

对比度：简单的说就是亮暗的对比程度，对比度通常表现了图像画质的清晰程度。

对比度的计算公式如下：

$$C = \sum_{\delta} \delta(i, j)^2 P_{\delta}(i, j)$$

其中： $\delta(i, j) = |i - j|$ 即相邻像素间的灰度差

$P_{\delta}(i, j)$ 即相邻像素间的灰度差为 δ 的像素分布概率

像素相邻：



四近邻 八近邻

图像增强的方法：线性对比度展宽，动态范围调整，直方图均衡化处理，伪彩色技术。

线性对比度展宽：

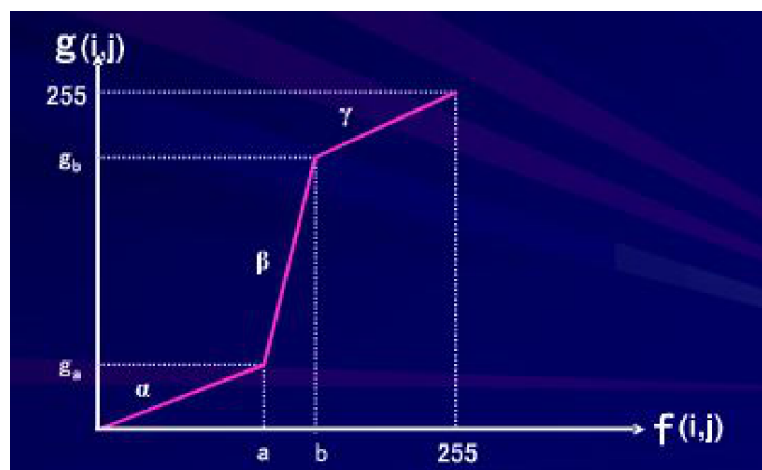
目的：通过将亮暗差异(即对比度)扩大，部分强调。

原理：进行像素点对点的，灰度级的线性映射。通过调整参数实现对亮暗差异的扩大。

实现方法：

- 设原图、处理后的结果图的灰度值分别为 **[f(i,j)]** 和 **[g(i,j)]**；
- 要求[g(i,j)]和[f(i,j)]均在[0,255]间变化，但是g的表现效果要优于f。
- 因为f和g的取值范围相同，所以通过**抑制不重要的部分**，来**扩展所关心部分**的对比度。

映射关系：



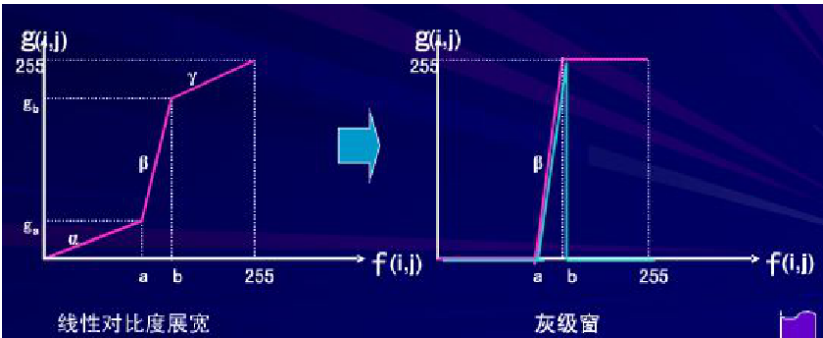
计算公式表达：

$$g(i, j) = \begin{cases} \alpha f(i, j) & 0 \leq f(i, j) < a \\ \beta(f(i, j) - a) + g_a & a \leq f(i, j) < b \\ \gamma(f(i, j) - b) + g_b & b \leq f(i, j) < 255 \end{cases}$$
$$(i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n)$$

