

图像操作与运算

教学目标:

1. 运用灰度变换函数对图像进行变换
2. 绘制和统计直方图的能力
3. 具有灰度变换函数、直方图算法编程能力
4. 培养学生认真细心，吃苦耐劳的品质

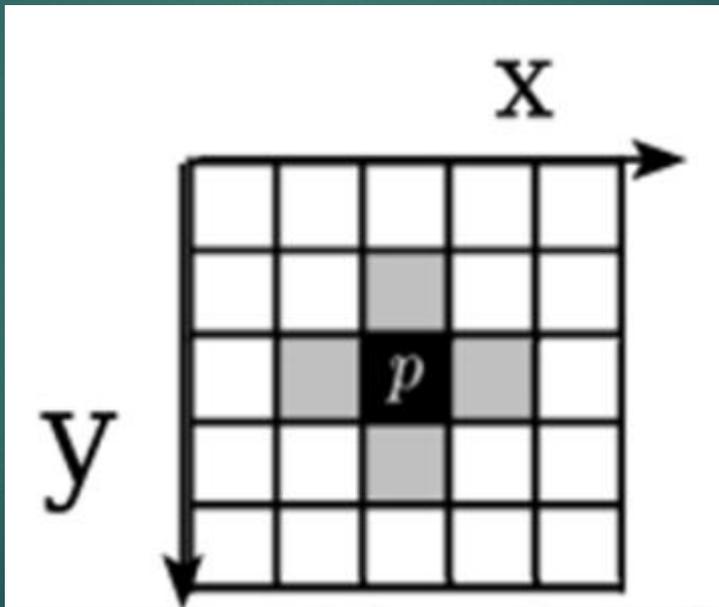
2.3.1 数字图像的度量与拓扑性质

- ▶ 1.相邻像素
- ▶ 位于坐标 (x, y) 的一个像素 p 有4个水平和垂直的相邻像素，其坐标由下式给出： $(x+1, y)$ ， $(x-1, y)$ ， $(x, y+1)$ ， $(x, y-1)$ 。这个像素集称为 p 的4邻域，用 $N_4(p)$ 表示。而8邻域就是除了水平和垂直外，还加上了斜方向的四个像素点。每个像素距 (x, y) 一个单位距离，如果 (x, y) 位于图像的边界，则 $N_4(p)$ 和 $N_8(p)$ 中的某些点可能落入图像外部。
- ▶ 2.邻接性，连通性，区域和边界
- ▶ 像素间的连通性是一个基本概念，它简化了许多数字图像概念的定义，如区域和边界。为了确定两个像素是否连通，必须确定它们是否相邻以及其灰度值是否满足特定的相似性准则（或者说，它们的灰度值是否相等）。例如，在具有0, 1值的二值图像中，两个像素可能是4邻接的，但是仅仅当它们具有同一灰度值时，才能说是连通的。

- 令 V 是用于定义邻接性的灰度值集合。在二值图像中，如果把具有1值的像素归入邻接，则 $V=\{1\}$ 。在灰度图像中，概念是一样的，但是集合 V 一般包含更多元素，例如，对于那些可能性比较大的灰度值的像素邻接性，集合 V 可能是这256个（0~255）的任何一个子集，考虑三种类型的邻接性如下
- （1）4邻接：如果 q 在 $N_4(p)$ 集中，则具有 V 中数值的两个像素 p 和 q 是4邻接的。
- （2）8邻接：如果 q 在 $N_8(p)$ 集中，则具有 V 中数值的两个像素 p 和 q 是8邻接的。
- （3） m 邻接（混合邻接）：如果 q 在 $N_4(p)$ 中，或者 q 在 $N_D(p)$ 中且集合 $N_4(p) \cap N_4(q)$ 没有 V 值像素，则具有 V 值的像素 p 和 q 是 m 邻接的。

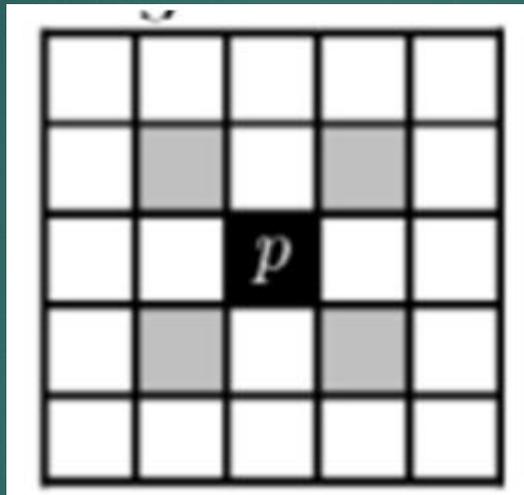
- 在认识这些之前，我们首先要认识4邻域、8邻域
4邻域：

- 像素 p 的坐标是 (x,y) ，那么他的4邻域坐标 N_4 是： $(x+1,y)$ 、 $(x-1,y)$ 、 $(x,y+1)$ 、 $(x,y-1)$

