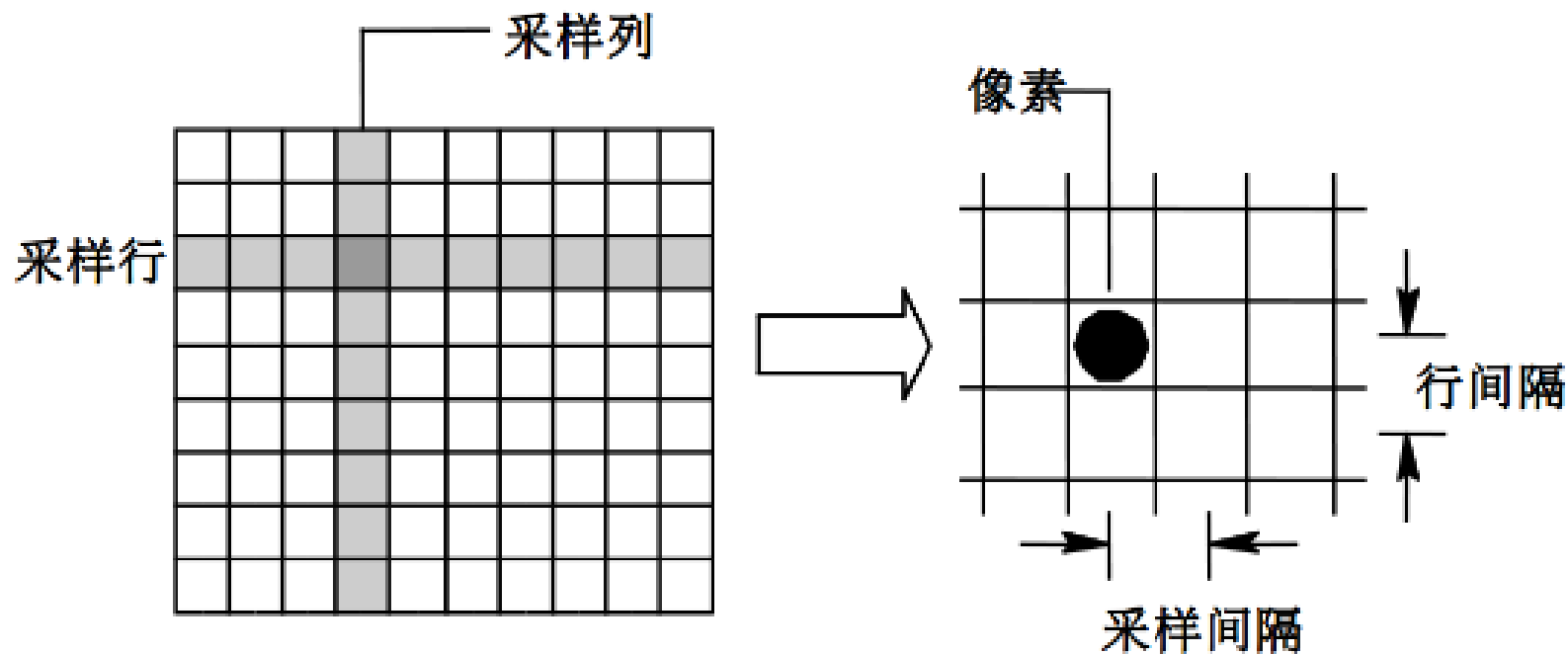




第二章 图像采样与量化

1. 采样与量化
2. 像素之间的关系
3. 图像坐标变换

采样：就是把一幅连续图像在空间上分割成 $M \times N$ 个网格，每个网格用一亮度值来表示。一个网格称为一个像素。 $M \times N$ 的取值满足**采样定理**。