灰级窗与灰级窗切片

灰级窗：通过一个映射关系，将灰度值落在一定范围内的目标进行对比度增强，把范围外的灰度级完全抑制掉。

灰级窗的映射关系：

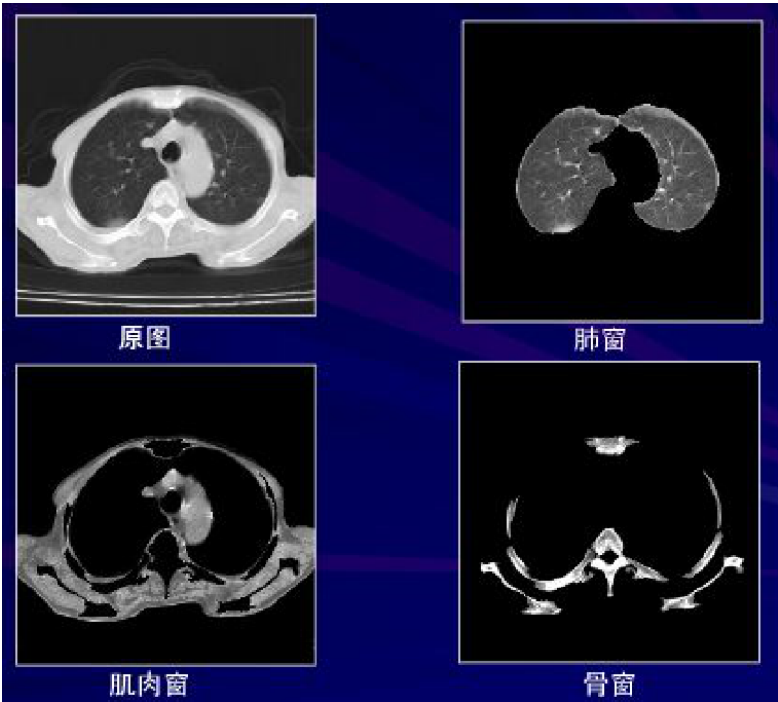


公式：

$$g(i,j)=\begin{cases} 0 & 0\leq f(i,j)<f_a \\ \beta(f(i,j)-f_a) & f_a\leq f(i,j)<f_b \\ 0 & f_b\leq f(i,j)<255 \end{cases}$$

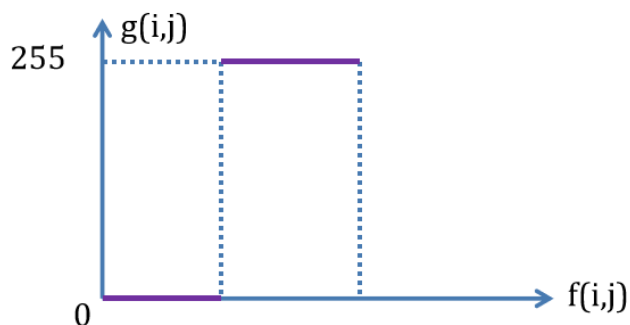
$(i=1,2,\cdots,m; j=1,2,\cdots,n)$

示例：



灰级窗切片：将所需要检测的目标与画面中其他部分分离开，非黑即白。

灰级窗切片映射关系：



动态范围调整：通过动态范围的压缩可以将所关心部分的灰度级的变化范围扩大。

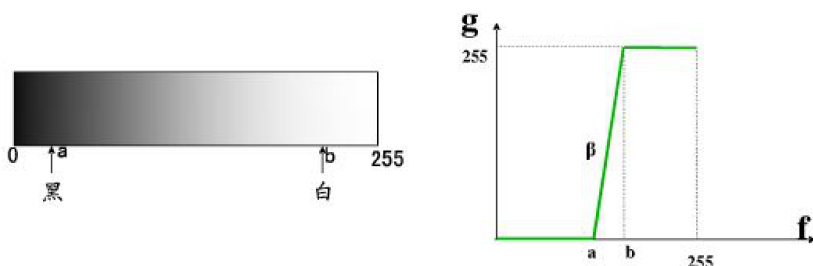
动态范围：图像中记录的场景从暗到亮的变化范围。

人眼可以分辨的灰度的变化范围有限，当动态范围太大时，很高的亮度值把暗区的信号都掩盖了。

动态范围调整方法：

1. 线性动态范围调整

原理：通过把原图中“不太黑”的像素也变成黑，“不太白”的像素变成白，压缩动态范围，使新的图像中，关心部分的对比度可以展宽。



$$g(i,j) = \begin{cases} 0 & f(i,j) \leq f_a \\ \frac{N}{b-a} [f(i,j) - a] & f_a < f(i,j) < f_b \\ N & f(i,j) \geq f_b \end{cases}$$

N为最高灰度值

例题：

Original image (5x5 grid):

1	3	9	9	8
2	1	3	7	3
3	6	0	6	4
6	8	2	0	5
2	9	2	6	0

Contrast: C=16.9211

Transformation: 将 [2, 7] 转换到 [0, 9]

Formula: $g(i,j) = 9/5 * f(i,j) - 18/5$

Intermediate image (5x5 grid):

0	3	9	9	9
0	0	3	9	3
3	6	0	6	4
6	9	0	0	5
0	9	0	6	0

Final image (5x5 grid):

