

图像处理复习题 1

一、 选择题

1. 华为 Mate8 手机拍摄照片的最大分辨率可达 4608×3456 , 这里“分辨率”指 (A)
A. 图像的空间分辨率 B. 图像的灰度分辨率
C. 存储图像所需的比特数 D. 人类视觉系统可分辨的灰度级数
2. 微软的视窗系统采用夏磊那个彩色空间 (D)
A. Ycbcr B. HIS
C. CMYK D. RGB
3. 图 1 显示了两幅图片, 其中(b)是(a)的光滑版本, 假定对这两幅图像进行无损压缩能达到的最大压缩率分别为 R_1 、 R_2 。则下列表述正确的是 (A)
A. 无损压缩的最大压缩率由图像的熵决定;
B. $R_1 > R_2$;
C. 无损压缩的压缩率取决于“量化步长”;
D. 无损压缩的压缩率取决于 JPEG2000 中的参数设置;
4. 工程应用中, 常根据不同的需求设计不同的滤波器模板。如果要通过空域滤波过滤其中的噪声, 选用下列哪个滤波器模板比较合适 (C)

A. $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

B. $\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

C. $\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

D. $\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

5. 人类视觉系统对于下列哪种颜色较为敏感 (D)
A. 红色 B. 紫色
C. 黑色 D. 介于绿色和黄色之间
6. 二维 Haar 小波变换所采用的 4 个滤波器分别为

$$K_1 = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, K_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, K_3 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, K_4 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

设 $F_1 = F \times K_1$, $F_2 = F \times K_2$, $F_3 = F \times K_3$, $F_4 = F \times K_4$, 其中 F 表示一副图像, \times 表示运算, 这里 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 可视为对 F 进行 Haar 小波变换所得的 4 个自带 (Sub-bands)。关于 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 下列表述不正确的是 (A)

- A. F_1 度量了 F 在各个方向上的总变换; B. F_3 度量了 F 在水平方向的局部变化;
C. F_2 度量了 F 在垂直方向上的局部变化; D. F_4 度量了 F 在对角方向的局部变化;
7. 关于小波变换 (Wavelet transform), 下列表述不正确的是 (D)
A. 小波变换具有“局部化”特点; B. 小波变换具有“稀疏化”特点;
C. 小波变换具有“多尺度”特点; D. 小波变换具有“各向异性”特点;
8. 关于傅里叶变换 (Fourier transform), 下列表述不正确的是 (B)

- A. 傅里叶变换是线性变换;
 B. 图像进行傅里叶变换之后, 每一个傅里叶系数刻画了图像在空域的局部变化;
 C. 利用傅里叶变换可将图像分解为不同的频率成分的叠加;
 D. 空域的卷积运算与傅里叶域的乘积运行相对应;
9. 关于频域滤波, 下列表述不正确的是 (D)
- A. 频率滤波是将图像数据由空域映射至频域, 并对频域数据进行处理, 然后从频域数据重构得到空域图像的处理过程。
 B. 低通滤波允许低频成分通过而阻断高频成分, 因此有平滑图像的功能;
 C. 高通滤波允许高频成分通过而阻断低频成分, 因此有锐化图像的功能;
 D. 空域滤波利用图像的全局信息, 而频率滤波利用图像的局部信息;
10. 以下关于色彩空间的叙述, 不正确的是 (B)
- A. 在 RGB 颜色空间中, 相比 R 和 G 通道, G 通道对亮度的贡献比较大;
 B. 各个不同的颜色空间可以进行相互转换, 且这种转化都是线性的;
 C. RGB 色彩空间得以广泛应用, 但 RGB 空间中两点的距离并不完全反映人类视觉系统感知到两点的色彩差异, 即从感知的角度, RGB 空间非均质空间 (Inhomogeneous space);
 D. 任何色彩均可由 R, G, B 三种颜色的线性组合表示;

二、 计算题

1. 一副图像总两个点 p, q 的坐标分别为(101, 102), (98, 106), 请计算 p, q 之间的欧氏距离。

答:

题中所述 p, q 两点的欧氏距离 L 为:

$$L = \sqrt{(101 - 98)^2 + (102 - 106)^2} = 5$$

2. 下表给出了一副图像的灰度概率分布,

灰度值	0	31	63	127
概率	0.1	0.2	0.5	0.2

请计算这幅图像的熵。

答:

题中所述图像的信息熵 H 为:

$$H = - \sum_{i=0}^{255} p_i \times \log_2^{p_i} = 1.76$$

知识点:

令 P_i 表示表示图像中灰度值为 i 的像素所占的比例, 则定义灰度图像的一元灰度熵为:

$$H = - \sum_{i=0}^{255} p_i \times \log_2^{p_i}$$

三、 算法描述与分析

1. 简述直方图均衡化的基本步骤

答：

- 1) 先计算图像中各个灰度级的出现频率，用 $h(i)$ 表示灰度级 i 的出现频率，其值等于灰度级出现次数/图像像素个数。然后以灰度级 i 为横轴，出现频率 $h(i)$ 为纵轴即可绘制出图像对应的直方图。
- 2) 先计算累积分布，用 $r(i)$ 表示灰度级 i 的累积分布。
- 3) 将累积分布进行量化（量化时需要用到原始图像的灰度级数 q ），量化后的灰度级用 $r_q(i)$ 表示，量化公式为 $r_q(i) = \text{ROUND}(r(i)*(q-1))$ 。
- 4) 因此，原始图像中的灰度级和均化后图像中的灰度级之间的对应关系为上述公式所示。
- 5) 将原始图像中对应的灰度值安装上述对应关系替换成相应的灰度值，即可得到均化图像

2. 简述维纳滤波的基本步骤

答：

3. 简述 JPEG 压缩算法的基本步骤

答：

- 1) 正向离散余弦变换。
- 2) 量化。
- 3) Z 字形编码。
- 4) 使用差分脉冲编码调制对直流系数进行编码。
- 5) 使用行程长度编码对交流系数进行编码。
- 6) 熵编码。
- 7) 组成位数据流

4. 设 $T_1(x)=x^2$, $T_2(x)=x^{1/2}$ ，以 T_1 , T_2 作为变换函数对一副图像的灰度值进行变换。试分析变换后图像的对比度如何变化。

答：

- 1) 当次幂数大于 1 时，对比度比原图增强随着次幂数的增大，对比度增强
- 2) 当次幂数小于 1 时，对比度比原图减弱虽然整体是对比度减弱，但是随着次幂数的增大，对比度呈现增强的趋势

四、 综述题

1. 综述你对图像处理的认识（图像处理中包含哪些问题？图像处理有哪些应用？图像处理中常用的

数学工具有哪些？通过学习，你个人对图像处理有何认识，请陈述技术性内容）

答：数字图像处理是一门应用非常广泛的一门科学，涵盖的技术也非常多。研究的问题主要包括图像变换（如灰度变换、频率变换、空域变换）、图像复原与重建（如各种滤波技术）、图像压缩、形态学图像处理（如腐蚀，膨胀、边界提取等）、以及图像分割，图像识别等技术。

图像是人类获取和交换信息的主要来源，随着人类活动范围的不断扩大，图像处理的应用领域也将随之不断扩大。主要的应用包括航天和航空技术方面（如火星照片的处理、飞机遥感和卫星遥感技术）、生物医学工程方面（如 CT 技术，X 光等医学诊断方面）、通信工程方面（如三网合一等方面）、工业和工程方面（如中检测零件的质量、并对零件进行分类）、军事公安方面（如导弹的精确末制导、指纹识别，人脸鉴别，）

图像处理中常用的数学工具有：线性操作与非线性操作；空间操作；集合/逻辑操作与模糊集合；算术运算；阵列与矩阵操作等。

数字图像处理技术的有效应用在人们日常生活中就能切身地感受到，不管是看电视、看电影、上网还是移动通信，每个人都与这种技术发生着最紧密的联系。数字图像处理技术的发展关系到每个人对优越的社会生活、现代物质享受的程度的深浅，所以，对之进行及时的研究和关注在电子通信行业中是非常重要的。

