几何校正

当遥感图像在几何位置上发生了变化，产生诸如行列不均匀，像元大小与地面大小对应不准确，地物形状不规则变化等畸变时，即说明遥感影像发生了几何畸变。

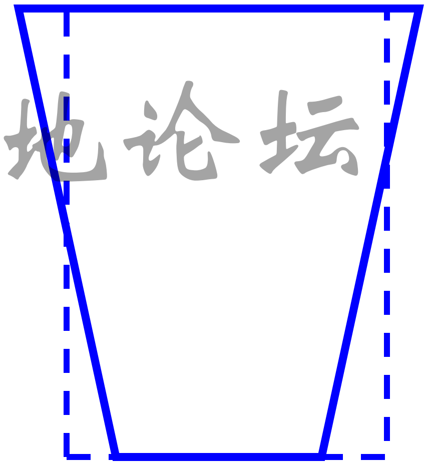
几何校正

- 遥感影像变形的原因
  - 遥感器的内部畸变：由遥感器结构引起的畸变。
  - 遥感平台位置和运动状态变化的影响
  - 地形起伏的影响
  - 地球表面曲率的影响
  - 大气折射的影响
  - 地球自转的影响

无论是卫星还是飞机，运动过程中都会由于种种原因产生飞行姿势的变化从而引起影像变形。

遥感影像变形的原因

- 遥感平台位置和运动状态变化的影响
  - **航高**：当平台运动过程中受到力学因素影响，产生相对于原标准航高的偏离，或者说卫星运行的轨道本身就是椭圆的。航高始终发生变化，而传感器的扫描视场角不变，从而导致图像扫描行对应的地面长度发生变化。航高越向高处偏离，图像对应的地面越宽



遥感影像变形的原因

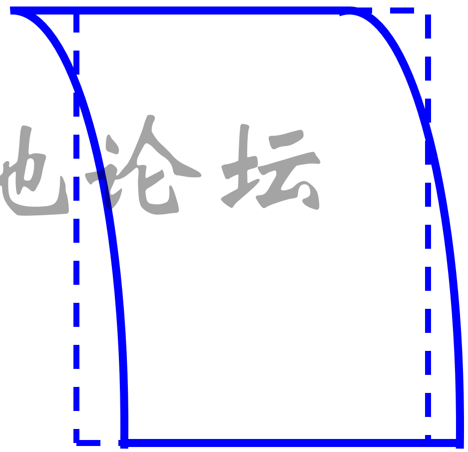
- 遥感平台位置和运动状态变化的影响
  - **航速：** 卫星的椭圆轨道本身就导致了卫星飞行速度的不均匀，其他因素也可导致遥感平台航速的变化。航速快时，扫描带超前，航速慢时，扫描带滞后，由此可导致图像在卫星前进方向上（图像上下方向）的位置错动。

遥感影像变形的原因

- 遥感平台位置和运动状态变化的影响
  - **俯仰：**遥感平台的俯仰变化能引起图像上下方向的变化，即星下点俯时后移，仰时前移，发生行间位置错动。

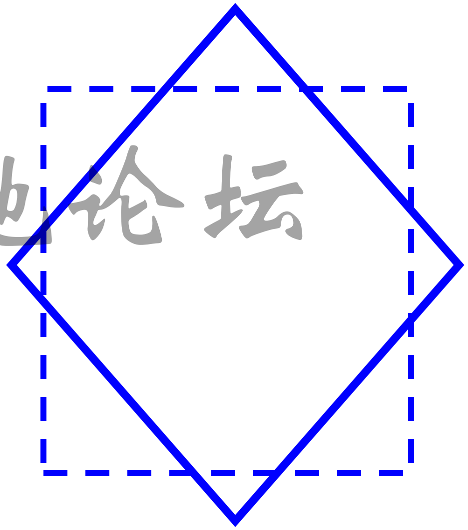
遥感影像变形的原因

- 遥感平台位置和运动状态变化的影响
  - **翻滚：** 遥感平台姿态翻滚是指以前进方向为轴旋转了一个角度。可导致星下点在扫描线方向偏移，使整个图像引起偏离的方向错动。



遥感影像变形的原因

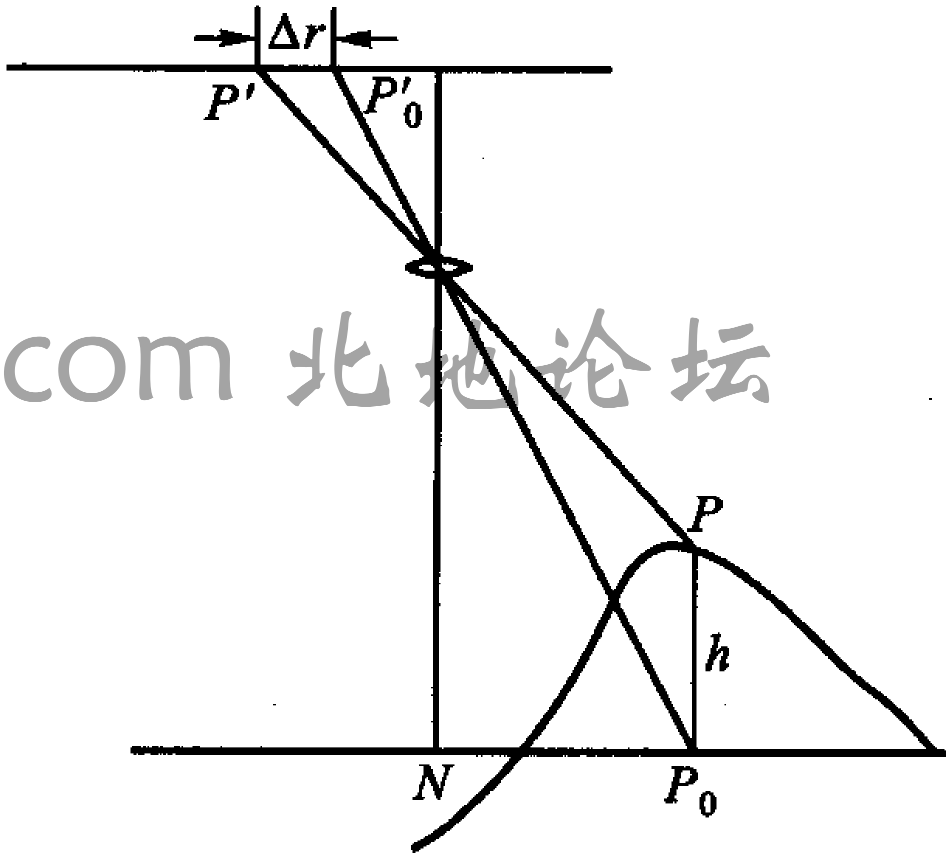
- 遥感平台位置和运动状态变化的影响
  - **偏航：**指遥感平台在前进过程中，相对于原前进航向偏转了一个小角度，从而引起扫描行方向的变化，导致图像的倾斜畸变。



遥感影像变形的原因

- 地形起伏的影响

当地形存在起伏时，会产生局部像点的位移，使原来本应是地面点的信号被同一位置上某高点的信号代替。由于高差的原因，实际像点P距像幅中心的距离相对于理想像点P_0距像幅中心的距离移动了△r。

