Lecture 10 – Review

Lecture 1 - Introduction

Lecture 2 - Image Fundamentals

Lecture 3 – Spatial Filtering

Lecture 4 – Frequency Domain Transform

Lecture 5 – Image Restoration

Lecture 6 – Image Segmentation

Lecture 7 – Representation & Description

Lecture 8 – Image Reconstruction

Lecture 9 – Image Compression

上海科技大学
ShanghaiTech University

Lecture 2 - Image Fundamentals

This lecture will cover:

- Image acquisition （图像获取）

- Sampling and Quantization （取样和量化）

- Pixels （像素）

- Image operation （图像的基本操作）

- Color space （彩色基础）

上海科技大学
ShanghaiTech University

Lecture 3 – Spatial Filtering（空间滤波）

This lecture will cover:

- Spatial domain（空间域）

- Intensity Transformation（灰度变换）

- Histogram（直方图）

- Spatial Filtering（空间滤波器）
  - ✓ Smoothing（平滑）
  - ✓ Sharpening（锐化）

Lecture 4 – Frequency Domain Transform （频率域变换）

This lecture will cover:

- 2D Discrete Fourier Transform （傅里叶变换）

- Frequency Domain Filtering（频率域滤波）

  - Lowpass Filtering（低通滤波器）
  - Highpass Filtering （高通滤波器）
  - Selective Filtering（选择性滤波）

- Other Transform

  - Discrete Cosine Transform（余弦变换）
  - Walsh-Hadamard Transform
  - Discrete Wavelet Transform （小波变换）

上海科技大学
ShanghaiTech University

Lecture 5 – Image Restoration （图像复原）

This lecture will cover:

– Model of Image Degradation Process（图像退化过程模型）

– Noise Reduction（噪声消除）

- Noise Models（噪声模型）
- Spatial Filtering （空间域滤波方法）
- Frequency Domain Filtering（频率域滤波方法）

– Image Restoration（图像复原）

- Degradation Function（退化函数）
- Inverse Filtering (逆滤波)
- Wiener Filtering（维纳滤波）
- Constrained Least Squares Filtering（约束最小二乘方滤波）
- Geometric Mean Filtering（几何均值滤波）

上海科技大学
ShanghaiTech University

Lecture 6 – Image Segmentation（图像分割）

This lecture will cover:

– Morphological Image Processing（形态学图像处理）

- Morphological operation

- Morphological algorithms

– Image Segmentation（图像分割）

- Point, Line and Edge Detection（点、线和边缘检测）

- Thresholding（阈值处理）

- Segmentation using Morphological Watersheds（形态学分水岭分割）

上海科技大学
ShanghaiTech University

Lecture 7 – Representation & Description (表示与描述)

This lecture will cover:

- Representation（表示）
  - Chain codes （链码）
  - Polygons（多边形）
  - Signatures（标记图）
  - Boundary segments（边界线段）
  - Skeletons（骨架）

- Boundary Descriptors（边界描绘子）
  - Simple Descriptors（简单描绘子）
  - Shape Numbers（形状数）
  - Fourier Descriptors（傅里叶描绘子）
  - Statistical Moments（统计矩）

- Regional Descriptors（区域描绘子）
  - Simple Descriptors（简单描绘子）
  - Topological Descriptors（拓扑描绘子）
  - Moment Invariants（不变矩）

上海科技大学
ShanghaiTech University

Lecture 8 – Image Reconstruction （图像重建）

This lecture will cover:

  – Reconstruction modalities（重建模式）

  – Reconstruction from projection（投影重建算法）

  - Computed Tomography (计算机断层成像)
  - Radon transform（雷登变换）
  - The Fourier-Slice Theorem（傅里叶切片定理）
  - Parallel-Beam Filtered Backprojections（平行射线束滤波反投影）
  - Fan-Beam Filtered Backprojections（扇形射线束滤波反投影）