图像处理复习题 2

一、对图像 $f(x,y)$ (如图 1 所示)

- 1) 计算并绘制其直方图;
- 2) 对该图进行直方图均衡化处理, 并给出直方图均衡化处理后的图像。

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 \\ 2 & 6 & 5 & 5 & 5 & 4 & 3 & 0 \\ 4 & 5 & 4 & 6 & 7 & 5 & 2 & 3 \\ 3 & 5 & 4 & 7 & 6 & 5 & 4 & 1 \\ 3 & 5 & 4 & 6 & 7 & 5 & 2 & 0 \\ 1 & 5 & 5 & 4 & 5 & 4 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & 4 & 3 & 3 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & 3 & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

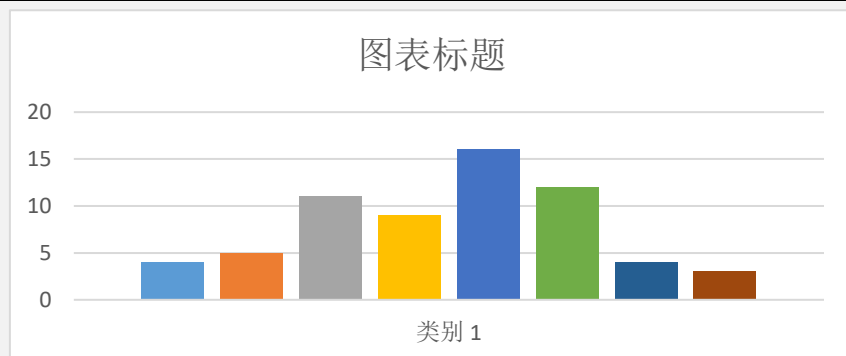
图 1

- 3) 对图 1 中的 $f(4,4)=7$ 的像素分别用 3×3 方形窗中值滤波和拉普拉斯算子对其进行图像的平滑和锐化处理。
- 4) 请指出频域滤波进行图像增强的原理和算法步骤。
- 5) 对于一匀速运动导致的模糊图像, 分别用逆滤波和维纳滤波对其复原处理, 分析影响其处理结果的因素。
- 6) 设 $f(41,26)=38$ 、 $f(41,27)=36$ 、 $f(42,26)=42$ 、 $f(42,27)=46$ 试分别用最短邻近插值法和双线性插值法计算 $f(41.3,26.8)$ 。
- 7) 对于所示的二值目标 A 和结构元素 B, 通过数学形态学方法分别求取 $A-(A \ominus B)$ 、 $(A \oplus B)-A$ 、 $(A \oplus B)-(A \ominus B)$, 试比较其结果有何不同。

答:

- 1) 首先计算各个灰度在图中所出现的频率, 用 $h(i)$ 表示, i 表示第 i 阶灰度。由图可知阶数为 L 为 8。

i	0	1	2	3	4	5	6	7
$h(i)$	0.0625	0.0781	0.1719	0.1406	0.25	0.1875	0.0625	0.0469



- 2) 计算其累计分布, 用 $r(i)$ 表示第 i 阶灰度的累计分布。

i	0	1	2	3	4	5	6	7
$r(i)$	0.0625	0.1406	0.3125	0.4531	0.7031	0.8906	0.9531	1.0

对累计分布进行量化, 用 $q(i)$ 表示, 量化公式为 $q(i)=\text{ROUND}(r(i)*(L-1))$

i	0	1	2	3	4	5	6	7
r(i)	0.0625	0.1406	0.3125	0.4531	0.7031	0.8906	0.9531	1.0
q(i)	0	1	2	3	5	6	7	7

由上表可知，原图中第 i 阶灰度经过直方图均值化后所对应的新的灰度阶数为 q(i),因此直方图均值化处理后的图像 q(x,y)如下:

$$q(x,y) = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 2 & 5 & 2 & 5 & 2 & 5 \\ 2 & 7 & 6 & 6 & 6 & 5 & 3 & 0 \\ 5 & 6 & 5 & 7 & 7 & 6 & 2 & 3 \\ 3 & 6 & 5 & 7 & 7 & 6 & 5 & 1 \\ 3 & 6 & 5 & 7 & 7 & 6 & 2 & 0 \\ 1 & 6 & 6 & 5 & 6 & 5 & 3 & 1 \\ 1 & 5 & 5 & 3 & 3 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 4 & 2 & 5 & 2 & 3 & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

