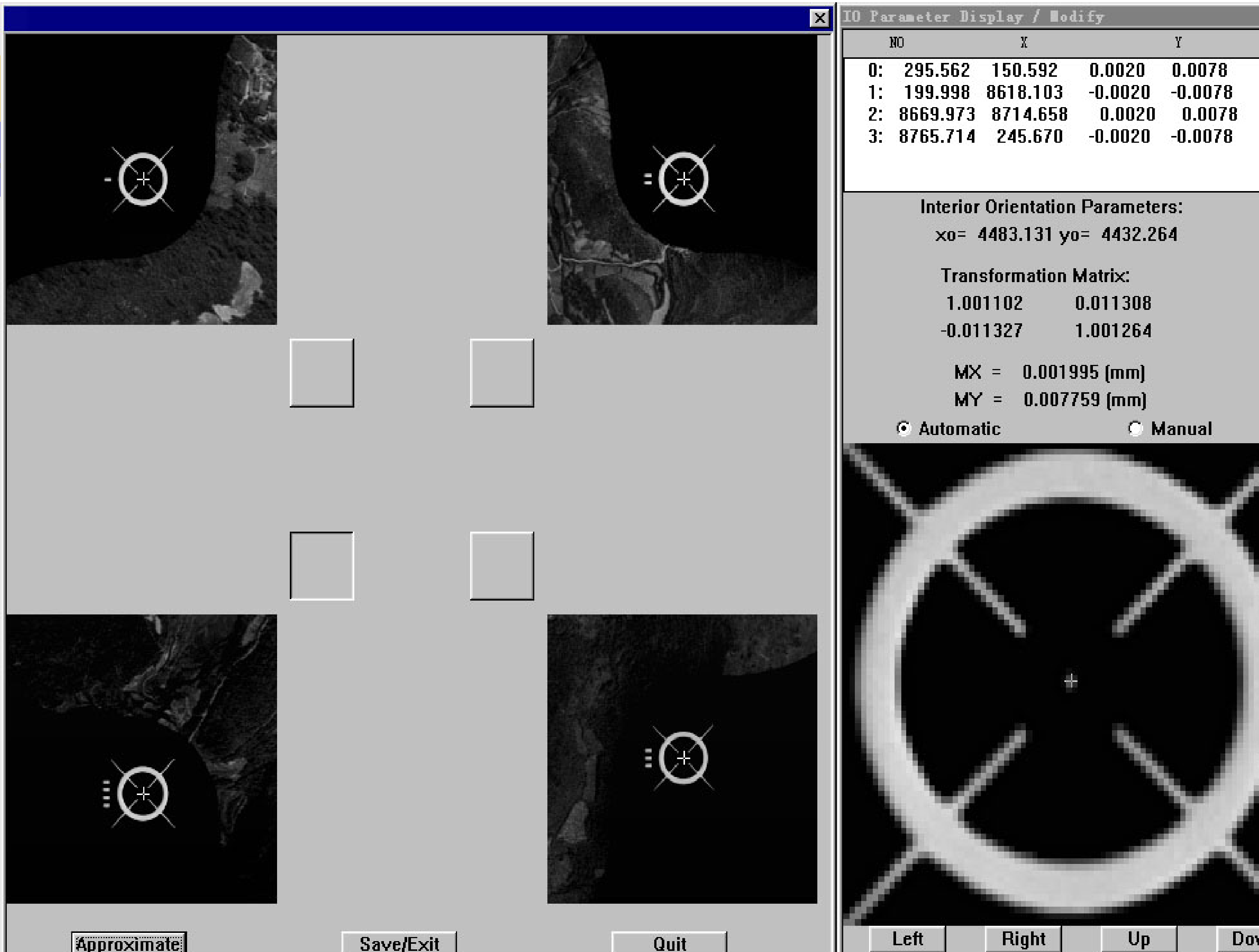
第四节 定位算子

主要内容

- Wong-Trinder圆点定位算子
- Forstner 定位算子
- 高精度角点与直线定位算子

内定向


IO Parameter Display / Modify
NO
X
Y
0: 295.562 150.592 0.0020 0.0078
1: 199.998 8618.103 -0.0020 -0.0078
2: 8669.973 8714.658 0.0020 0.0078
3: 8765.714 245.670 -0.0020 -0.0078
Interior Orientation Parameters:
xo= 4483.131 yo= 4432.264
Transformation Matrix:
1.001102 0.011308
-0.011327 1.001264
MX = 0.001995 (mm)
MY = 0.007759 (mm)
Automatic
Manual
Approximate
Save/Exit
Quit
Left
Right
Up

1.Wong-Trinder园点定位算子

- 利用二值图像重心对圆点进行定位
- 利用阈值T=（最小灰度值+平均灰度值）/2将窗口中的影像二值化
- 计算目标重心坐标（x，y）与园度

•园度的计算公式

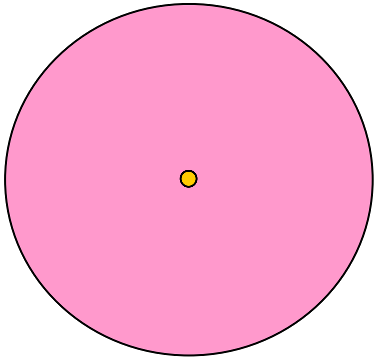
$$x = m_{10} / m_{00}$$

$$y = m_{01} / m_{00}$$

$$\gamma = M_x' / M_y'$$

$$M_x' = \frac{M_{20} + M_{02}}{2} + \sqrt{\left(\frac{M_{20} - M_{02}}{2}\right)^2 + M_{11}^{\ 2}}$$

$$M_y' = \frac{M_{20} + M_{02}}{2} - \sqrt{\left(\frac{M_{20} - M_{02}}{2}\right)^2 + M_{11}^{\ 2}}$$



Wong-Trinder园点定位算子

$$m_{pq} = \sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} i^p j^q g_{ij} \quad (p, q = 0,1,2\cdots)$$

$$M_{pq} = \sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} (i-x)^p (j-y)^q g_{ij} \quad (p, q = 0,1,2\cdots)$$

p＋q阶原点矩与中心矩

当r小于阈值时，目标不是园；否则园心为（x，y）

2.Trinder 改进算子

算子受二值化影响，误差可达0.5像素

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{1}{M}\sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} i g_{ij} W_{ij} \\ y &= \frac{1}{M}\sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} j g_{ij} W_{ij} \end{aligned}\right\}$$