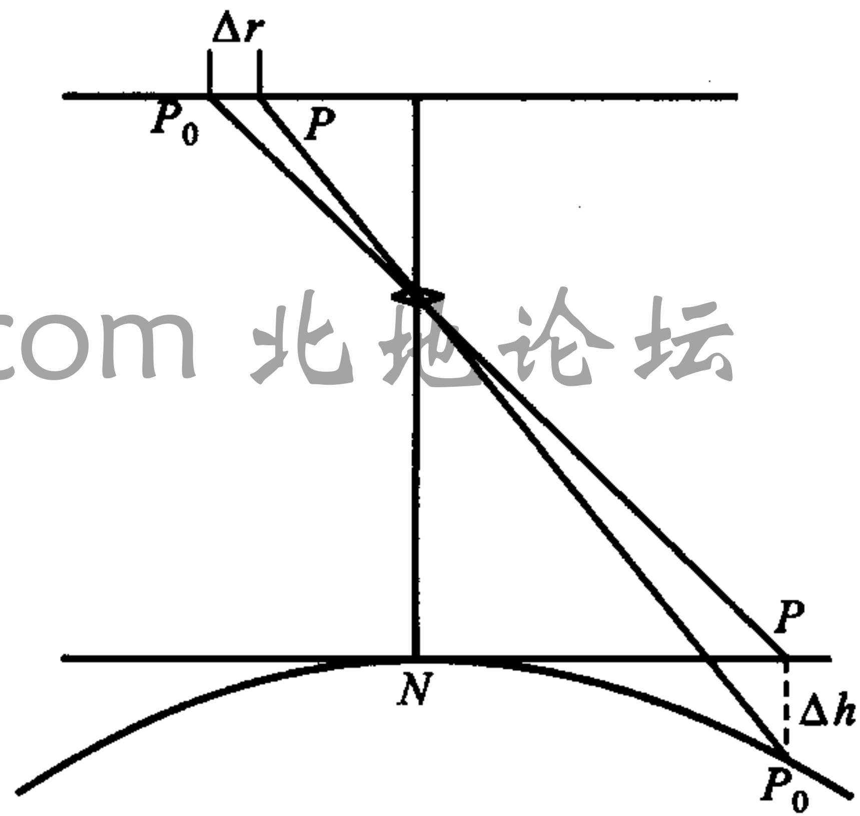


高差引起的像点位移

遥感影像变形的原因

- 地表曲率的影响

地球是球体，严格说是椭球体，因此地球表面是曲面。这一曲面的影响主要表现在两个方面，一是像点位置的移动，当选择的地图投影平面是地球的切平面时，使地面点P_0相对于投影平面点P有一高差△h。