3) 使用 3×3 方形窗在 f(4,4)点进行均值滤波，则方形窗的灰度可表示如下:

4	6	7
4	7	6
4	6	7

将上表中的灰度按从小到大排列则为{4,4,4,6,6,6,7,7,7}, 选取该序列的中值即为 f(4,4)点的新的灰度值，即 q(4,4)=6;

在 f(4,4)点使用拉普拉斯算子进行图像锐化处理，掩模为[0,1,0;1,-4,1;0,1,0]则在点(4,4)处的拉普拉斯算子为:

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x,y) &= [f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1)] - 4f(x,y) \\ \nabla^2 f(4,4) &= (4 + 6 + 6 + 6) - 4 \times 7 \\ \nabla^2 f(4,4) &= -6 \end{aligned}$$

所以，新的灰度值为 q(4,4)=f(4,4)-(-6)=13。

4) 原理: 频域把图像看成一种二维信号，对其进行基于二维傅里叶变换的信号增强。采用低通滤波(即只让低频信号通过)法，可去掉图中的噪声;采用高通滤波法，则可增强边缘等高频信号，使模糊的图片变得清晰。基于频域的法是在图像的某种变换域内对图像的变换系数值进行某种修正，是一种间接增强的算法。

步骤:

- 计算需增强的图像的傅里叶变换;
- 将其与 1 个传递函数相乘;
- 再将其结果进行傅里叶逆变换可以得到增强的图像;

5) 逆滤波复原过程: 对退化的图像进行二维傅里叶变换;计算系统点扩散函数的二维傅里叶变换;引入 H (fx,fy) 计算并且对结果进行逆傅里叶变换。

维纳滤波复原过程: 在一定的约束条件下，其输出与一给定函数(通常称为期望输出)的差的平方达到最小，通过数学运算最终可变为一个托布利兹方程的求解问题。维纳滤波器又被称为最小二乘滤波器或最小平方滤波器，目前是基本的滤波方法之一。维纳滤波是利用平稳随机过程的相关特性和频谱特性对混有噪声的信号进行滤波的方法。

分析,由维纳滤波与逆滤波的进一步比较发现,维纳滤波在图像受噪声影响时效果比逆滤波要好,而且噪声越强优势越明显。

逆滤波复原方法数学表达式简单,物理意义明确。但是,当噪声不为零时,而且 $H(u,v)$ 很小或者为零的时候,噪声会被放大,也就是说会对逆滤波复原的图像产生巨大的影响,有可能使恢复的图像和 $f(x,y)$ 相差很大。因为该缺点难以克服,所以,在逆滤波理论上,从统计学观点出发,设计一类滤波器用来图像复原,改善图像的质量。

维纳滤波回复的思想是在假象图像信号可以近似看作平稳随机过程的前提下,按照使恢复的图像与原图像 $f(x,y)$ 的均方差最小原则来恢复图像。

- 6) 由于 $|41.3-41| < |41.3-42|$ 且 $|26.8-26| > |26.8-27|$, 所以 $f(41.3,26.8)=f(41,27)=36$

双线性插值公式如下:

$$f(i+u, j+v) = (1-u)(1-v)f(i, j) + (1-u)vf(i, j+1) \\ + u(1-v)f(i+1, j) + uvf(i+1, j+1)$$

由此 $f(41.3,26.8)=39$ (39.04)

- 7) $A-(A\ominus B)$ 、 $(A\oplus B)-A$ 、 $(A\oplus B)-(A\ominus B)$ 都是对二值图像的边界提取。

- a) $A-(A\ominus B)$ 为原图减去原图的腐蚀, 其所提取的边界是原图的边界向原图内扩展。
- b) $(A\oplus B)-A$ 为原图的膨胀减去原图, 其所提取的边界是原图的边界向外扩展。
- c) $(A\oplus B)-(A\ominus B)$ 为原图的膨胀减去原图的腐蚀, 其所提取的边界是原图的边界同时向内外扩展。

