

第四章 遥感图像校正

辐射校正
几何校正

www.bjcugb.com 北地论坛





辐射校正

辐射校正（**radiometric correction**）的概念：进入传感器的辐射强度反映在图像上就是灰度值。

这个值受两个量的影响：

- 一是太阳辐射照射在这个点的辐射强度，
- 二是地物的光谱反射率。

www.bicugb.com 北地论坛



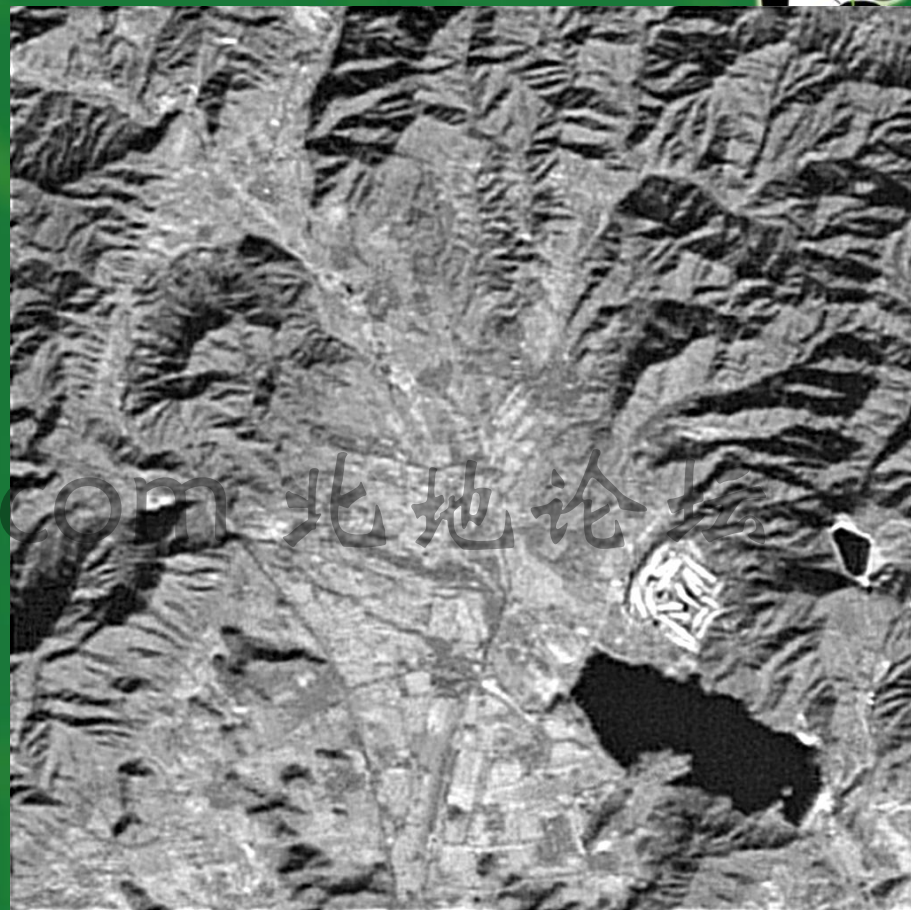
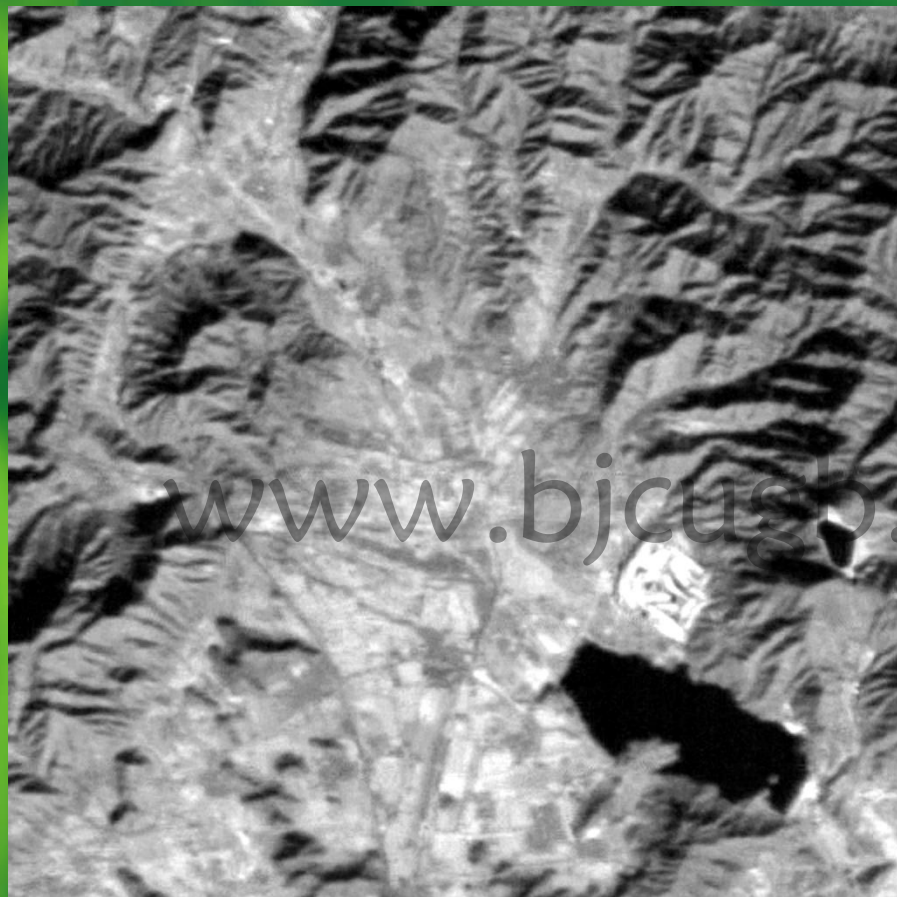
- ❖ 用公式表示为： $f(x,y)=i(x,y)r(x,y)$
式中 $i(x,y)$ 是太阳光对 (x,y) 这一点的照度
式中 $r(x,y)$ 是反射率，由地物的物质特性决定，
- ❖ 在照度相同条件下， $f(x,y)$ 正比于 $r(x,y)$ ，而 $r(x,y)$ 反映了地物波谱辐射特性。
- ❖ $r(x,y)$ 变化比 $i(x,y)$ 变化快，具有高频特性，这两者的乘积构成了 (x,y) 点的地物的辐射亮度