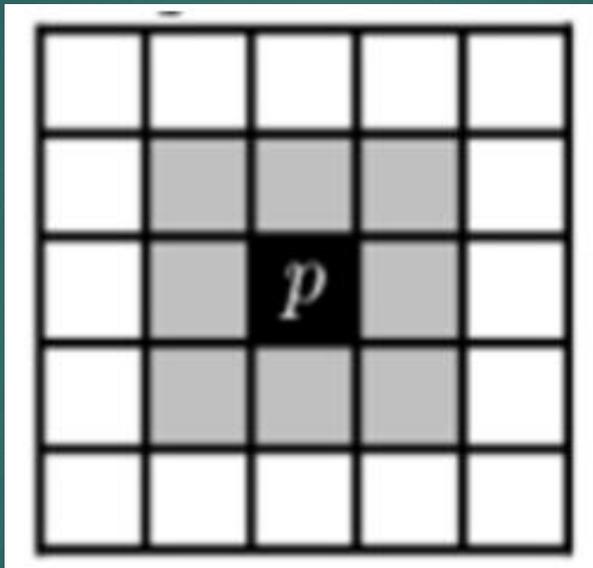


- **8邻域:**

点 p 的对角像素坐标 N_D 为: $(x+1,y+1)$ 、 $(x+1,y-1)$ 、 $(x-1,y+1)$ 、 $(x-1,y-1)$ 。



- $N_D + N_4 = N_8$



- 混合邻接是8邻接的改进。混合邻接的引入是为了消除采用8邻接常常发生的二义性。例如，考虑图2-6 (a) 对于 $V=\{1\}$ 所示的像素位置安排，位于图2-6 (b) 上部的三个像素显示了多重（二义性）8邻接，如虚线所示，这种二义性可以通过m邻接消除，如图2-6 (c) 所示。如果 S_1 中某些像素与 S_2 中的某些像素邻接，则两个图像子集 S_1 和 S_2 是相邻接的。在这里和下面的定义中，邻接意味着4，8或者m邻接。



- 令 S 代表一幅图像中像素的子集。如果在 S 中全部像素之间存在一个通路，则可以说两个像素 p 和 q 在 S 中是连通的，对于 S 中的任何像素 p ， S 中连通到该像素的像素集称为 S 的连通分量，如果 S 仅有一个连通分量，则集合 S 称为连通集。
- 令 R 是图像中的像素子集，如果 R 是连通集，则称 R 为一个区域。一个区域 R 的边界（也称为边缘或轮廓）是区域中像素的集合，该区域有一个或多个不在 R 中的邻点。如果 R 是整幅图像（设这幅图像是像素的方形集合），则边界由图像第一行、第一列和最后一行一列定义，这个附加定义是需要的，因为图像除了边缘没有邻点。正常情况下，当提到一个区域时，指的是一幅图像的子集，并且区域边界中的任何像素（与图像边缘吻合）都作为区域边界部分全部包含于其中。

- 边缘的概念在涉及区域和边界的讨论中常常遇到。然而，这些概念中有一个关键区别：一个有限区域的边界形成一条闭合通路，是一个“整体”概念；而边缘是由某些具体导数值（超过预先设定的阈值）的像素组成。因此，边缘的概念是基于在进行灰度级测量时不连续点的局部概念，把边缘点连接成边缘线段是可能的，并且有时以与边界对应的方法连接线段，但并不总是这样。边缘和边界吻合的一个例外就是二值图像的情况。根据连通类型和所用的边缘算子，从二值区域提取边缘与提取区域边界是一样的，在概念上，把边缘考虑为像素级别不连续的点和封闭通路的边界是可行的。

• 3.像素间距测量

• 对于像素p、q和z，其坐标分别为 (x, y) ， (s, t) 和 (v, w) ，如果满足以下条件：

• (1) 同一性： $D(p, q) \geq 0$ 。当且仅当 $p=q$ ， $D(p, q) = 0$ 。

• (2) 对称性： $D(p, q) = D(q, p)$ 。

• (3) 三角不等式： $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$ 。

• 则D是距离函数或度量。

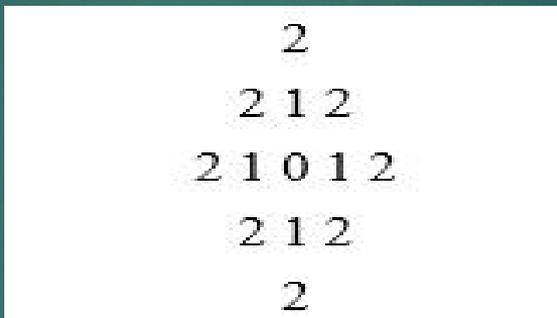
• p和q间的欧式距离定义如下：

$$• D_e(p, q) = \sqrt{[(x - s)^2 + (y - t)^2]}$$

• 对于距离度量，距点 (x, y) 的距离小于或等于某一值r的像素是中心在 (x, y) 且半径为r的圆平面。p和q间的距离 D_4 如下式定义：

$$• D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

- 在这种情况下，距 (x, y) 的 D_4 距离小于或等于某一值 r 的像素形成一个中心在 (x, y) 的菱形。例如，距 (x, y) 的 D_4 距离小于或等于 2 的像素形成下列固定距离的轮廓



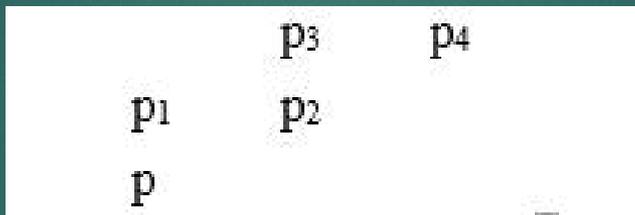
- 具有 $D_4=1$ 的像素是 (x, y) 的 4 邻域。 p 和 q 间的 D_8 距离（又称棋盘距离）定义为
- $D_8(p, q) = \max(|x-s|, |y-t|)$