图像处理复习题 3

- 一、设一幅图像的直方图如图 2 所示，对该图像进行直方图均衡化，写出均衡化过程，并画出均衡化后的直方图，若原图像一行上连续 8 个像素的灰度值分别为：0、1、2、3、4、5、6、7，则均衡化后，它们的灰度值为多少？（10 分）

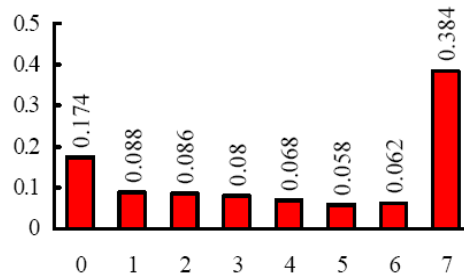


图 2

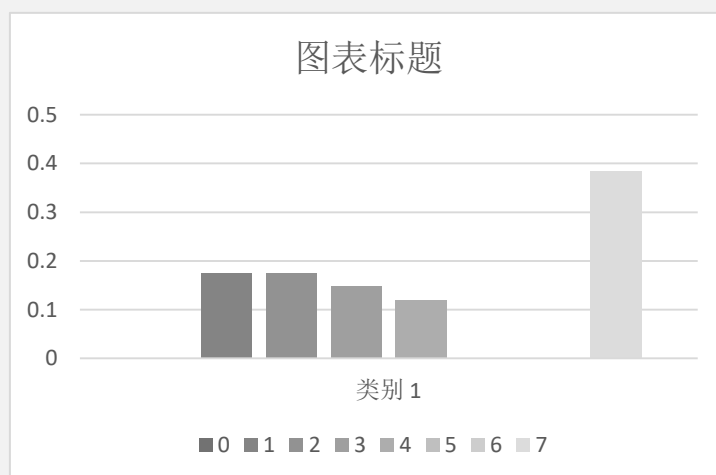
答：有题可知该图像的灰度级数 $L=8$ ，用 $h(i)$ 表示各个灰度出现的频率， i 表示第 1 阶灰度。用 $r(i)$ 表示灰度频率 $h(i)$ 的累计分布，如下表所示：

i	0	1	2	3	4	5	6	7
$h(i)$	0.174	0.088	0.086	0.08	0.068	0.058	0.062	0.384
$r(i)$	0.174	0.262	0.348	0.428	0.496	0.554	0.616	1.0

现将累计分布 $r(i)$ 进行量化，量化公式为 $q(i)=\text{ROUND}(r(i)*(L-1))$ ， $q(i)$ 为原图中第 i 阶灰度量化的新的灰度级数。 $qh(i)$ 表示量化后第 i 级灰度出现的频率。

i	0	1	2	3	4	5	6	7
$r(i)$	0.174	0.262	0.348	0.428	0.496	0.554	0.616	1.0
$q(i)$	1	2	2	3	3	4	4	7
$qh(i)$	0	0.174	0.174	0.148	0.12	0	0	0.384

均衡化后的直方图如下所示：



- 二、已知图像如下所示

(1) 试求出中值滤波的结果（模板大小为 3×3 ，不处理边缘像素）；

(2) 从 (1) 的结果举例说明中值滤波特别适合处理哪种类型的噪声。(10 分)

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 6 & 9 \\ 0 & 4 & 7 & 9 \\ 1 & 20 & 6 & 5 \\ 2 & 1 & 3 & 6 \end{bmatrix}$$

答：

当模板中心位于 $f(1,1)$ 时，将其周围的灰度值依次排序为 $\{0, 1, 1, 3, 4, 6, 6, 7, 20\}$ ，其中值为 4。则 $f(1,1)=4$ ，当模板中心位于 $f(1,2)$, $f(2,1)$, $f(2,2)$ 时同理可得 $f(1,2)=6$, $f(2,1)=3$, $f(2,2)=6$ 。因此该图像的中值滤波结果如下：