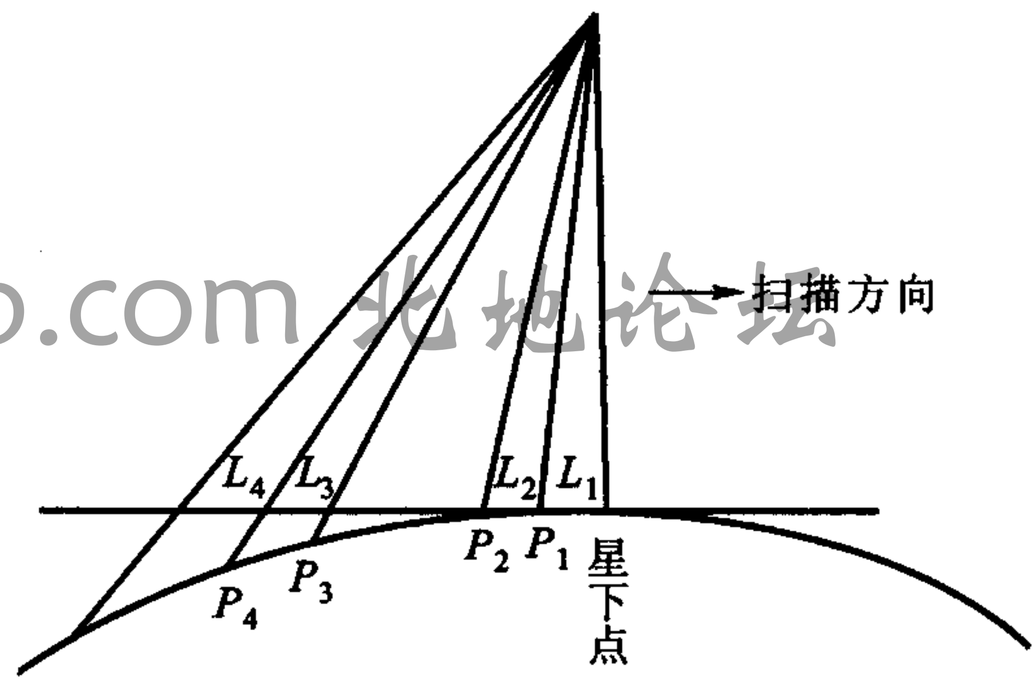


像点位移

遥感影像变形的原因

- 地表曲率的影响

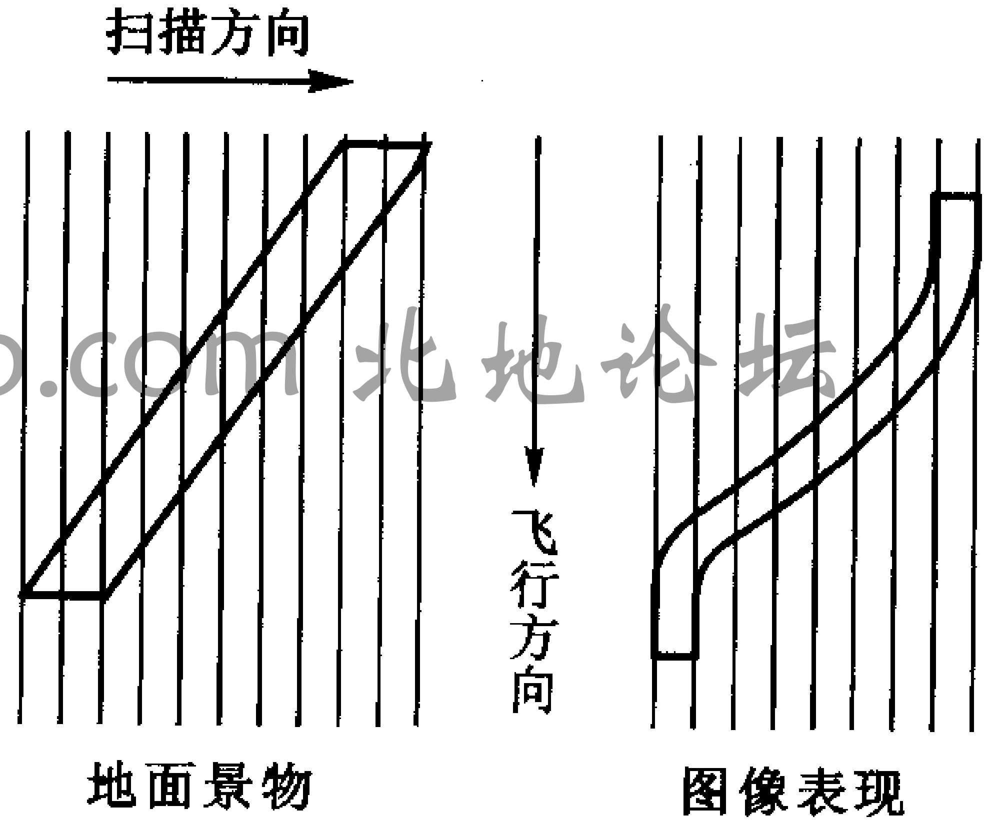
　　二是像元对应于地面宽度的不等。



遥感影像变形的原因

- 地表曲率的影响

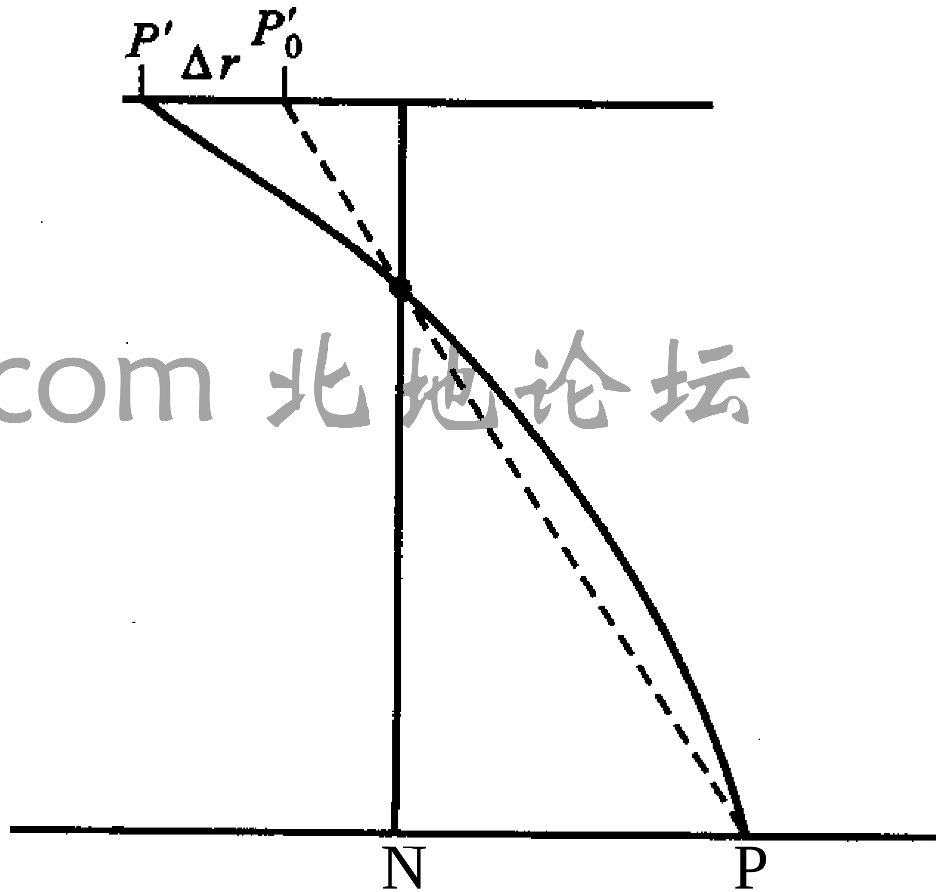
全景畸变：即当传感器扫描角度较大时，影响更加突出，造成边缘景物在图像显示时被压缩。假定原地面真实景物是一条直线，成像时中心窄、边缘宽，但图像显示时像元大小相同，这时直线被显示成反S形



遥感影像变形的原因

- 大气折射的影响

  大气对辐射的传播产生折射。由于大气的密度分布从下向上越来越小，折射率不断变化，因此折射后的辐射传播不再是直线而是一条曲线，从而导致传感器接收的像点发生位移

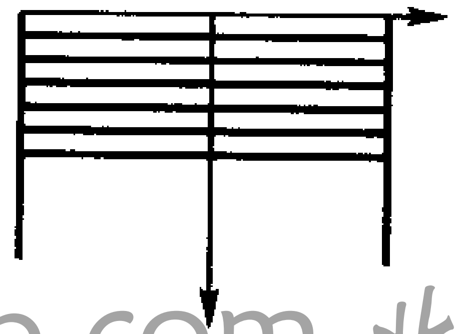


大气折射的影响

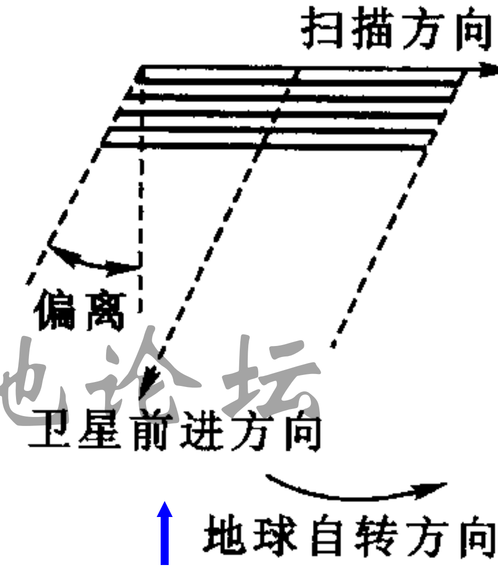
遥感影像变形的原因

地球自转的影响

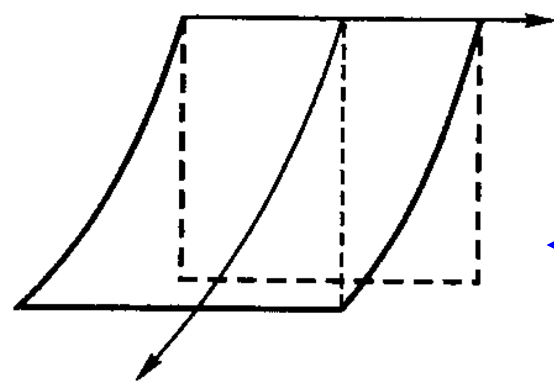
多数卫星在轨道运行的降段接收图像，即卫星自北向南运动，这时地球自西向东自转。相对运动的结果，使卫星的星下位置逐渐产生偏离。