  – Reflection imaging

  - Time of flight
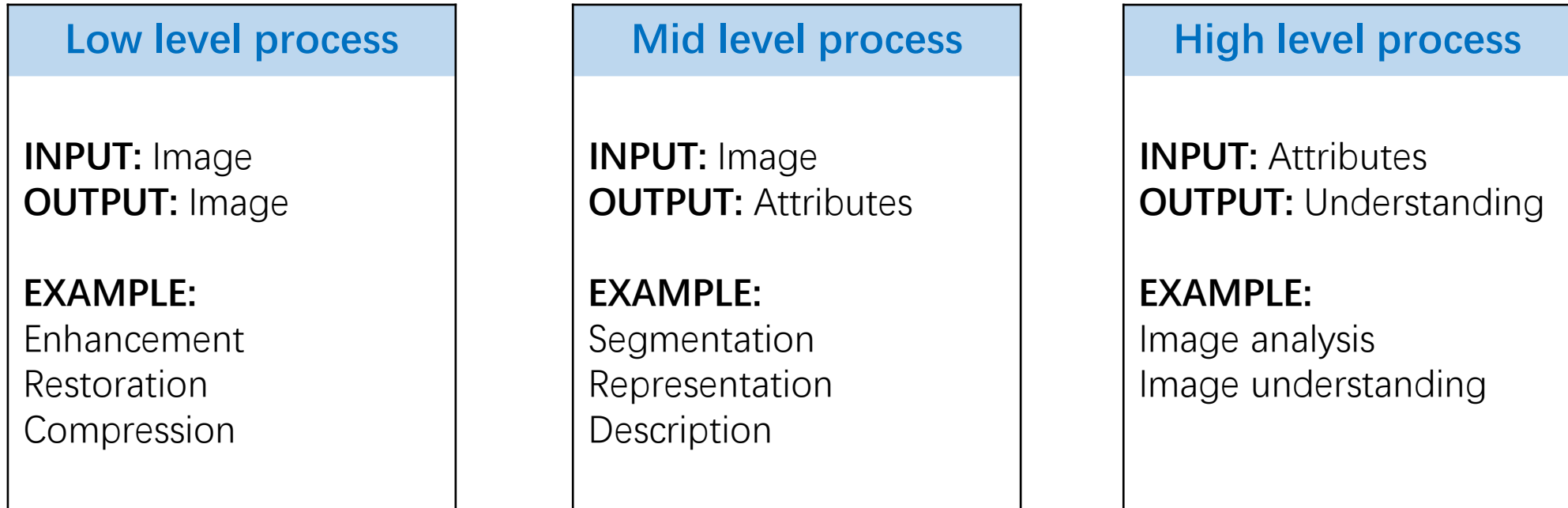
  - Born Approximation and Inverse theory（玻恩近似与反演理论）

上海科技大学
ShanghaiTech University

Lecture 9 – Image Compression （图像压缩）

This lecture will cover:

- Fundamentals (基础知识)

  - Coding Redundancy (编码冗余)

  - Spatial and Temporal Redundancy （空间和时间冗余）

  - Irrelevant Information （不相关信息）

- Measuring Image Information （信息量）

- Fidelity Criteria (保真度准则)

- Image Compression Model （图像压缩模型）

  - Source coding (信源编码)

  - Channel coding （信道编码）

- Image Formats, Containers and Compression Standards （图像格式、容器和压缩标准）

上海科技大学
ShanghaiTech University

Stage of DIP

Low level process	Mid level process	High level process
INPUT: Image **OUTPUT:** Image **EXAMPLE:** Enhancement Restoration Compression	**INPUT:** Image **OUTPUT:** Attributes **EXAMPLE:** Segmentation Representation Description	**INPUT:** Attributes **OUTPUT:** Understanding **EXAMPLE:** Image analysis Image understanding

There are no clear-cut boundaries
from image processing to computer vision

上 海 科 技 大 学
ShanghaiTech University

Spatial and Frequency Domain

➢ **Spatial Domain (空间域）**

- Refer to Image plane

- Intensity and Location

- Direct manipulation of pixels (pixel or neighborhood processing)

- Computation efficient

➢ **Transform Domain（变换域） / Frequency Domain（频率域）**

- Transform and inverse transform

- Spectrum and Phase

- Manipulation of frequency components

- Mostly zero-phase-shift filtering

上海科技大学
ShanghaiTech University

Filtering

➢ **Spatial vs Frequency domain**

Design filter in frequency domain	→	Compute IDFT	→	Full size spatial filter	→	Smaller spatial masks

➢ **Linear vs Nonlinear**

- Linear spatial filter corresponds to spectral filter in frequency domain;

- Nonlinear spatial filter cannot be accomplished in frequency domain;

➢ **Enhancement vs Restoration**

- Smoothing, Sharpening, denoising

- Restoration from degeneration model

上海科技大学
ShanghaiTech University

Intensity and Location

➢ **Intensity (Frequency spectrum)**

- Histogram

- Filtering

- Edge detection and Thresholding

➢ **Location**

- Morphological operation & Morphological algorithms

- Representation & Description

上海科技大学
ShanghaiTech University

Image Properties

➢ Histogram: $h(r_k) = n_k$ & $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$

➢ Average Intensity （平均灰度）and Intensity Variance（灰度方差）

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \qquad \sigma^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^2 p(r_i) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y) - m]^2$$

➢ SNR (Signal-to-noise ratio) and Root Mean Square Error (均方根误差) :

$$\text{SNR} = \frac{\sum_{(x,y)} \hat{f}^2(x,y)}{\sum_{(x,y)} [g(x,y) - \hat{f}(x,y)]^2} \qquad e_{\text{rms}} = \left\{ \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x,y) - f(x,y)]^2 \right\}^{1/2}$$

➢ Fourier Spectrum

$$F(u,v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})} \qquad f(x,y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) e^{j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$$

Image Operations

➢ Array and Matrix Operation （阵列与矩阵操作）

➢ Vector and Matrix Operation （向量矩阵操作）

➢ Linear and Nonlinear Operation （线性非线性操作）

➢ Set and Logical Operation （集合和逻辑操作）

➢ Arithmetic Operation （算数运算）

➢ Spatial Operation （空间运算）

➢ Image Transformation （图像变换操作）

➢ Probabilistic Methods （概率方法）

上海科技大学
ShanghaiTech University