

第一讲 绪论

1. **什么是数字图像:** 以数字形式存储和处理的图像，模拟图像的离散化。
2. **图像处理相关课程:** 计算机图形学、数字信号处理、多媒体技术、计算机视觉、机器学习。
3. **图像技术的三个层次:**
 - 1) **图像处理:** 图像预处理。去噪、对比度增强、锐化；输入输出都是图像
 - 2) **图像分析:** 图像分割。提取分割后的目标的特征。输入图片，输出特征。
 - 3) **图像理解:** 对目标进行分类或识别，理解图像。

第二讲 DIP 基础

1. **马赫带效应:** 人感觉到在亮度变化过渡位置，暗区和亮区分别存在更黑和更亮的条带
2. **图像的生成:** 照射源、场景，对光的反射或透射产生。
3. **CCD:** CCD 电荷耦合器件，将光子转为电荷，将电荷转为数字信号
4. **焦距公式:** $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$
5. **图像的采集过程:** 分为取样和量化。

图像的取样：将空间上连续的图像转换成离散的图像取样点，取样在 x 和 y 方向上进行，图像分辨率由 CCD 和取样过程决定，每个取样点对应图像中的一个单元，也称像素。

图像的量化：将 CCD 感应值数字化，量化的级数称为灰度级，取值为 2 的整数幂。

6. 图像的取样：

将空间上连续的画面转换成离散的取样点。CCD 尺寸越大，取样率越高，分辨率越高。

7. 图像的量化：CCD 感应值的数字化

8. 图像的基本数学运算：

加：去噪、图像合成。

减：绿幕技术、图像比较、目标提取。

乘：通过遮罩，选择图像区域。

除：阴影消去。

9. 图像的规范化：将像素值转换为 0~255 范围。方法包括：直接截断法、线性规范法。

10. 图像的几何变换：

最近邻插值

双线性插值：由 4 个近邻的像素值线性加权。

$$f(a+x, b+y) = f(a, b) + x[f(a+1, b) - f(a, b)] + y[f(a, b+1) - f(a, b)] + xy[f(a, b) + f(a+1, b+1) - f(a+1, b) - f(a, b+1)]$$

双三次插值

11. 常见图像格式：

BMP(bitmap)：windows 下，不压缩，最多 32 位。

JPG(joint photographic experts group)：利用人视觉特点，实现高压缩率。

PNG(portable network graphic)：便携网络图形格式，多达 48 位，可控制透明度，**文本表现优异**

第三讲 灰度变换与空间滤波

1. **图像增强目的:** 使结果比原始图像更适用。

2. 空域: 图像的二维坐标平面。
3. 空域增强方法: 灰度变换、直方图方法、空域滤波
4. 图像反转: $s = L - 1 - r$
5. 幂变换 (伽马变换): $s = cr^y$

r 是像素值归一化到 $[0, 1]$
 伽马值: <1 扩展低灰度范围, 图像整体变亮; >1 扩展高灰度范围, 图像整体变暗。
 现在统一输出设备伽马值 2.2
6. 分段线性变换: 提升灰度级动态范围。
7. 查找表技术 (LUT: look-up table):
 针对变换公式, 构造长度 256 的映射表, 记录灰度变换值。
8. 直方图技术:
 灰度直方图: 灰度级的统计函数, 反映每个灰度级出现的频率。
9. 直方图均衡化:
 根据输入图像的直方图, 自动找到一个变换函数, 变换后的图像具有平坦的直方图。
 使用累积分布函数。
 算法步骤:
 - 1) 统计原始图像各灰度级的像素个数。
 - 2) 归一化得到每个灰度级的概率值。
 - 3) 用概率的累积分布函数求每个灰度级变换后的值, 四舍五入取整。
 - 4) 采用查表方式, 对每个像素进行变换, 得到新图像。
10. 空间滤波器的用途: 图像增强、特征提取、图像检测。
11. 图像噪声包括:
 高斯噪声: 照度低、CCD 发热的原因
 椒盐噪声: 传输问题、CCD 和镜头污点、电磁干扰
12. 均值滤波: 输出掩膜所覆盖邻域中的像素均值。
13. 高斯滤波: 离中心越近, 权值越高。
14. 双边滤波: 增加像素值相近的权重, 让边缘清晰。
15. 中值滤波: 输出邻域的中值, 对椒盐噪声非常有效。模糊较少, 保留边缘。
16. 平滑滤波器作用: 过滤细节, 提取主干: 先均值滤波处理, 再阈值处理, 如以 25% 亮度为阈值。
17. 锐化滤波: 增加图像细节, 可能引入噪声。提取目标边界, 用于图像分割、特征提取。
18. 拉普拉斯算子:
 二阶微分算子。将原始图像和拉普拉斯算子输出叠加, 达到锐化效果。
 掩膜中心为负相减, 掩膜中心为正相加。
19. 常用的一阶导数算子: Roberts 算子 (斜向), Prewitt 算子 (横竖方向), Sobel 算子 (横竖方向, 中间为 2)。
20. 梯度: 一阶导数。灰度图像提取图像边缘, 只包含灰度变化大的地方。