a)获得图像



b）实际对应的地面位置



（c）影像变形

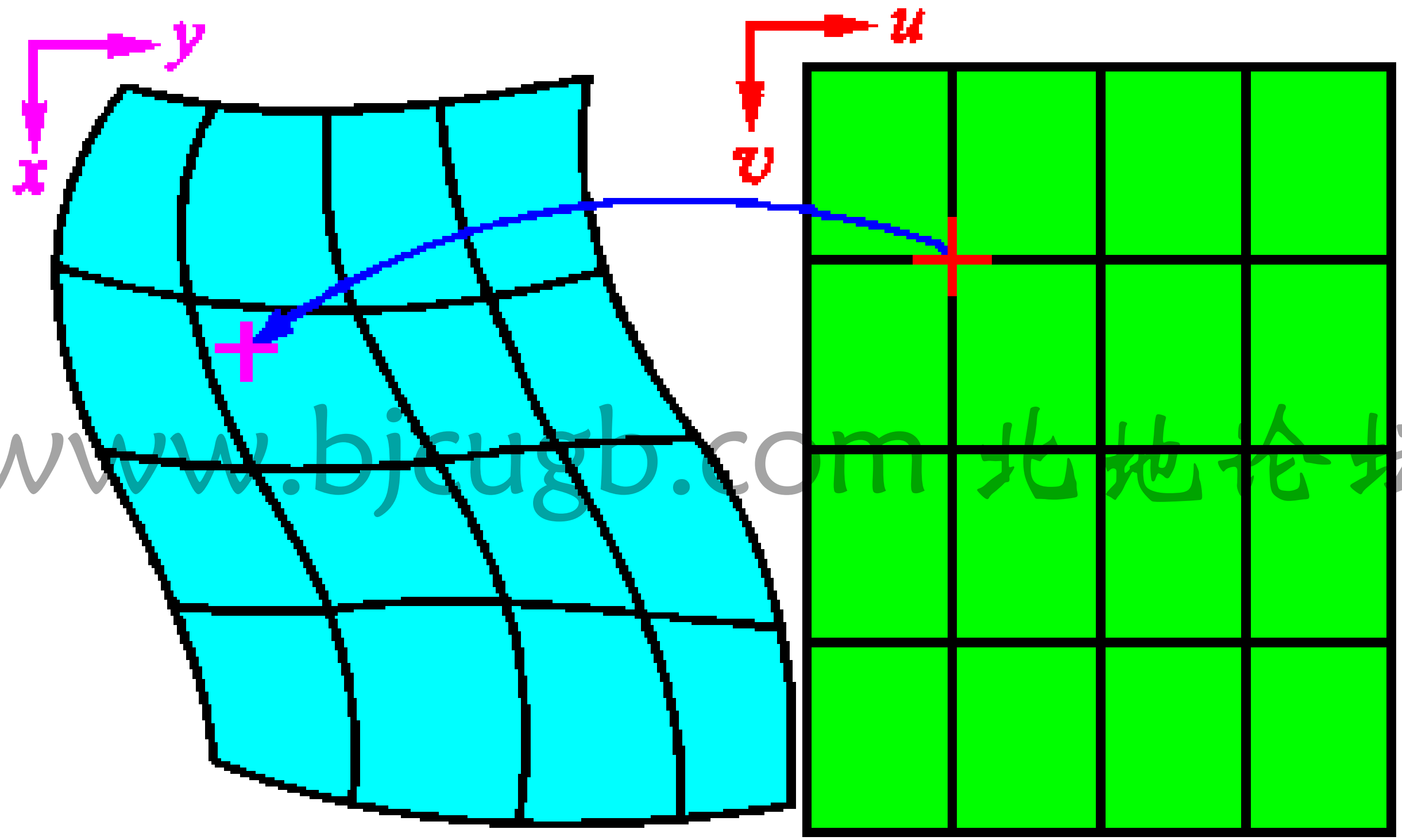
几何畸变校正

从具有几何畸变的图像中消除畸变的过程。也可以说是定量地确定图像上的像元坐标（图像坐标）与目标物的地理坐标（地图坐标等）的对应关系（坐标变换式）。

图像几何精校正方法
（按控制点校正方法）

精校正：利用地面控制点(Ground Control Point,GCP)，通过建立目标空间与原图像空间的变换关系，进行几何校正。用地形图校正或用DEM进行校正，即与地形图配准。

基本思路：



(a) 校正前　　(b) 校正后

几何校正

几何校正步骤

- 像元几何位置变换
- 像元的灰度重采样

像元的几何位置校正（多项式法）

- 几何校正的一般方程式为

$$\left.\begin{aligned} X &= F_1(x, y) \\ Y &= F_2(x, y) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

式中的x、y为像元在原始图像上的坐标，X、Y为像元在校正后的图像（目的图像，即参考图像）上的坐标。得到函数$F_1(x,y)$和$F_2(x,y)$的方法是选择原始图像和目的图像同名点对，采用多项式逼近法求得。

$$\left.\begin{aligned} X &= F_1(x, y) = \sum_{j=0}^{n} \sum_{k=0}^{n-j} a_{jk} x^j y^k \\ Y &= F_2(x, y) = \sum_{j=0}^{n} \sum_{k=0}^{n-j} b_{jk} x^j y^k \end{aligned}\right\}$$

- 设X，Y为参考图像的坐标，x,y为原始图像坐标，X’ Y’为经变换的实验图像坐标。即

$$X' = F_1(x, y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2 + a_{30}x^3 + a_{21}x^2y + a_{12}xy^2 + a_{03}y^3$$