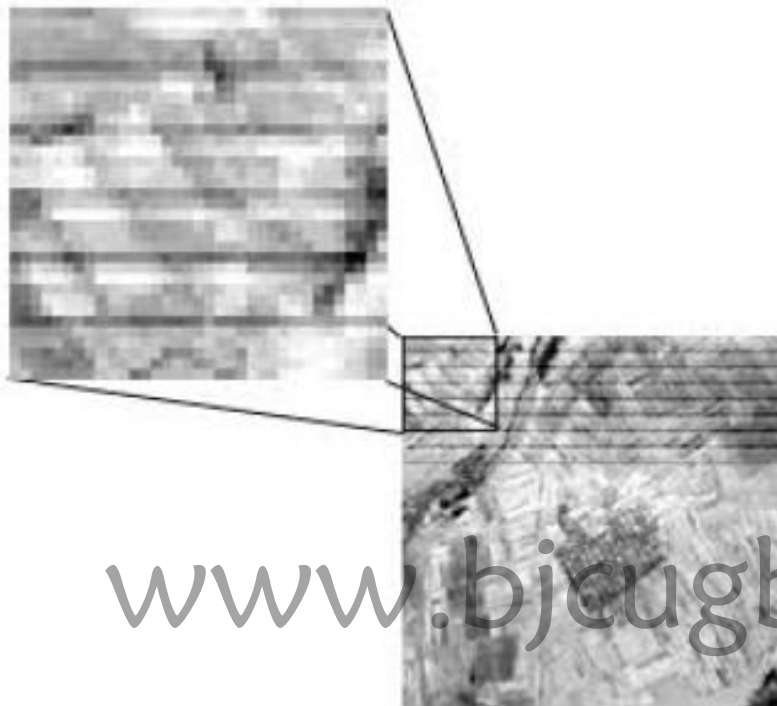
- ❖ 实际情况下，辐射强度值 $f(x,y)$ 还受到其他因素的影响而发生变化。这一改变就是需要校正的部分，所以称为辐射畸变校正。
- ❖ 引起辐射畸变的原因有三个：
 - 传感器本身的误差
 - 太阳高度及地形等引起的畸变校正
 - 大气的影晌



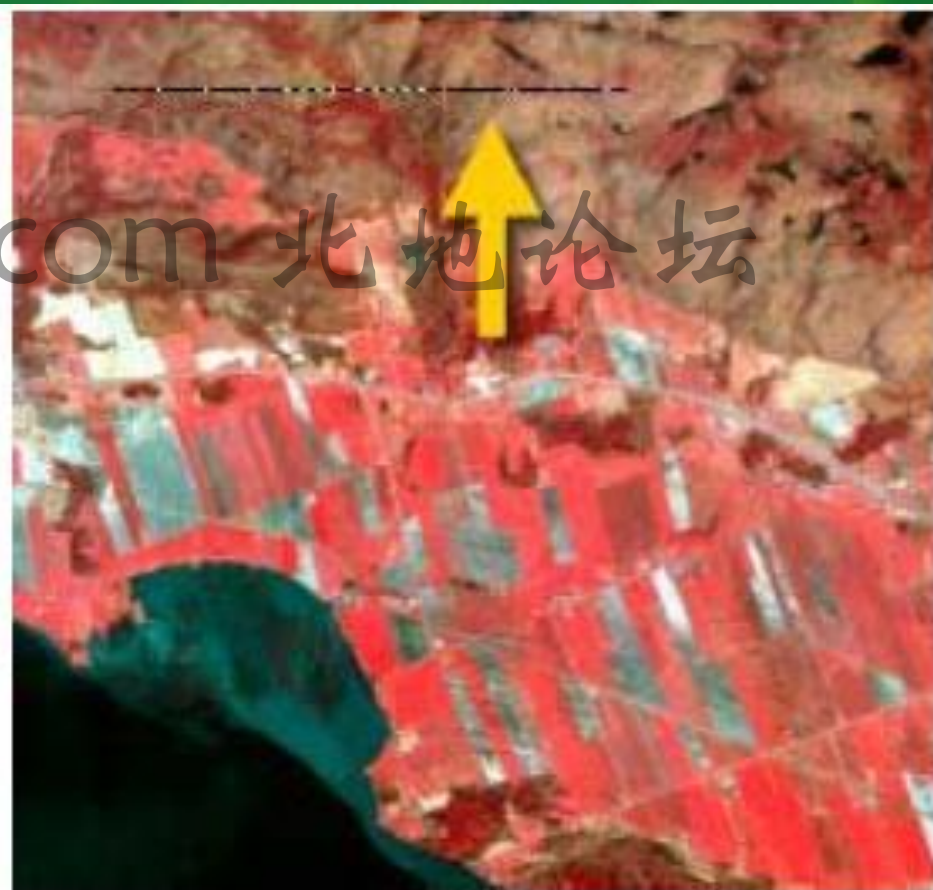
由遥感器引起的误差或由太阳高度引起的误差，一般在数据生产过程中由生产单位根据遥感器参数进行校正，而不需要用户进行自行处理。用户应该考虑大气影响引起的辐射畸变。