采样示意图

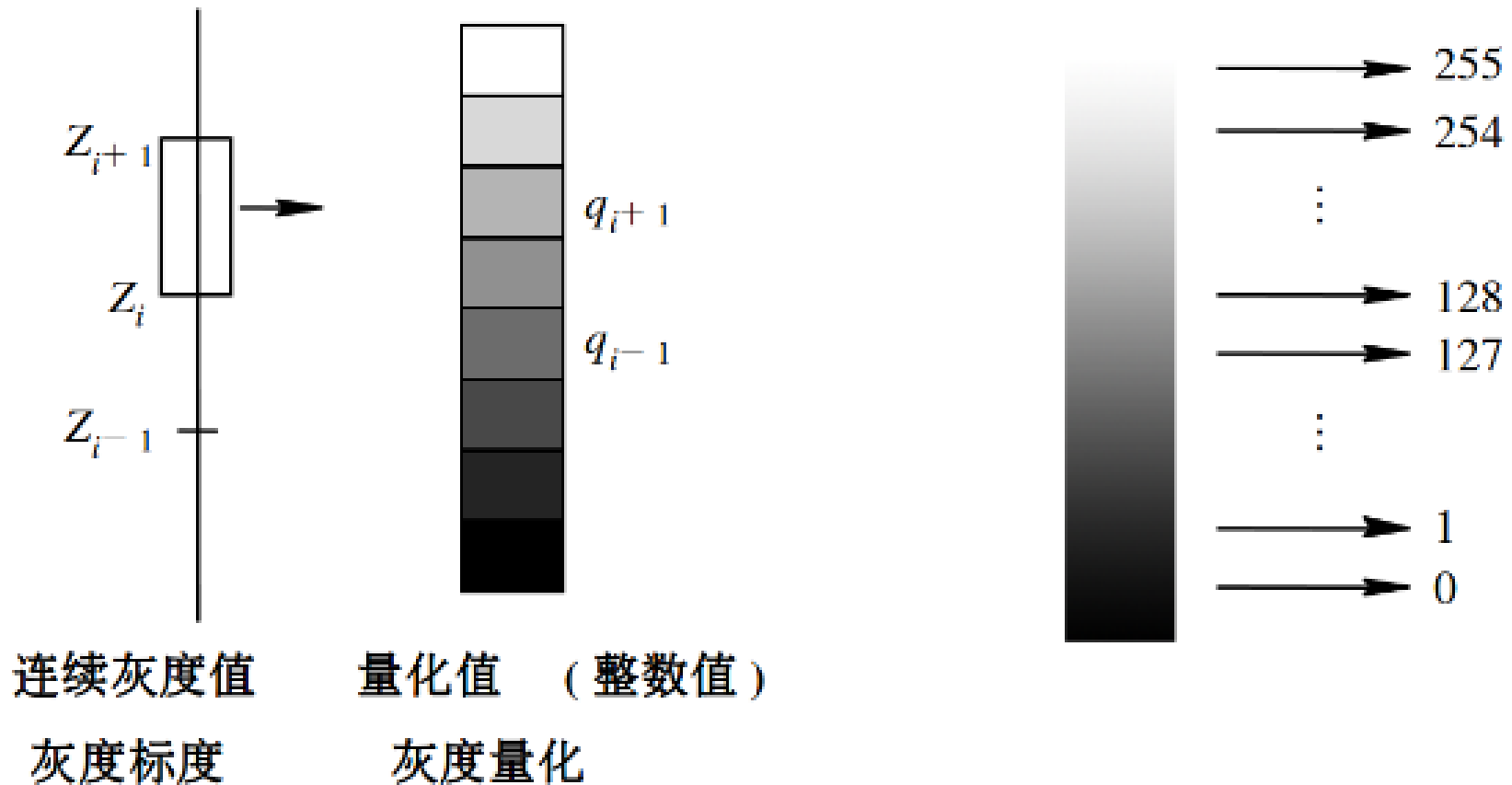
量化：就是把采样点上对应的亮度连续变化区间转换为单个特定灰度值的过程。

量化后：图像就被表示成一个整数矩阵。每个像素具有**两个属性**：**位置**和**灰度**。

位置由行、列表示。灰度表示该像素位置上亮暗程度的整数。

此**数字矩阵 $M \times N$** 就作为计算机处理的对象了。

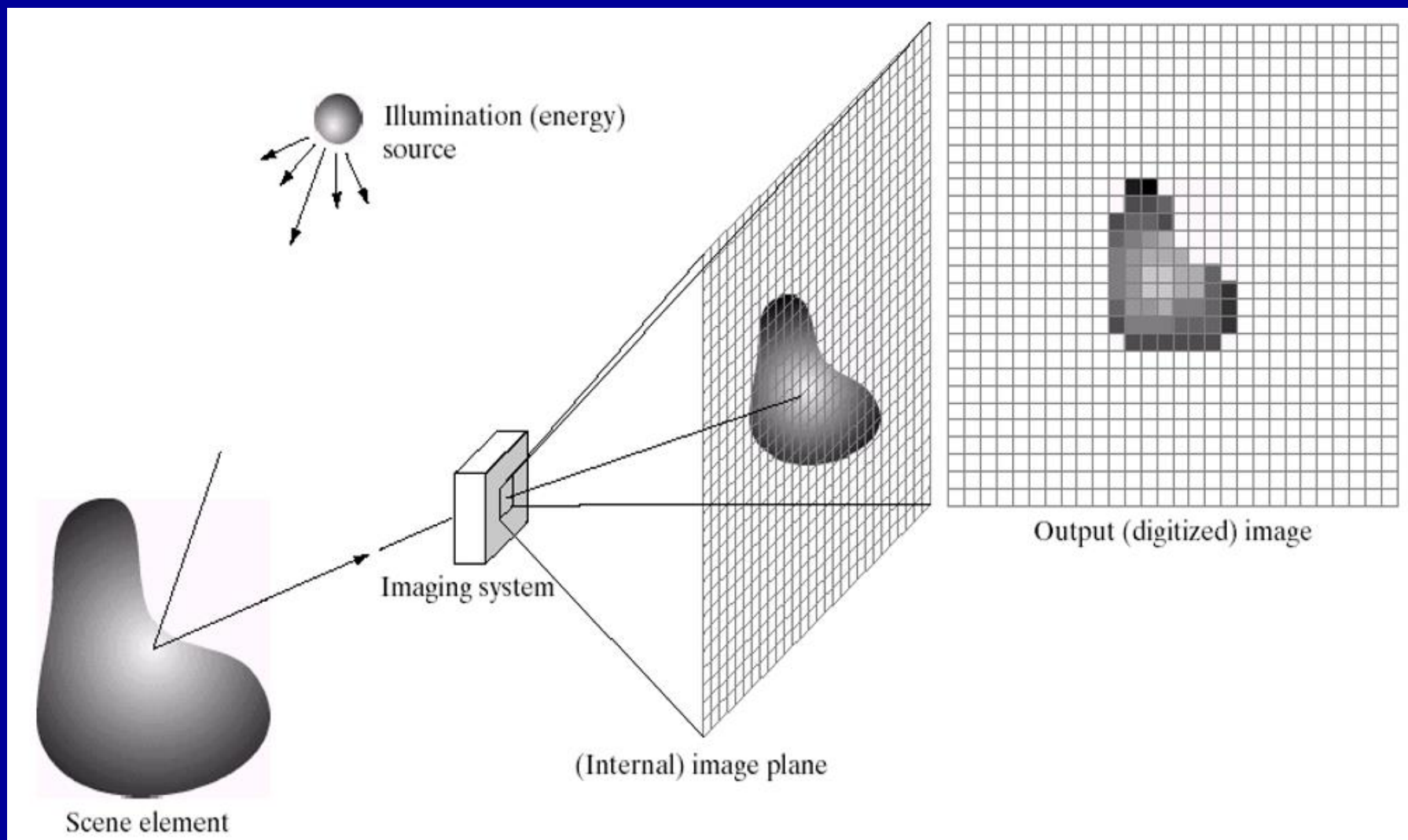
灰度级一般为0 - 255（8bit量化）。



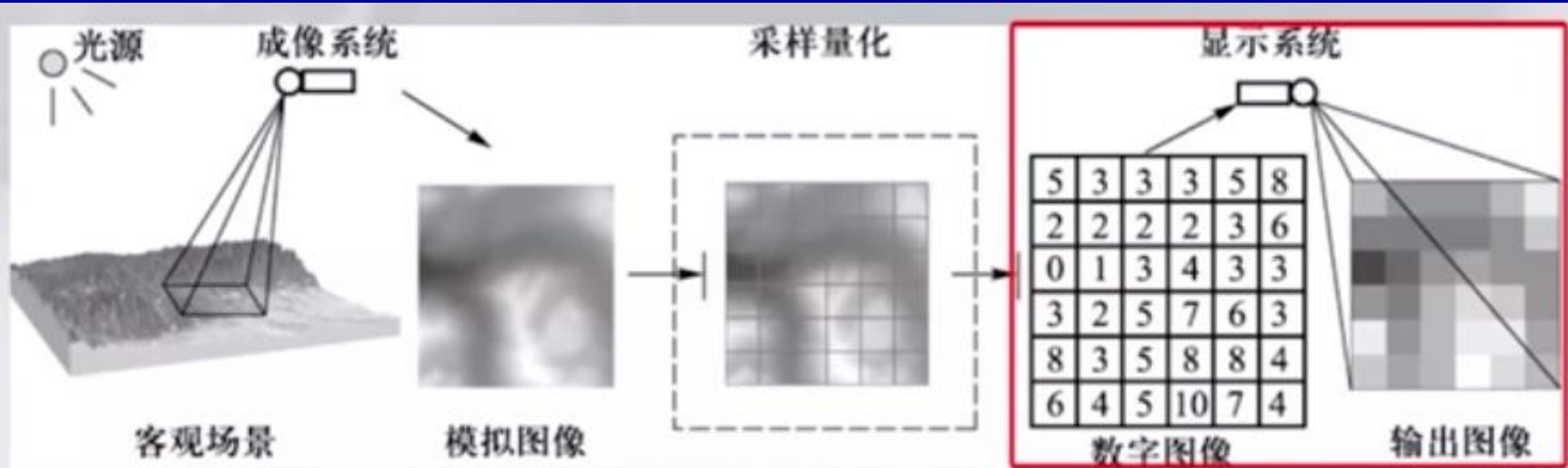
量化过程

量化为8bit

采集到的图像都需要**经过离散化**变成数字图像后才能被计算机识别和处理。



模拟图像到数字图像的转换



空间分辨率

空间分辨率是对图像空间细节信息的辨别能力，指传感器能够分辨最小目标地物大小。



(a)

(b)

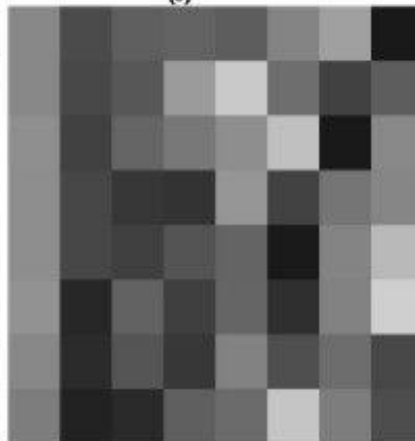
(c)



(d)



(e)



(f)