- 在这种情况下，距 (x, y) 的 D_8 距离小于或等于某一值 r 的像素形成一个中心在 (x, y) 的方形。例如，距点 (x, y) （中心点）的 D_8 距离小于或等于 2 的像素形成下列固定距离的轮廓

2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

- 具有 $D_8=1$ 的像素点是关于 (x, y) 的 8 邻域。

- 注意， p 和 q 之间的 D_4 和 D_8 距离与任何通路无关，通路可能存在于各点之间，因为这些距离仅与点的坐标有关。然而，如果选择考虑 m 邻接，则两点间的 D_m 距离用点间最短的通路定义。在这种情况下，两像素间的距离将依赖于沿通路的像素值及其邻点值。例如，考虑下列安排的像素并假设 p 、 p_2 和 p_4 的值为1， p_1 和 p_3 的值为0或1。



- 假设考虑值为1的像素邻接（即 $V=\{1\}$ ）。如果 p_1 和 p_3 是0，则 p 和 p_4 间最短 m 通路的长度（ D_m 距离）是2。如果 p_1 是1，则 p_2 和 p 将不再是 m 邻接（见 m 邻接的定义），并且 m 通路的长度变为3（通路通过点 p 、 p_1 、 p_2 、 p_4 ）。类似地，如果 p_3 是1（并且 p_1 为0），则最短的通路距离也是3。最后，如果 p_1 和 p_3 都为1，则 p 和 p_4 间的最短 m 通路长度为4，在这种情况下，通路通过点 p 、 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 。

2.3.2 图像四则运算

- 图像运算指以图像为单位进行的操作（该操作对图像中的所有像素同时进行），运算的结果是得到一幅灰度分布与原图像灰度分布不同的新图像（原图像指的是参与运算的图像），具体的运算主要包括算术和逻辑运算，它们通过改变像素的值来达到图像增强的效果，算术和逻辑运算中每次只涉及一个空间像素的位置，所以可以“原地”完成，即在 (x, y) 位置做一个算术运算或逻辑运算的结果便可以存入其中一个图像的相应位置，因为在之后的运算中那个位置不会再使用，换句话说，设两幅图像 $f(x, y)$ 和 $h(x, y)$ 的算术或逻辑运算的结果是 $g(x, y)$ ，则可直接将 $g(x, y)$ 覆盖 $f(x, y)$ 或 $h(x, y)$ ，即从存放原输入图像的空间中直接得到输出图像。

- 图像的代数运算也称为算数运算，即将多幅图像之间的像元一一对应，并做相应的加、减、乘、除运算，图像之间的运算也就是矩阵之间的运算。

- 四种运算的相应公式如下。

- (1) 加法运算。

$$C(x, y) = A(x, y) + B(x, y)$$

图像的加法运算可以用于图像合成，也可以通过该运算降低图像的随机噪声，该方法必须要保证噪声之外的图像运算前后是不变的。

- (2) 减法运算。

- $C(x, y) = A(x, y) - B(x, y)$

减法运算常用来检测多幅图像之间的变化，也可以用来把目标从背景中分离出来，比如运动检测、感兴趣区域的获取。在动态目标监测时，用差值图像可以发现森林火灾、洪水泛滥及监测灾情变化，估计损失；也能用于监测河口、河岸的泥沙淤积及江河、湖泊、海岸等区域的污染。

- (3) 乘法运算。

- $C(x, y) = A(x, y) \times B(x, y)$

乘法运算常用来提取局部区域，通过掩模运算，将二值图像和原图像做乘法运算，可以实现图像的局部提取。

- (4) 除法运算

- $C(x, y) = A(x, y) \div B(x, y)$

除法运算一般用来校正阴影，实现归一化。一般用于消除山影、云影及显示隐伏构造。

2.3.3 几何变换

- 图像的几何变换是指用数学建模方法来描述图像位置、大小、形状等变化方法，它通过数学建模实现数字图像的几何变换的处理。图像几何变换主要包括图像平移变换、比例缩放、旋转、仿射变换、透视变换和图像插值等，其实质就是改变像素的空间位置或估算新空间位置上的像素值。
- 1.图像几何变换的一般表达式
- 图像几何变换就是建立一幅图像与其变换后的图像中所有各点之间的映射关系，其通用数学表达式为：
$$[u, v] = [X(x, y), Y(x, y)]$$
- 式中， $[u, v]$ 为变换后图像像素的笛卡尔坐标； (x, y) 为原始图像像素的笛卡尔坐标； $X(x, y)$ 和 $Y(x, y)$ 分别定义了水平和垂直两个方向上的空间变换的映射函数。这样就识别到了原始图像与变换后图像像素的对应关系。
- 如果 $X(x, y)=x$ ， $Y(x, y)=y$ ，则 $[u, v]=(x, y)$ ，即变换后图像仅仅是原图像的简单复制。

