第七章

数字微分纠正

主要内容

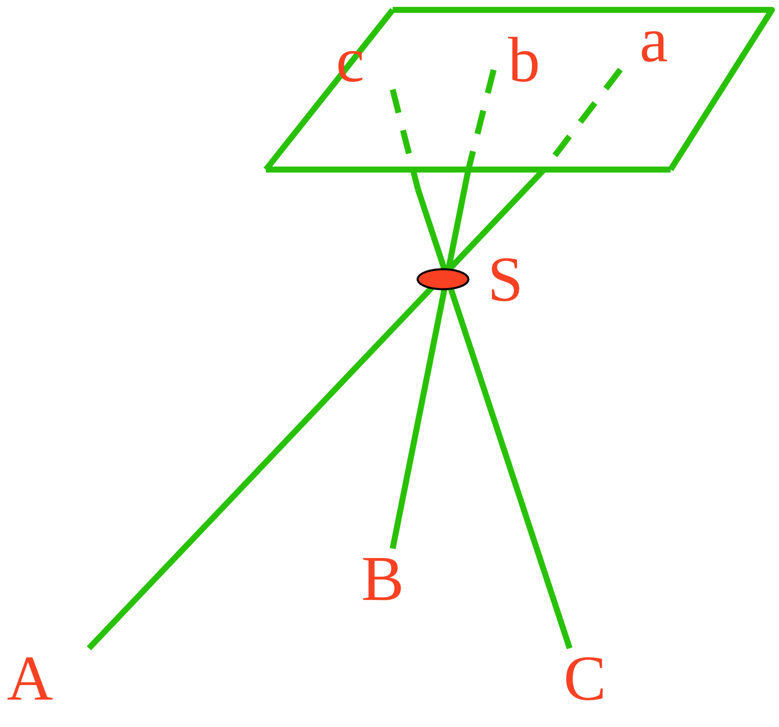
- 数字微分纠正的概念
- 框幅式中心投影影像的数字微分纠正
- 线性阵列扫描影像的数字纠正
- 立体正射影像对的制作
- 景观图的制作原理

