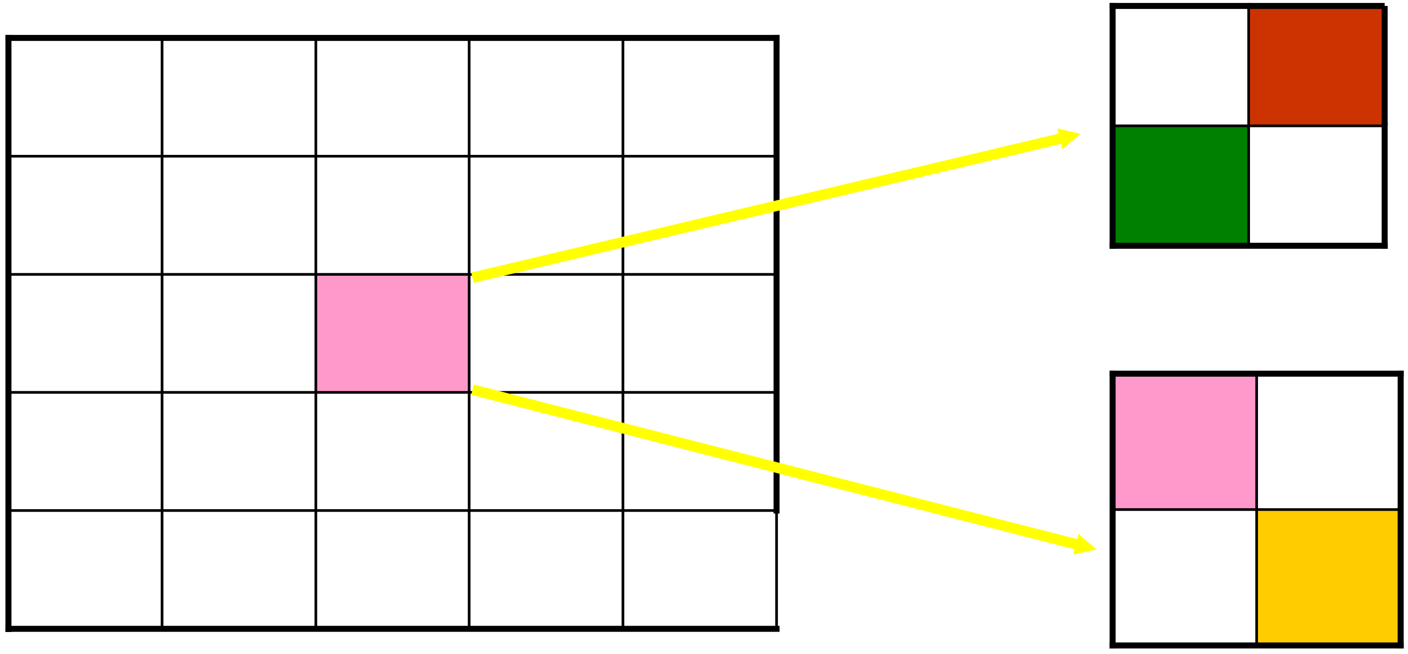


（3）选取候选点中的极值点作为特征点。

Moravec算子是在四个主要方向上，选择具有最大——最小灰度方差的点作为特征点

4. Forstner算子

Robert's梯度和灰度协方差矩阵，寻找具有尽可能小而接近圆的误差椭圆的点作为特征点



（l）计算各像素的Robert’s梯度

$$\left.\begin{aligned} g_u &= \frac{\partial g}{\partial u} = g_{i+1,j+1} - g_{i,j} \\ g_v &= \frac{\partial g}{\partial v} = g_{i,j+1} - g_{i+1,j} \end{aligned}\right\}$$

（2）计算 $l \times l$（如5×5或更大）窗口中灰度的协方差矩阵

$$Q = N^{-1} = \begin{bmatrix} \sum g_u^2 & \sum g_u g_v \\ \sum g_v g_u & \sum g_v^2 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\sum g_u^2 = \sum_{i=c-k}^{c+k-1} \sum_{j=r-k}^{r+k-1} (g_{i+1,j+1} - g_{i,j})^2$$

$$\sum g_v^2 = \sum_{i=c-k}^{c+k-1} \sum_{j=r-k}^{r+k-1} (g_{i,j+1} - g_{i+1,j})^2$$

$$\sum g_u g_v = \sum_{i=c-k}^{c+k-1} \sum_{j=r-k}^{r+k-1} (g_{i+1,j+1} - g_{i,j})(g_{i,j+1} - g_{i+1,j})$$

（3）计算兴趣值q与w

$$\omega = \frac{1}{\mathrm{tr}Q} = \frac{\mathrm{Det}N}{\mathrm{tr}N}$$

$$q = \frac{4DetN}{(trN)^2}$$

DetN代表矩阵N之行列式

trN代表矩阵N之迹

(4）确定待选点

$$T_q = 0.5 \sim 0.75$$

$$T_\omega = \begin{cases} f\overline{w} & (f = 0.5 \sim 1.5) \\ c\,\omega_c & (c = 5) \end{cases}$$