- 为了使变换图像在10点上最好的逼近所要求的图像精度，即最小二乘原理，真值与变换值之差的平方和为最小
- 即

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{10}(X_i - X_i^{'})^2$$

- 达到最小，把式（1-1）代入（1-2）得

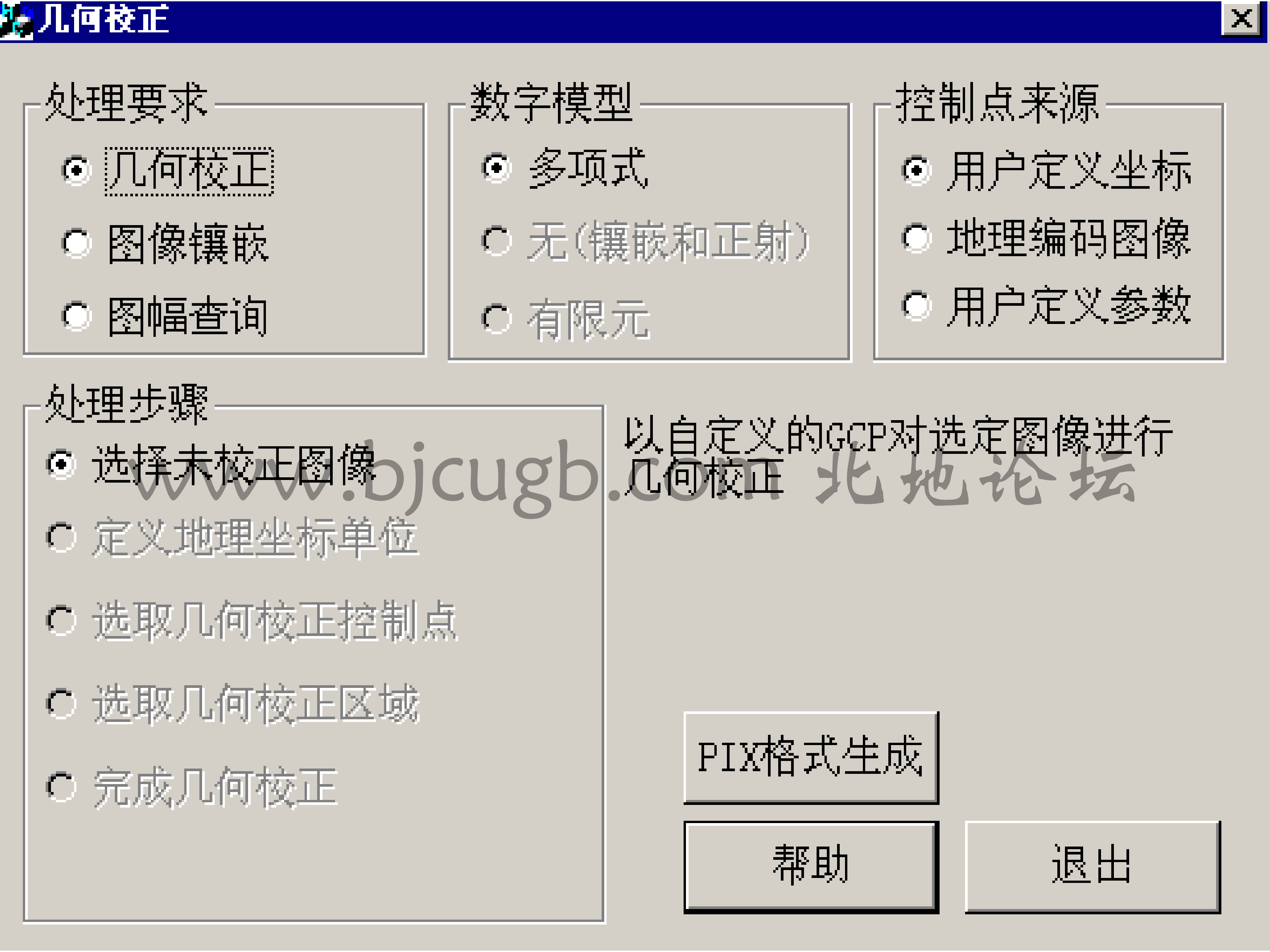
$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{n}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x - a_{01}y - a_{20}x^2 - a_{11}xy - a_{02}y^2 - a_{30}x^3 - a_{21}x^2y - a_{12}xy^2 - a_{03}y^3\right)^2$$

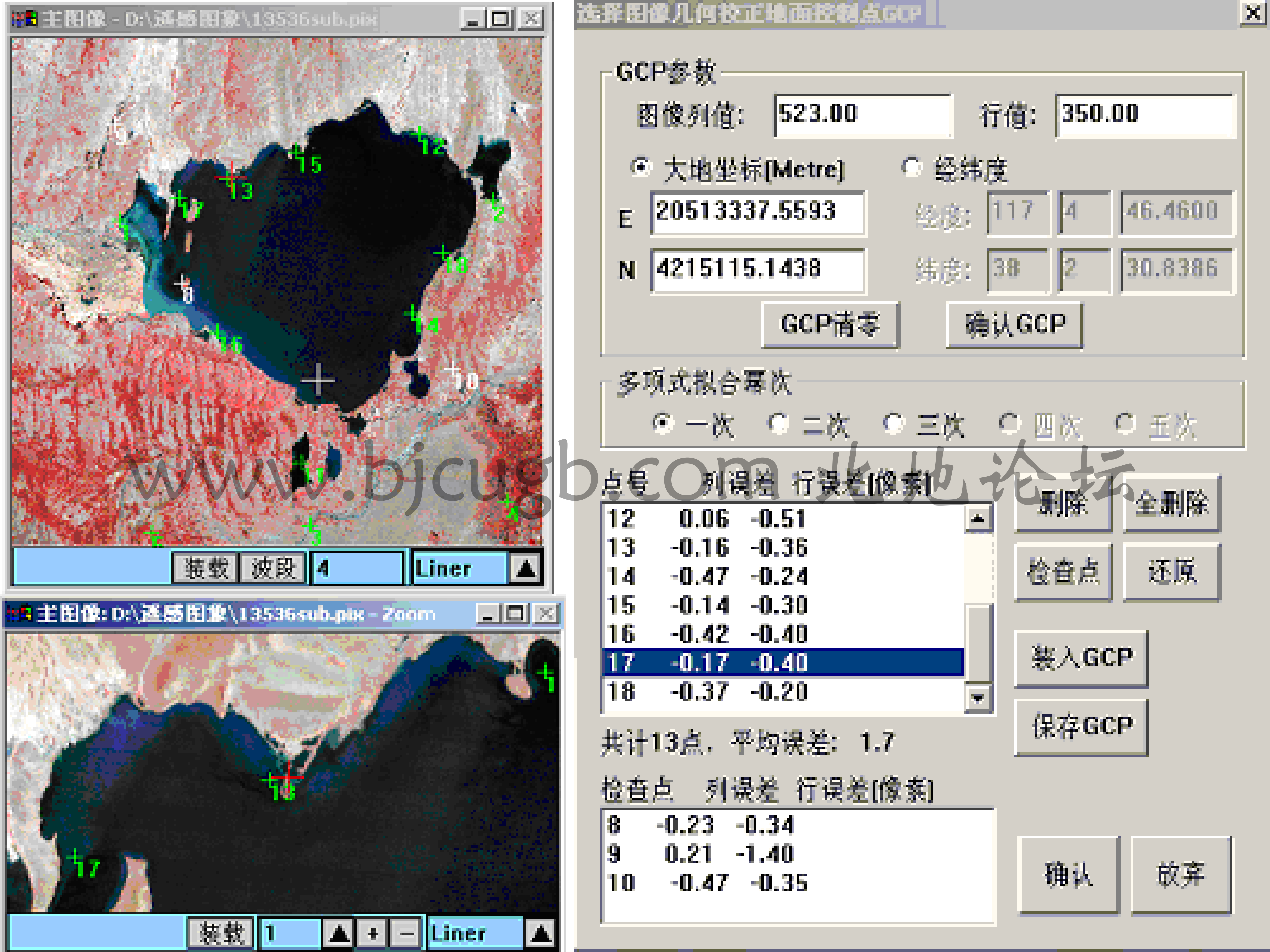
- 为达到最佳逼近，使为最小，根据数字分析中极值原理，求对各个系数的偏导数为零时达到最小：