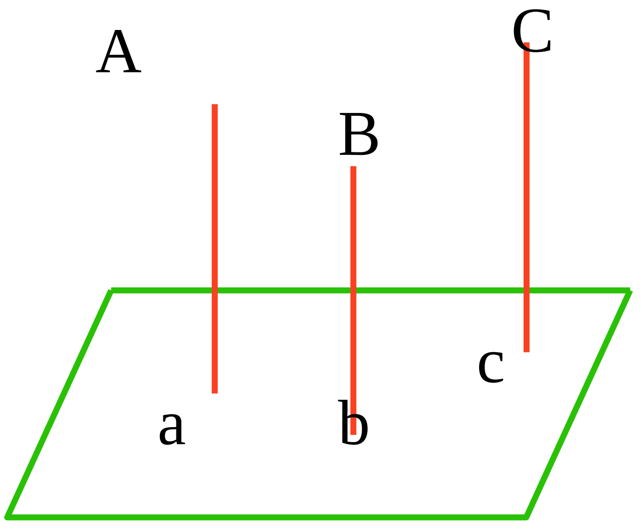
第一节

数字微分纠正的概念

中心投影

正射投影





正射影像（DOM）图

1.数字微分纠正的概念

- 根据有关的参数与数字地面模型
- 利用相应的构像方程式，或按一定的数学模型用控制点解算
- 从原始非正射投影的数字影像获取正射影像

第二节

框幅式中心投影影像的数字微分纠正

1 .数字微分纠正的基本原理

点元素纠正

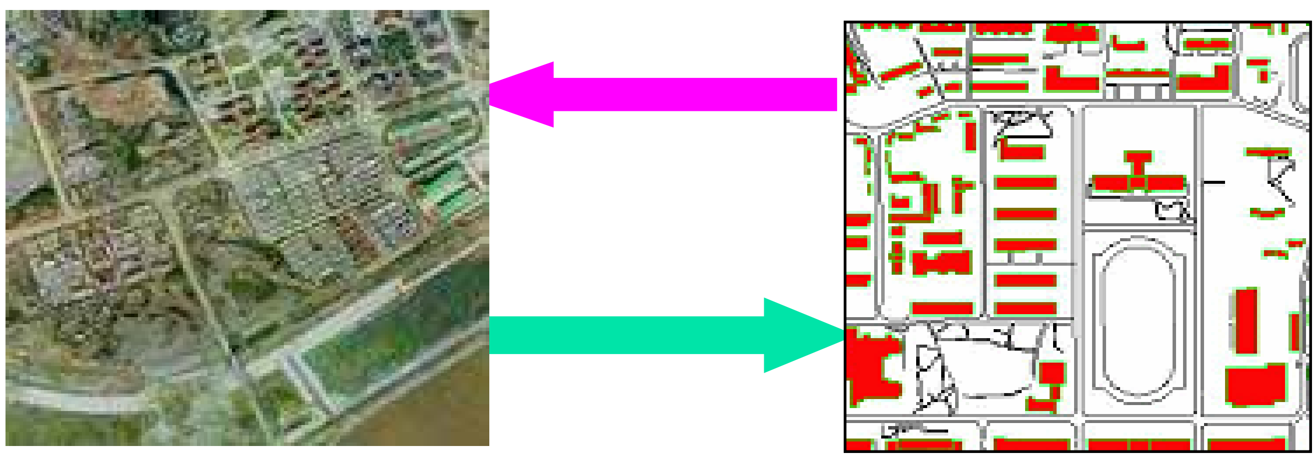
线元素纠正

面元素纠正

实现两个二维图像之间的几何变换

➢反解法

$$x = f_x(X, Y)；\quad y = f_y(X, Y)$$



$$X = \Phi_x(x, y)；\quad Y = \Phi_y(x, y)$$

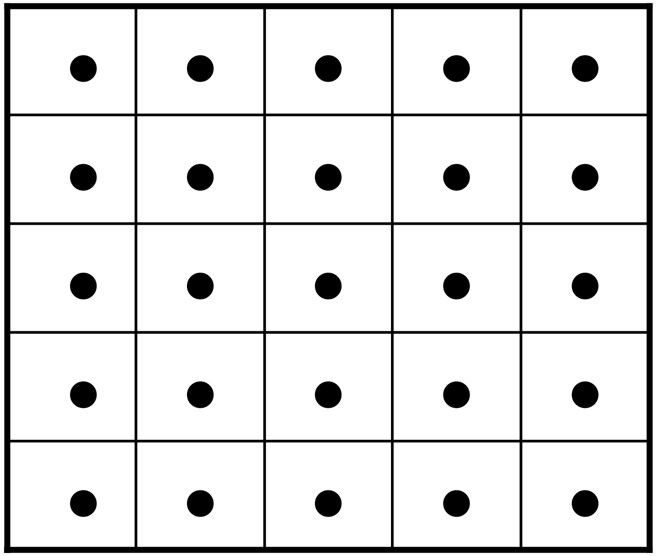
➢正解法

2.反解法（间接法）数字微分纠正

- 计算地面点坐标

$$X = X_0 + M \cdot X'$$

$$Y = Y_0 + M \cdot Y'$$



- 计算像点坐标

$$\left.\begin{aligned} x - x_0 &= -f\frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} \\ y - y_0 &= -f\frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} \end{aligned}\right\}$$

➢X，Y，Z直接解求扫描坐标行、列号 I，J

$$\lambda_0\begin{bmatrix} x-x_0 \\ y-y_0 \\ -f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} X-X_S \\ Y-Y_S \\ Z-Z_S \end{bmatrix} = \lambda\begin{bmatrix} m_1 & m_2 & 0 \\ n_1 & n_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I-I_0 \\ J-J_0 \\ -f \end{bmatrix}$$

$$\lambda\begin{bmatrix} I-I_0 \\ J-J_0 \\ -f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m'_1 & m'_2 & 0 \\ n'_1 & n'_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} X-X_S \\ Y-Y_S \\ Z-Z_S \end{bmatrix}$$

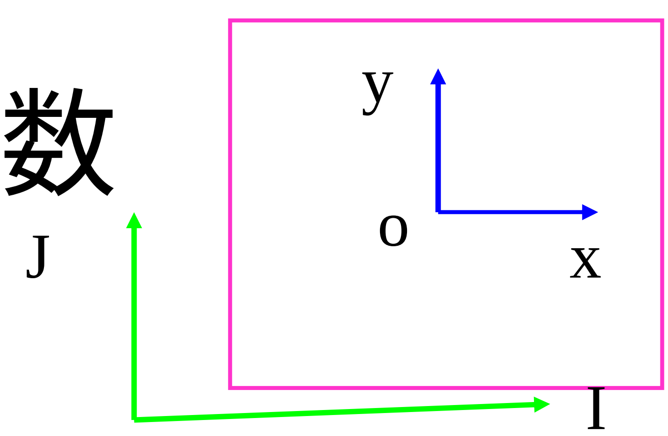
$$I = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} + 1}$$