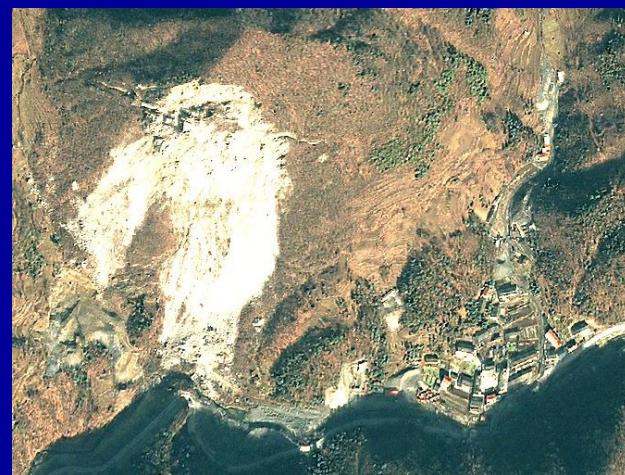
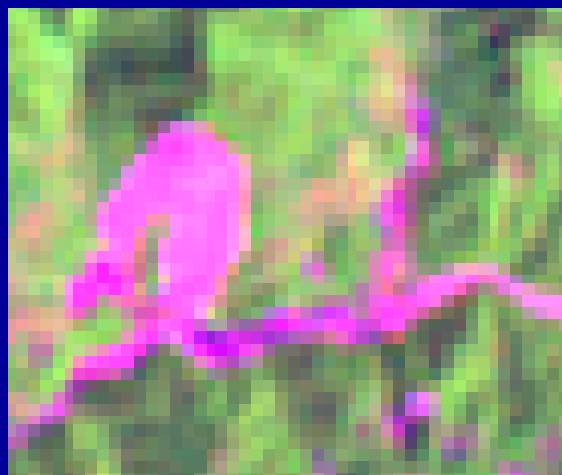
- a) 512×512
- b) 256×256
- c) 128×128
- d) 64×64
- e) 32×32
- f) 16×16