www.bjcugb.com 北地论坛



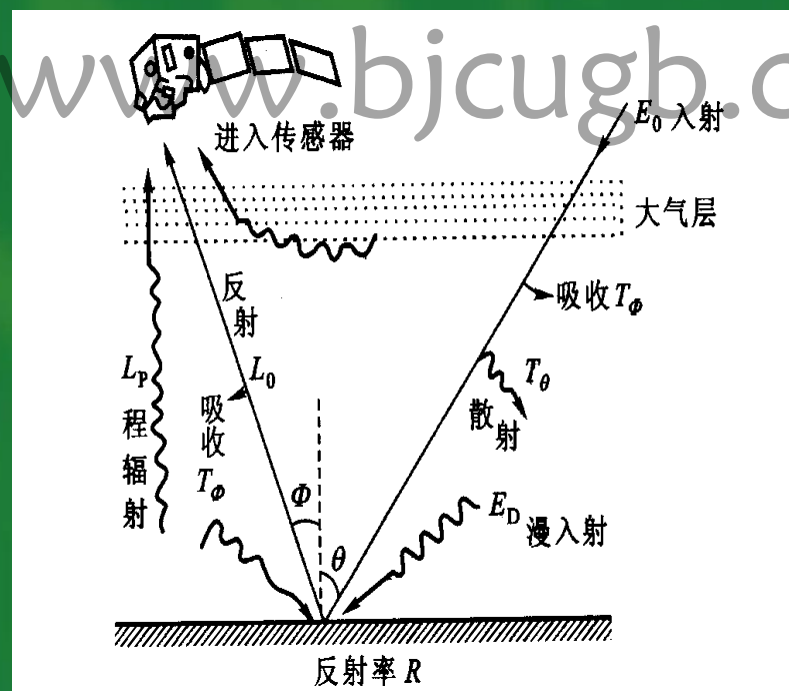
www.bjcugb.com 北地论坛





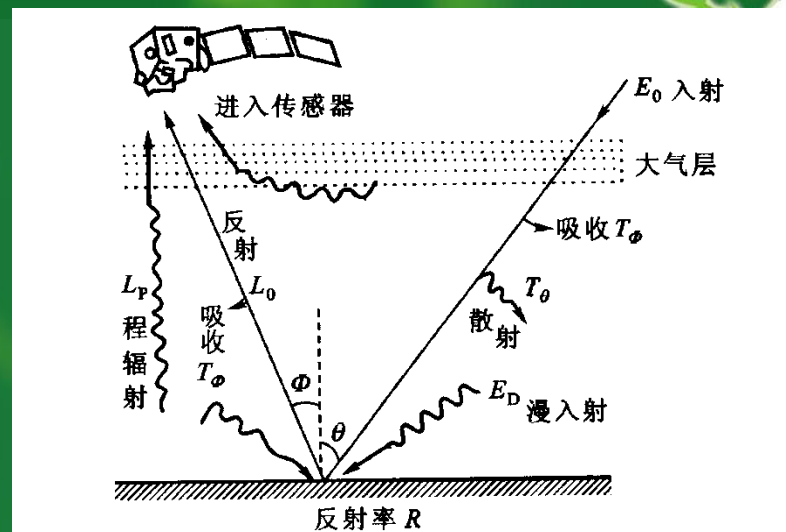
大气影响的定量分析

进入大气的太阳辐射会发生吸收、散射（反射和透射）。



www.bjcugb.com 北地论坛

大气影响的定量分析



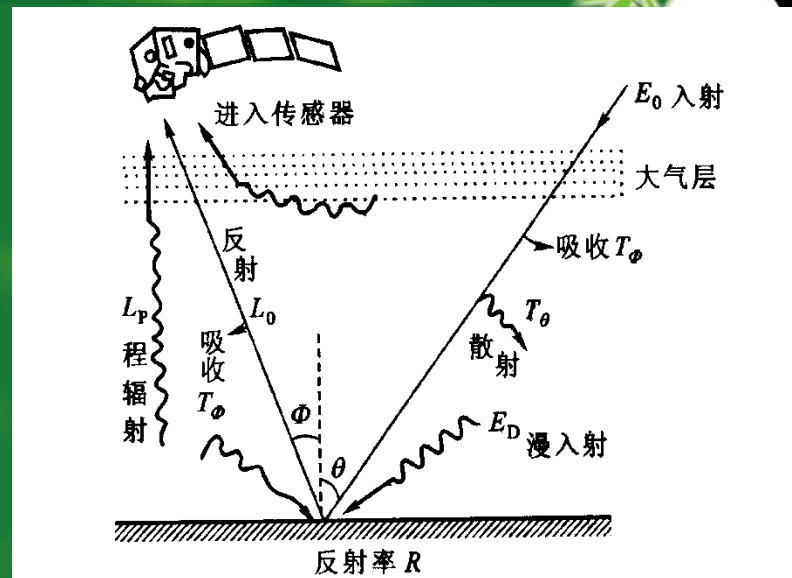
❖ 无大气:

在没有大气存在时，传感器接收的辐照度，只与太阳辐射到地面的辐照度和地物反射率有关。

设 $E_{0\lambda}$ 为波长 λ 的入射辐照度， θ 为入射方向的天顶角，当无大气存在时，地面上单位面积的辐照度为：

$$E_{\lambda} = E_{0\lambda} \cos \theta$$

大气影响的定量分析

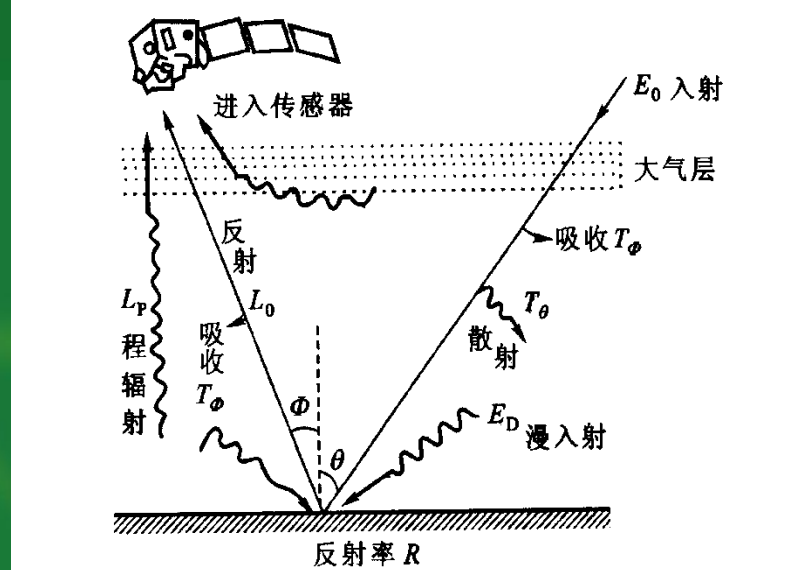


- ❖ 假定地表面是朗伯体，其表面为漫反射，则某方向物体的亮度为：

$$L_{0\lambda} = \frac{R_{\lambda}}{\pi} E_{\lambda} = \frac{R_{\lambda}}{\pi} E_{0\lambda} \cos \theta$$