- (1) 点变换
- 图像处理其实就是针对图像中每个像素点的处理，图像运算作为图像处理中关键的部分也是相同的道理。
- (2) 直线变换—两个点的变换
- 直线变换是对一条直线上像素点的操作。简单来说，两点确定一条直线，在判断直线的一些性质（比如斜率），或者判断两条直线是否平行等时，只需要判断直线上的两个点即可。
- (3) 单位正方形变换
- 这种变换有图像校正的影子，在单位正方形和平行四边形（也可以是一些不规则的四边形）之间建立映射关系，来达到互相转换的效果。

- 2.仿射变换

- 如果所拍摄对象在机械装置上或者其他稳定性不高的装置上，那么目标对象的位置和旋转角度就不能保持恒定，因此必须对物体进行平移和旋转角度修正。有时由于物体和摄像机间的距离发生变化，因而导致图像中物体的尺寸发生了明显变化，这些情况下使用的变换称为仿射变换。

- 仿射变换的一般表达式为

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_2 & a_1 & a_0 \\ b_2 & b_1 & b_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

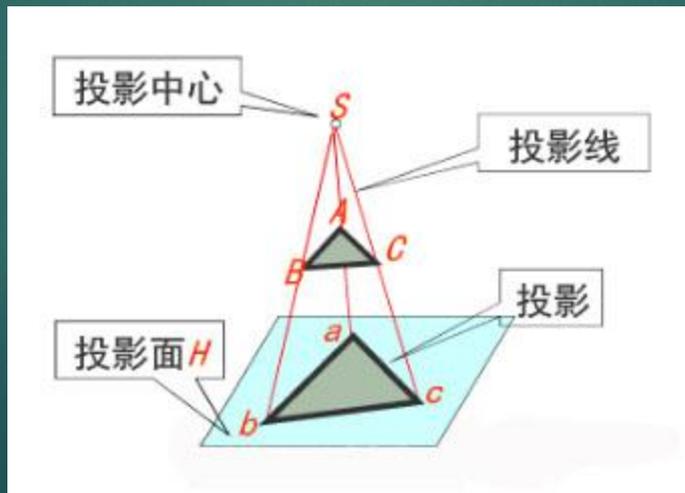
- 式中，仿射变换矩阵即矩阵A，包括线性部分和平移部分，其中 a_0 和 b_0 是平移部分， $\begin{bmatrix} a_2 & a_1 \\ b_2 & b_1 \end{bmatrix}$ 是线性部分。

• 3.投影变换

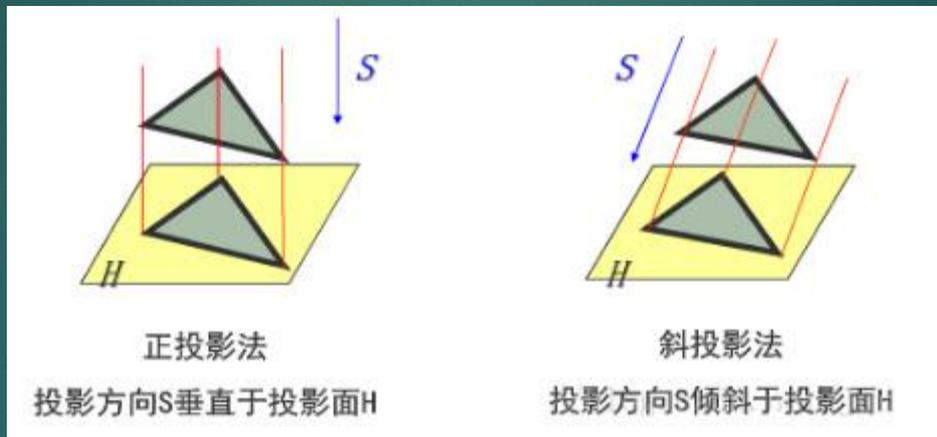
• 投影变换是把空间三维立体投射到投影面上得到二维平面图形的过程。常见的投影法有透视（中心）投影法和平行投影法。两种投影法的本质区别在于透视投影的投影中心到投影面之间的距离是有限的，而另一个的距离是无限的。

• （1）透视（中心）投影

• 透视投影的投影线均通过投影中心，在投影中心相对投影面确定的情况下，空间的一个点在投影面上只存在唯一投影，如图所示。



- (2) 平行投影
- 如果把透视投影的中心移至无穷远处，则各投影线称为相互平行的直线，这种投影法称为平行投影法，如图所示。



2.3.4 灰度分析与变换

- 灰度变换是指根据某种目标条件按一定变换关系逐点改变原图像中每一个像素灰度值的方法。目的是为了改善画质，使图像的显示效果更加清晰。图像的灰度变换处理是图像增强处理技术中的一种非常基础、直接的空间域图像处理方法，也是图像数字化软件和图像显示软件的一个重要组成部分。