图像质量随 N 的增加而增加

影像空间分辨率

实际卫星观测影像中的1个像素所对应的地面范围。可以这样理解，一个像元，代表地面的面积是多少。

WorldView-2卫星全色图像空间分辨率是0.5m，指的是影像中的一个像素所对应的实际地面大小为0.5m X 0.5m

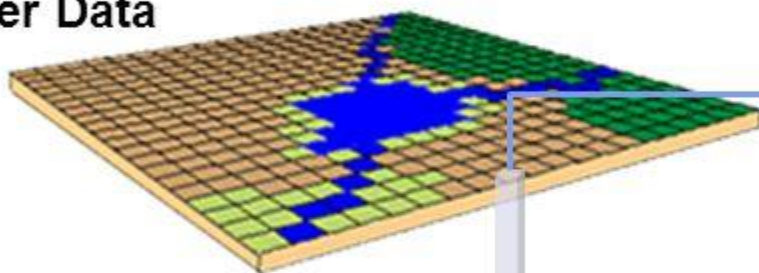


不同空间分辨率下韭菜包滑坡的遥感影像



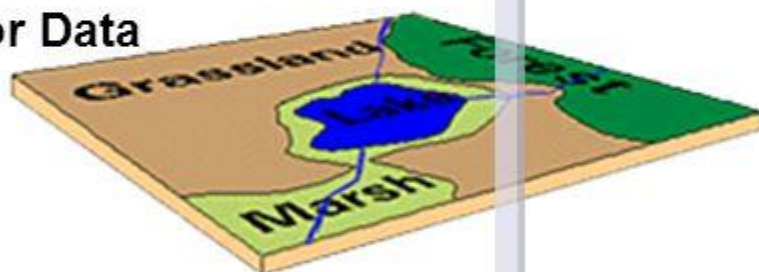
空间分辨率示例

Raster Data

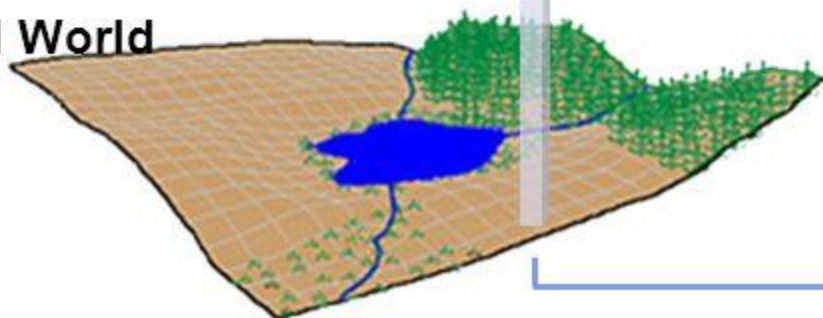


1 Pixel

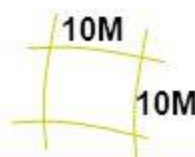
Vector Data



Real World



1 pixel = 10mX10m
分辨率 = 10m



量化

图幅度分辨率是指幅度离散，每个像素都有一个强度值，称该像素的灰度，一般量化采用 8bit。

幅度分辨率变化产生的效果

量化等级: 256



量化等级: 64



量化等级: 16



图像幅度分辨率变化产生的效果



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

a) 256

b) 64

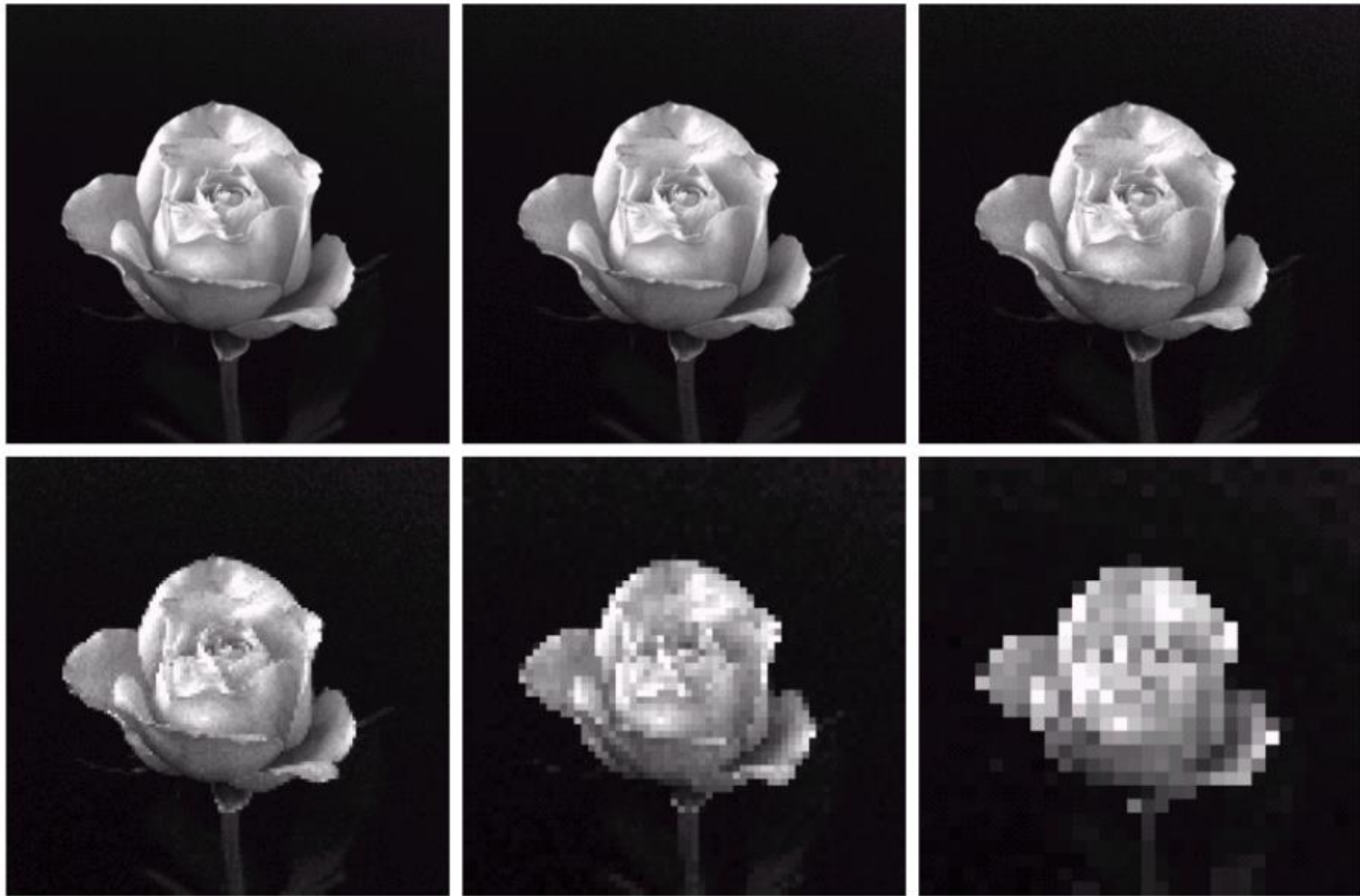
c) 16

d) 8

e) 4

f) 2

图像质量随 G
(k) 的增加而
增加



a	b	c
d	e	f

FIGURE 2.20 (a) 1024×1024 , 8-bit image. (b) 512×512 image resampled into 1024×1024 pixels by row and column duplication. (c) through (f) 256×256 , 128×128 , 64×64 , and 32×32 images resampled into 1024×1024 pixels.

<http://blog.csdn.net/zqhwando>

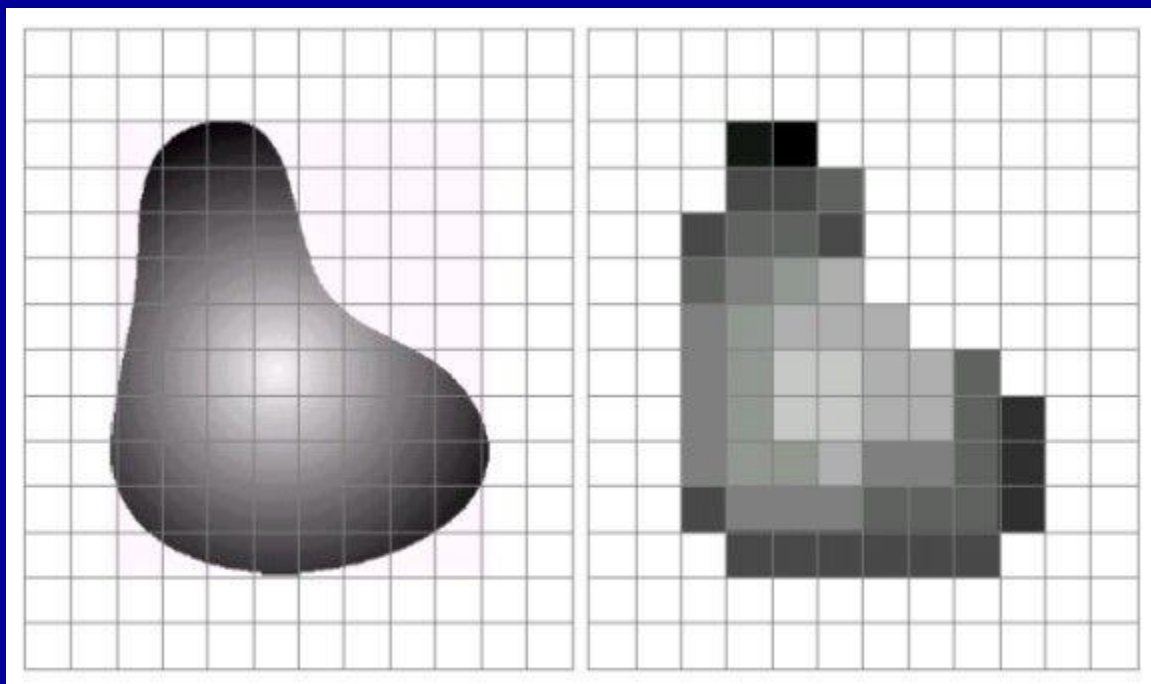
采样和量化总结

量化等级越多，所得图像层次越丰富，灰度分辨率高，图像质量好，但数据量大；

量化等级越少，图像层次欠丰富，灰度分辨率低，会出现假轮廓现象，图像质量变差，但数据量小。

采样 (sampling)：数字化坐标，将空间上连续的图像变换成离散点的操作，用空间上部分点的灰度值代表图像，这些点称为采样点。

对同一幅图像采样间隔越小，所得图像像素(Pixel)越多，图像的空间分辨率越高，图像细节越清晰，但文件尺寸大，处理时间长，对设备的要求高。



作业1

1. 对图像进行采样处理
2. 对图像进行量化处理

备注： 图像可以是自己用手机采集的

像素间联系

要对图像进行有效的处理和分析，必须考虑像素之间的联系。

基本关系:

一幅图像由基本单元像素组成，像素间存在着一定的联系，包括像素的邻域，邻接和连通，以及像素间的距离。

一般地，当指定某个特定的像素时用小写字母（如 p ）表示。

像素间联系

1. 像素邻域

2. 像素间距离



	r	
r	p	r
	r	

4-邻域

记为 $N_4(p)$

s		s
	p	
s		s

对角邻域

记为 $N_b(p)$

s	r	s
r	p	r
s	r	s

8-邻域

记为 $N_8(p)$

像素间联系

像素间距离



- 欧氏距离：也是范数为2的距离

$$D_E(p, q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{1/2}$$

- 城区距离：也是范数为1的距离

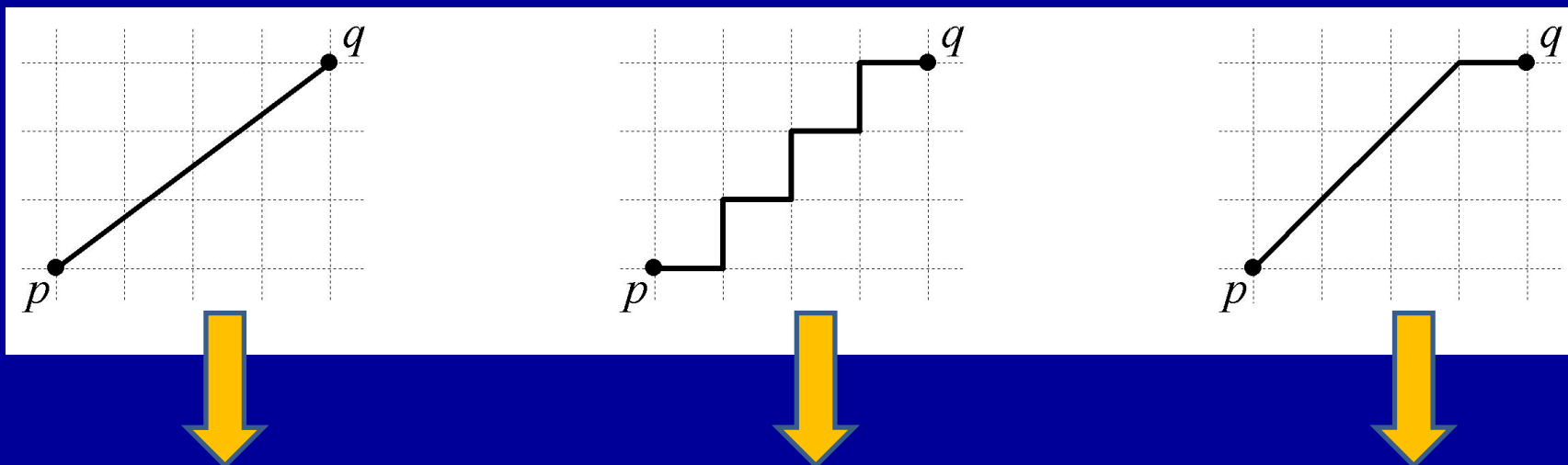
$$D_4(p, q) = |x-s| + |y-t|$$

- 棋盘距离：也是范数为 ∞ 的距离

$$D_8(p, q) = \max(|x-s|, |y-t|)$$

像素间联系

距离计算示例：



像素 p 和 q 之间的
 DE 距离为5

像素 p 和 q 之间的
 $D4$ 距离为7

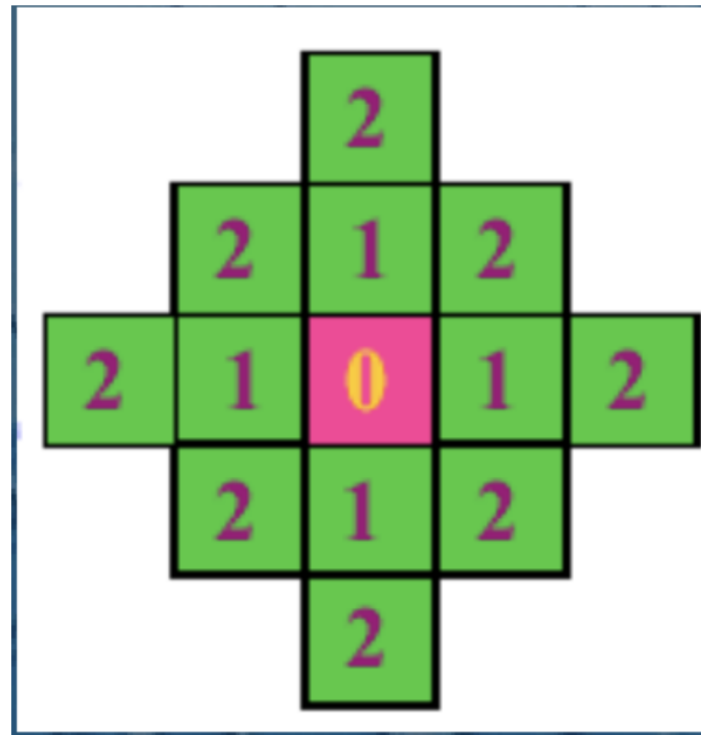
像素 p 和 q 之间的
 $D8$ 距离为4

像素间联系

距离计算示例：

- 城区距离

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

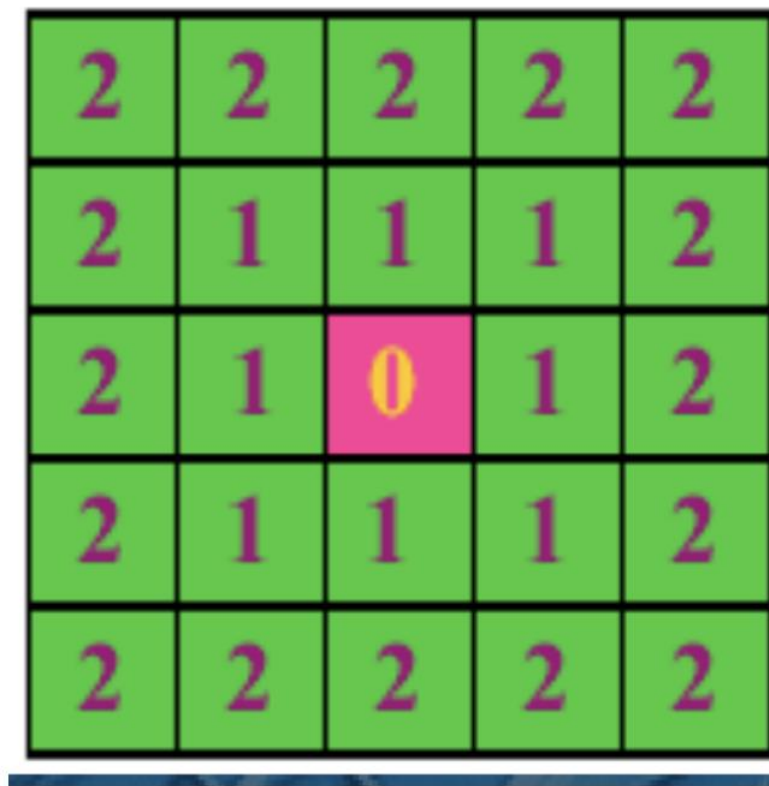


城区距离

像素间联系

- 棋盘距离

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$



棋盘距离

欧式距离给出的结果比较准确，但计算时要进行平方和开方运算，计算量大。

城区距离和棋盘距离均为非欧式距离，计算量小，但有一定的误差。

图像坐标变换



图像坐标变换

坐标变换的表达



借助矩阵写为： $\mathbf{v}' = \mathbf{A}\mathbf{v}$

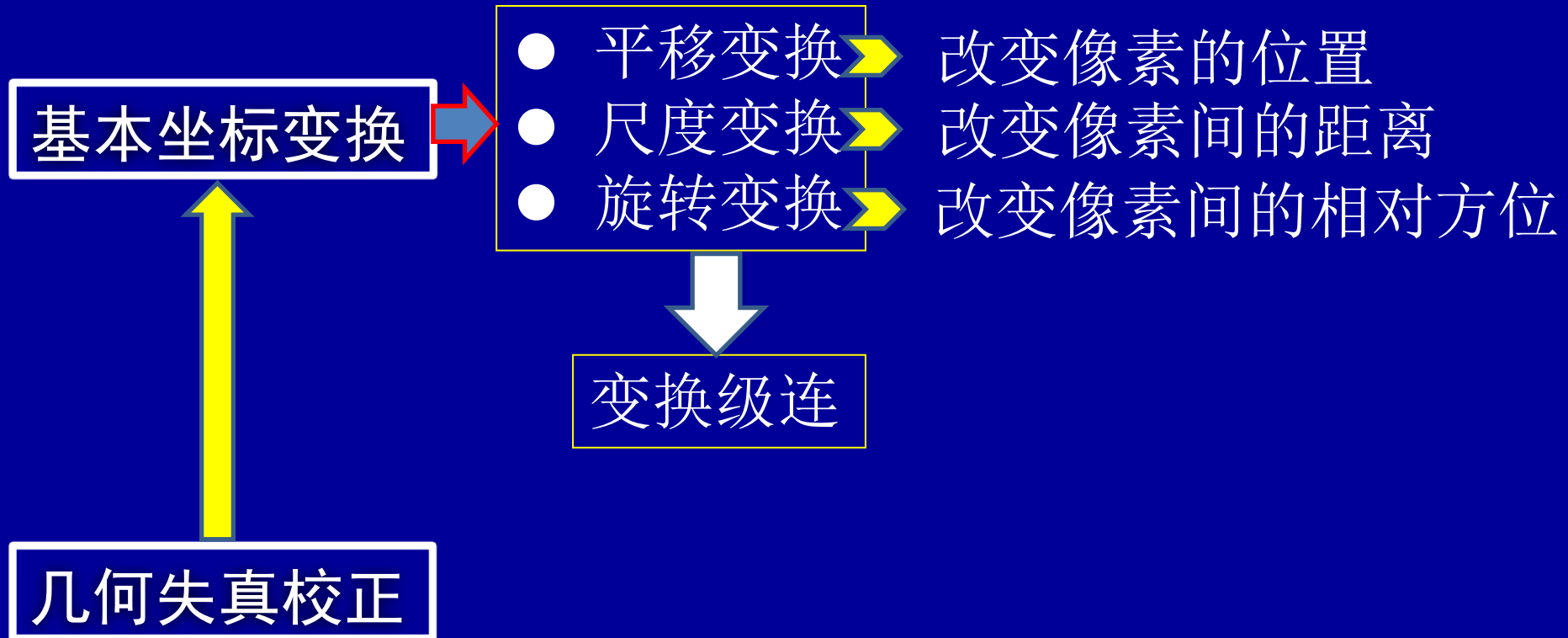
$$\mathbf{v}' = [x' \quad y' \quad 1]^T \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad \mathbf{v} = [x \quad y \quad 1]^T$$