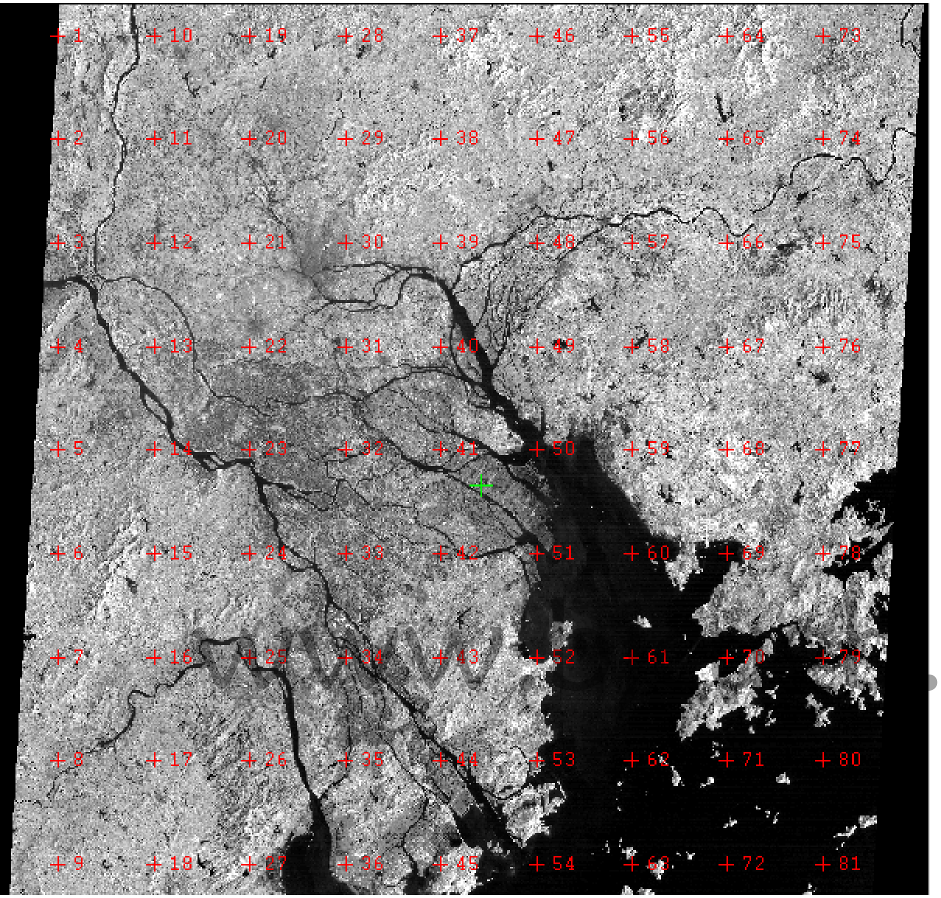
$$
\begin{cases}
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{00}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-1\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{10}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-x_i\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{01}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-y_i\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{20}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-x_i^2\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{11}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-x_iy_i\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{02}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-y_i^2\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{30}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-x_i^3\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{21}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-x_i^2y_i\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{12}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-x_iy_i^2\right) = 0 \\
\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial a_{03}} = 2\sum_{i=1}^{10}\left(X_i - a_{00} - a_{10}x_i - a_{01}y_i - a_{20}x_i^2 - a_{11}x_iy_i - a_{02}y_i^2 - a_{30}x_i^3 - a_{21}x_i^2y_i - a_{12}x_iy_i^2 - a_{03}y_i^3\right)\left(-y_i^3\right) = 0
\end{cases}
$$

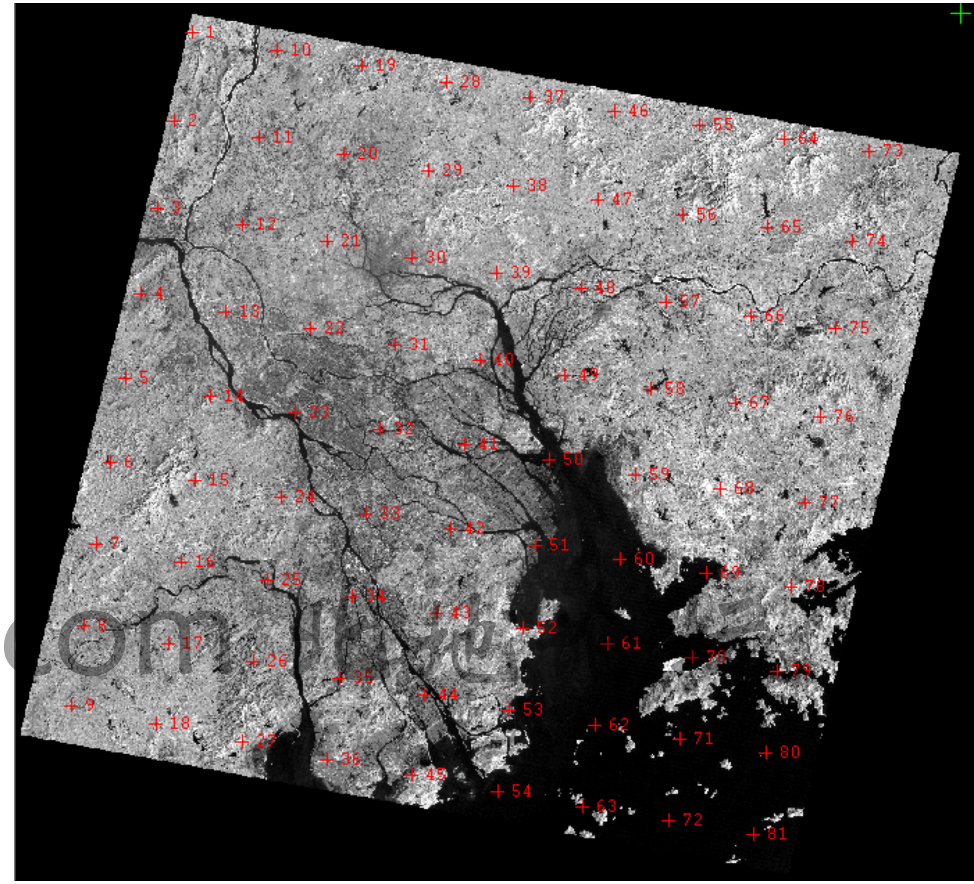
$$
\left\{
\begin{array}{l}
10a_{00}+a_{10}\sum x+a_{01}\sum y+a_{20}\sum x^{2}+a_{11}\sum xy+a_{02}\sum y^{2}+a_{30}\sum x^{3}+a_{21}\sum x^{2}y+a_{12}\sum xy^{2}+a_{03}\sum y^{3}=\sum X \\
a_{00}\sum x+a_{10}\sum x^{2}+a_{01}\sum xy+a_{20}\sum x^{3}+a_{11}\sum x^{2}y+a_{02}\sum xy^{2}+a_{30}\sum x^{4}+a_{21}\sum x^{3}y+a_{12}\sum x^{2}y^{2}+a_{03}\sum xy^{3}=\sum x\cdot X \\
a_{00}\sum y+a_{10}\sum xy+a_{01}\sum y^{2}+a_{20}\sum x^{2}y+a_{11}\sum xy^{2}+a_{02}\sum y^{3}+a_{30}\sum x^{3}y+a_{21}\sum x^{2}y^{2}+a_{12}\sum xy^{3}+a_{03}\sum y^{4}=\sum y\cdot X \\
a_{00}\sum x^{2}+a_{10}\sum x^{3}+a_{01}\sum x^{2}y+a_{20}\sum x^{4}+a_{11}\sum x^{3}y+a_{02}\sum x^{2}y^{4}+a_{30}\sum x^{5}+a_{21}\sum x^{4}y+a_{12}\sum x^{3}y^{2}+a_{03}\sum x^{2}y^{3}=\sum x^{2}\cdot X \\
a_{00}\sum xy+a_{10}\sum x^{2}y+a_{01}\sum xy^{2}+a_{20}\sum x^{3}y+a_{11}\sum x^{2}y^{2}+a_{02}\sum xy^{3}+a_{30}\sum x^{4}y+a_{21}\sum x^{3}y^{2}+a_{12}\sum x^{2}y^{3}+a_{03}\sum xy^{4}=\sum xy\cdot X \\
a_{00}\sum y^{2}+a_{10}\sum xy^{2}+a_{01}\sum y^{3}+a_{20}\sum x^{2}y^{2}+a_{11}\sum xy^{3}+a_{02}\sum y^{4}+a_{30}\sum x^{3}y^{2}+a_{21}\sum x^{2}y^{3}+a_{12}\sum xy^{4}+a_{03}\sum y^{5}=\sum y^{2}\cdot X \\
a_{00}\sum x^{3}+a_{10}\sum x^{4}+a_{01}\sum x^{3}y+a_{20}\sum x^{5}+a_{11}\sum x^{4}y+a_{02}\sum x^{3}y^{2}+a_{30}\sum x^{6}+a_{21}\sum x^{5}y+a_{12}\sum x^{4}y^{2}+a_{03}\sum x^{3}y^{3}=\sum x^{3}\cdot X \\
a_{00}\sum x^{2}y+a_{10}\sum x^{3}y+a_{01}\sum x^{2}y^{2}+a_{20}\sum x^{4}y+a_{11}\sum x^{3}y^{2}+a_{02}\sum x^{2}y^{3}+a_{30}\sum x^{5}y+a_{21}\sum x^{4}y^{2}+a_{12}\sum x^{3}y^{3}+a_{03}\sum x^{2}y^{4}=\sum x^{2}y\cdot X \\
a_{00}\sum xy^{2}+a_{10}\sum x^{2}y^{2}+a_{01}\sum xy^{3}+a_{20}\sum x^{3}y^{2}+a_{11}\sum x^{2}y^{3}+a_{02}\sum x^{2}y^{4}+a_{30}\sum x^{4}y^{2}+a_{21}\sum x^{3}y^{3}+a_{12}\sum x^{2}y^{4}+a_{03}\sum xy^{5}=\sum xy\cdot X \\
a_{00}\sum y^{3}+a_{10}\sum xy^{3}+a_{01}\sum y^{4}+a_{20}\sum x^{2}y^{3}+a_{11}\sum xy^{4}+a_{02}\sum y^{5}+a_{30}\sum x^{3}y^{3}+a_{21}\sum x^{2}y^{4}+a_{12}\sum xy^{5}+a_{03}\sum y^{6}=\sum y^{3}\cdot X
\end{array}
\right.
$$