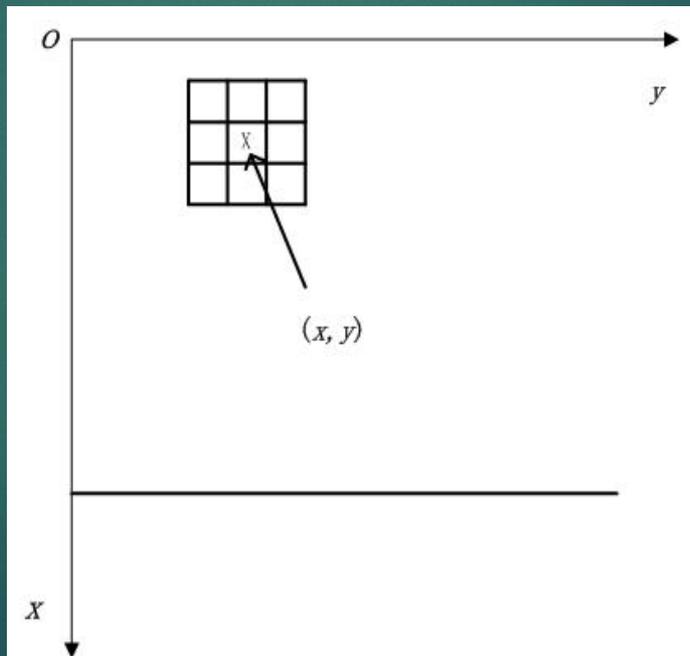
- 1.灰度变换的基础知识

- 图像的灰度变换处理是图像增强处理技术中一种非常基础、直接的空间域图像处理方法。由于成像系统限制或噪声等影响，获取的图像往往因为对比度不足、动态范围小等原因存在视觉效果不好的问题。灰度变换是指根据某种目标条件按一定变换关系逐像素点改变原图像中灰度值的方法，灰度变换有时又被称为图像的对比度增强或对比度拉伸。该变换可使图像动态范围增大，对比度得到扩展，图像变得更加清晰，特征明显，是图像增强的重要手段之一。灰度变换常用的方法有三种：线性灰度变换、分段线性灰度变换和非线性灰度变换。灰度变换一般不改变像素点的坐标信息，只改变像素点的灰度值，表达式为：

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

- 式中： $f(x, y)$ 为待处理的数字图像，即需要增强的数字图像； $g(x, y)$ 为处理后的数字图像，即增强的数字图像； T 定义了一种作用于 f 的操作，对单幅数字图像而言，一般定义在点 (x, y) 的邻域。

- 定义一个点 (x, y) 邻域的主要方法是利用中心在 (x, y) 点的正方形或矩形子图像，如图所示，当邻域为单个像素，即 1×1 时，输出仅仅依赖 f 在 (x, y) 处的像素灰度值，此时的处理方式通常称为点处理。

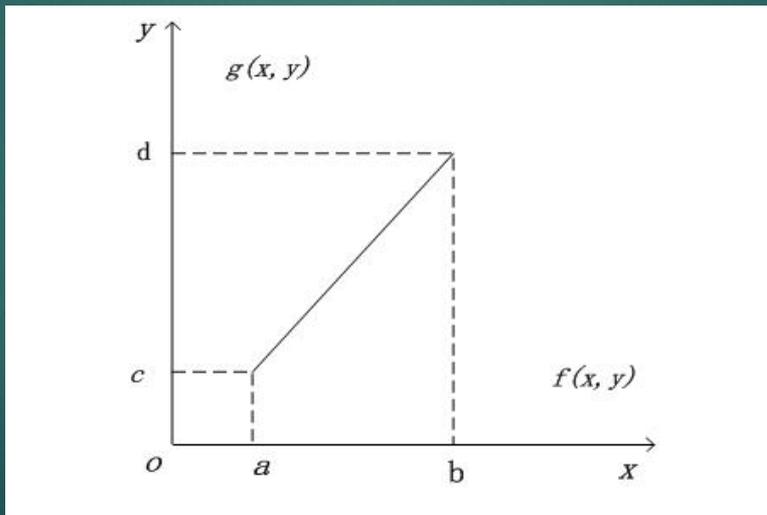


- 2.线性灰度变换

- 假定原图像 $f(x, y)$ 的灰度范围为 $[a, b]$ ，变换后的图像 $g(x, y)$ 的灰度范围线性地扩展至 $[c, d]$ ，如图2-10所示。则对于图像中的任一点的灰度值 $f(x, y)$ ，经变换后为 $g(x, y)$ ，其数学表达式为：

$$g(x, y) = k \times [f(x, y) - a] + c$$

- 式中， $k = \frac{d-c}{b-a}$ ，为变换函数的斜率。



- 根据 k 的取值大小，有如下几种情况：

(1) 扩展动态范围：若 $k > 1$ ，则结果会使图像灰度取值的动态范围展宽，图像对比度增大，这样就可以改善曝光不足的缺陷，或充分利用图像显示设备的动态范围。

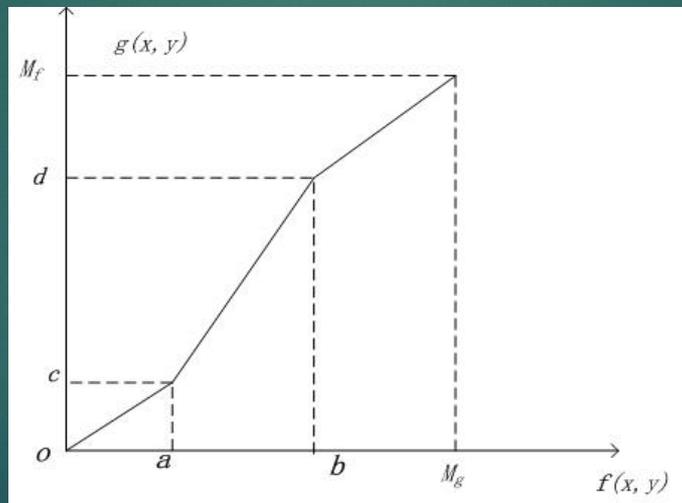
(2) 改变取值区间：若 $k = 1$ ，则变换后灰度动态范围不变，灰度取值区间会随 a 和 c 的大小而上下平移，其效果是使整个图像更暗或更亮。