R_{λ} 是地物反射率； π 是球面度（半球反射）

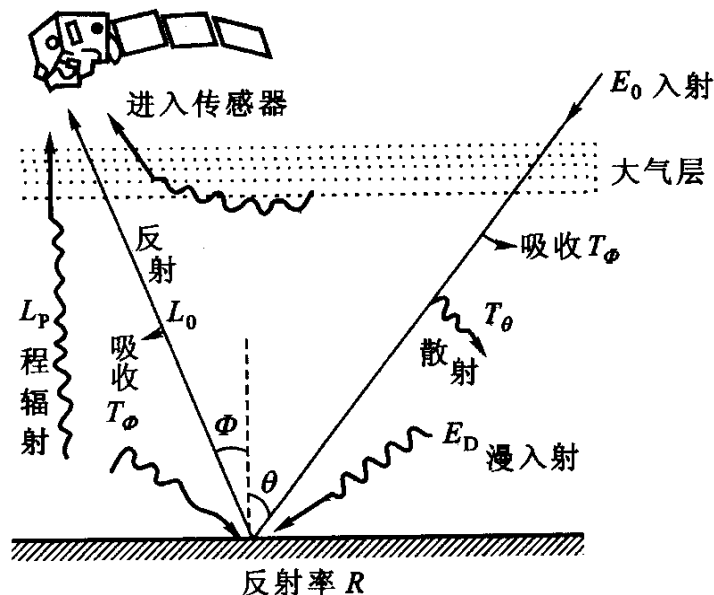
大气影响的定量分析



- ❖ 传感器接收信号时，
受仪器的影响还有一个系统增益因子 S_λ ，
这时进入传感器的亮度值为：

$$L'_{0\lambda} = \frac{R_\lambda}{\pi} E_{0\lambda} \cdot S_\lambda \cdot \cos \theta$$

大气影响的定量分析

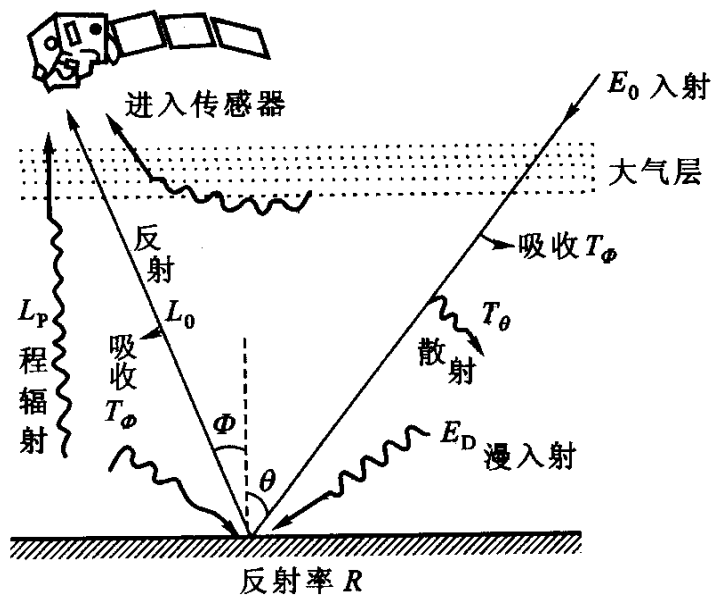


❖ 由于大气的存在，

辐射经过大气吸收和散射，透过率小于1，从而减弱了原信号的强度。同时大气的散射光也有一部分直接或经过地物反射进入到传感器，这两部分辐射又增强了信号，但却不是有用的。在入射方向有与入射天顶角 θ 和波长 λ 有关的透过率 $T_{\theta\lambda}$ ；反射后，在反射方向上有与反射天顶角 Φ 和波长 λ 又有关的透过率 $T_{\Phi\lambda}$ 。因此进入传感器的亮度值为

$$L_{1\lambda} = \frac{R_{\lambda} T_{\Phi\lambda}}{\pi} E_{0\lambda} \cdot T_{\theta\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \cos \theta$$

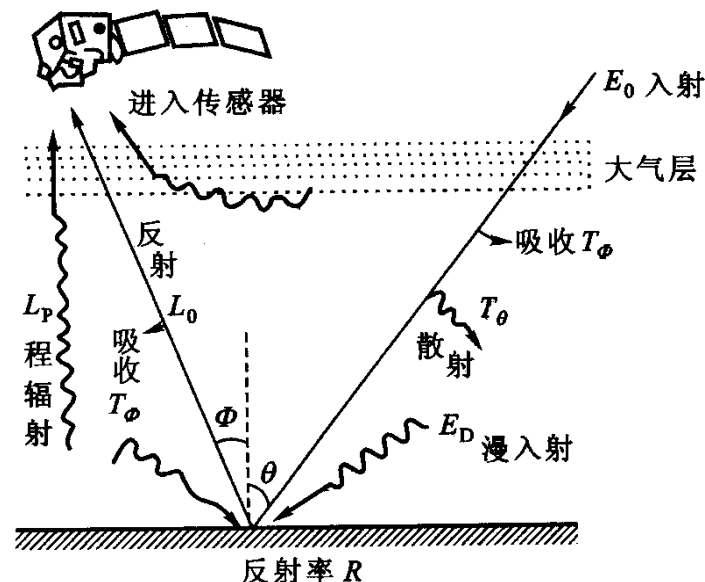
大气影响的定量分析



- ❖ 大气对辐射散射后，来自各个方向的散射又重新以漫入射的形式照射地物，其辐照度为 E_D ，经过地物的反射及反射路径上大气的吸收进入传感器，其亮度值为（此值通常很小，有人主张忽略不计）

$$L_{2\lambda} = \frac{R_{\lambda} T_{\Phi\lambda}}{\pi} S_{\lambda} \cdot E_{D\lambda}$$