$$J = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} + 1}$$

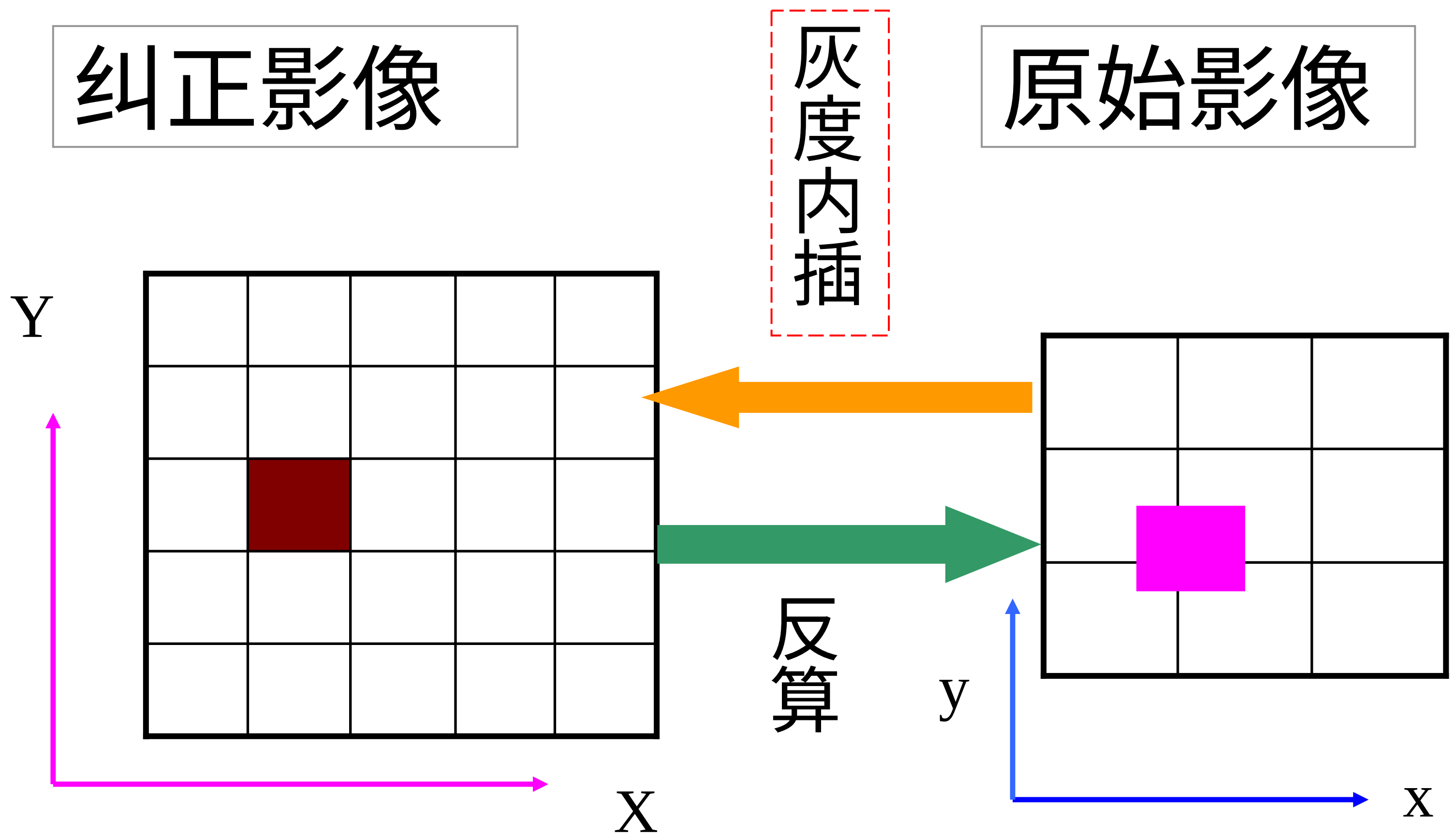
➤数字摄影测量的内定向

$$\begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 & m_2 & 0 \\ n_1 & n_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I - I_0 \\ J - J_0 \\ -f \end{bmatrix}$$