当 $q > T_q$ 同时 $w > T_w$，该像元为待选点

(5）选取极值点

即在一个适当窗口中选择最大的待选点

第三节

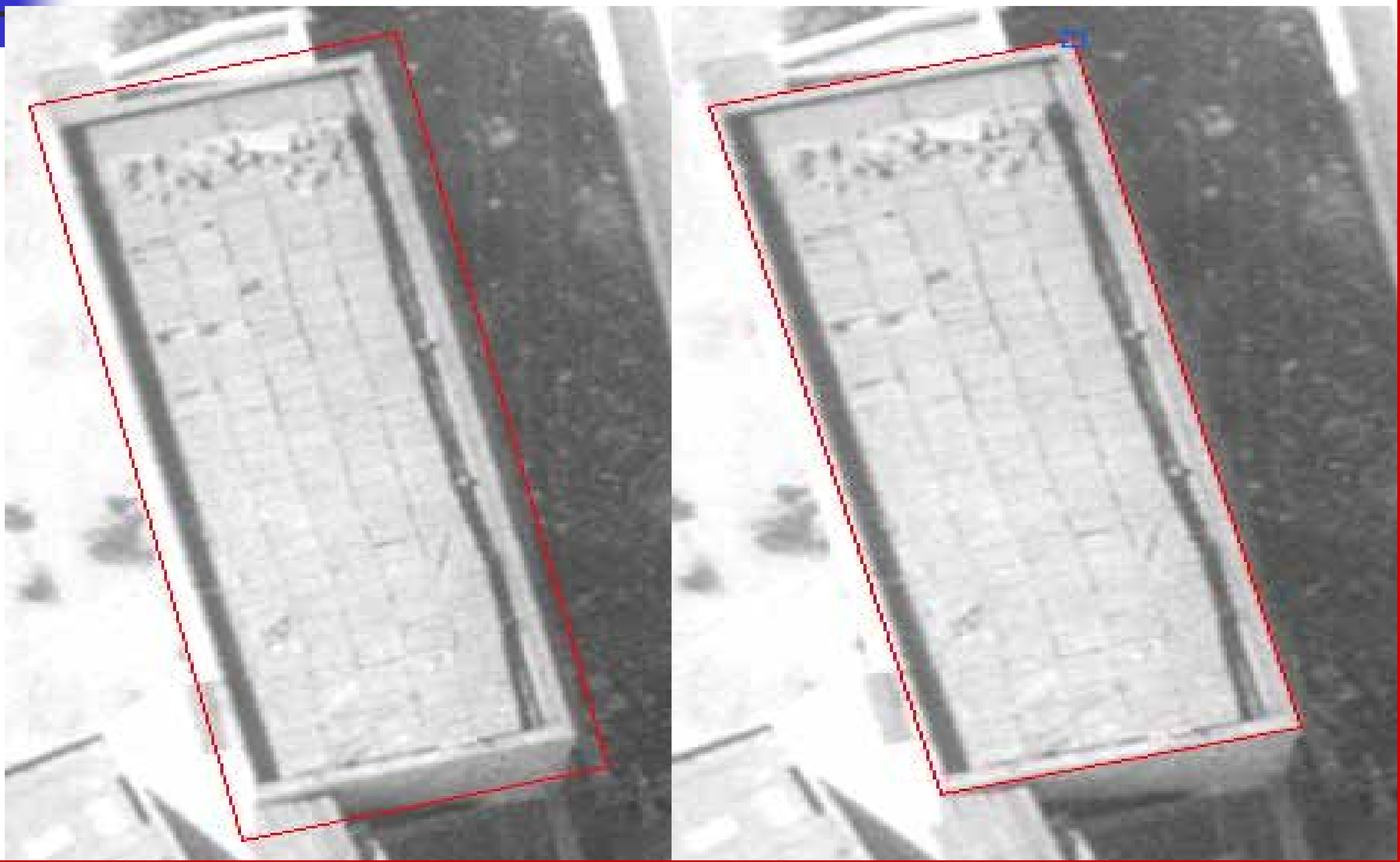
线特征提取算子

1. 线特征

- “边缘” 影像局部区域特征不相同的区域间的分界线
- “线” 是具有很小宽度的其中间区域具有相同的影像特征的边缘对

差分算子、拉普拉斯算手、LOG算子等

房屋的提取



道路的提取

2.线的灰度 特征

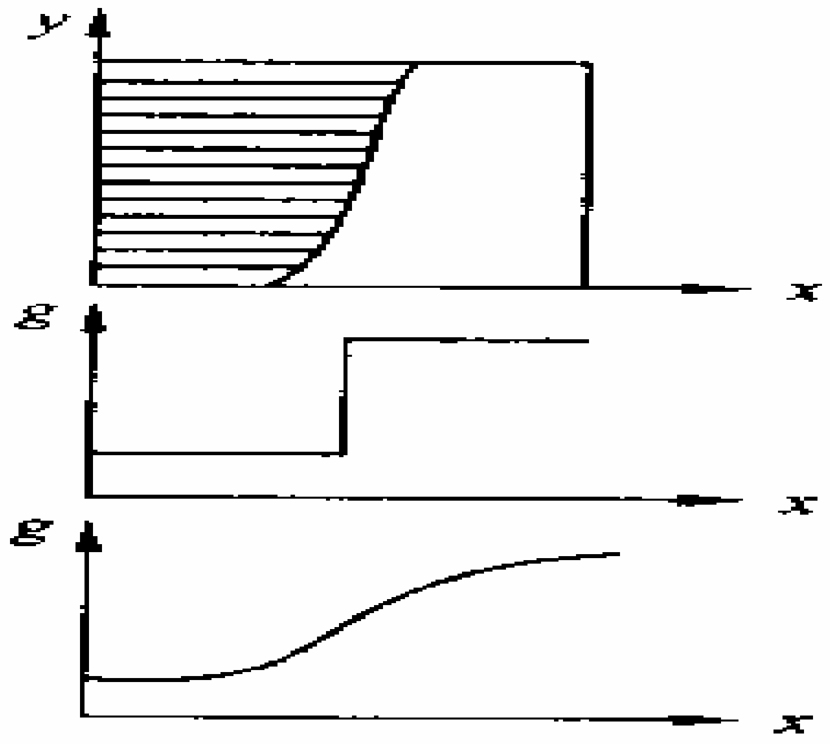


图 2-3-3 边缘特征

主要内容

一.微分算子

二.二阶差分算子

三.Hough变换

3. 微分算子

- 梯度算子

$$G[g(x,y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial g}{\partial x} \\ \frac{\partial g}{\partial y} \end{bmatrix}$$

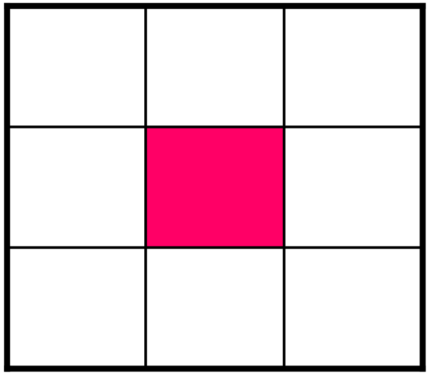
$$G(x,y) = mag[G] = \left[\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

•差分算子

$$G_{i,j}=\left[\left(g_{i,j}-g_{i+1,j}\right)^2+\left(g_{i,j}-g_{i,j+1}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

近似

$$G_{i,j}=\left|g_{i,j}-g_{i+1,j}\right|+\left|g_{i,j}-g_{i,j+1}\right|$$



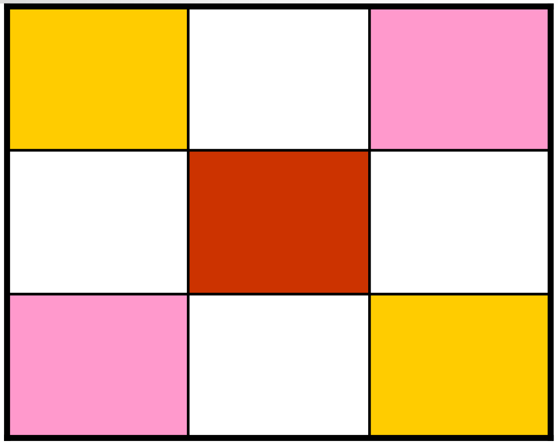
-1	1

-1
1

对于一给定的阈值T，当时，则认为像素（i，j）是边缘上的点。

• Roberts梯度算子

$$G_r[g(x,y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial g}{\partial u} \\ \frac{\partial g}{\partial v} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_u \\ g_v \end{bmatrix}$$