$$
\begin{cases}
10a_{00}+a_{10}\sum x+a_{01}\sum y+a_{20}\sum x^2+a_{11}\sum xy+a_{02}\sum y^2+a_{30}\sum x^3+a_{21}\sum x^2y+a_{12}\sum xy^2+a_{03}\sum y^3=\sum X \\
a_{00}\sum x+a_{10}\sum x^2+a_{01}\sum xy+a_{20}\sum x^3+a_{11}\sum x^2y+a_{02}\sum xy^2+a_{30}\sum x^4+a_{21}\sum x^3y+a_{12}\sum x^2y^2+a_{03}\sum xy^3=\sum x\cdot X \\
a_{00}\sum y+a_{10}\sum xy+a_{01}\sum y^2+a_{20}\sum x^2y+a_{11}\sum xy^2+a_{02}\sum y^3+a_{30}\sum x^3y+a_{21}\sum x^2y^2+a_{12}\sum xy^3+a_{03}\sum y^4=\sum y\cdot X \\
a_{00}\sum x^2+a_{10}\sum x^3+a_{01}\sum x^2y+a_{20}\sum x^4+a_{11}\sum x^3y+a_{02}\sum x^2y^4+a_{30}\sum x^5+a_{21}\sum x^4y+a_{12}\sum x^3y^2+a_{03}\sum x^2y^3=\sum x^2\cdot X \\
a_{00}\sum xy+a_{10}\sum x^2y+a_{01}\sum xy^2+a_{20}\sum x^3y+a_{11}\sum x^2y^2+a_{02}\sum xy^3+a_{30}\sum x^4y+a_{21}\sum x^3y^2+a_{12}\sum x^2y^3+a_{03}\sum xy^4=\sum xy\cdot X \\
a_{00}\sum y^2+a_{10}\sum xy^2+a_{01}\sum y^3+a_{20}\sum x^2y^2+a_{11}\sum xy^3+a_{02}\sum y^4+a_{30}\sum x^3y^2+a_{21}\sum x^2y^3+a_{12}\sum xy^4+a_{03}\sum y^5=\sum y^2\cdot X \\
a_{00}\sum x^3+a_{10}\sum x^4+a_{01}\sum x^3y+a_{20}\sum x^5+a_{11}\sum x^4y+a_{02}\sum x^3y^2+a_{30}\sum x^6+a_{21}\sum x^5y+a_{12}\sum x^4y^2+a_{03}\sum x^3y^3=\sum x^3\cdot X \\
a_{00}\sum x^2y+a_{10}\sum x^3y+a_{01}\sum x^2y^2+a_{20}\sum x^4y+a_{11}\sum x^3y^2+a_{02}\sum x^2y^3+a_{30}\sum x^5y+a_{21}\sum x^4y^2+a_{12}\sum x^3y^3+a_{03}\sum x^2y^4=\sum x^2y\cdot X \\
a_{00}\sum xy^2+a_{10}\sum x^2y^2+a_{01}\sum xy^3+a_{20}\sum x^3y^2+a_{11}\sum x^2y^3+a_{02}\sum x^2y^4+a_{30}\sum x^4y^2+a_{21}\sum x^3y^3+a_{12}\sum x^2y^4+a_{03}\sum xy^5=\sum xy\cdot X \\
a_{00}\sum y^3+a_{10}\sum xy^3+a_{01}\sum y^4+a_{20}\sum x^2y^3+a_{11}\sum xy^4+a_{02}\sum y^5+a_{30}\sum x^3y^3+a_{21}\sum x^2y^4+a_{12}\sum xy^5+a_{03}\sum y^6=\sum y^3\cdot X
\end{cases}
$$


几何校正
处理要求
几何校正
图像镶嵌
图幅查询
数字模型
多项式
无(镶嵌和正射)
有限元
控制点来源
用户定义坐标
地理编码图像
用户定义参数
处理步骤
选择未校正图像
定义地理坐标单位
选取几何校正控制点
选取几何校正区域
完成几何校正
以自定义的GCP对选定图像进行几何校正
PIX格式生成
帮助
退出