变换前坐标矢量

变换矩阵

变换后坐标矢量

图像坐标变换



平移变换

设需要用平移量 (x_0, y_0) 将具有坐标为 (x, y) 的像素平移到新的位置 (x', y') ,这个平移可用矩阵形式写成:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_0 \\ 0 & 1 & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

平移变换矩阵



$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_0 \\ 0 & 1 & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

逆矩阵

$$T^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_0 \\ 0 & 1 & -y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

平移变换



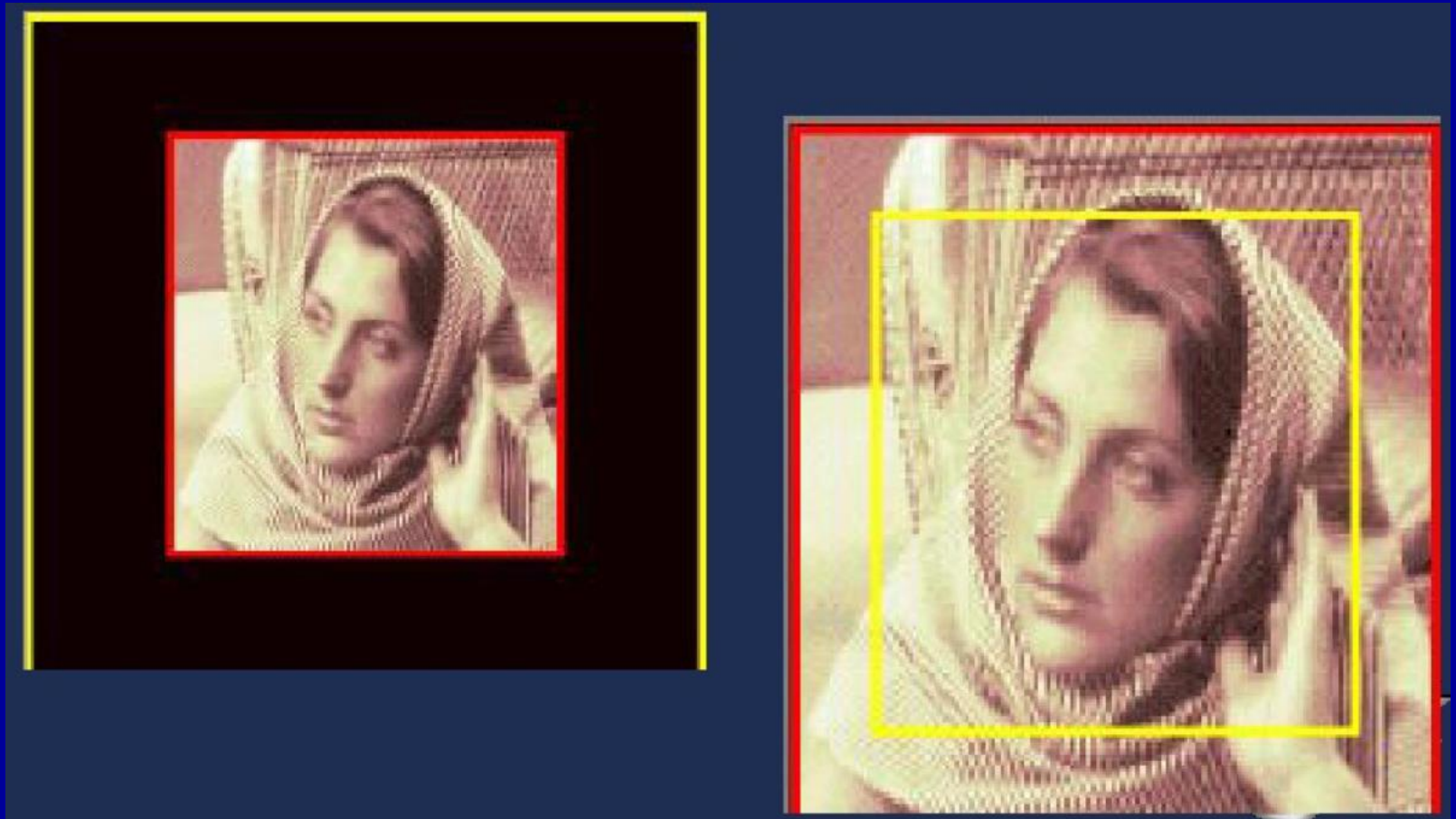
尺度变换

当分别用 s_x , s_y 沿x轴和y轴进行尺度变换时, 尺度变换矩阵可以写为:

$$S = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{逆矩阵}} S^{-1} = \begin{bmatrix} 1/s_x & 0 & 0 \\ 0 & 1/s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Note: 当 s_x , s_y 不为整数时, 原图像中有些像素在尺度变换后的坐标值可能不为整数, 导致变换后的图像出现“孔”, 此时需要进行取整和插值操作。

尺度变换



旋转变换

θ 是旋转的角度，旋转矩阵的模是1.

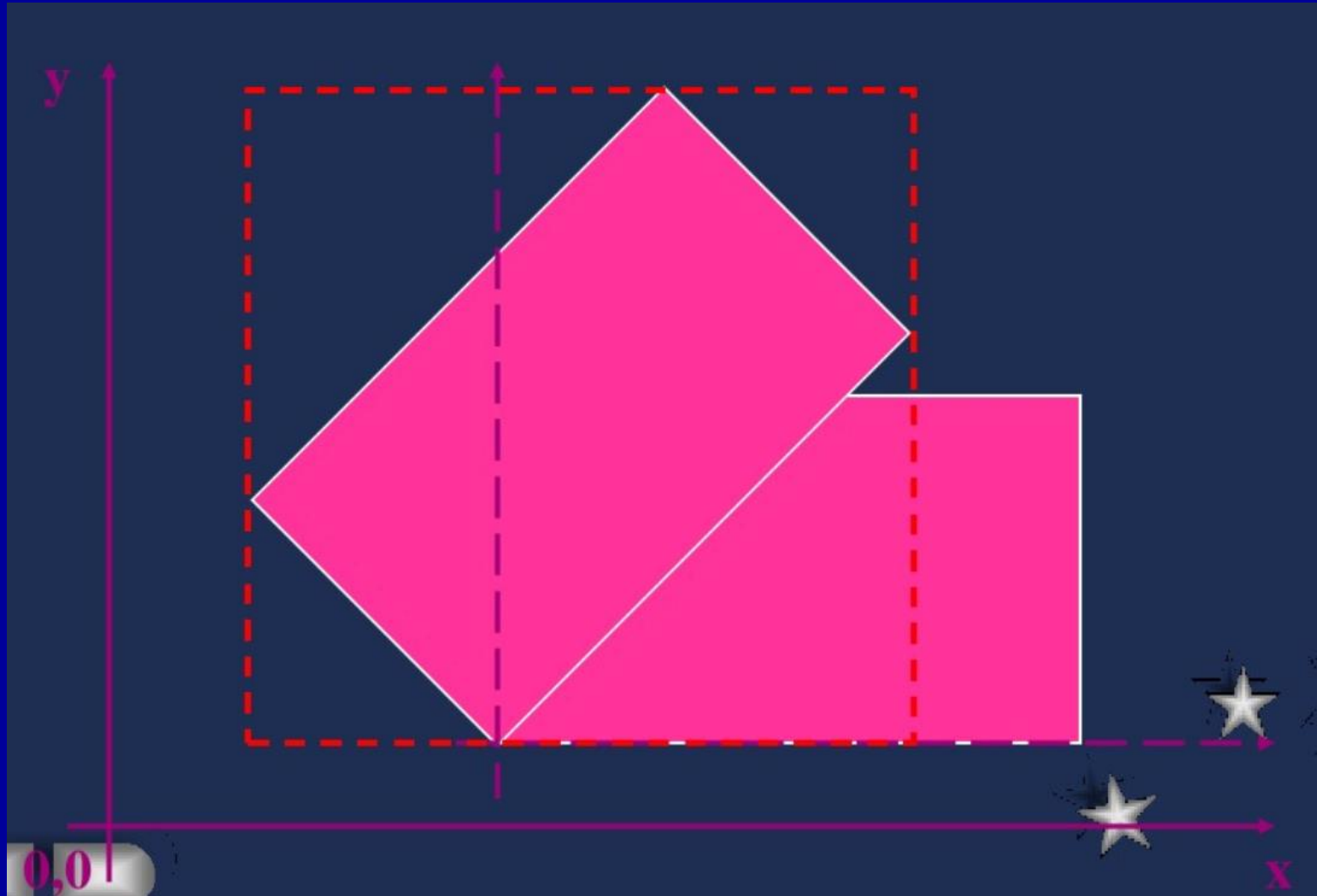
$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{逆矩阵}} \mathbf{R}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