$$G_r(x,y) = (g_u^2 + g_v^2)^{\frac{1}{2}}$$

-1	
	1

$$G_{i,j} = \left[\left(g_{i,j} - g_{i+1,j}\right)^2 + \left(g_{i,j} - g_{i,j+1}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

	-1
1	

•方向差分算子

直线与边缘的方向

$$\underset{\text{北}}{\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & -2 & 1\\ -1 & -1 & -1\end{bmatrix}}\quad
\underset{\text{东北}}{\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ -1 & -2 & 1\\ -1 & -1 & 1\end{bmatrix}}\quad
\underset{\text{东}}{\begin{bmatrix}-1 & 1 & 1\\ -1 & -2 & 1\\ -1 & 1 & 1\end{bmatrix}}\quad
\underset{\text{东南}}{\begin{bmatrix}-1 & -1 & 1\\ -1 & -2 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}}$$

$$\underset{\text{南}}{\begin{bmatrix}-1 & -1 & -1\\ 1 & -2 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}}\quad
\underset{\text{西南}}{\begin{bmatrix}1 & -1 & -1\\ 1 & -2 & -1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}}\quad
\underset{\text{西}}{\begin{bmatrix}1 & 1 & -1\\ 1 & -2 & -1\\ 1 & 1 & -1\end{bmatrix}}\quad
\underset{\text{西北}}{\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & -2 & -1\\ 1 & -1 & -1\end{bmatrix}}$$