- 根据框标解算参数



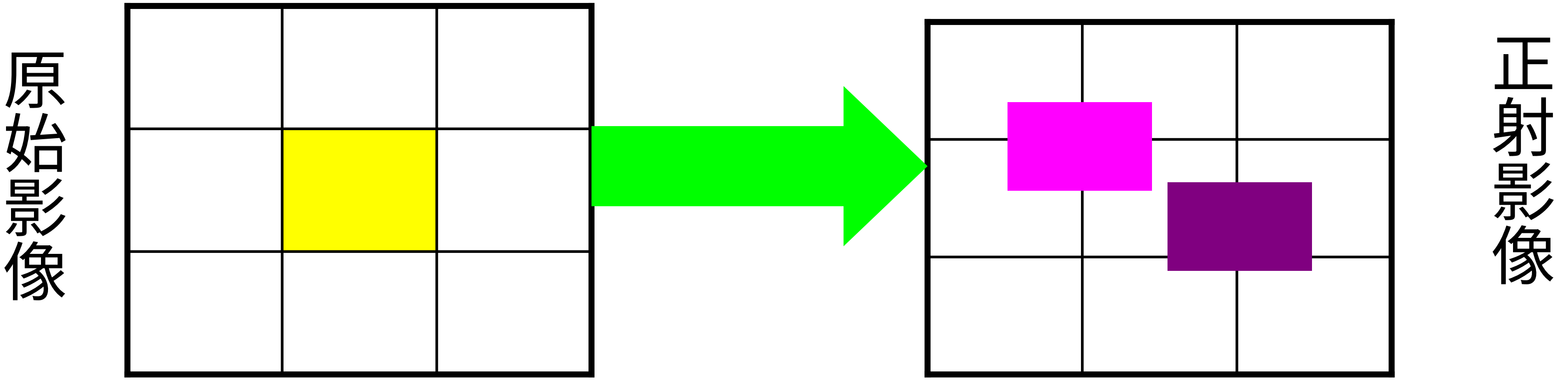
➤反解法解算流程



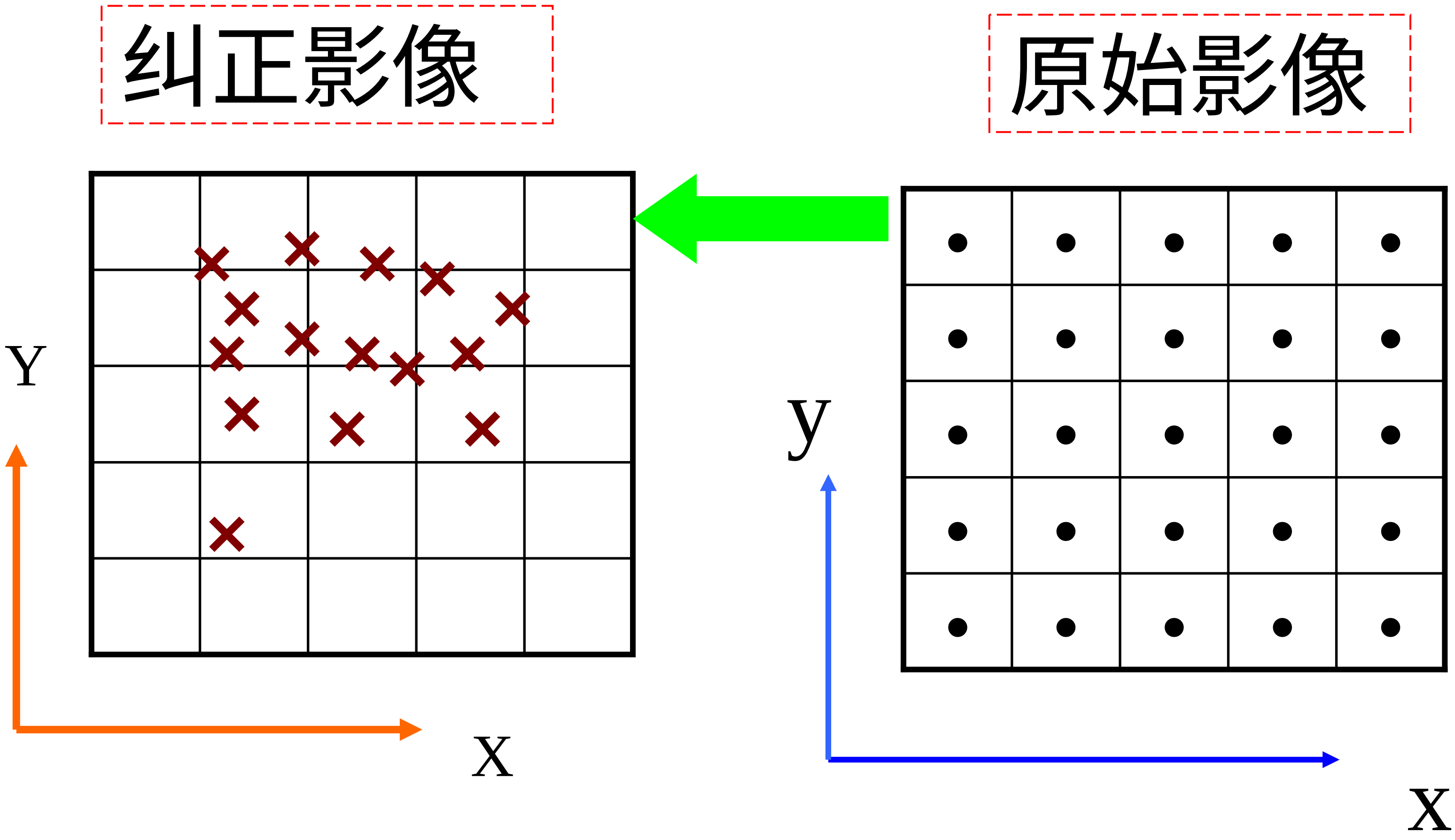
3.正解法（直接法）数字微分纠正

$$X = Z \cdot \frac{a_1 x + a_2 y - a_3 f}{c_1 x + c_2 y - c_3 f}$$

$$Y = Z \cdot \frac{b_1 x + b_2 y - b_3 f}{c_1 x + c_2 y - c_3 f}$$



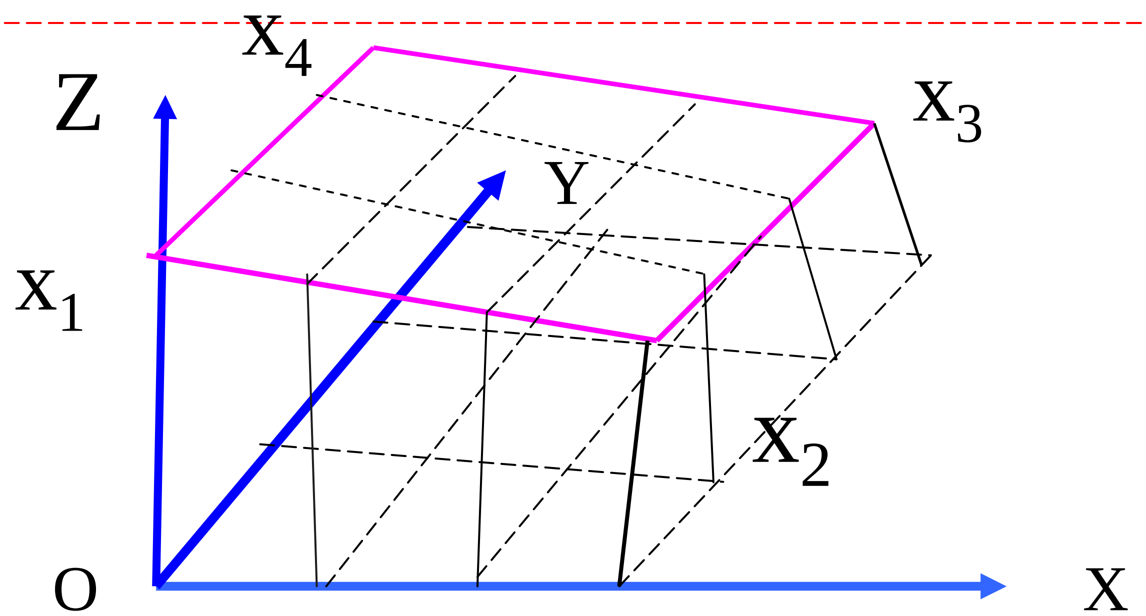
正解法解算流程



➢数字纠正实际解法及分析

$$x(i,j)=\frac{1}{n^2}[(n-i)(n-j)x_1+i(n-j)x_2+(n-i)jx_4+ijx_3]$$