变换级连：

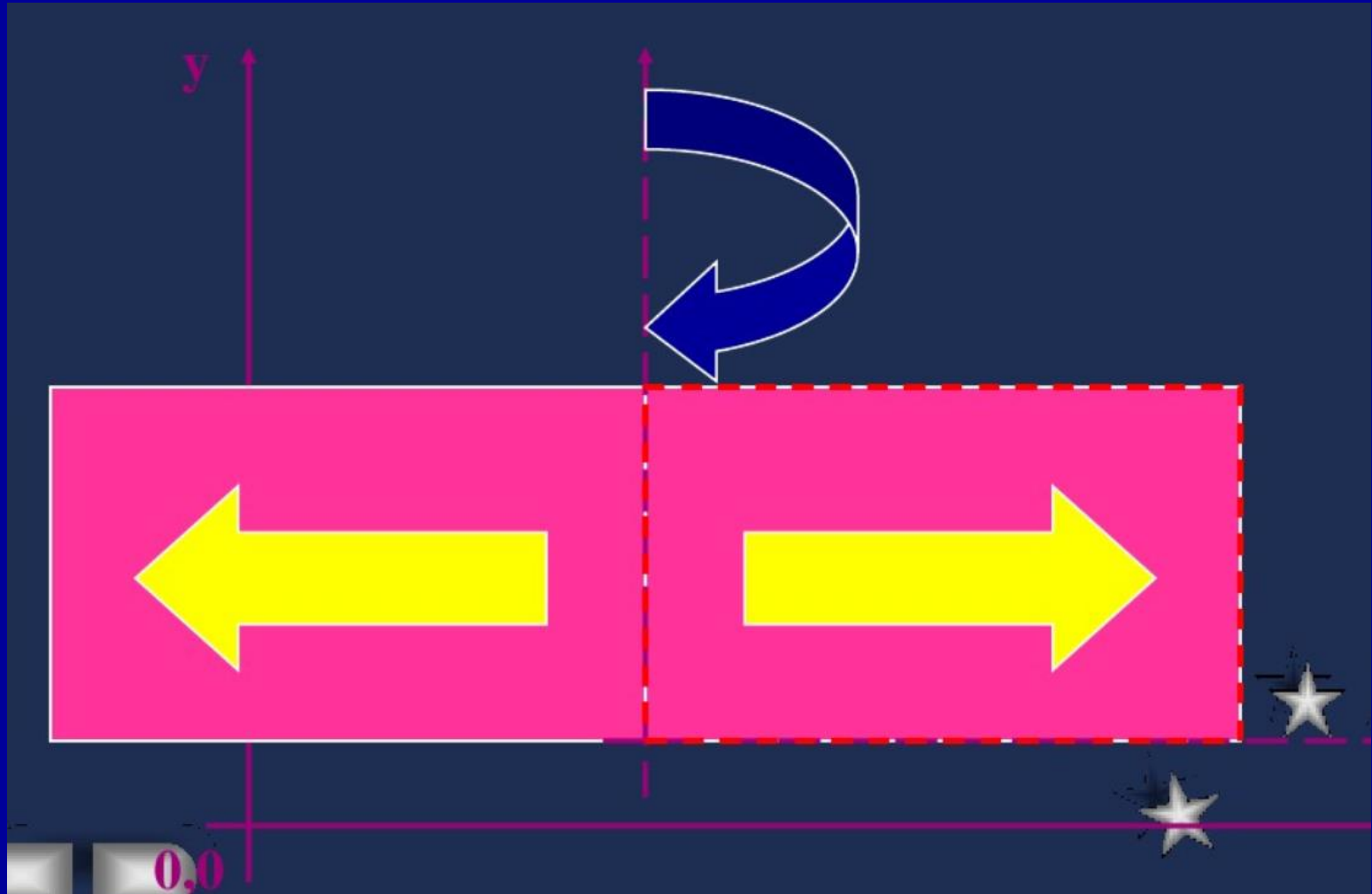
依次进行平移、尺度和旋转变换

Note： 矩阵的运算次序一般不可互换。

旋转变换



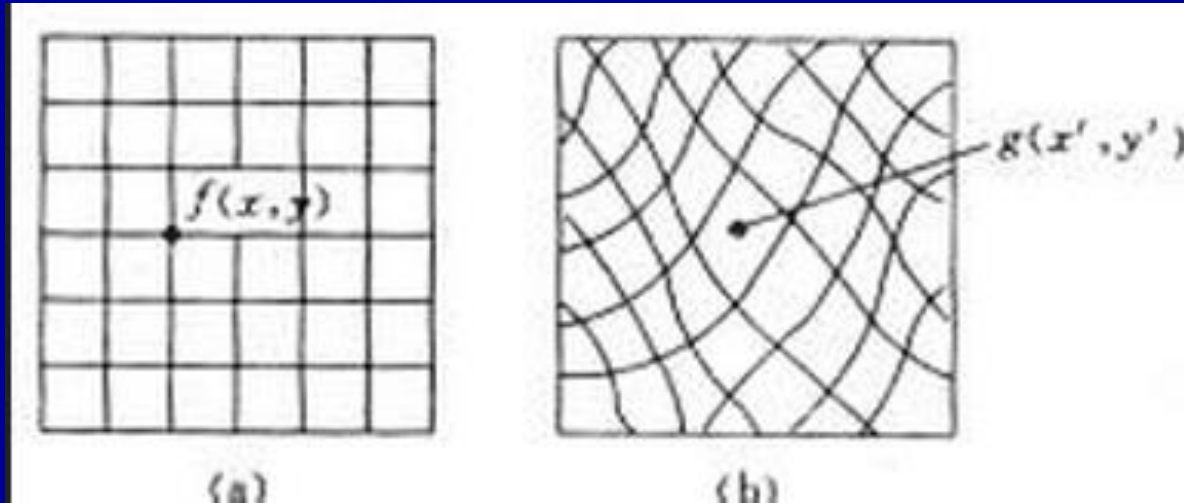
水平镜像



水平镜像



几何失真校正



原始场景中各部分之间的空间关系与图像中各对应像素间的空间关系不一致了。

空间变换
灰度插值

几何失真校正

空间变换：对图像平面上的像素进行重新排列以恢复像素原空间关系

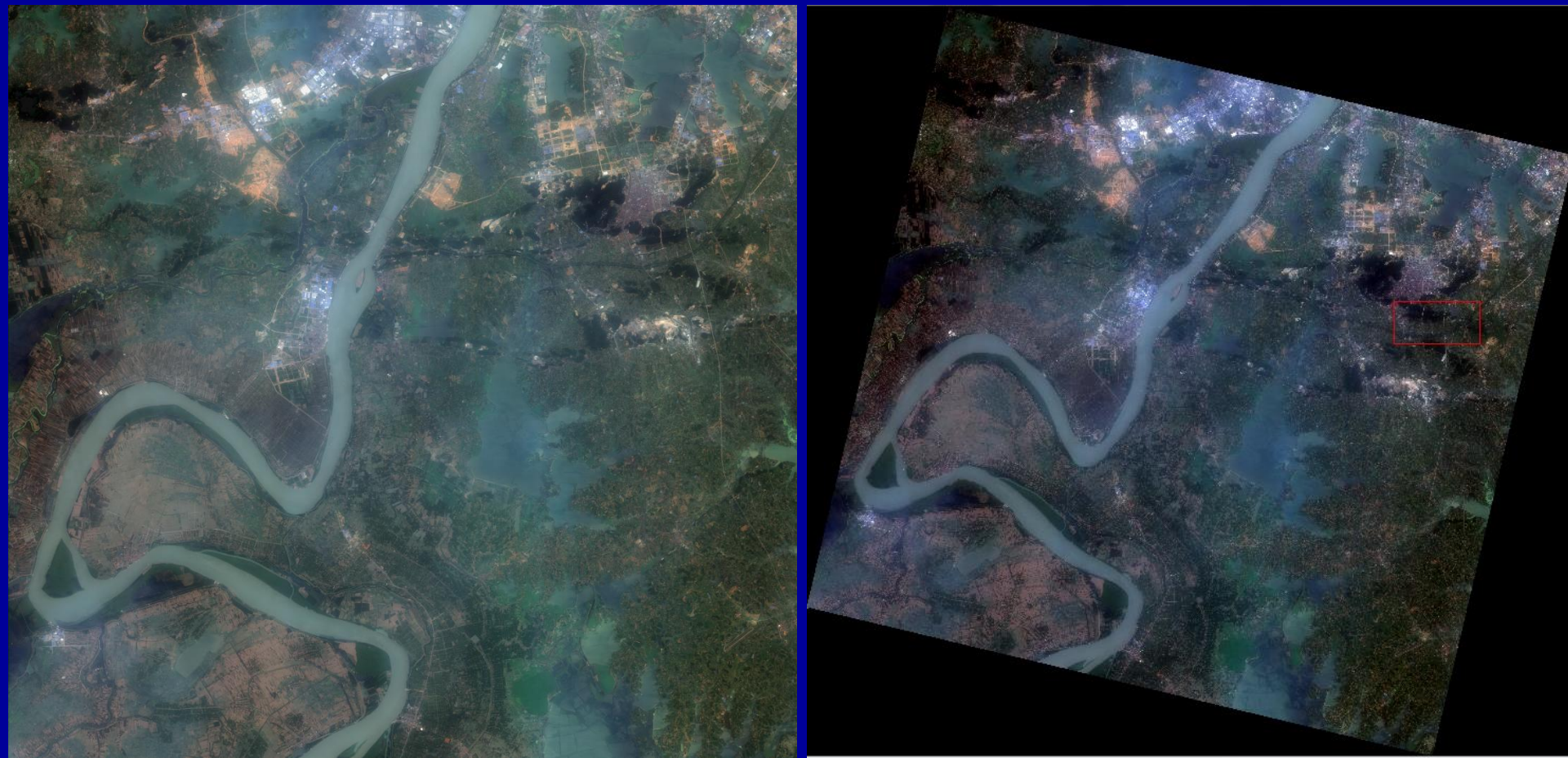
$$x' = s(x, y)$$

$$y' = t(x, y)$$

$$s(x, y) = k_1 + k_2x + k_3y + k_4x^2 + k_5xy + k_6y^2$$