• Sobel算子

考察它上下、左右邻点灰度的加权差。与之接近的邻点的权大：

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

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

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

$$S_x(i, j) = \left| g_1 - g_3 + 2g_4 - 2g_6 + g_7 - g_9 \right|$$

$$S_y(i, j) = \left| g_7 + 2g_8 + g_9 - g_1 - 2g_2 - g_3 \right|$$

Prewitt算子与Sobel算子

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

Prewitt算子

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

-1	-2	1
-1	0	1
-1	2	1

Sobel 算子

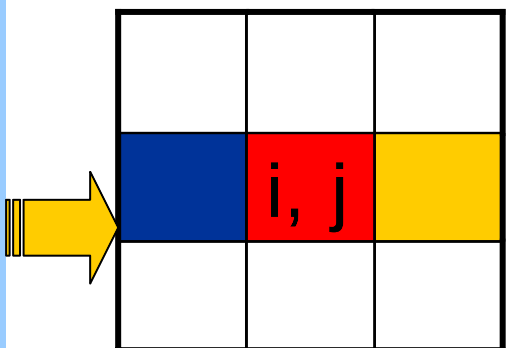
加大模扳
抑制噪声

4. 二阶差分算子

- 方向二阶差分算子

$$g''_{ij} = (g_{i+1,j} - g_{i,j}) - (g_{i,j} - g_{i-1,j})$$

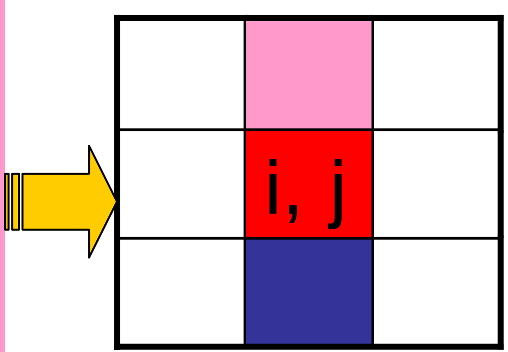
$$= [g_{i-1,j} \quad g_{i,j} \quad g_{i+1,j}] \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix} = -g_{ij} * [-1 \ 2 \ -1]$$



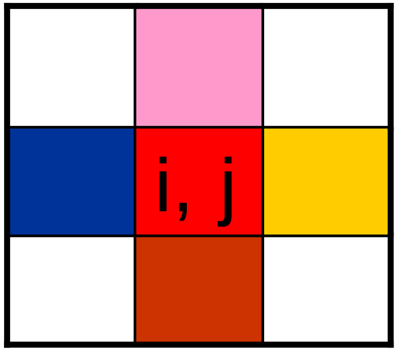
$$g''_{ij} = (g_{i+1,j} - g_{i,j}) - (g_{i,j} - g_{i-1,j})$$

$$= [g_{i,j-1} \quad g_{i,j} \quad g_{i,j+1}] \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$= -g_{ij} * \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix}$$



$$D = \begin{bmatrix} & & \\ -1 & 2 & -1 \\ & & \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & -1 & \\ & 2 & \\ & -1 & \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$



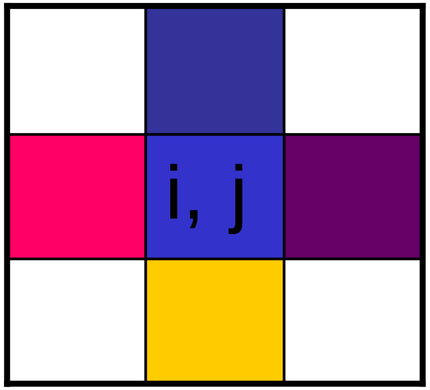
$$D_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & & -1 \\ & 2 & \\ -1 & & \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & & \\ & 2 & \\ & & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

•拉普拉斯算子（Laplace）

$$\nabla^2 g = \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2}$$

$$\begin{aligned}\nabla^2 g_{ij} &= (g_{i+1,j} - g_{i,j}) - (g_{i,j} - g_{i-1,j}) + \\ &\quad (g_{i,j+1} - g_{i,j}) - (g_{i,j} - g_{i,j-1}) \\ &= g_{i+1,j} + g_{i-1,j} + g_{i,j+1} + g_{i,j-1} - 4g_{i,j}\end{aligned}$$

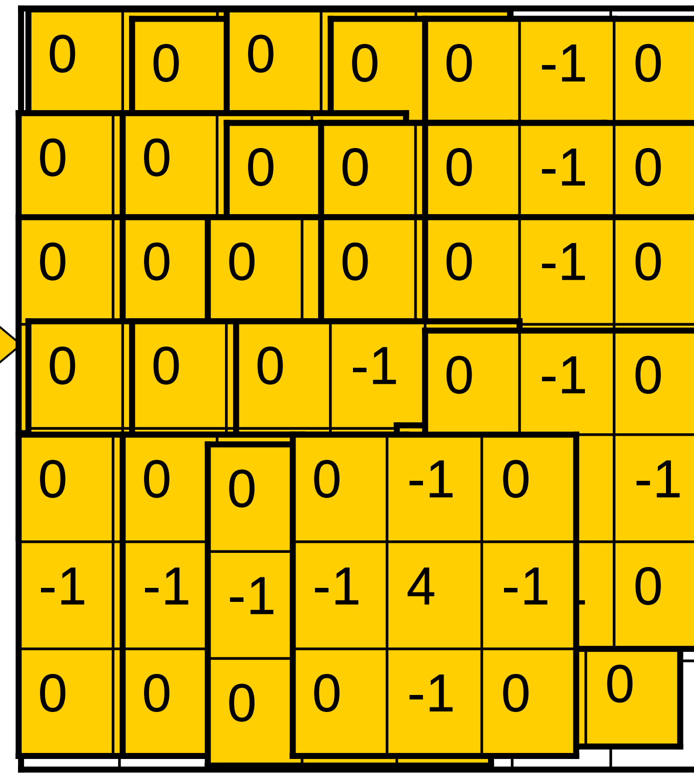
$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$