大气影响的定量分析



❖ 相当部分的散射光

向上通过大气直接进入传感器，这部分辐射称为程辐射度，亮度为 $L_{p\lambda}$ 。



大气影响的定量分析

可见，由于大气影响的存在，实际到达传感器的辐射亮度是前面所分析的三项之和，即

$$L_{\lambda} = L_{1\lambda} + L_{2\lambda} + L_{p\lambda}$$



$$L = \frac{RT_{\Phi}}{\pi} S(E_0 T_{\theta} \cos \theta + E_D) + SL_p$$



大气影响的定量分析

比较以下两个公式：

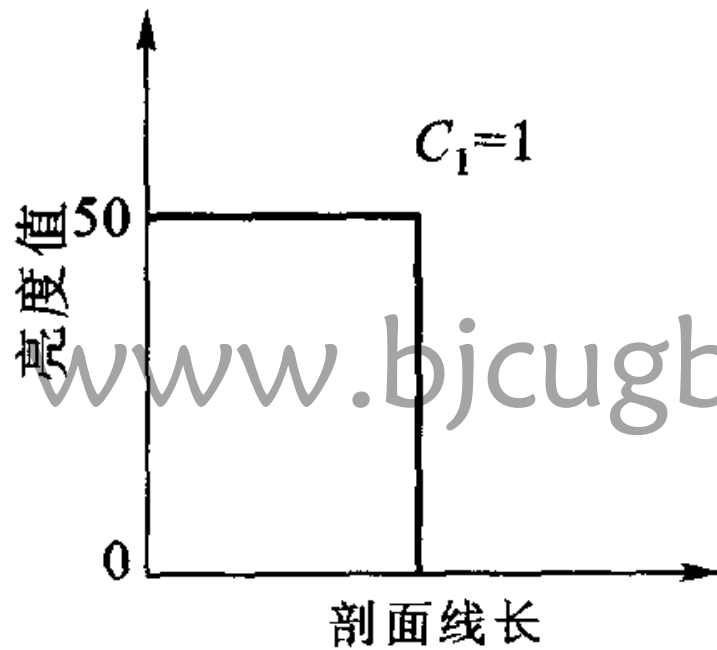
$$L'_0 = \frac{R}{\pi} E_0 \cdot S \cdot \cos \theta$$

$$L = \frac{RT_{\Phi}}{\pi} S(E_0 T_{\theta} \cos \theta + E_D) + SL_p$$

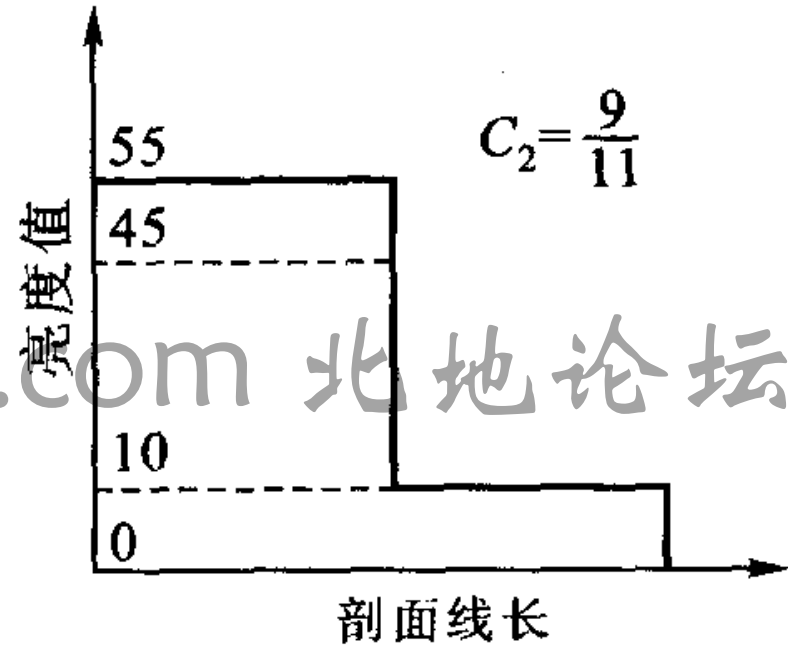


大气的主要影响是减少了图像的对比度，使原始信号和背景信号都增加了因子。

大气影响的定量分析



(a)



(b)



大气影响的粗略纠正

粗略校正指通过比较简便的方法去掉式

$$L = \frac{RT_{\Phi}}{\pi} S(E_0 T_{\theta} \cos \theta + E_D) + SL_p$$

中的 L_p ，即程辐射度，从而改善图像质量。

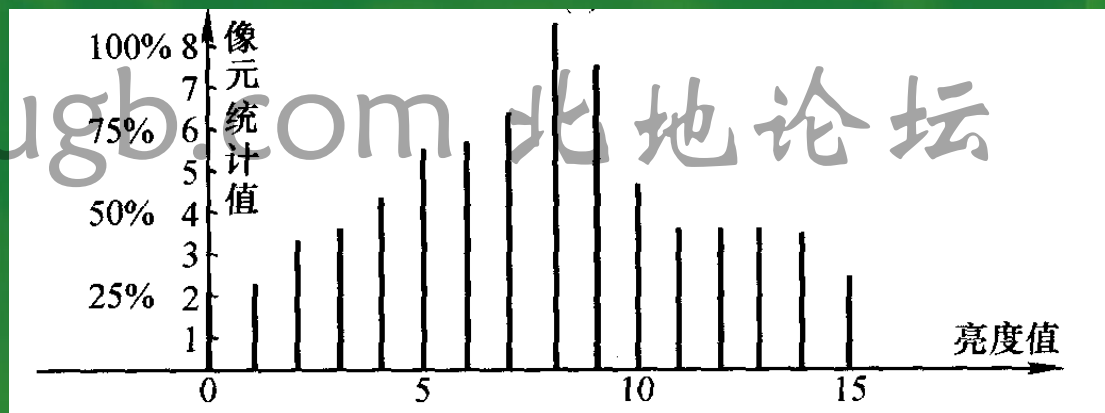
www.bicugb.com 北地论坛



大气影响的粗略纠正

❖ 直方图最小值去除法

0	5	8	10	13	14	14	13
5	0	4	9	14	15	12	11
6	2	10	10	13	15	15	12
6	8	9	9	10	12	11	8
5	8	8	9	9	9	11	9
5	7	7	8	8	7	7	8
3	4	7	6	6	3	4	5
1	1	4	6	7	3	2	2