$$y(i,j)=\frac{1}{n^2}[(n-i)(n-j)y_1+i(n-j)y_2+(n-i)jy_4+ijy_3]$$

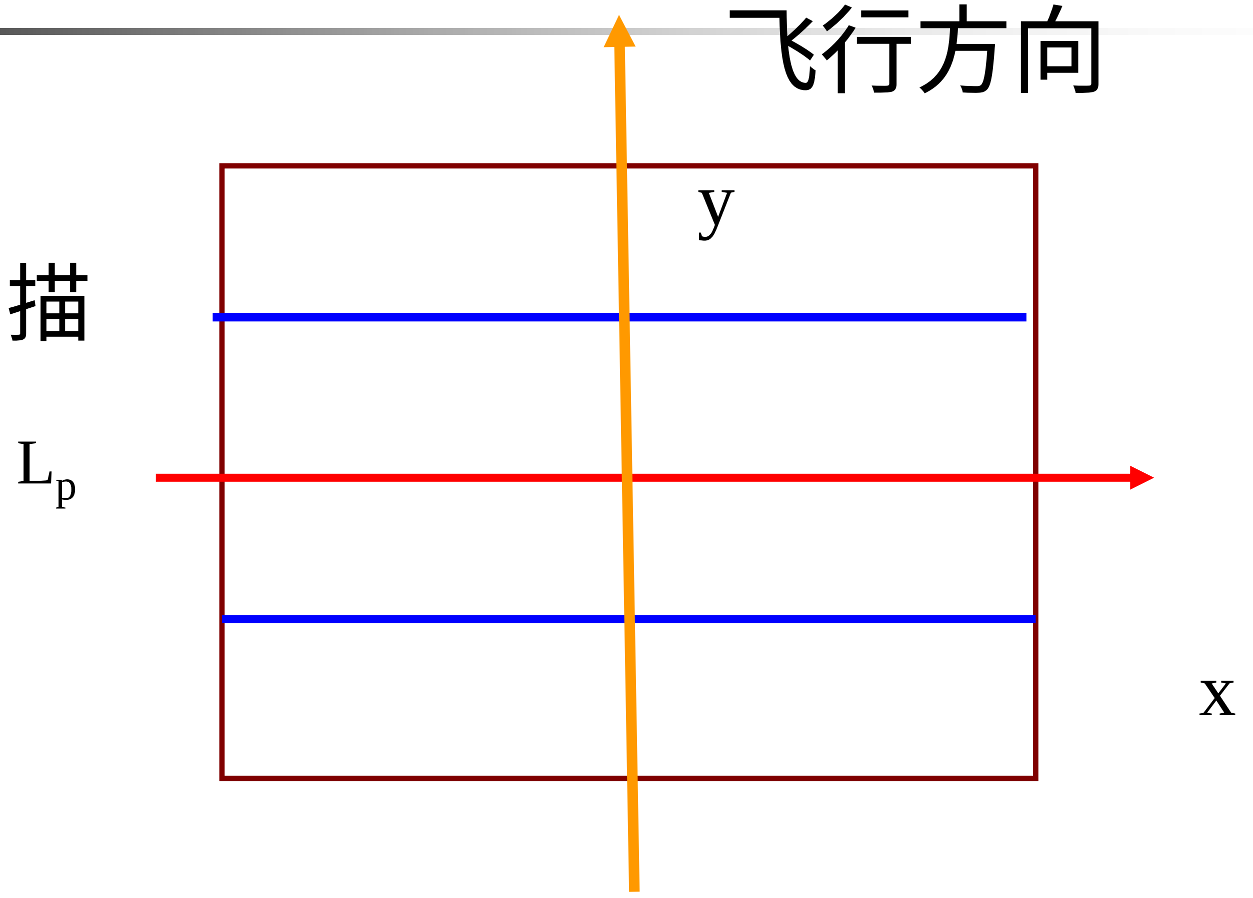


第三节

线性阵列扫描影像的数字纠正

SPOT卫星（6000条扫描线组成一幅影像）

3000条扫描



由若干条线性阵列扫描影像构成像幅

$$\begin{bmatrix} x \\ 0 \\ -f \end{bmatrix} = \frac{1}{\lambda} \begin{bmatrix} a_1(t) & b_1(t) & c_1(t) \\ a_2(t) & b_2(t) & c_2(t) \\ a_3(t) & b_3(t) & c_3(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_S(t) \\ Y - Y_S(t) \\ Z - Z_S(t) \end{bmatrix}$$