取其符号变化的点，即通过零的点为边缘点，通常也称其为零交叉点

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

卷积核掩膜



• 高斯一拉普拉斯算子（LOG）

$$f(x,y)=\exp(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2})$$

高斯函数

↓

$$G(x,y)=f(x,y)*g(x,y)$$

低通滤波

↓

$$G(x,y)=\nabla^2[f(x,y)*g(x,y)]$$

边缘提取

LOG算子为卷积核，对原灰度函数进行卷积运算后,提取零交叉点为边缘

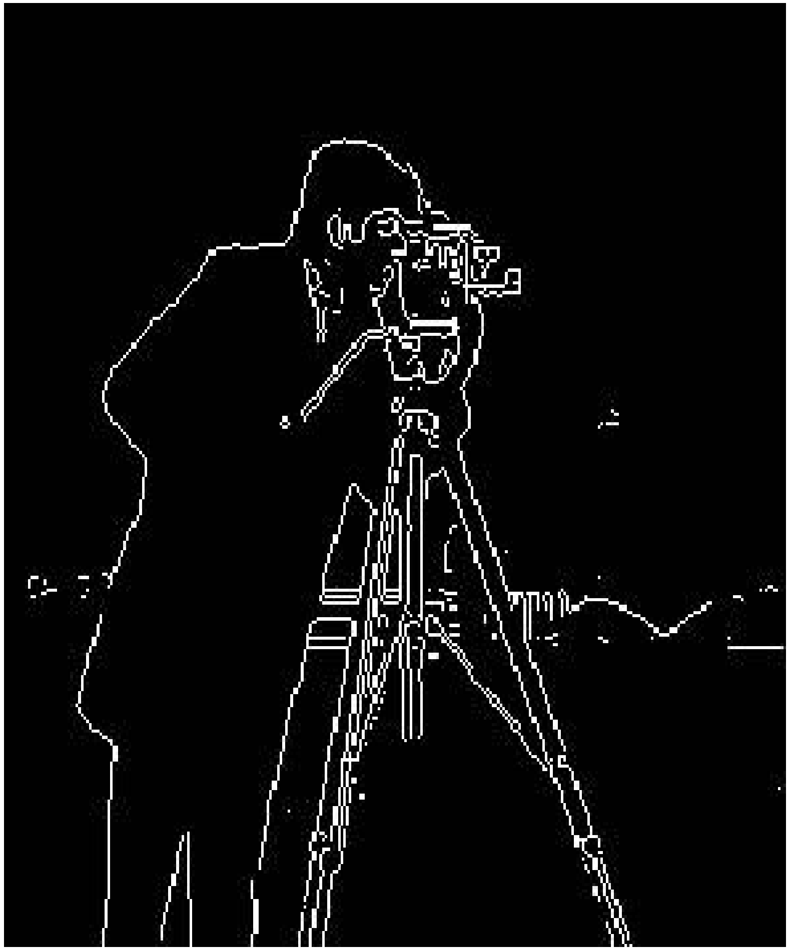
$$G(x,y)=\nabla^2[f(x,y)*g(x,y)]$$

$$G(x,y)=[\nabla^2 f(x,y)]*g(x,y)$$

$$\nabla^2 f(x,y)=\frac{x^2+y^2-2\sigma^2}{\sigma^2}\exp(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^4})$$