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 6 & 9 \\ 0 & 4 & 6 & 9 \\ 1 & 3 & 6 & 5 \\ 2 & 1 & 3 & 6 \end{bmatrix}$$

中值滤波对椒盐噪声、脉冲干扰以及图像扫描噪声非常有效。

三、请对图 3 中坐标为 (x,y) 的点进行最近邻插值和双线性插值，求出两种情况下的 $f(x,y)$ ，其中 $f(0,0)=20$ 、 $f(0,1)=30$ 、 $f(1,0)=10$ 、 $f(1,1)=40$ ， $x=0.7$ 、 $y=0.6$ 。(10 分)

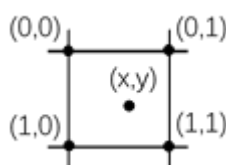


图 3

答：

最邻近插值法：

$|0.7-0| > |0.7-1|$ 且 $|0.6-0| > |0.6-1|$ ，故 $f(0.7, 0.6)$ 与 $f(1,1)$ 最邻近，所以 $f(0.7, 0.6)=f(1,1)=40$ 。

双线性插值法：

$$f(i+u, j+v) = (1-u)(1-v)f(i, j) + (1-u)vf(i, j+1) + u(1-v)f(i+1, j) + uvf(i+1, j+1)$$

由上述公式可得 $f(0.7, 0.6)=27$ (27.4)

四、请给出图像退化与复原的模型，并结合匀速运动模糊图像，给出其退化函数并说明复原的基本过程。(10 分)

答：

(略)

五、请简述 LZW 编码的基本思想和编码步骤，对一 4 色图像 (以 a,b,c,d 表示) 数据流：aabbcbbbbdd 进行 LZW 编码 (10 分)。

答：基本思想是建立一个编码表，将输入字符串映射成定长的码字输出，通常码长设为 12 比特。如果将图像当做一个一维的比特流串，编码图像也视为一个一维比特流串，算法在

产生输出串的同时更新编码表，这样编码表可以更好地适应所压缩图像的特殊性质。

步骤如下：

1. 将词典初始化，使其包含所有可能的单字符。当前前缀 P 初始化为空；
2. 当前字符 C 的内容为输入字符流中的下一个字符；
3. 判断 P+C 是否在词典中；如果“是”，则用 C 扩展 P，即让 P=P+C；如果“否”，则①将输出当前前缀 P 的码字到码字流；②将 P+C 添加到词典中并赋予未使用的码字；③令 P=C；
4. 判断输入字符流中是否还有字符要编码；如果“是”，就返回到步骤 2.

对 aabbcbabbbbd 进行 LZW 编码的结果如下：

步骤	字符串表	码字值	输出	中间结果 P	中间结果 C
初始化	a	1			
	b	2			
	c	3			
	d	4		P=""	C="a"
1	aa	5	1	P="a"	C="a"
	ab	6	1	P="a"	C="b"
	bb	7	2	P="b"	C="b"
	bc	8	2	P="b"	C="c"
	ca	9	3	P="c"	C="a"
	abb	10	6	P="ab"	C="b"
	bbb	11	7	P="bb"	C="b"
	bd	12	2	P="b"	C="d"
			4	P="d"	C=""

即对字符串“aabbcbabbbbd”进行 LZW 编码的结果为“112236724”。解码时根据码字和其对应的字符串即可解码。

六、请简述最大类间方差法（OTSU 法）进行图像分割的基本原理。（10 分）

OTSU 法是一种是类间方差最大的自动确定阈值的方法，该方法具有简单、处理速度快的特点，是一种常用的阈值选取方法。设图像像素为 N，灰度范围为 [0, L-1]，对应灰度级 i 的像素数出现的频率 $p_i = n_i/N$ 。

用阈值 T 将各级灰度分为两类 $i \in [0, T]$ 为 C_0 ， $i \in [T+1, L-1]$ 为 C_1 。对于灰度分布的几率，整幅图像的均值为：

$$u_T = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i$$

则相应的 C_0 ， C_1 的灰度均值为：

$$u_0 = \sum_{i=0}^T \frac{ip_i}{\omega_0}, \quad \omega_0 = \sum_{i=0}^T p_i$$

$$u_1 = \sum_{i=T+1}^{L-1} \frac{ip_i}{\omega_1}, \quad \omega_1 = 1 - \omega_0$$