一.线性阵列扫描影像间接法纠正

$$0=\frac{1}{\lambda}[Xa_2(t)+Yb_2(t)+Zc_2(t)-(X_S(t)a_2(t)+Y_S(t)b_2(t)+Z_S(t)c_2(t))]$$

$$Xa_2(t) + Yb_2(t) + Zc_2(t) = A(t)$$

$$A(t) = X_S(t)a_2(t)+Y_S(t)b_2(t)+Z_S(t)c_2(t)$$

➢按泰勒级数展开为

$$a_2(t) = a_2^{(0)} + a_2^{(1)} t + a_2^{(2)} t^2 + \cdots$$

$$b_2(t) = b_2^{(0)} + b_2^{(1)} t + b_2^{(2)} t^2 + \cdots$$

$$c_2(t) = c_2^{(0)} + c_2^{(1)} t + c_2^{(2)} t^2 + \cdots$$

$$A(t) = A^{(0)} + A^{(1)} t + A^{(2)} t^2 + \cdots$$

取二次项

$$[Xa_2^{(0)}+Yb_2^{(0)}+Zc_2^{(0)}-A^{(0)}]+[Xa_2^{(1)}+Yb_2^{(1)}+Zc_2^{(1)}-A^{(1)}]t$$
$$+[Xa_2^{(2)}+Yb_2^{(2)}+Zc_2^{(2)}-A^{(2)}]t^2+\cdots=0$$

$$t=-\frac{[(Xa_2^{(0)}+Yb_2^{(0)}+Zc_2^{(0)}-A^{(0)})+(Xa_2^{(2)}+Yb_2^{(2)}+Zc_2^{(2)}-A^{(2)})t^2]}{(Xa_2^{(1)}+Yb_2^{(1)}+Zc_2^{(1)}-A^{(1)})}$$

t值实际上表达了上图坐标系中像点p在时刻t的y坐标

$$y = (l_P - l_0)\delta = \frac{t}{\mu}\delta$$

l_p，l_0扫描线行数

μ为扫描线的时间间隔

δ为CCD一个探测像元的宽度

➢求像点p 的x 坐标

$$x = -f \cdot \frac{(X - X_S(t))a_1(t) + (Y - Y_S(t))b_1(t) + (Z - Z_S(t))c_1(t)}{(X - X_S(t))a_3(t) + (Y - Y_S(t))b_3(t) + (Z - Z_S(t))c_3(t)}$$

t=y

$$\varphi(t) = \varphi(0) + \Delta\varphi \cdot t$$

$$\omega(t) = \omega(0) + \Delta\omega \cdot t$$

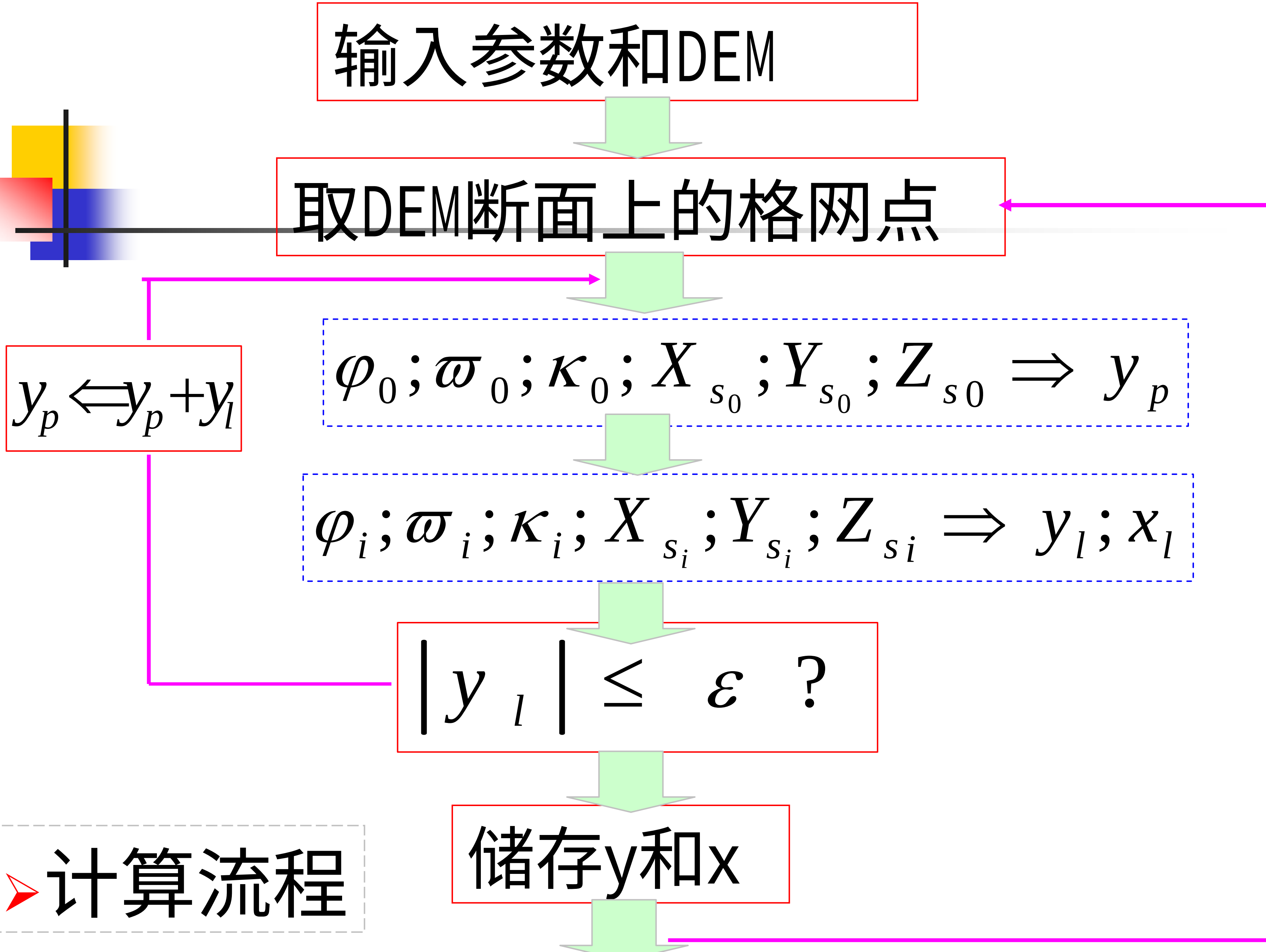
$$\kappa(t) = \kappa(0) + \Delta\kappa \cdot t$$