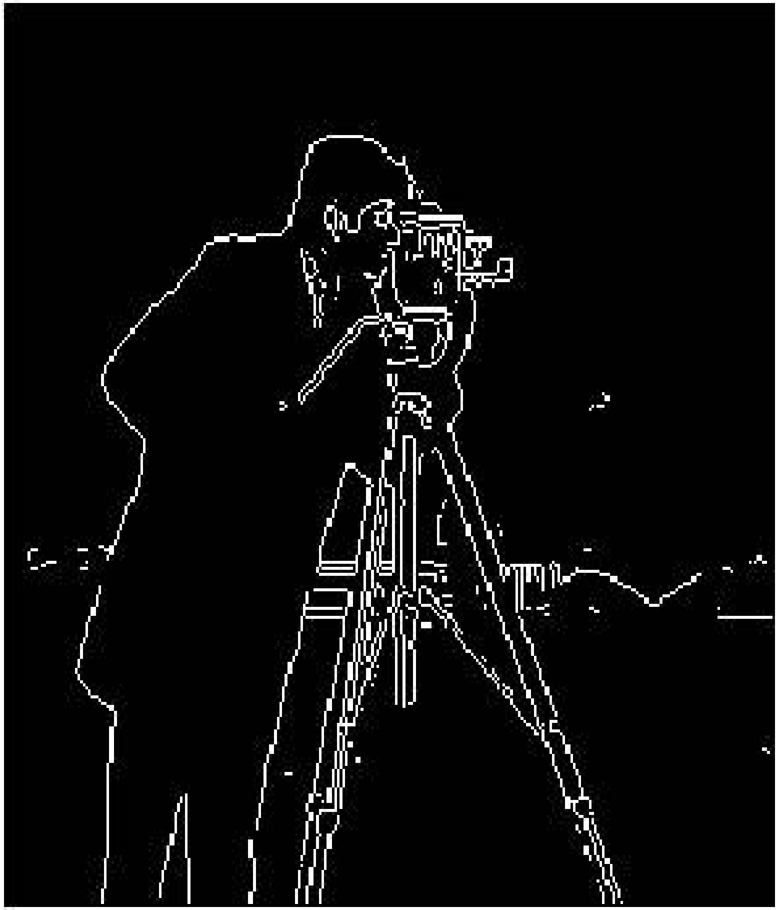
边缘检测算子比较结果

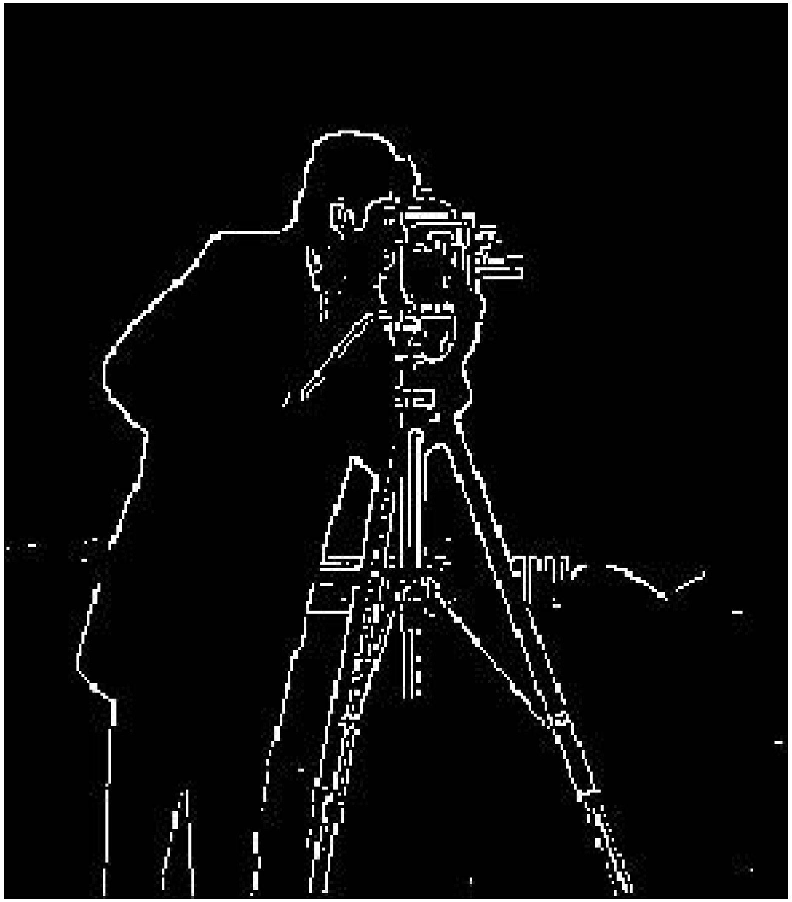
Sobel



Prewitt

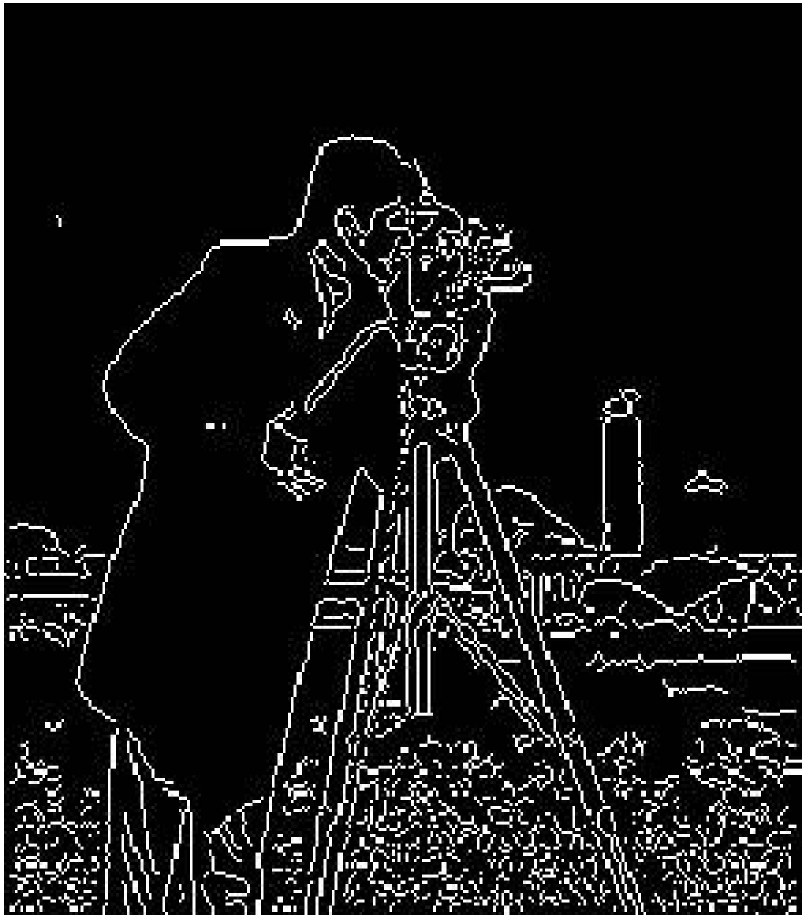
Roberts





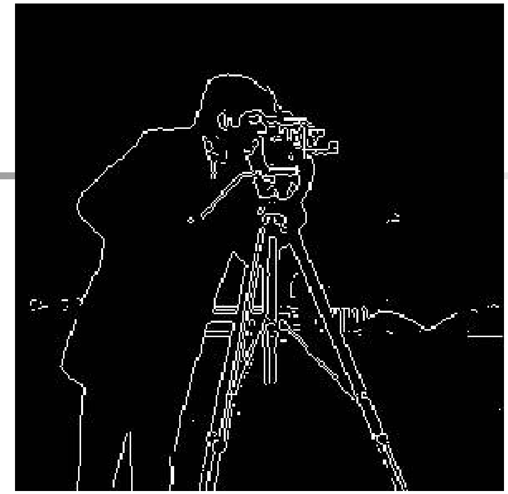
Laplacian of Gaussian

Canny

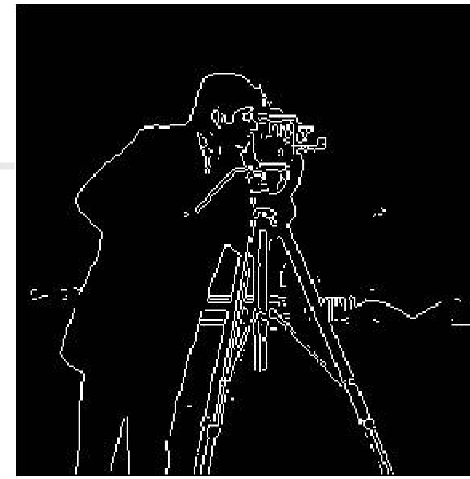