由上面三式可得： $u_T = \omega_0 u_0 + \omega_1 u_1$ 。

其类间方差定义如下：

$$\sigma_B^2 = \omega_0(u_0 - u_T)^2 + \omega_1(u_1 - u_T)^2 = \omega_1 \omega_0 (u_0 - u_1)^2$$

让 T 在 $[0, L-1]$ 范围依次取值，使得 σ_B^2 最大的 T 值即为 OTSU 法的最佳值。

- 七、（1）试用图 4.a 给出的模板（像素和周围八个点所构成的 3 乘 3 邻域）对图 4.b 中的二值图像中黑色区域进行开运算和闭运算，给出中间结果。
- （2）试分析开运算和闭运算的作用。（10 分）

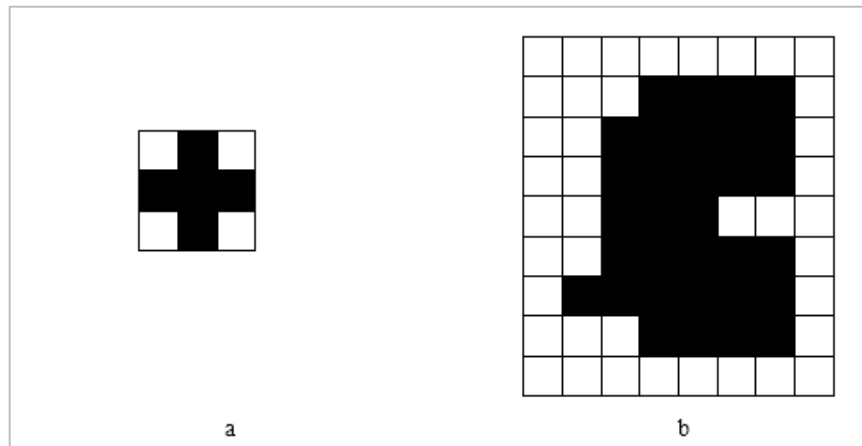


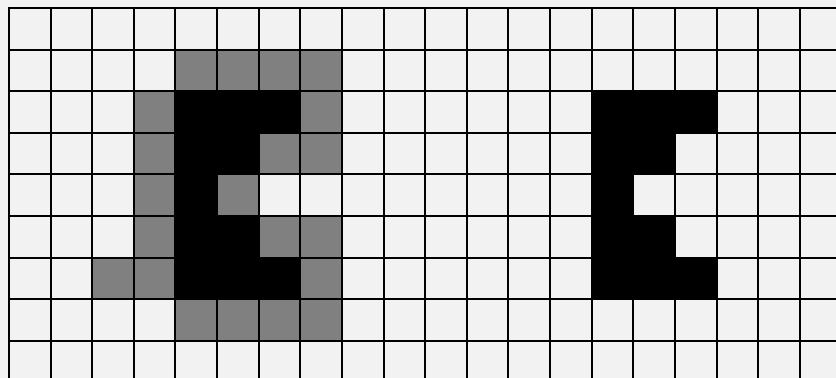
图 4

答：

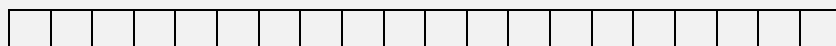
（1）

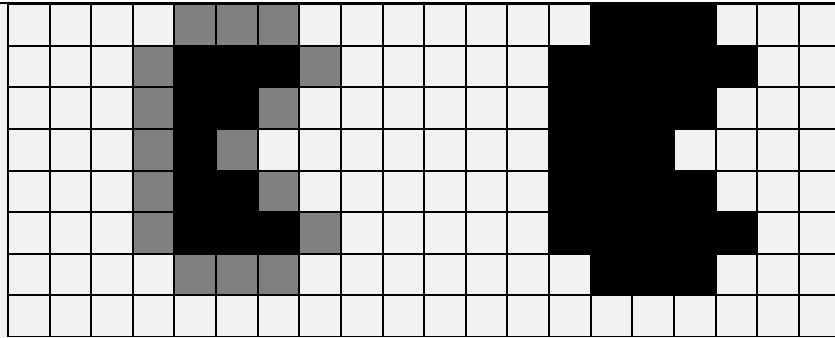