$$X_s(t) = X_s(0) + \Delta X_s \cdot t$$

$$Y_s(t) = Y_s(0) + \Delta Y_s \cdot t$$

$$Z_s(t) = Z_s(0) + \Delta Z_s \cdot t$$

计算流程



输入参数和DEM
取DEM断面上的格网点
$\varphi_0;\varpi_0;\kappa_0;X_{s_0};Y_{s_0};Z_{s0} \Rightarrow y_p$
$\varphi_i;\varpi_i;\kappa_i;X_{s_i};Y_{s_i};Z_{si} \Rightarrow y_l;x_l$
$|y_l| \leq \varepsilon$?
$y_p \Leftarrow y_p + y_l$
储存y和x

二 直接法纠正

$$X = X_S(t) + \frac{a_1(t)x - a_3(t)f}{c_1(t)x - c_3(t)f}(Z - Z_S(t))$$

$$Y = Y_S(t) + \frac{b_1(t)x - b_3(t)f}{c_1(t)x - c_3(t)f}(Z - Z_S(t))$$

$a_1(t)$，$a_2(t)$，$\ldots c_3(t)$，$X_S(t)$，$Y_S(t)$，$Z_S(t)$为像点（x，y）对应外方位元素

计算外方位元素

$$\varphi_i = \varphi_0 + (l_i - l_0)\Delta\varphi$$

$$\omega_i = \omega_0 + (l_i - l_0)\Delta\omega$$

$$\kappa_i = \kappa_0 + (l_i - l_0)\Delta\kappa$$

$$X_{Si} = X_{S0} + (l_i - l_0)\Delta X_S$$

$$Y_{Si} = Y_{S0} + (l_i - l_0)\Delta Y_S$$

$$Z_{Si} = Z_{S0} + (l_i - l_0)\Delta Z_S$$

计算流程

给定高程初始值Z_0

↓

计算平面坐标近似值（X_1，Y_1）

↓

用DEM与（X_1，Y_1）内插出高程Z_1，

↓

对应的地面点（X，Y，Z，）

三直接法与间接法相结合的方法

➢规则格网点对应的地面坐标的解算

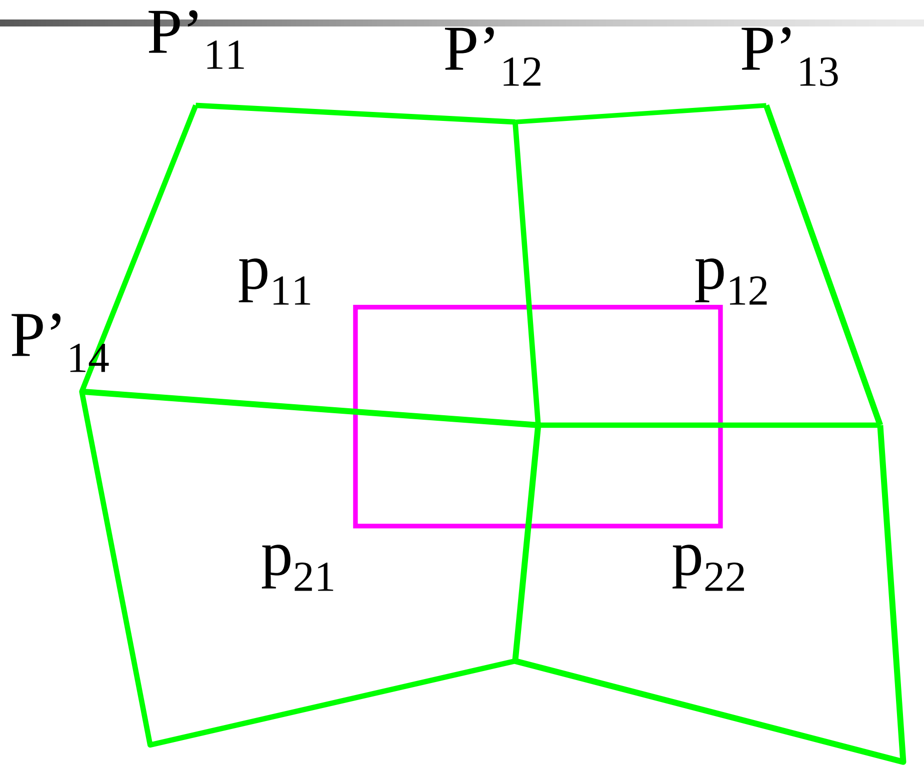
直接法

$$X = X_S(t) + \frac{a_1(t)x - a_3(t)f}{c_1(t)x - c_3(t)f}(Z - Z_S(t))$$

$$Y = Y_S(t) + \frac{b_1(t)x - b_3(t)f}{c_1(t)x - c_3(t)f}(Z - Z_S(t))$$