原始图像

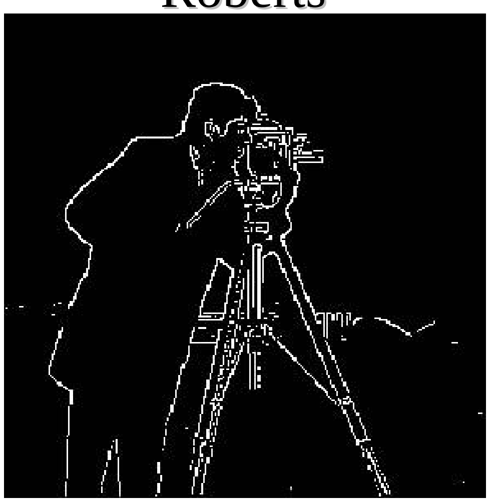
Sobel



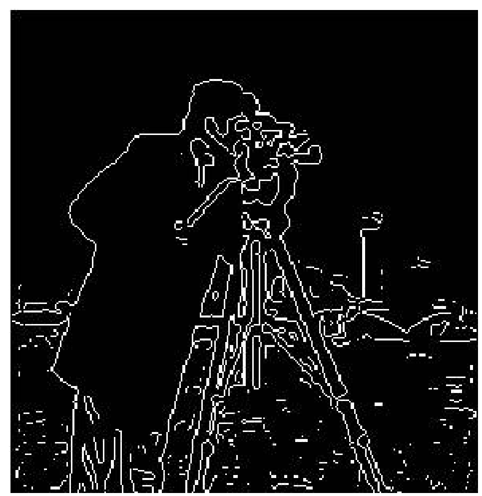
Prewitt



Roberts



Laplacian of Gaussian

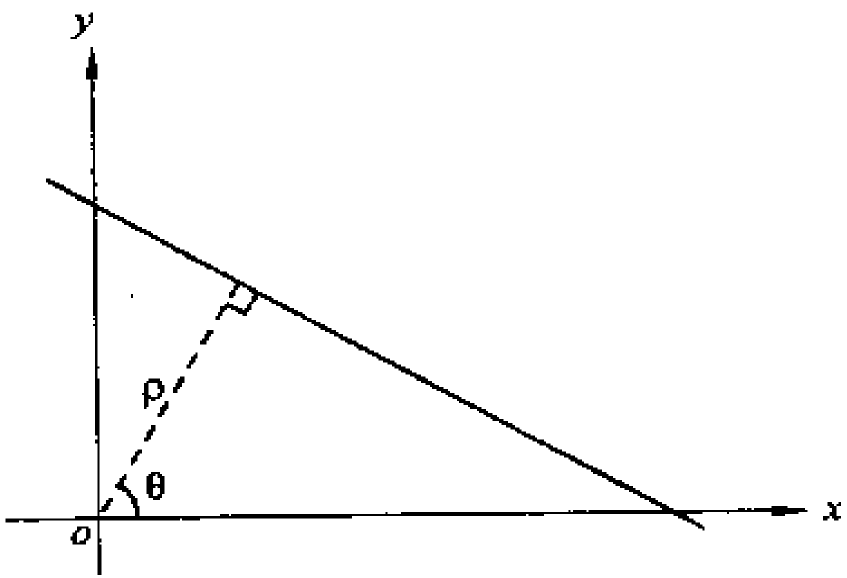


Canny

5.Hough变换

用于检测图像中直线、圆、抛物线、椭圆等

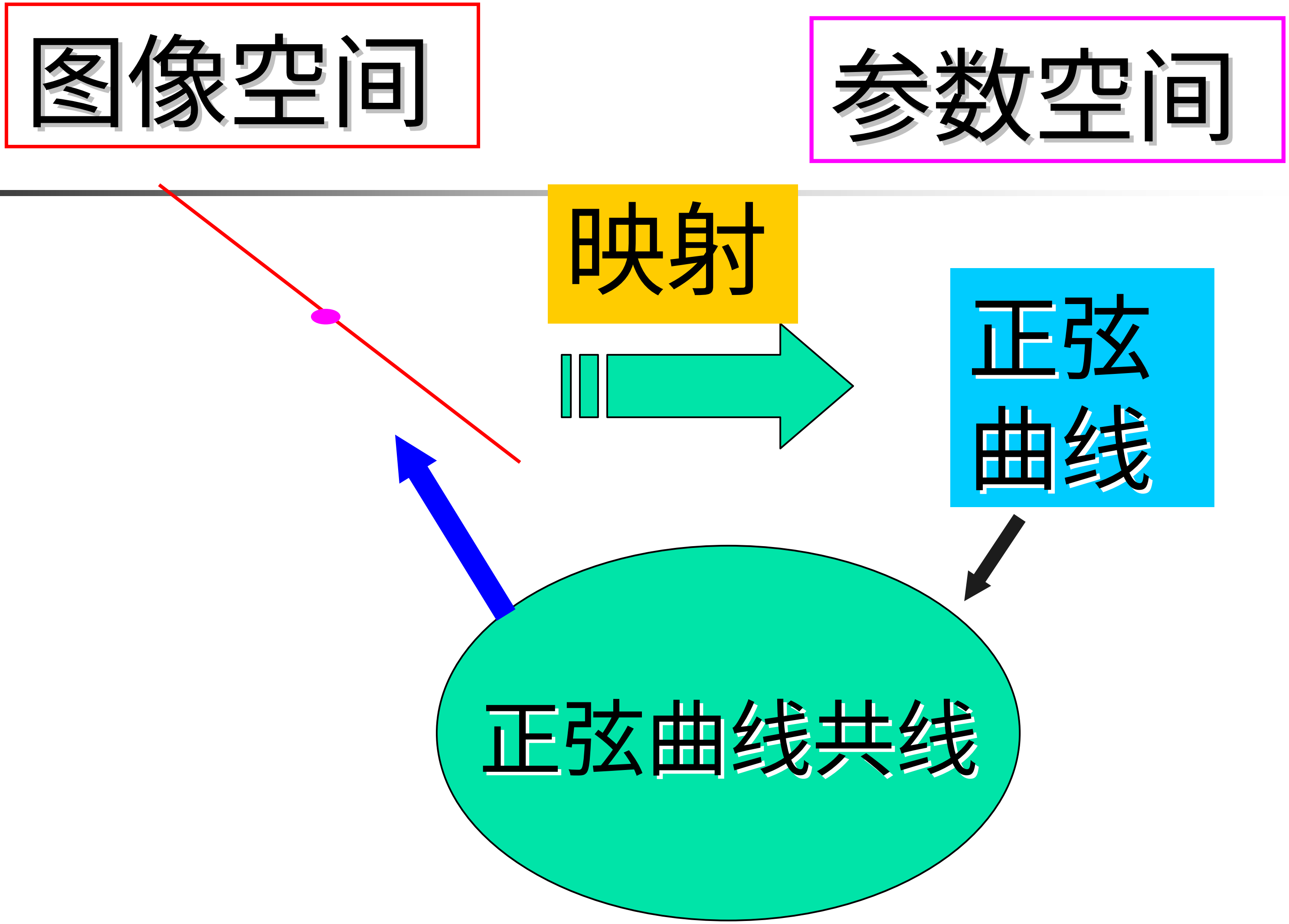
$$\rho = x\cos\vartheta + y\sin\vartheta$$



图像空间

对于影像空间直线上任一点(x，y)变换将其映射到参数空间(θ，ρ)的一条正弦曲线上

$$\rho = x\cos\vartheta + y\sin\vartheta$$


图像空间
参数空间
映射
正弦
曲线
正弦曲线共线

Hough变换步骤

- 提取特征并计算其梯度方向.
- 设置累计矩阵H(θi，ρj).
- 边缘细化，
- 设置一小区间[Ψ-ϑ_o，Ψ+ϑ_o]
- 将大于阈值的点作为备选点.
- 取累计矩阵中备选点中的极大值点为所需的峰值点.

θ_{ij}