(3) 缩小动态范围：若 $0 < k < 1$ ，则变换后图像动态范围会变窄，图像对比度变小。

(4) 反转或取反：若 $k < 0$ ，则变换后图像的灰度值会反转，即图像中亮的变暗，暗的变亮。当 $k = -1$ 时，输出图像为输入图像的底片效果。

- 3.分段线性灰度变换

- 为了突出图像中感兴趣的目标或灰度区间，相对抑制那些不感兴趣的灰度区间，可采用分段线性变换，它将图像灰度区间分成两段乃至多段分别作线性变换。进行变换时，把0~255整个灰度值区间分为若干线段，每一个直线段都对应一个局部的线性变换关系。常用的三段线性变换如图所示。



- 在图2-11中，感兴趣目标的灰度范围[a, b]被拉伸到[c, d]，其他区间灰度被压缩，对应分段线性变换表达式为

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{c}{a} f(x, y) & 0 \ll f(x, y) \ll a \\ \frac{d-c}{b-a} [f(x, y) - a] + c & a \ll f(x, y) \ll b \\ \frac{M_g - d}{M_f - b} [f(x, y) - b] + d & b \ll f(x, y) \ll M_f \end{cases}$$

- 式中，参数a和b给出需要转换的灰度范围，c和d决定线性变换的斜率，通过调节节点的位置及控制分段直线的斜率，可对任意灰度区间进行拉伸或压缩。分段线性变换在数字图像处理中有增强对比度的效果，如图所示。



• (a) 原始图像



(b) 分段线性变换后效果

- 4.非线性灰度变换
- 单纯的线性灰度变换可以在一定程度上解决视觉上的图像整体对比度问题，但是对图像细节部分的增强较为有限，结合非线性变换技术可以解决这一问题。非线性变换不是对图像对整个灰度范围进行扩展，而是有选择地对某一灰度范围进行扩展，其他范围的灰度则有可能被压缩。非线性变换在整个灰度值范围内采用统一的变换函数，利用变换函数的数学性质实现对不同灰度值区间的扩展与压缩。常用的两种非线性变换有对数变换和指数变换。

- (1) 对数变换

- 图像灰度的对数变换可以扩大数值较小的灰度范围或者压缩数值较大的灰度范围。对数变换是一种有用的非线性映射交换函数，可以用于扩展输入图像中范围较窄的低灰度值像素，压缩输入图像中范围较宽的高灰度值像素，使得原本低灰度值的像素部分能更清晰地呈现出来。

$$g(x, y) = a + \frac{\ln [f(x, y) + 1]}{b \times \ln c}$$

- 式中， a 、 b 、 c 是为了便于调整曲线的位置和形状而引入的参数，它们使输入图像的低灰度范围得到扩展，高灰度范围得到压缩，使之与人的视觉特性相匹配，从而可以清晰地显示图像细节。

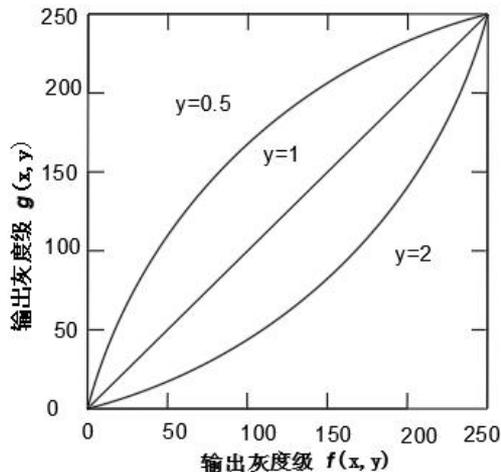
- (2) 指数变换

- 指数变换的一般表达式为

$$g(x, y) = a[f(x, y) + \varepsilon]^\gamma$$

- 式中， a 为缩放系数，可以使图像的显示与人的视觉特性相匹配； ε 为补偿系数，避免底数为0； γ 为伽马系数，其值的选择对变换函数的特性有很大影响，决定了输入图像和输出图像之间的灰度映射方式。其中，当 $\gamma < 1$ 时，把输入的较窄的低灰度值映射到较宽的高灰度输出值；当 $\gamma > 1$ 时，把输入的较宽的高灰度值映射到较窄的低灰度输出值；当 $\gamma = 1$ 时，相当于正比变换。

指数变换的映射关系如图所示。与对数变换的不同之处在于，指数变换可以根据 γ 的不同取值有选择性地增强低灰度区域的对比度或是高灰度区域的对比度。



2.3.5 直方图

- 将统计学中直方图的概念引入数字图像处理中，用来表示图像的灰度分布，称为灰度直方图。在数字图像处理中，灰度直方图是一个简单有用的工具，它可以描述图像的概貌和质量，采用修改直方图的方法增强图像是一种实用而有效的处理方法。