大气影响的粗略纠正

❖ 直方图最小值去除法

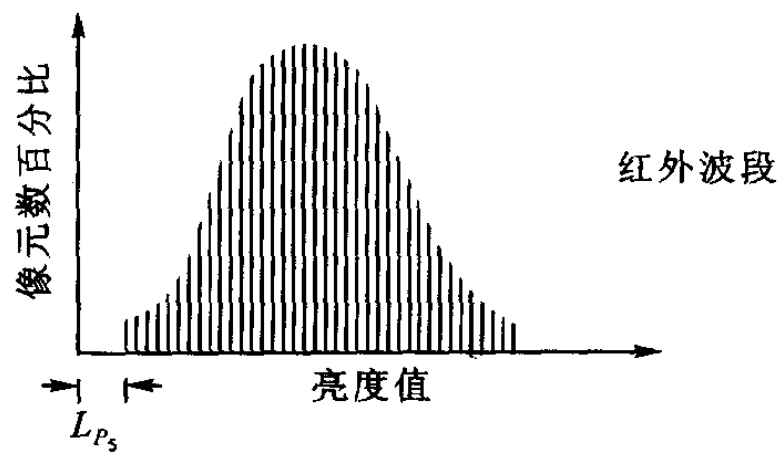
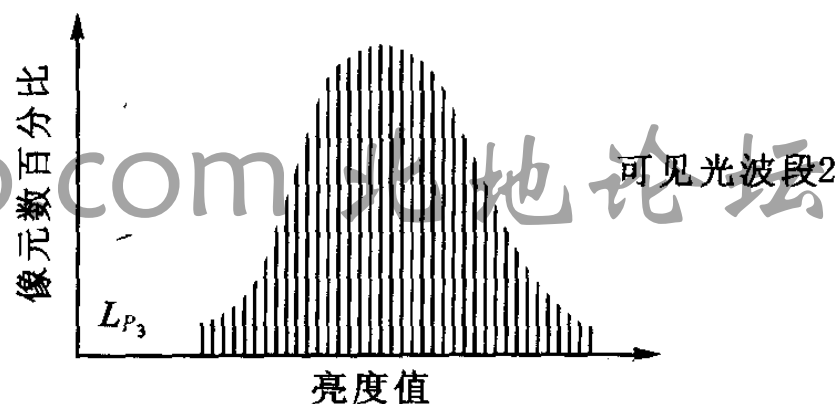
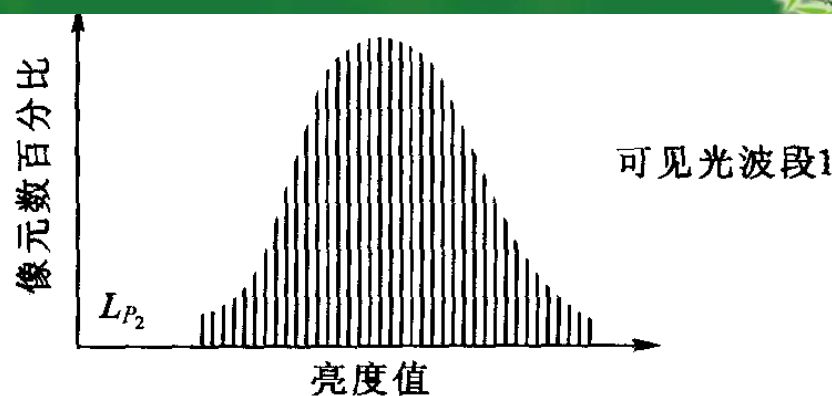
基本思想在于一幅图像中总可以找到某种或某几种地物，其辐射亮度或反射率接近0。

www.bjcgugb.com 北地论坛

大气影响的 粗略纠正

❖ 直方图最小值去除法

一般来说由于程辐射度主要来自瑞利散射，其散射强度随波长的增大而减小，到红外波段也有可能接近于零





大气影响的粗略纠正

❖ 直方图最小值去除法

具体校正方法十分简单，首先确定条件满足，即该图像上确有辐射亮度或反射亮度应为零的地区，则亮度最小值必定是这一地区大气影响的程辐射度增值。校正时，将每一波段中每个像元的亮度值都减去本波段的最小值。使图像亮度动态范围得到改善，对比度增强，从而提高了图像质量。



大气影响的粗略纠正

❖ 回归分析法

假定某红外波段，存在程辐射为主的大气影响，且亮度增值最小，接近于零，设为波段a。现需要找到其他波段相应的最小值，这个值一定比a波段的最小值大一些，设为波段b，分别以a，b波段的像元亮度值为坐标，作二维光谱空间，两个波段中对应像元在坐标系内用一个点表示。由于波段之间的相关性，通过回归分析在众多点中一定能找到一条直线与波段b的亮度 L_b 轴相交，且