主图像 - D:\遥感图象\13536sub.pix
12
15
13
17
2
18
8
14
16
10
装载
波段
4
Liner
主图像: D:\遥感图象\13536sub.pix - Zoom
13
17
装载
1
+
—
Liner
选择图像几何校正地面控制点GCP
GCP参数
图像列值:
523.00
行值:
350.00
大地坐标[Metre]
经纬度
E
20513337.5593
经度:
117
4
46.4600
N
4215115.1438
纬度:
38
2
30.8386
GCP清零
确认GCP
多项式拟合幂次
一次
二次
三次
四次
五次
点号 列误差 行误差[像素]
12 0.06 -0.51
13 -0.16 -0.36
14 -0.47 -0.24
15 -0.14 -0.30
16 -0.42 -0.40
17 -0.17 -0.40
18 -0.37 -0.20
删除
全删除
检查点
还原
装入GCP
保存GCP
共计13点，平均误差: 1.7
检查点 列误差 行误差[像素]
8 -0.23 -0.34
9 0.21 -1.40
10 -0.47 -0.35
确认
放弃





控制点的选取

数量足够

特征明显

均匀遍选

像元的灰度重采样（内插方法）

- 原始图像阵列中非整数点位上并无现成的亮度存在，采用适当的方法把该点位周围邻近整数点位上亮度值贡献累积，构成该点位的新亮度值。这个过程即称为数字图像亮度(或图像灰度)值的重采样。

最邻近像元法

p（x, y）为校正后图像某点在原始图象中的坐标，最邻近像元法直接取与p（x, y）点位置最近像元N（x_N，y_N）的灰度值为重采样值：

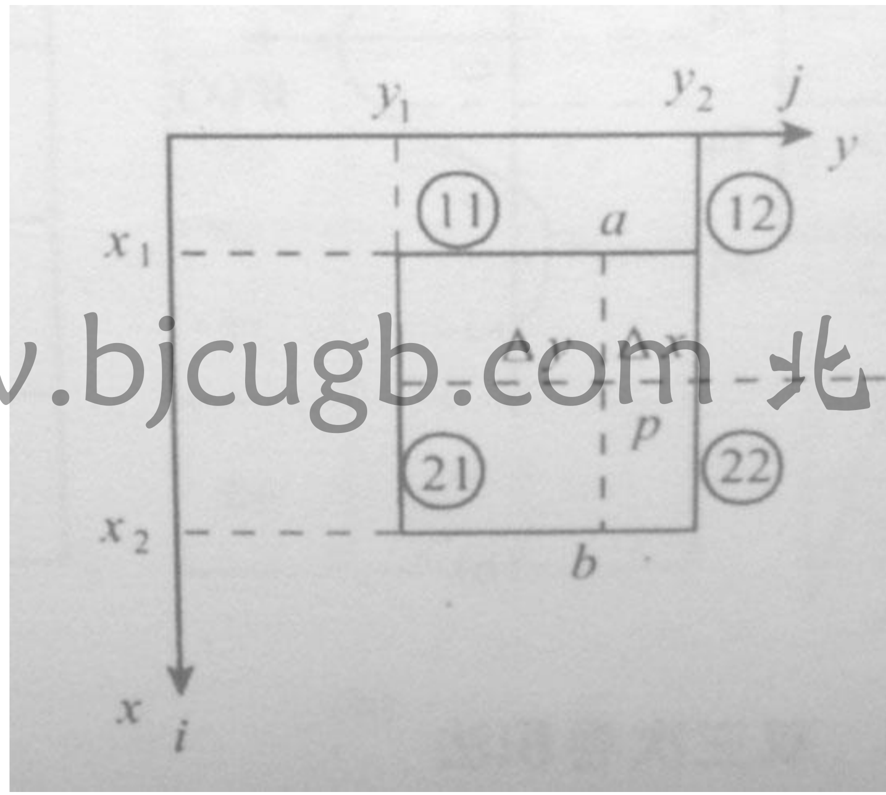
$$g（P'）＝g（N）$$

其中：

$$x_N=INT(x+0.5)$$

$$y_N=INT(y+0.5)$$

双线性内插法



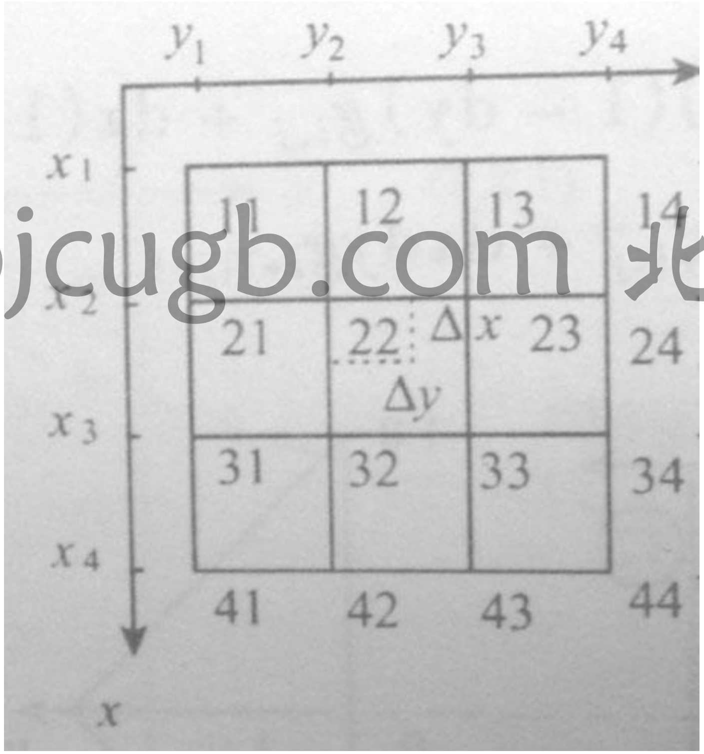
双线性插值法

$p(x,y)$位于四个像元$p_{i,j}$,$p_{i,j+1}$,$p_{i+1,j}$,$p_{i+1,j+1}$之间,则采样后其灰度为:

$$g(x,y)=g_{y,x}=(1-dx)(1-dy)g_{i,j}+dx(1-dy)g_{i,j+1}$$
$$+(1-dx)dyg_{i+1,j}+dxdyg_{i+1,j+1}$$

其中：$dx=x-INT(x)$,$dy=y-INT(y)$,INT为取整部分

三次卷积



y_1 y_2 y_3 y_4
x_1 x_2 x_3 x_4
11 12 13 14
21 22 23 24
Δx Δy
31 32 33 34
41 42 43 44
x

三次卷积法

需要16个原始像素参加计算，此时，

$$g(x,y)=g_{y,x}=\sum_{i=4}^{4}\sum_{j=1}^{4}\omega_{ij}g_{ij}$$

$$\omega_{ij}=\omega(x_j)\omega(y_i)$$

$$\omega(x_1)=-dx+2dx^2-dx^3$$

$$\omega(x_2)=1-2dx^2+dx^3$$

$$\omega(x_3)=dx+dx^2+dx^3$$

$$\omega(x_4)=-dx^2+dx^3$$

$$\omega(y_1)=-dy+2dy^2-dy^3$$

$$\omega(y_2)=1-2dy^2+dy^3$$

$$\omega(y_3)=dy+dy^2+dy^3$$

$$\omega(y_4)=-dy^2-dy^3$$

（4.6，4.8）

1	7	8	9	10	11	14
5	2	6	7	14	12	15
3	4	7	8	6	9	11
2	1	4	7	8	8	9
8	4	5	9	11	12	10
8	10	11	15	16	10	13
13	6	9	16	13	12	10