数字图像处理
Digital Image Processing

信息工程学院
School of Information Engineering

武汉理工大学
Wuhan University of Technology

10.2 纹理描述

黄朝兵 主讲

纹理（Texture）

- 对纹理很难下一个确切的定义
- 类似于布纹、草地、砖砌地面等重复性结构称为纹理

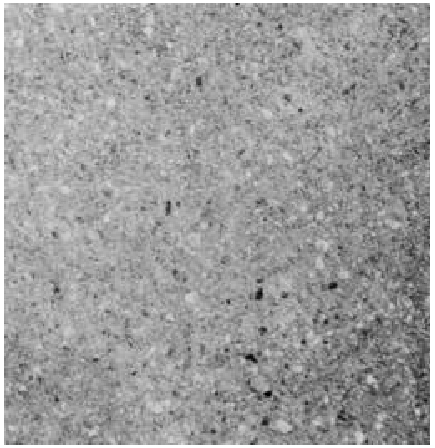
纹理图像

- 在局部区域内可能呈现不规则性
- 但整体上则表现出一定的规律性
- 其灰度分布往往表现出某种周期性

纹理图像所表现出的这种特有的性质称为纹理

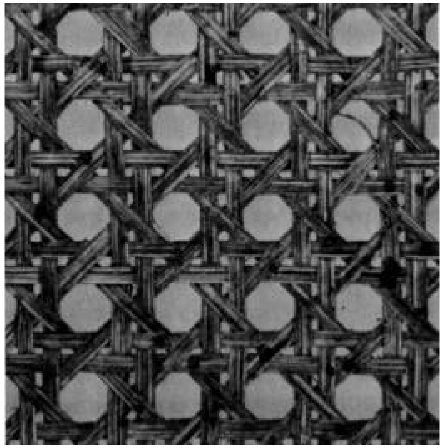
- 实际中很多图像具有纹理型结构
- 对这类纹理图像可以通过纹理分析提取其宏观特征信息。

概述（Introduction）



平滑纹理

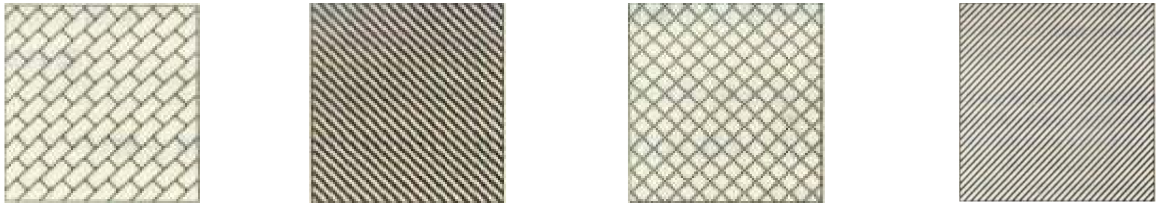
粗糙纹理



规则纹理

纹理（Texture）

纹理可分为人工纹理和天然纹理（自然纹理）



典型的人工纹理

典型的自然纹理

人工纹理往往是有规则的，而自然纹理往往是无规则的。

纹理特征（Texture Feature）

- 与颜色特征不同，**纹理特征不是基于像素点的特征**，它需要在包含多个像素点的区域中进行统计计算。
- 在图像模式识别的模式匹配时，**此类区域性的特征具有一定的优势**，可以避免由于局部的偏差造成匹配失败。
- 作为一种统计特征，纹理特征一般具有旋转不变性，并且对于噪声有较强的抵抗能力。

常用的**纹理特征表示方法**有以下几种：

（1）统计法

（2）模型法

（3）几何法

（4）频谱法

10.3.1 自相关函数（Autocorrelation Fuction）

设图像为f(m，n)，**自相关函数**定义为

$$C(\varepsilon,\eta,j,k)=\frac{\sum_{m=j-w}^{j+w}\sum_{n=k-w}^{k+w}f(m,n)f(m-\varepsilon,n-\eta)}{\sum_{m=j-w}^{j+w}\sum_{n=k-w}^{k+w}[f(m,n)]^2}$$

- 是对（2w+1）×（2w+1）窗口内
- 每一点像素（j，k）与偏离值为ε，η=0，±1，±2，…，±T的像素之间的相关值作计算
- 图像纹理结构的粗糙性与局部结构的空间重复周期有关
- 周期大的纹理粗糙，周期小的纹理细致
- 空间自相关函数可以用于度量图像纹理结构的粗糙性
- 例10.3 给出了自相关函数的Matlab实现

10.3.2 灰度差分统计（Statistics of Intensity Difference）

对于给定的图像f（i，j）和取定的较小的整数m、n，求**差分图像**：

$$g(i,j)=f(i,j)-f(i+m,j+n)$$

然后求出差分图像的已归一化的灰度直方图hg(k)

- 当取较小差值k的频率hg(k)较大时，说明纹理较粗糙
- 直方图较平坦时，说明纹理较细致

10.3.2 灰度差分统计（Statistics of Intensity Difference）

灰度差分描述—纹理特征

（1）平均值

$$A_1 = \frac{1}{m}\sum_i i h_g(i)$$

（2）对比度

$$A_2 = \sum_i [i]^2 h_g(i)$$

（3）角度方向二阶矩

$$ASM = \sum_i [h_g(i)]^2$$

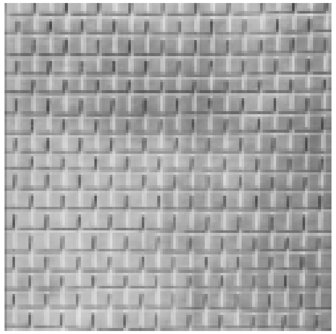
（4）熵

$$A_3 = -\sum_i h_g(i) \log h_g(i)$$

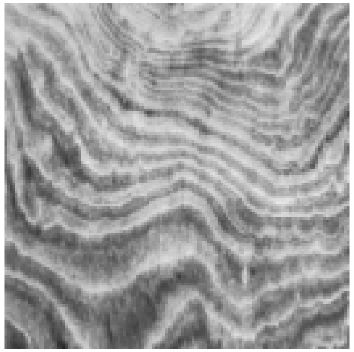
当直方图分布较平坦时，A_2较小，A_3较大；
当$h_g(k)$在原点附近集中分布时，A_1较小，反之则A_1较大。