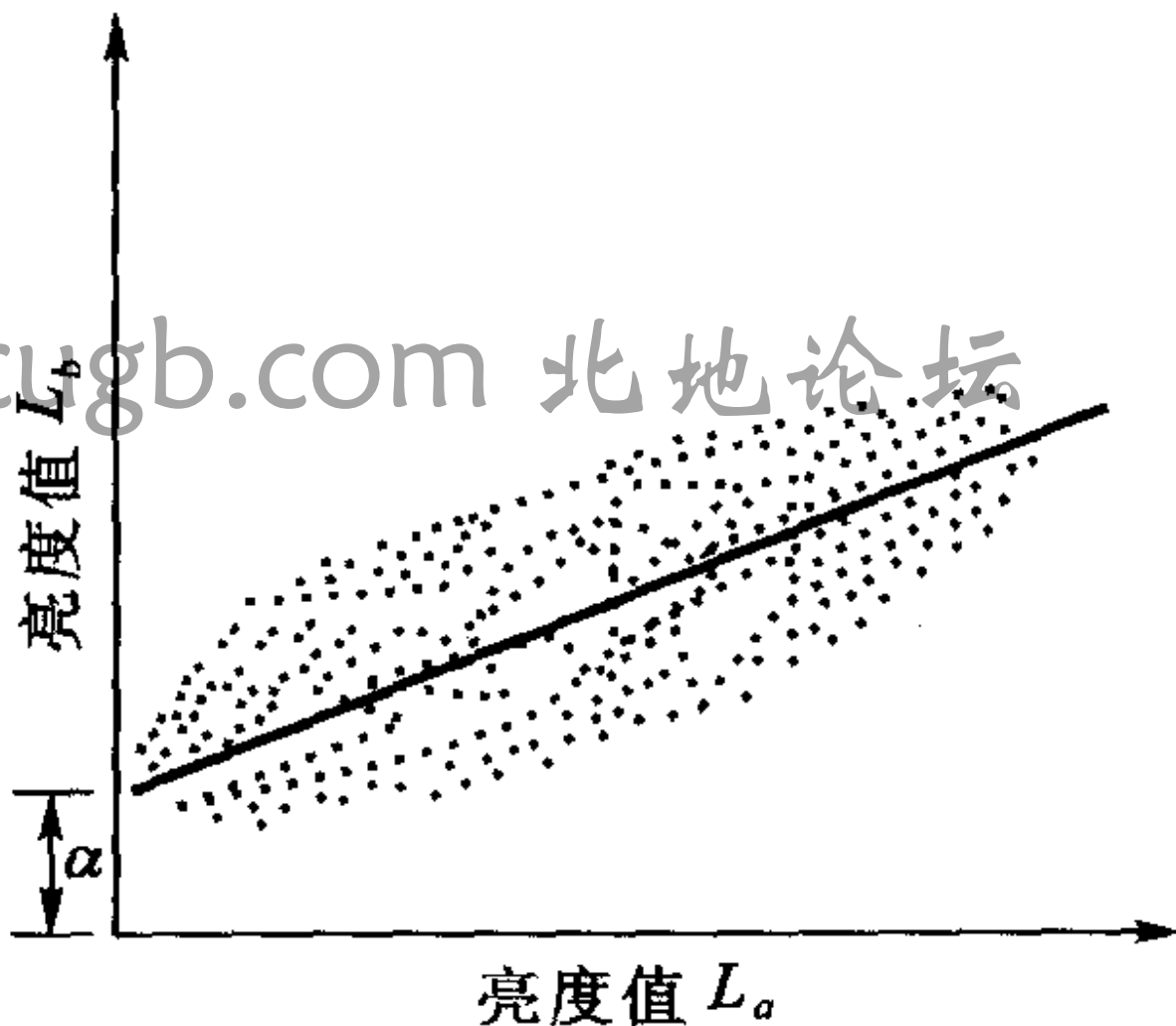
$$L_b = \beta L_a + \alpha$$



大气影响的粗略纠正

❖ 回归分析法

$$L_b = \beta L_a + \alpha$$





大气影响的粗略纠正

❖ 回归分析法

β 是斜率:

$$\beta = \frac{\sum (L_a - \bar{L}_a)(L_b - \bar{L}_b)}{\sum (L_a - \bar{L}_a)^2} L_a + \alpha$$

$\alpha = \bar{L}_b - \beta \bar{L}_a$ www.bjcaugh.com 北地论坛

\bar{L}_a 和 \bar{L}_b 分别为a、b波段亮度的平均值。

α 是波段a中的亮度为0处波段b中所具有的亮度。
可以认为 α 就是波段b的程辐射度。校正的方法是将波段b中每个像元的亮度值减去 α ，来改善图像，去掉程辐射。

同理依次完成其他波段的校正。



传感器引起的畸变--去条带

- ❖ 成像时，由于检测系统某一扫描线上故障造成扫描线脱落。这时往往没有任何信息，在图像只显示一条黑线，有时也会出现分段黑线，这些均称条带噪声。

www.bicugb.com 大地论坛

$$g(i, j) = \frac{g(i-1, j) + g(i+1, j)}{2}$$

- ❖ 一般说，去条带的办法较简单，多用条带上行和下行的均值来代替。当像元位 (i,j) 用 $g(i,j)$ 来代替，则



- ❖ 对于遥感图像可以直接在图像上目视观察条带是否存在，但一般来说，则要设法让计算机自动查找条带了。采用公式

www.bjcugb.com 北地论坛

$$G_{ij} = M + \frac{d_i}{D} (g_{ij} - m_i)$$

- ❖ 式中: g_{ij} 为某一像元被计算前的输入灰度值



- ❖ M为整个图像所有像元灰值的平均值

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^S g_{ij}$$

- ❖ D为整个图像所有像元数灰度值的标准偏差

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^S (g_{ij} - M)^2}{N-1}}$$

- ❖ m_i 为每条扫描线上像元灰度平均值

$$m_i = \frac{1}{S} \sum_{j=1}^S g_{ij}$$

- ❖ d_i 为每条扫描线上像元灰度的标准偏差

$$d_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^S (g_{ij} - m_i)^2}{S-1}}$$

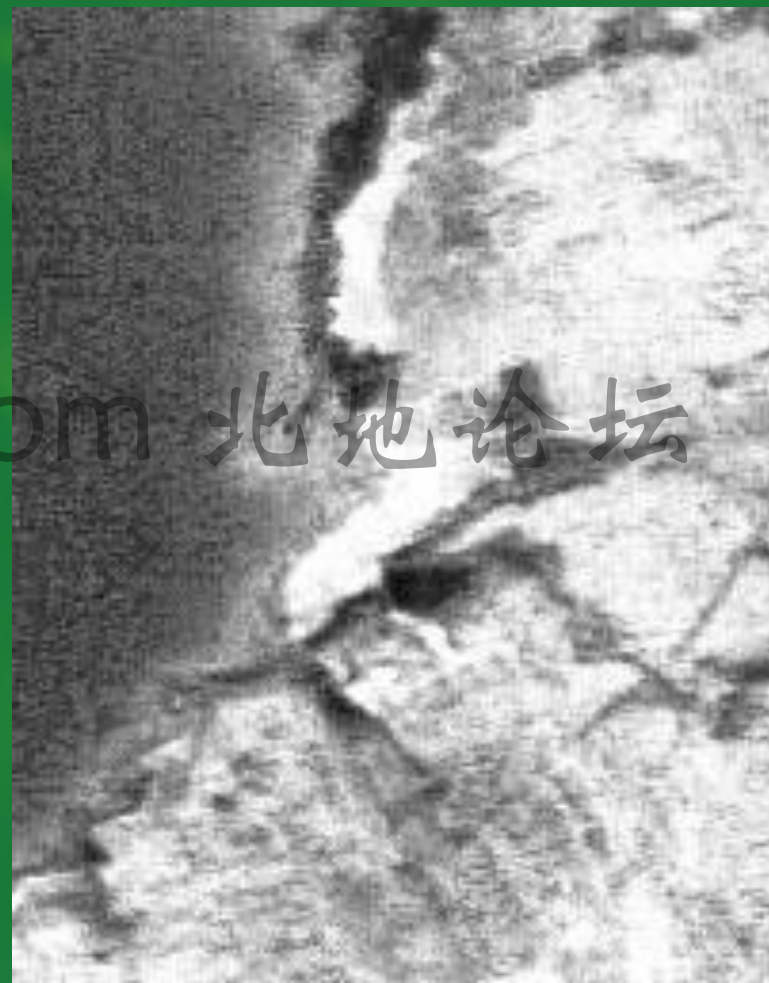
www.bicugb.com 北地论坛



- ❖ 以上各式中的 i, j 表示图像行列顺序号，其中 $i=1, 2, \dots, L$ ； $j=1, 2, \dots, S$
- ❖ 按照上面查找条带公式。如果第 i 行是一个条带，由于条带上所有像元都是零级灰值，故 m_i 和 d_i 计算出来也为零值，最后计算的 G_{ij} 的灰度值应该等于整个像幅灰度值的平均值 M ，即计算出来第 i 行的所有像元的灰值都相等（也即等于某一常数时），说明第 i 行是一个条带，需进行去条带处理。