第四讲 频率域滤波

1. 图像的频域:
 低频对应图像主体特征;
 高频对应图像细节。
2. 为什么在频域中增强图像?
 人类视觉易于感受空间域, 有些在空域中不好处理的问题, 在频域中容易处理。

3. 频域技术应用：图像增强：低通滤波、高通滤波；图像压缩：正交变换、DCT；提取图像特征：直流分量、目标物边缘。
4. 图像变换域方法：傅里叶变换、离散余弦变换、小波变换、KL 变换。
5. 简述傅里叶变换的原理和步骤：

原理：利用傅里叶变换，将图像从空域变换到频域，在频域进行滤波，再利用傅里叶反变换到空域。
步骤：得到图像的傅里叶变换；构造滤波函数；将二者相乘；通过傅里叶反变换得到处理后的原图像。
6. 图像的傅里叶变换：图像由不同频率的二维三角函数构成。
7. 频域滤波原理：

得到傅里叶变换 F ；
构造一个滤波函数 H ，可能是低通滤波或高通滤波；
将二者相乘 $G = H * F$ ；
通过傅里叶反变换得到处理后的图像 $g = F^{-1}(G)$

8. JPEG 压缩核心：

保存离散余弦变换后的系数；
丢弃人眼不可察的高频系数，实现极大压缩。
9. 低通滤波器：

保留低频分量，平滑图像。
如：高斯滤波器、理想低通滤波器、巴特沃思滤波器。
作用：美化图片、美化文字。
10. 高通滤波器：

保留高频分量。用低通频率波的反操作。还是三种：理想型、高斯型、巴特沃思型。
作用：指纹增强

第五讲 彩色图像处理

1. 光：可见光波长 400–700 纳米。
2. 光谱：反映光各频率能量分布。
3. 异谱同色：光谱不同，人眼看却同色。因为有同样的三色刺激值。
4. RGB 颜色模型：显示器采用 RGB。

图像载入到显卡显存中；
得到与 RGB 值成比例的电压值；
电压值转成三色光信号；
人眼将三色融合。
5. CMY 模型：用于印刷。方便从显示色彩得到印刷色彩。有时添加黑色称为 CMYK 模型。

青色：cyan，吸红光；
品红 magenta，吸绿光；
黄色 yellow，吸蓝光。
即 $[C, M, Y] = [255, 255, 255] - [R, G, B]$
例如：要让红色分量为 200，青颜料用量为 55.
6. 人眼的颜色感知：

亮度(intensity/value)：颜色的明亮程度
色调(hue)：感知的主导色。一种颜色区别于另一种颜色的特征。
饱和度(saturation)：彩色的纯洁程度。

色调和饱和度统称为色度。色度定义：观察者获得的颜色的感觉。

7. 相比 RGB 空间，将彩色图像转换到 HSV/HIS 空间进行处理有什么好处？

亮度分量与色度分量分开，V 与图像的彩色信息无关；

色调与饱和度的概念独立存在，与人眼感知紧密相连，HSV 模型适合基于人的视觉系统对彩色感知特性进行处理分析的图像算法。

8. HSV/HIS 颜色模型：色调 hue、饱和度 saturation、亮度 value/intensity

9. 彩色图像的直方图均衡化：

对 RGB 独立均衡化处理再合成，可能导致颜色失真。

通常只对亮度通道均衡化，可以先调整饱和度。

10. 伪彩色增强：

根据特定的准则对灰度图像赋以假想的彩色。便于观察和观察图像中的目标。

方法：

灰度分层：按灰度值分成若干区间；

灰度-彩色变换：每个区间赋予一种颜色。

第六讲 图像压缩

1. 图像压缩率： $C = \frac{m}{n}$, m: 原存储方法下平均码长, n: 编码后的平均码长。

2. 三种冗余：

编码冗余：符号系统效率不高

像素相关冗余：无视像素相关性导致数据重复

心理视觉冗余：人眼对部分视觉信息不敏感。

3. 图像信息的衡量：信息论 — 事情发生得越频繁，信息量越少。

4. 熵：信源的平均信息量。

5. 无损压缩极限：熵决定了无损压缩极限—平均码长的最小值。

6. 保真度准则：原始图像与压缩后再解码图像的差值。衡量标准：均方误差。

7. 变长编码：属于统计编码、无损压缩。主要减少编码冗余。又称为熵编码，平均码长最接近该图像的熵。

8. 哈夫曼编码算法步骤：

所有节点各自成一棵树构成森林；

每次选出两个权重最小的树合并；

新二叉树的权重为两者之和；

删除原来两个树；

重复以上步骤直到只剩一棵树；

左分支记为 0，右分支记为 1；

按根到叶子的路径编码。

9. 预测编码：

主要去除图像中的相关冗余。用邻近像素来预测当前像素。对预测误差进行编码，如哈夫曼编码；误差的熵比原图像小，码长更短。

10. 图像的 DCT 变换（属于变换编码）：

图像分成 8*8 的小块，每小块做 DCT 变换，从上到下，从左到右，为从低频到高频变化，然后保留小块中的一个分量，2*2 或 3*3，再重建图像，实现压缩。

11. 基于 DCT 的变换编码流程：

颜色转换到 YCbCr 空间 (Y: 亮度, Cb: 蓝色色度, Cr: 红色色度)，做色度抽样

将图像分成 8×8 的小块，每个小块做 DCT 变换，DCT 系数除以量化矩阵再取整。
再采用游程编码或哈夫曼编码。

12. JPEG2000: 采用离散小波变换 DWT: discrete wavelet transform

13. 变换编码:

图像经过变换（如频域），得到系数，通常是有损压缩；
对系数量化化简后编码，如保留低频系数；
变换方法：傅里叶变换、小波变换、离散余弦变换(DCT)。

第七讲 形态学处理

1. 腐蚀:

结构元素 B 平移 z 后，仍然在前景集合 A 中，z 的集合就是腐蚀的结果。
平移后结构元 B 的原点的新位置就是 z。
可将腐蚀看成形态学的滤波操作，将小于结构元的细节去除。

2. 膨胀:

与 A 至少有一个元素重叠的所有 z 的集合。
滑动后的 B 只要与 A 有交集，就将 B 的原点所在位置作为结果的前景输出。
可以连接裂缝。

3. 开运算 ($A \circ B$): 先腐蚀再膨胀。断开间断消除突出物，使轮廓光滑。

4. 闭运算 ($A \cdot B$): 先膨胀再腐蚀。弥合间断，填补断裂，也能使轮廓光滑。

5. 像素的邻域:

4-邻域 $N_4(p)$
4-对角邻域 $N_d(p)$
8-邻域 $N_8(p)$

6. 邻接:

4-邻接: q 在 $N_4(p)$ 中
8-邻接: q 在 $N_8(p)$ 中
m-连接: q 在 p 的 4-邻域，或 q 在 p 的 4-对角邻域中且 p, q 两者的 4-邻域不在 V 中。
(即斜边无角)

7. 通路: 从像素 1 到像素 2 的通路，相邻点均有某种邻接关系。

8. 边界 (内边界):

像素在 R 区域中，但至少有一个邻接点不在 R 中。
提取内边界方法: 将 A 先腐蚀得到 B，再用 A-B，即可得到边界。

9. 如何提取内边界: 先用结构元 B 对 A 腐蚀得到 C，再用 A-C，得到边界。

10. 外边界: 像素在背景中，包围着目标，闭合曲线。

第八讲 图像分割

1. 图像分割定义:

将图像划分成不相交的子区域，使得区域内具有某种意义上的一致性，如颜色、亮度、纹理。

2. 图像分割作用:

简化、改变图像的表示形式；
易于理解、分析图像。

3. 图像分割类型: 基于阈值、边缘、区域。

4. 基于阈值的方法:

如何确定阈值：自动确定阈值算法——全局阈值分割：

初始阈值 T 为图像的平均灰度值；

产生 $\{T\}$ 和 $\{>T\}$ 两个像素集合；

分别计算各组平均灰度值 m_1, m_2 ；

得到新 $T = \frac{m_1 + m_2}{2}$ ；

直到 T 变化很小为止。

Otsu 大律法

直方图的峰谷

5. 阈值方法的影响因素：

噪声对直方图形态有较大影响。解决办法：先对噪声进行平滑。

阈值对不均匀光照敏感。

6. 基于边缘的方法：

使用一阶导数进行边缘检测。

阈值过低：边缘较粗；

阈值过高：边缘断裂。

7. 基于区域的方法：

基本思想：事先定义相似性准则；满足准则的子区域聚合成更大区域。

包括：区域生长、分裂与聚合。

8. 区域生长基本步骤：

找一些像素点作为种子；

设定相似准则，寻找种子邻域里满足规则的像素；

将相似像素加入，作为新种子，重复过程；

满足一定条件停止，如区域不再变化。

9. 分裂与聚合：

设定准则，如区域方差小于 10；

如当前区域不满足，则区域分裂；

如不能进一步分裂，满足准则的相邻区域聚合；

如无法进一步聚合，算法终止。

第九讲 图像特征

1. 图像特征提取目的：对图像进行紧凑有效的描述。

2. 特征类型：

灰度/颜色：直方图；

形状：边缘、轮廓、链码；

频域：傅里叶变换；

特征点：角点、SIFT。

3. 链码：用方向线段来近似边界，并用数字串表示。

沿边界对线段方向编码，如 4 链码，8 链码。

一个方向用数字表示，如向上用 1. 向下用 2.

4. 凸壳：包含原始图像的最小凸边集。

5. 凸缺：凸壳和原始图像的差值。

6. 纹理：具有规律性、随机性；可对区域的平滑度、粗糙度、规律性进行度量。

7. 描述区域的重要手段：量化区域纹理。

8. 量化区域纹理的主要方法:

统计方法: 平滑、粗糙、粒状;

结构化方法: 图像元的排列规律;

频谱方法: 纹理的周期性。

9. 灰度共生矩阵: 记录像素对出现的次数, 对于 8bit, 大小 256*256。

元素 $A(i, j)$ 定义像素对出现的次数