开运算，即先用元素结构对原图像进行腐蚀，再进行膨胀

腐蚀结果如下右图所示，左图为中间结果，当元素结构的中心在黑色区域时元素结构包含于原图像中。



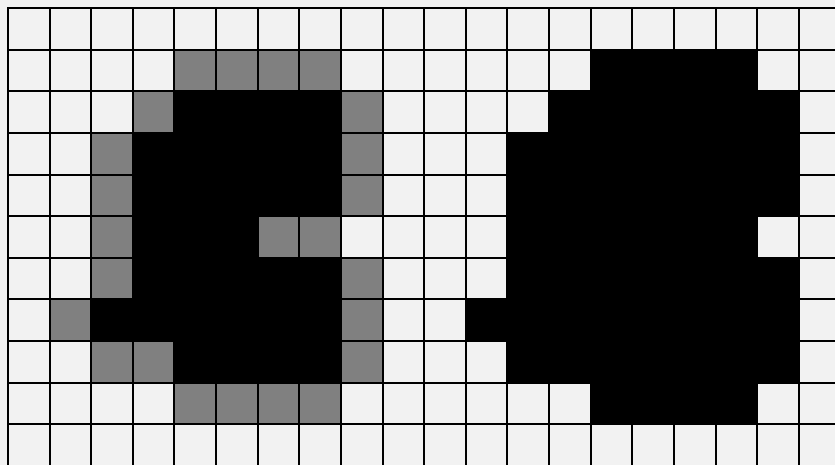
再膨胀结果如下图右图所示，左图为中间结果，当结构元素的中心位于灰色位置时，结构元素与原图像仅有一个像素相交：



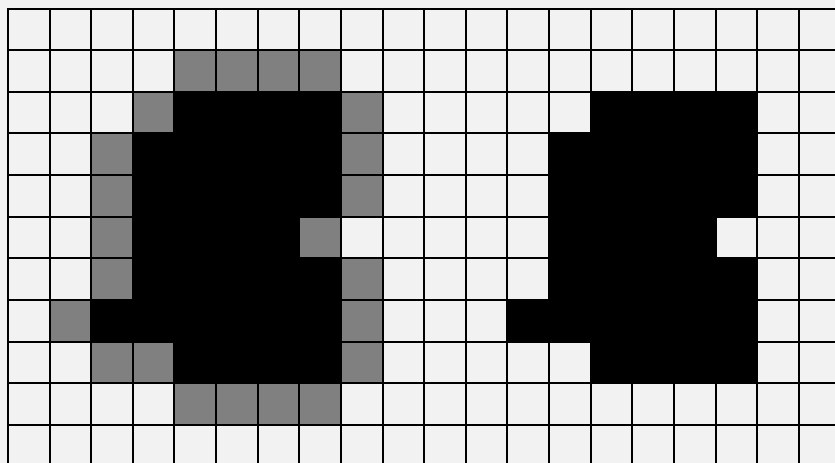


闭运算，即先用元素结构对原图像进行膨胀，再进行腐蚀

膨胀结果如下图右图所示，左图为中间结果，当结构元素的中心位于灰色位置时，结构元素与原图像仅有一个像素相交：



再腐蚀结果如下右图所示，左图为中间结果，当元素结构的中心在黑色区域时元素结构包含于原图像中。



(2)

开启操作通常可以起到平滑图像轮廓的作用，去掉轮廓上突出的毛刺，截断狭窄的山谷。而闭运算操作虽然也对图像轮廓有平滑作用，但是结果却是相反，他能去除区域中的小孔，填平狭窄的断裂、细长的沟壑以及轮廓的缺口。

八、结合自己文献阅读的数字图像处理领域的某一研究热点问题，谈谈其背景，技术要点和应用。(30 分)