横向随机条纹的去除

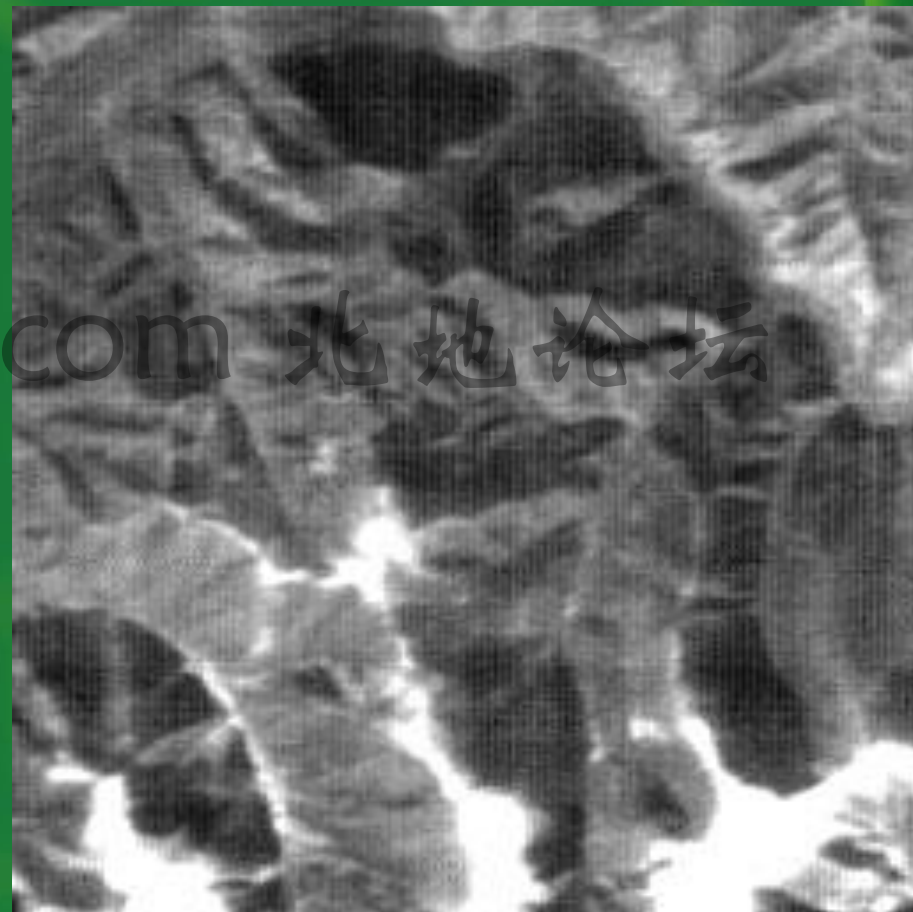
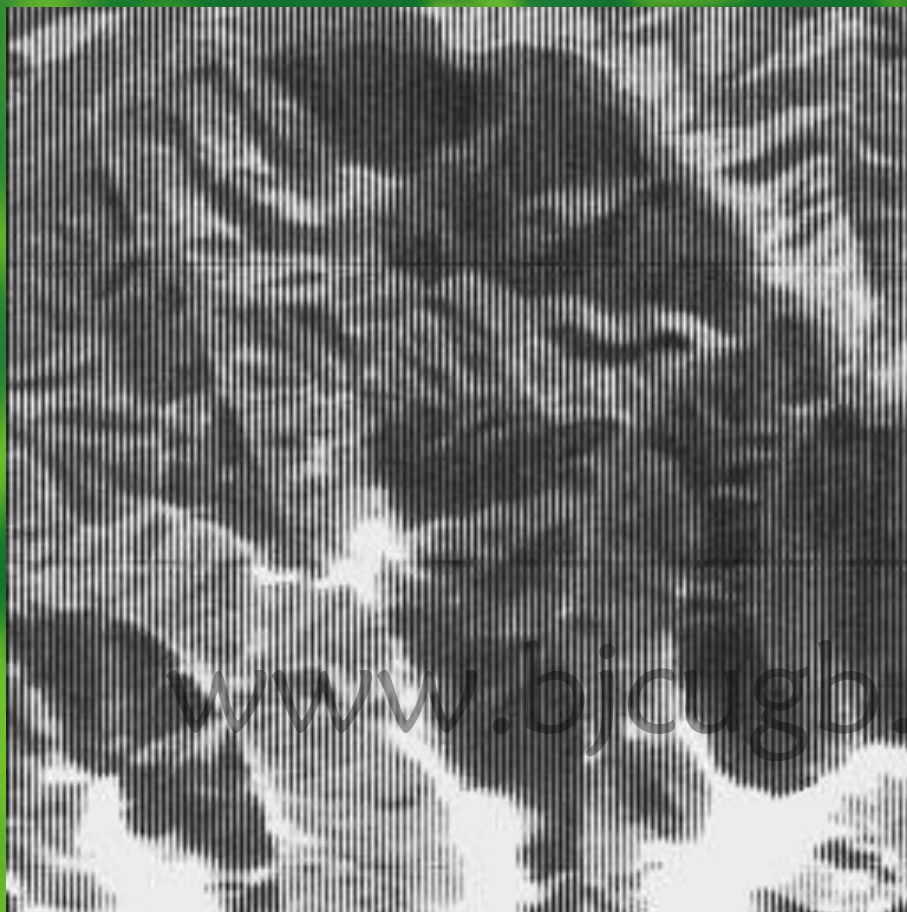


www.bjcugb.com 北地论坛

条带噪声去除



www.bjcugb.com 北地论坛





纵向条纹的去除

www.bjcugb.com 北地论坛