- 1.灰度直方图的定义和性质

- (1) 直方图定义

- 灰度直方图是指数字图像中每一灰度级与其出现频数间的统计关系，假定数字图像的灰度级 k 范围为 $0 \sim L-1$ ，则数字图像的直方图可定义为

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

- 且

$$\sum_{k=0}^{L-1} p(r_k) = 1$$

- 式中， r_k 表示第 k 级灰度； n_k 表示第 k 级灰度的像素总数； n 为图像的总像素个数； L 为灰度级数。直方图反映了图像的整体灰度分布情况，从图形上来说，其横坐标为图像中各像素的灰度级别，纵坐标表示具有各灰度级的像素在图像中出现的次数（像素的个数）或概率。

- (2) 直方图的性质
- 直方图没有位置信息。直方图是一幅图像各像素灰度值出现次数或频率的统计结果，它只反映该图像中不同灰度值出现的概率，而未反映某一灰度像素所在的位置。也就是说，它只具有一维特征，而丢失了图像的空间位置信息。
- 直方图与图像之间为一对多的映射关系。任意一幅图像都有唯一确定的一个直方图与之对应，但不同的图像可能有相同的直方图，即图像与直方图之间是多对一的映射关系。图2-14所示四幅不同图像的直方图是相同的。



不同图像对应相同的直方图

- 直方图的可叠加性。由于直方图是对具有相同灰度值的像素统计得到的，因此，一幅图像各子区的直方图之和等于该图像全图的直方图。
- 直方图给出了一个直观的指示，可以据此判断一幅图像是否合理地利用了全部被允许的灰度级范围。在实际应用中，如果获得图像的直方图效果不理想，可以人为地改变图像直方图，使之变成整体均匀分布，或成为某个特定的形状，以满足特定的增强效果，即实时图像的直方图均衡化或直方图规定化处理。
- 灰度直方图是灰度级的函数，描述图像中该灰度级的像素个数（或该灰度级像素出现的频率）：其横坐标是灰度级，纵坐标表示图像中该灰度级出现的个数（频率）。反映了图像灰度的分布情况。

- 例：根据如图2-15所示的灰度分布，绘制图像的直方图。

1	2	1	4	3
1	2	2	3	4
5	7	6	8	9
5	7	6	8	8
5	6	7	8	9

- 图像像素分布

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	2	2	3	3	3	4	2



- 2.直方图均衡化

- 直方图均衡化是一种最常用的直方图修正方法，这种方法的思想是把原始图像的直方图变换为均匀分布的形式，增加像素灰度值的动态范围。也就是说直方图均衡化是使原图像中具有相近灰度且占有大量像素点的区域的灰度范围展宽，使大区域中的微小灰度变化显现出来，增强图像整体对比度效果，使图像更加清晰。

- 3.直方图规定化

- 直方图均衡化能自动增强整个图像的对比度，得到全局均匀化的直方图。但在实际应用中，有时并不需要考虑图像的整体均匀分布直方图，而是希望有针对性地增强某个灰度范围内的图像，这时可以采用比较灵活的直方图规定化。所谓直方图规定化，就是通过一个灰度映射函数，将原灰度直方图改造成所希望的特定形状直方图，以满足特定的增强效果。一般来说正确地选择规定化的函数可以获得比直方图均衡化更好的效果。

2.3.6 图像空域与频域变换

- 图像空域与频域提供了不同的视角。在空域中，函数自变量 (x, y) 被视为二维空间中的一个点，数字图像 $f(x, y)$ 即为一个定义在二维空间中的矩形区域上的离散函数；换一个角度，如果将 $f(x, y)$ 视为幅值变化的二维信号，则可以通过某些变换手段（如傅里叶变换、离散余弦变换、沃尔什变换和小波变换等）在频域下对图像进行处理。因为在频率域就是一些特性比较突出，容易处理。比如在空间图像里不好找出噪声的模式，如果变换到频率域，则比较好找出噪声的模式，并能更容易的处理。

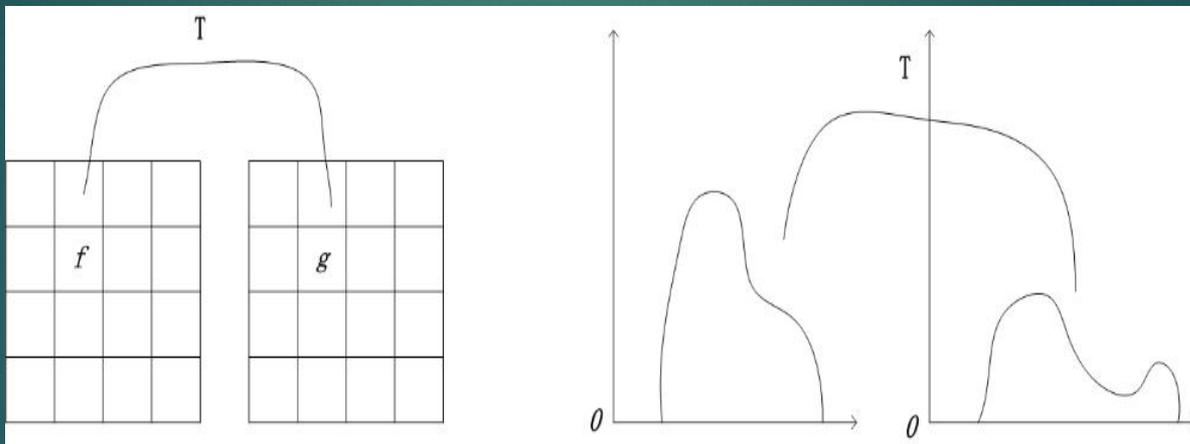
- 1.空域图像增强

- 空域图像增强是直接对图像中的像素进行处理，从根本上说是以图像的灰度映射变换为基础的。空域增强方法可以表示为：

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

- 其中， $f(x, y)$ 和 $g(x, y)$ 分别为增强前后的图像；而 T 代表增强操作。在具体应用中，采用何种变换，需要根据变换的要求而定。为了选择一种合理的变换函数，首先应该对原始图像的像素灰度值有一个大概的了解。然后根据像素的统计特征来确定需要的变换函数类型。