得到地面一非规则格网

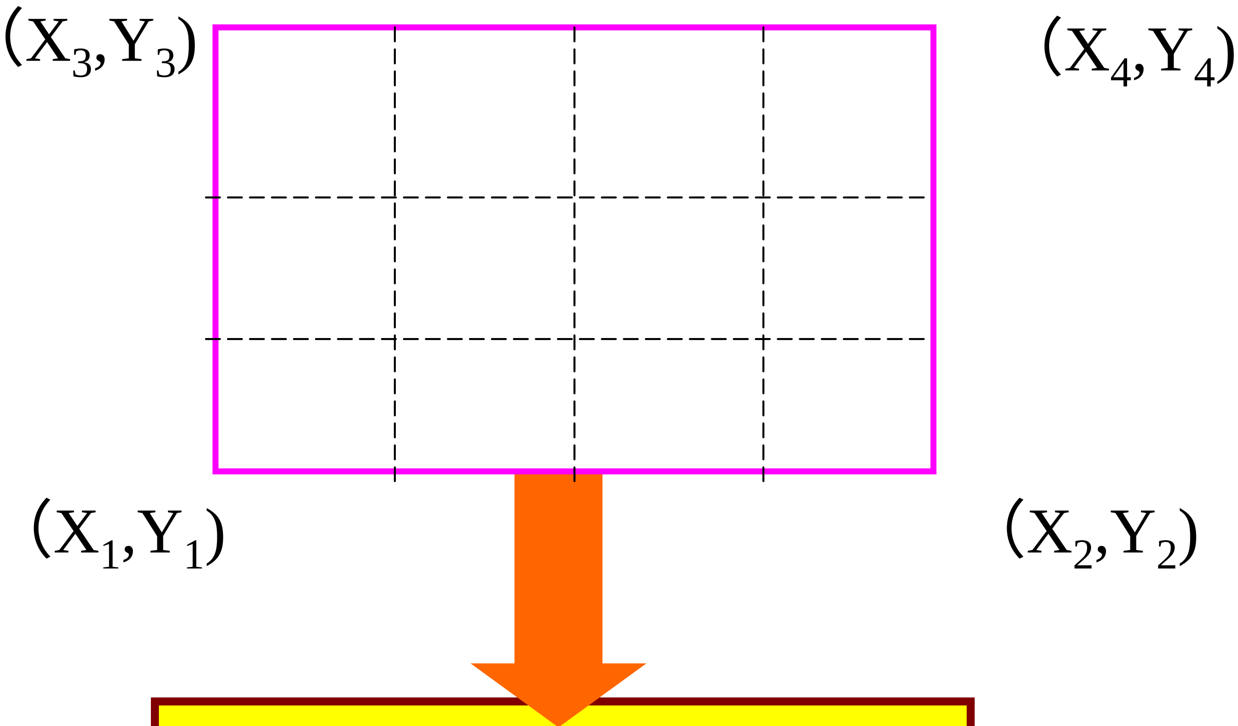
➢内插出地面规则格网点



$$x' = a_0 + a_1 X' + a_2 Y'$$

$$y' = b_0 + b_1 X' + b_2 Y'$$

各地面元对应像素坐标的计算



间接法进行纠正

四 多项式纠正

平移、缩放、旋转、仿射、偏扭、弯曲等基本形变的合成

- 反解法的多项式

$$\Delta x_i = c_0 + (c_1X_i + c_2Y_i) + (c_3X_i^2 + c_4X_iY_i + c_5Y_i^2)$$
$$+ (c_6X_i^3 + c_7X_i^2Y_i + c_8X_iY_i^2 + c_9Y_i^2) + \cdots$$

$$\Delta y_i = d_0 + (d_1X_i + d_2Y_i) + (d_3X_i^2 + d_4X_iY_i + d_5Y_i^2)$$
$$+ (d_6X_i^3 + d_7X_i^2Y_i + d_8X_iY_i^2 + d_9Y_i^2) + \cdots$$

$\Delta x_i = x_i$（近似计算值）- x_i'（量测值）

$\Delta y_i = y_i$（近似计算值）- y_i'（量测值）

$$x_i = \frac{f}{Z_S - Z_i} X_i$$

$$y_i = f \cdot \operatorname{arctg} \frac{Y_i}{Z_S - Z_i}$$

➢正解法的多项式

$$\Delta X_i = a_0 + (a_1 x_i + a_2 y_i) + (a_3 x_i^2 + a_4 x_i y_i + a_5 y_i^2)$$

$$+ (a_6 x_i^3 + a_7 x_i^2 y_i + a_8 x_i y_i^2 + a_9 y_i^3) + \cdots$$

$$\Delta Y_i = b_0 + (b_1 x_i + b_2 y_i) + (b_3 x_i^2 + b_4 x_i y_i + b_5 y_i^2)$$

$$+ (b_6 x_i^3 + b_7 x_i^2 y_i + b_8 x_i y_i^2 + b_9 y_i^3) + \cdots$$

$\Delta X_i = X_i$（已知值）- X_i（近似计算值）

$\Delta Y_i = Y_i$（已知值）- Y_i（近似计算值

五 正射影像精度的检查与质量控制

- 野外检测：检查正射影像的绝对精度，
- 与等高线图或线划地图套合后进行目视检查
- 左和右影像制作两幅正射影像，量测影像上同名点的视差。

接边涉及几何精度问题，还涉及不同影像之间色调的不一致


Seam line