10.3.2 灰度差分统计（Statistics of Intensity Difference）

例10.4 计算如图10.2所示两幅纹理图像的灰度差分统计特征。



（a）纹理图像1



（b）纹理图像2

图10.2 两幅纹理图像

10.3.2 灰度差分统计（Statistics of Intensity Difference）

MATLAB实现的主要程序如下：

```
I=imread('i_texture1.bmp');
A=double(I);
[m,n]=size(A);
B=A;
C=zeros(m,n);
for i=1:m-1
    for j=1:n-1
        B(i,j)=A(i+1,j+1);
        C(i,j)=abs(round(A(i,j)-B(i,j)));
    end
end
h=imhist(mat2gray(C))/(m*n);
```

```
MEAN=0;
CON=0;
ASM=0;
ANT=0;
for i=1:256
    MEAN=MEAN+(i*h(i));
    CON=CON+i*i*h(i);
    ASM=ASM+h(i)*h(i);
    if(h(i)>0)
    ENT=ENT-h(i)*log2(h(i));
    end
end
MEAN,CON,ASM,ENT
```

本例中，取 Δi=Δj =1。

第一幅图像的纹理特征为：MEAN=0.086 6，CON=1.364 8e+003，ASM=0.417，ENT=5.460 6。

第二幅图像的纹理特征为：MEAN=0.123 5，CON=1.723 9e+003，ASM=0.0362，ENT=5.378 9。

10.3.3 灰度共生矩阵（Gray-Level Co-occurrence Matrix）

灰度共生矩阵定义

- 对于取定的方向θ和距离d，在方向为θ的直线上，一个像素灰度为i，另一个与其相距为d的像素的灰度为j的点对出现的频数作为这个矩阵的第（i，j）元素的值。
- 对于一系列不同的d、θ，就有一系列不同的灰度共生矩阵。由于计算量的原因，一般d只取少数几个值，而θ取0^0、45^0、90^0、135^0。
- 研究发现，d值取得较小时可以提供较好的特征描述和分析结果。

10.3.3 灰度共生矩阵（Gray-Level Co-occurrence Matrix）

【例10.5】一幅55灰度图像，其灰度矩阵是

$$I=\begin{pmatrix}0&0&0&1&2\\1&1&0&1&1\\2&2&1&0&0\\1&1&0&2&0\\0&0&1&0&1\end{pmatrix}$$

计算它在d=1，分别为0°、45°、90°、135°的共生矩阵。

解：在d=1，分别取0°、45°、90°、135°等四个方向时，由于图像I具有三个灰度级（0,1,2），则I在这四个方向上的共生矩阵都是3*3矩阵，它们分别是（本例中0° 与180° 、 45° 与225° 、 90° 与270°、 135°与315° 不予区分）：

$$\begin{pmatrix}8&8&2\\8&6&2\\2&2&2\end{pmatrix}\quad\begin{pmatrix}6&5&2\\5&4&4\\2&4&0\end{pmatrix}\quad\begin{pmatrix}4&10&2\\10&2&5\\2&5&0\end{pmatrix}\quad\begin{pmatrix}8&4&1\\4&6&4\\1&4&0\end{pmatrix}$$

灰度图像共生矩阵计算的MATLAB程序实现见教材P256。

10.3.3 灰度共生矩阵（Gray-Level Co-occurrence Matrix）

共生矩阵二次统计量

作为纹理分析的特征量，一般不是直接应用计算的灰度共生矩阵，而是在灰度共生矩阵的基础上再提取纹理特征量，称为**二次统计量**。

- 二次统计量主要有能量、对比度、熵、均匀度、相关等。

设在给定d、θ参数下的共生矩阵的元素已归一化成为频率，并记为P（i，j）

（1）能量

$$N_1 = \sum_i \sum_j P(i,j)^2$$

粗纹理N_1较大，细纹理N_1较小。

（2）对比度

$$N_2 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 P(i,j)$$

粗纹理N2较小，细纹理N2较大。

10.3.3 灰度共生矩阵（Gray-Level Co-occurrence Matrix）

（3）熵

$$N_3 = -\sum_i \sum_j P(i,j) \lg P(i,j)$$

粗纹理N3较小，细纹理N3较大。

（4）均匀度

$$N_4 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1+(i-j)^2} P(i,j)$$

粗纹理N4较大，细纹理N4较小。

（5）相关

$$N_5 = \frac{\sum\sum(i-\bar{x})(j-\bar{y})P(i,j)}{\sigma_x \sigma_y}$$

其中

$$\bar{x} = \sum_i i \sum_j P(i,j) \qquad \bar{y} = \sum_j j \sum_i P(i,j)$$

$$\sigma_x^2 = \sum_i (i-\bar{x})^2 \sum_j P(i,j) \qquad \sigma_y^2 = \sum_j (j-\bar{y})^2 \sum_i P(i,j)$$

二次统计量计算Matlab程序实现见教材


谢 谢
THANK YOU