$$M = \sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} g_{ij} W_{ij}$$

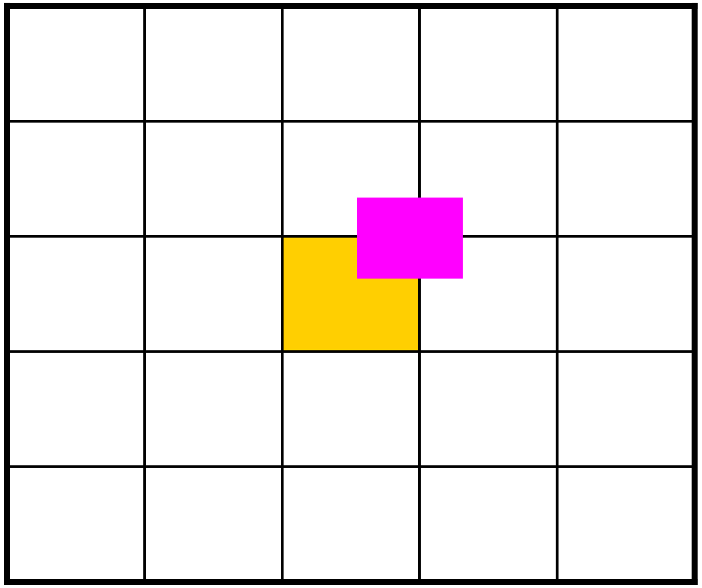
原始灰度

定位精度可达0.01像素

3.Forstner定位算子

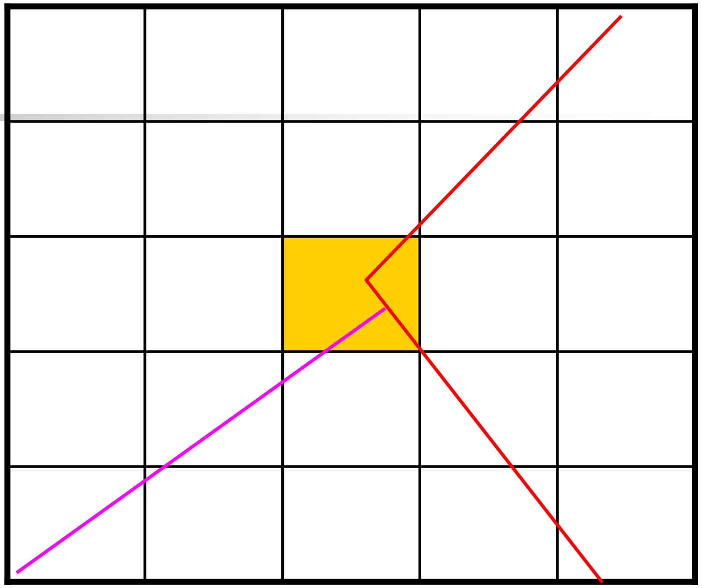
最佳窗口选择

最佳窗口内加权重心化



窗口内像元的加权重心

- 以原点到窗口内边缘直线的距离为观测值，梯度模之平方为权



$$\left.\begin{aligned} v &= x_0\cos\theta + y_0\sin\theta - (x\cos\theta + y\sin\theta) \\ \omega(x,y) &= \left|\nabla g\right|^2 = {g_x}^2 + {g_y}^2 \end{aligned}\right\}$$

4.高精度角点与直线定位算子

- 数学模型

$$g(x)=\int_{-\infty}^{x}S(x)dx$$

刀刃曲线

线扩散函数

影像的梯度

$$\nabla g(x)=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}g(x)=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int_{-\infty}^{x}S(x)\mathrm{d}x=S(x)$$

理想的线扩散函数服从高斯分布

$$S(x,y)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\exp[-\frac{1}{2\sigma^2}(x\cos\theta+y\sin\theta-\rho)^2]$$

影像的梯度

$$\nabla g(x,y)=\alpha\cdot\exp[-k(x\cos\theta+y\sin\theta-\rho)^2]$$

$$v(x,y)=c_0\mathrm{d}\alpha+c_1\mathrm{d}k+c_2\mathrm{d}\rho+c_3\mathrm{d}\theta+c_4$$

线性化误差方程式中的系数

$$c_0 = \exp[-k_0(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0 - \rho_0)^2]$$

$$c_1 = -a_0 c_0 (x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0 - \rho_0)^2$$

$$c_2 = 2a_0 k_0 c_0 (x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0 - \rho_0)$$

$$c_3 = c_2(x\sin\theta_0 - y\cos\theta_0)$$

$$c_4 = a_0 \exp[-k(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0 - \rho_0)^2] - \nabla g(x, y)$$

a_0, k_0, ρ_0与θ_0为参数的近似值

采用梯度的模为观测值

Roberts梯度

$$\nabla g(i,j)=\sqrt{(g_{i+1,j+1}-g_{i,j})^2+(g_{i+1,j}-g_{i,j+1})^2}$$

$$\mathrm{d}\nabla g=-\cos\beta\,\mathrm{d}g_{i,j}+\sin\beta\,\mathrm{d}g_{i+1,j}-\sin\beta\,\mathrm{d}g_{i,j+1}+\cos\beta\,\mathrm{d}g_{i+1,j+1}$$