0	2	9	9	9
0	0	2	9	2
2	7	0	7	4
7	9	0	0	5
0	9	0	7	0

Contrast: C=26.2895

作用：进行亮暗限幅

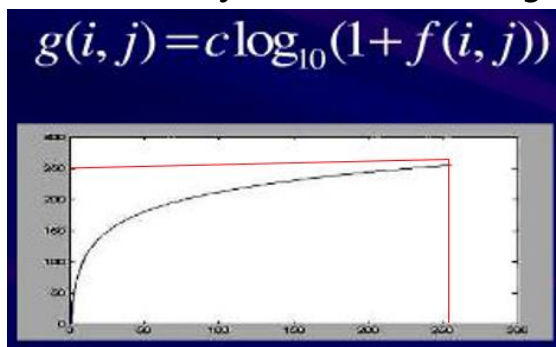
2. 非线性动态范围调整

线性动态范围调整的分段线性映射不够光滑。非线性动态范围调整，要求可以用光滑的曲线来实现。

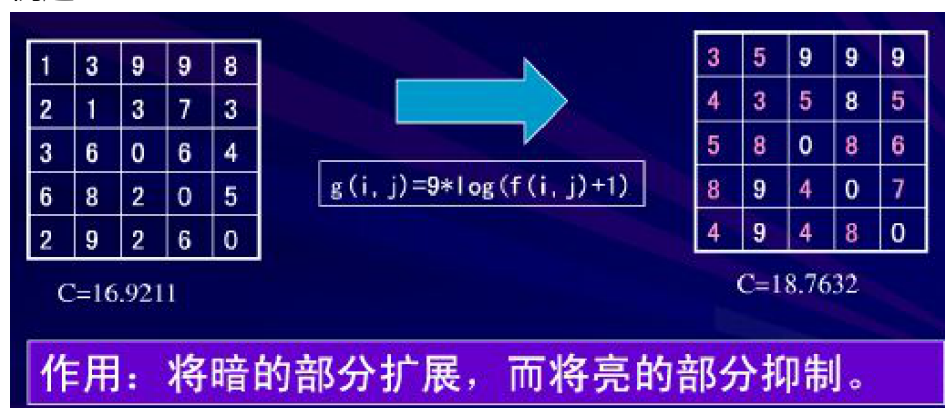
可采用**对数运算**来实现非线性动态范围调整。

实现方法：

设原图为 $[f(i,j)]$ ，处理后的图像为 $[g(i,j)]$ ，则映射关系为：



例题：



直方图均衡化处理

基本思想：对在图像中像素个数多的灰度级进行展宽，像素个数少的进行缩减。从而达到清晰图像的目的。灰度级频度一致的图像使人感觉色调沉稳，意味着图像质量“好”。

实现方法：

求直方图

1. 设 f 、 g 分别为原图像和处理后的图像。
2. 求出原图 f 的灰度直方图，设为 h 。在 $[0, 255]$ 范围内量化时， h 是一个256维的向量。