- 空域图像增强技术包括点对点变换和直方图修正两种。点对点变换是指对图像上各个像素点的灰度级 r 按照某个增强函数 $T(r)$ 变换到灰度级 r' ，其中要求 r 和 r' 都要在图像的灰度范围之内，其基本原理如图（a）所示。点对点变换包括线性灰度变换、分段线性变换、反色变换、二值化变换、指数变换、对数变换、图像代数等。直方图修正就是通过修改图像灰度直方图的方法来达到增强图像的目的，其基本原理如图（b）所示。



- 2.频域图像增强
- 所谓频域图像增强即用某种变换把原来在空域的图像转换为频域中的图像，通过对频域中频谱图像的处理，然后再使用该种变换的逆变换将频域处理之后的图像变回到空域中，这样以满足图像的特定应用。傅里叶变换是最常用的频域图像处理方法。
- 在实际应用当中，频域滤波增强往往比空域滤波方法简单。空域滤波都是基于卷积运算，频域滤波是基于傅里叶变换的。图像的频域一般由幅值和相位两部分构成。

2.3.7 灰度图像匹配

- 在数字图像处理领域，常常需要把不同的传感器或同一传感器在不同时间、不同成像条件下对同一景物获取的两幅或多幅图像进行比较，找到该组图像中的共有景物，或是根据已知模式到另一幅图像中寻找相应的模式，此过程称为图像匹配。简单地说，就是找出从一幅图像到另一幅图像中对应点的最佳变换。
- 图像匹配的方法主要分为基于灰度值相关的方法和特征提取方法。基于灰度值相关的方法直接对原图像和模板图像进行操作，通过区域（矩形、圆形或其他模板）属性（灰度信息或频域分析等）的比较来反映它们之间的相似性。归一化积相关函数作为一种相似性测度被广泛用于此类算法中，其数学统计模型以及收敛速度、定位精度、误差估计等均有定量的分析和研究结果。因此，此类方法在图像匹配技术中占有重要地位。但是，此类方法普遍存在的缺陷是时间复杂度高、对图像尺寸敏感等。

- 特征提取方法一般涉及大量的几何与图像形态学计算，计算量大，没有一般模型可遵循，需要针对不同应用场合选择各自适合的特征。但是，所提取出的图像特征包含更高层的语义信息，大部分此类方法具有尺度不变性与仿射不变性，如兴趣点检测或在变换域上提取特征，特别是小波特征可实现图像的多尺度分解和由粗到精的匹配。

2.3.8 图像运算典型应用

- 图像的运算处理方法在许多领域得到突破性进展，下面举两例说明。
- 1.模式识别
- 寻找物体边缘通常是通向物体自动识别的第一步，人眼和脑有非凡的识别能力，可以很好的从物体的粗略轮廓识别物体。要使计算机具有类似的能力，必须研究自动识别的算法并编成计算机程序。通常在边缘检测之后，因为边缘检测获得的边缘经常断断续续，边缘像素过少，所以需要经过膨胀和侵蚀等步骤，帮助产生计算机可以辨明的物体边界。

- 建立物体的清晰边界之后，就可以考虑进行物体的鉴别、分类与识别了。在车站、机场等处对行李进行透视检测的设备就是从事此类工作的。利用目标物体集合中目标物的特征有助于考察这个目标。比如计算物体的面积与周长、研究物体表面的纹理等。对物体进行识别通常将所分析的物体图像与一系列可能存在的候选物进行特征比对，如通过颜色和形状来区分水果。可能存在的物体群越大，群中的物体越相似，所需要的特征数目越大。利用统计方法依赖于给定物体出现于图像中的一系列先验概率，其他一些方法则是用一系列训练图像估计物体的特征分布。另一种流行的模式识别技术是利用神经网络。

- 2.图像频谱与应用
- 图像信号也具有频谱，虽然它的频谱比一般信号有更特别的解释。一般来说，图像频谱的低频部分指那些灰度缓慢变化的部分，而高频成份意味着快速变化，往往是图像中物体的边缘。
- 因为是从二维信号获得的频谱，所以包含着两个方向的频率数据。一个沿着图像的行，一个沿着图像的列。因此，幅度和相位必须用第三维表示。一般在二维图上用不同的颜色强度表示这些量大小，或在三维图中用高度表示。二维DFT是首先沿图像的行作一维DFT，然后再沿中间结果数据的列作一维DFT。为提高计算速度，也存在2D FFT算法。一般要确定一幅图像需要图像的幅度和相位两部分信息，通过逆2D DFT变换即可精确还原图像。对于图像频谱，单独的相位谱往往携带了建立图像摹本的足够信息，而幅度却不能。