梯度角

误差

$$m_{\nabla g}^{\ 2}=\cos^2\beta\cdot m^2+\sin^2\beta\cdot m^2+\sin^2\beta\cdot m^2+\cos^2\beta\cdot m^2$$

$$=2m^2$$

噪声误差

单位权中误差为

$$m_0=\sqrt{2}\,m$$

•初值确定

Hough变换确定直线参数初值ρ_0，θ_0。

$$a_0 = \max\{\nabla g(x, y)\}$$

α是梯度的最大值

$$k_0 = -\frac{\ln \nabla g(x_0, y_0) - \ln a_0}{(x_0 \cos\theta_0 + y_0 \sin\theta_0 - \rho_0)^2}$$

(x_0,y_0)为直线附近任一点的坐标

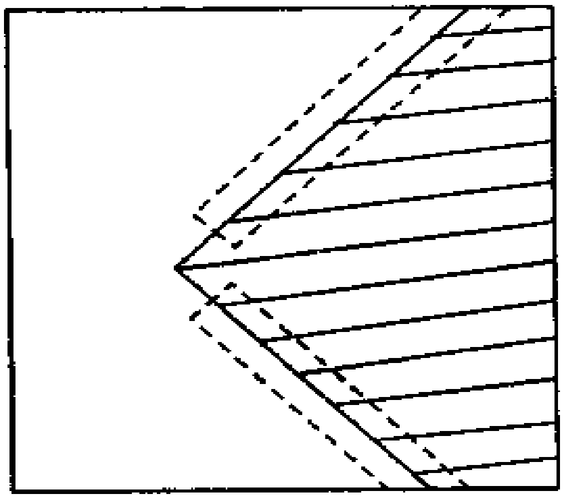
•粗差的剔除

$$W_{i,j} = \begin{cases} 1, & \sigma_0^2 < \sigma_n^2 \text{OR} \ \sigma_0^2 / v_{ij}^2 > 1 \\ \sigma_0^2 / v_{ij}^2 & \end{cases}$$

采用选权迭代法，使粗差在平差的过程中自动地被逐渐剔除

• 窗口的选择

精确定位窗口在粗定位矩形窗口中确定



• 角点定位

$$\left.\begin{aligned}\rho_1 &= x\cos\theta_1 + y\sin\theta_1 \\ \rho_2 &= \cos\theta_2 + y\sin\theta_2\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}x_c &= \frac{\rho_1 \sin\theta_2 - \rho_2 \sin\theta_1}{\sin(\theta_2 - \theta_1)} \\ y_c &= \frac{\rho_2 \cos\theta_1 - \rho_1 \cos\theta_2}{\sin(\theta_2 - \theta_1)}\end{aligned}\right\}$$

•理论精度

$$\sigma_0=\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-4}}$$,n为观测值个数

$$\begin{bmatrix} q_{\rho\rho} & q_{\rho\theta} \\ q_{\theta\rho} & q_{\theta\theta} \end{bmatrix}$$

单位权中误差

直线参数ρ，θ的协因素阵

$$D=\begin{bmatrix} \sigma_{01}{}^2 q_{\rho_1\rho_1} & \sigma_{01}{}^2 q_{\rho_1\theta_1} & 0 & 0 \\ \sigma_{01}{}^2 q_{\rho_1\theta_1} & \sigma_{01}{}^2 q_{\theta_1\theta_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{02}{}^2 q_{\rho_2\rho_2} & \sigma_{02}{}^2 q_{\rho_2\theta_2} \\ 0 & 0 & \sigma_{02}{}^2 q_{\rho_2\theta_2} & \sigma_{02}{}^2 q_{\theta_2\theta_2} \end{bmatrix}$$

两直线参数的协方差阵

$$\sigma_P=\sqrt{\sigma_x{}^2+\sigma_y{}^2}$$

理论定位精度为0.02像素