例

f	1	3	9	9	8
	2	1	3	7	3
	3	6	0	6	4
	6	8	2	0	5
	2	9	2	6	0

$$h = [3, 2, 4, 4, 1, 1, 4, 1, 2, 3]$$

注：这里为了描述方便起见，设灰度级的分布范围为[0,9]。

计算原图的灰度分布概率

1. 求出图像f的总体像素个数

$$N_f = m \cdot n \quad (m, n \text{ 分别为图像的长和宽})$$

2. 计算每个灰度级的分布概率，即每个像素在整个图像中所占的比例。

$$h_s(i) = h(i) / N_f \quad (i = 0, 1, \dots, 255)$$

例

$$h = [3, 2, 4, 4, 1, 1, 4, 1, 2, 3]$$

$$h_s = h / 25$$

$$h_s = [3/25, 2/25, 4/25, 4/25, 1/25, 1/25, 4/25, 1/25, 2/25, 3/25]$$

$$= [0.12, 0.08, 0.16, 0.16, 0.04, 0.04, 0.16, 0.04, 0.08, 0.12]$$

灰度级 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

计算原图灰度的累计分布 h_p （就是与前面的值叠加）：

$$h_p(i) = \sum_{k=0}^i h_s(k)$$

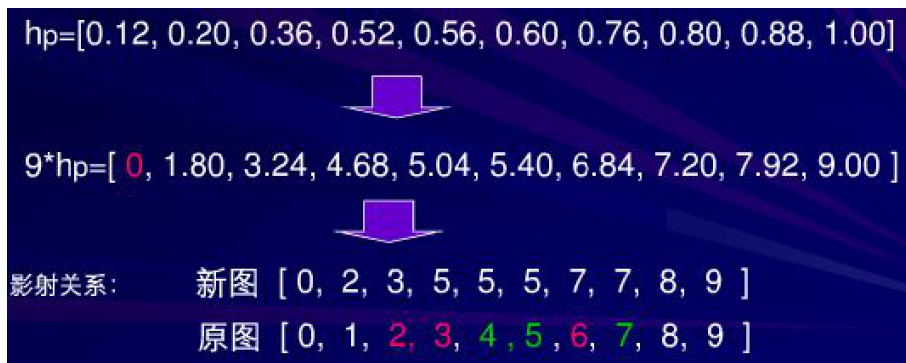
$$i = 0, 1, 2, \dots, 255$$

计算原、新图灰度值的映射关系

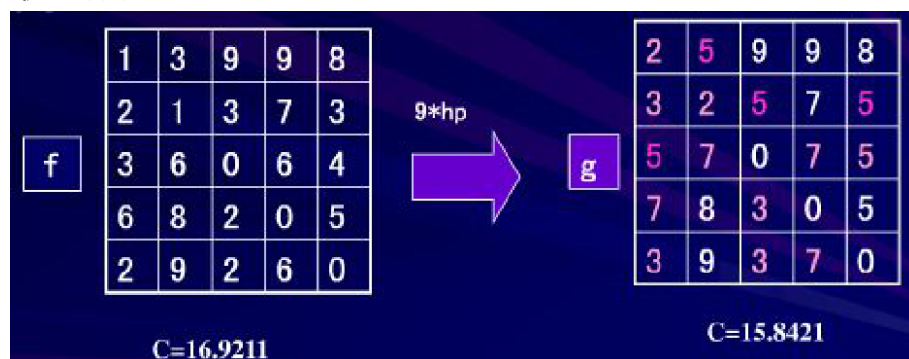
新图像g的灰度值 $g(i, j)$ 为：

$$g(i, j) = \begin{cases} 255 \cdot h_p(k), & f(i, j) \neq 0 \\ 0, & f(i, j) = 0 \end{cases}$$

$h_p(k)$: $f(i, j) (f(i, j) \neq 0)$ 的累计概率分布



最终结果:



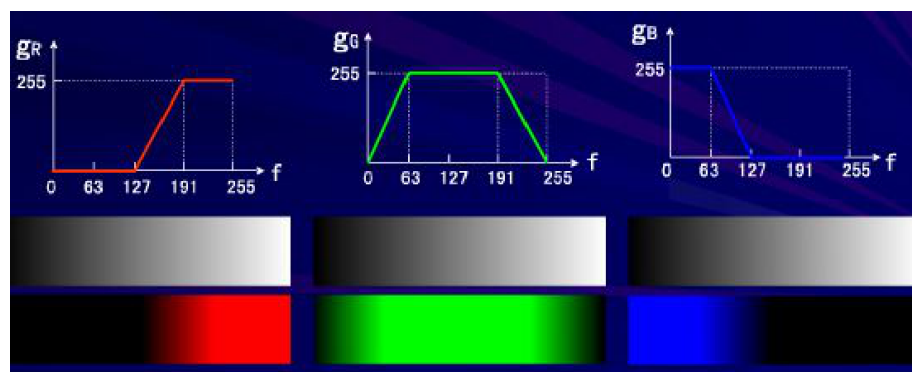
伪彩色技术

基于灰度变换的伪彩色方法

基本原理:

1. 仿照对温度的描述方式，当温度比较低，使用蓝色(冷色调)表示，当温度较高时，用红色(暖色调)表示。
2. 根据人感官上的这一特性，将亮度低的映射为蓝色，亮度高的映射为红色。

因此，可按照如下所示的映射关系进行伪彩色处理:



基于灰度调色板的伪彩色方法

基本原理: 按照位图文件的索引色模式，先根据需要设计一个调色板。将灰度值作为调色板的索引值，完成灰度到彩色的映射。

索引值	R	G	B
1	R_1	G_1	B_1
2	R_2	G_2	B_2
:	:	:	:
N	R_N	G_N	B_N

调入某个彩色图像的调色板，作为伪彩色映射用的灰度调色板。

基于区域分割的伪彩色增强方法

基本原理：将图像经灰级窗处理后形成若干个分离区域，采用不同的色调着色处理，就可以形成基于区域分割的伪彩色图。目的是可同时增强并清晰的观察不同区域的细节。（医学诊断常用）