$$t(x, y) = k_7 + k_8x + k_9y + k_{10}x^2 + k_{11}xy + k_{12}y^2$$

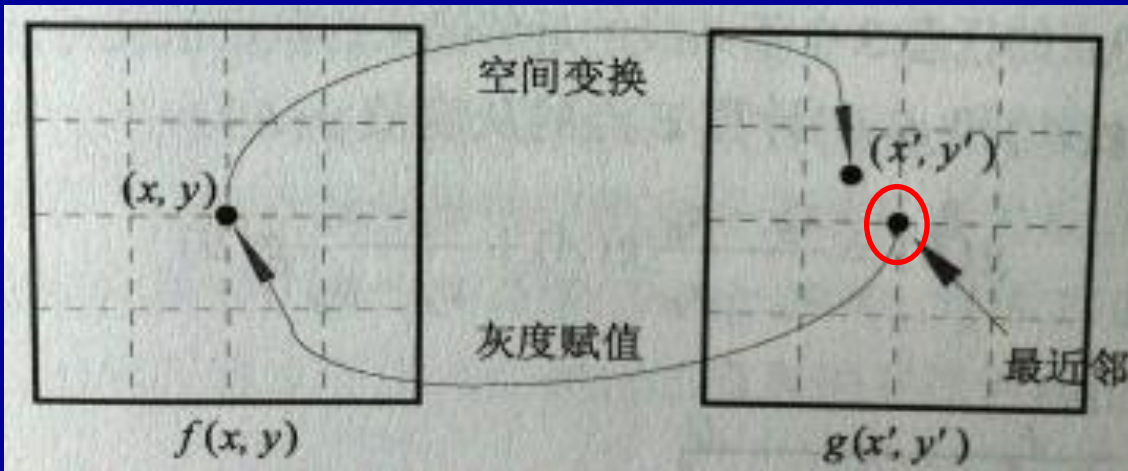
几何失真校正



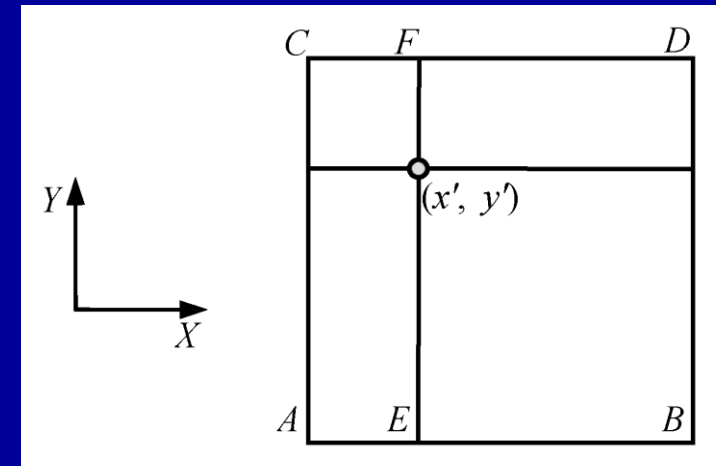
江夏区资源三号卫星影像几何校正前后

几何失真校正

灰度插值：对空间变换后的像素赋予相应的灰度值以恢复原位置的灰度值



灰度插值示意图



双线性插值示意图

几何失真校正

- 几何失真校正主要包括二个步骤：
- * 空间变换：
 - 对图像平面上的像素进行重新排列以恢复原空间关系；（坐标位置校正）
- * 灰度插值：
 - 对空间变换后的像素赋予相应的灰度值以恢复原位置的灰度值。（属性值校正）

课堂思维拓展思考

1. 什么是图像变形？
2. 什么是图像生成？
3. 什么是迁移学习？迁移学习能够为图像生成提供什么样的支撑？