

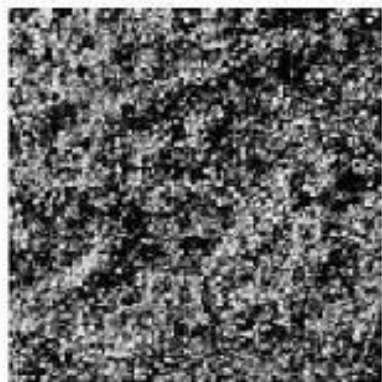
纹理

Texture

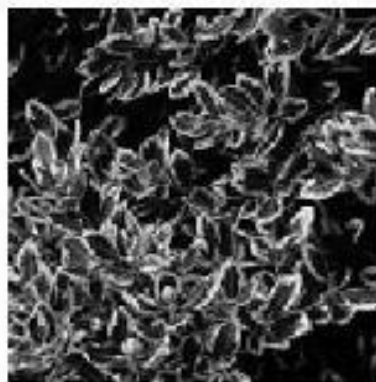
一、概述



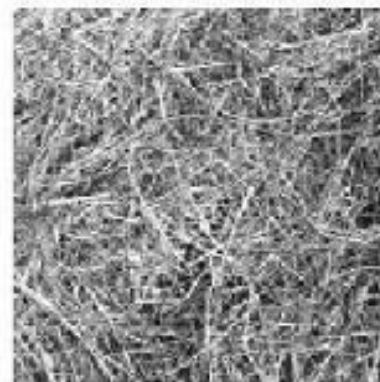
包含多个纹理区域的图象



Leaves



Leaves



Grass



Brick



Brick



Stone

一些典型的纹理图像



beeren



flower



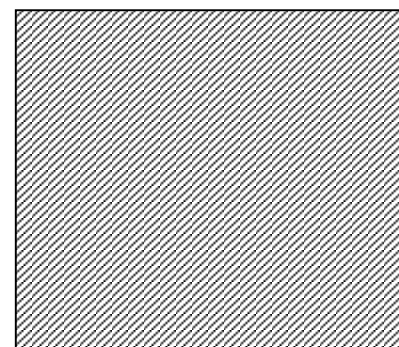
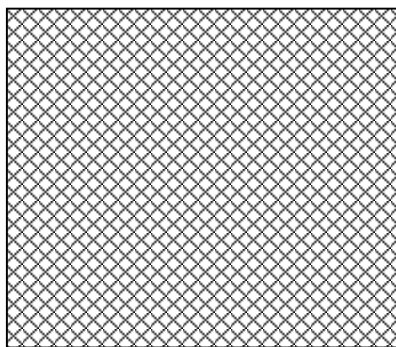
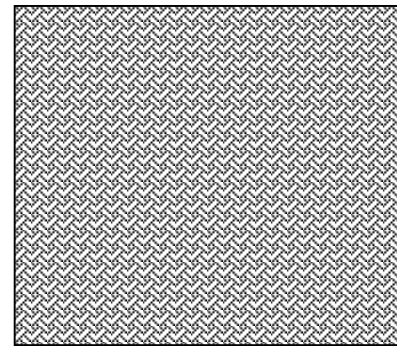
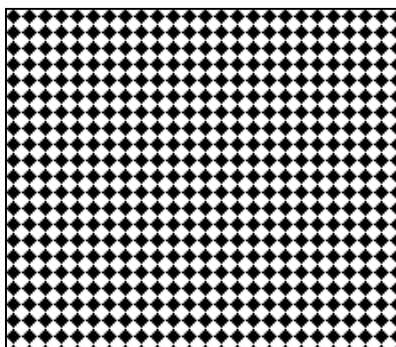
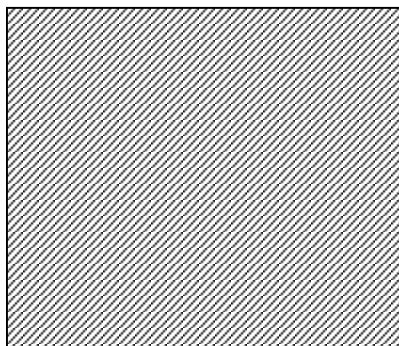
food



water

彩色纹理图像

人工纹理



自然纹理



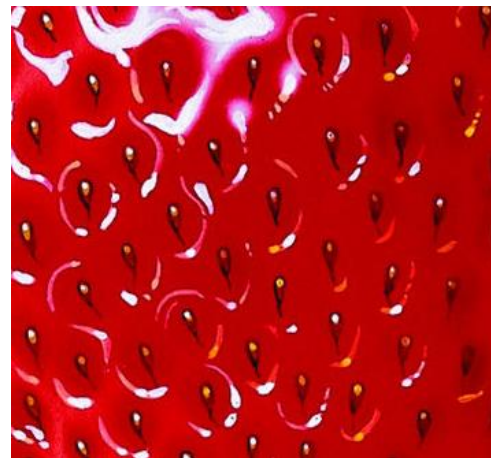
水果纹理



哈密瓜



橙



草莓

1、什么是纹理

纹理至今还没有精确的定义，指类似于类似于布纹、草地、砖砌地面等重复性结构的图像。

纹理图像在局部区域内呈现了不规则性，而在整体上表现出某种规律性。

2、纹理的标志有三要素：

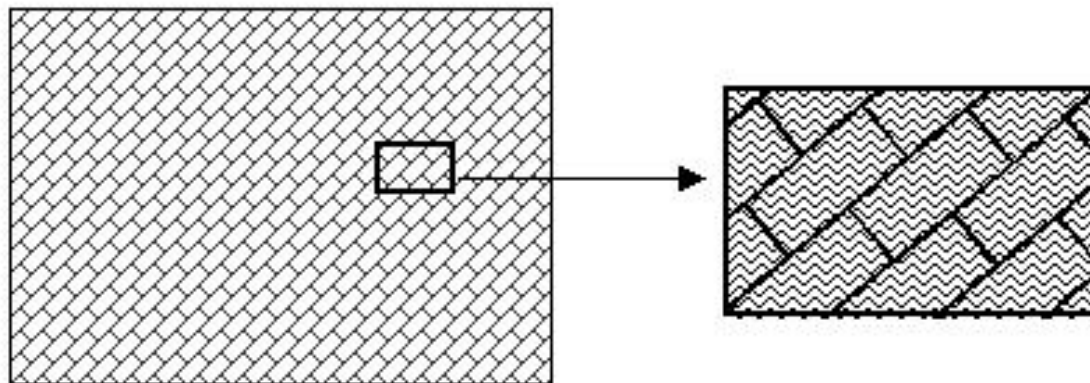
- (1) 某种局部的序列性，在该序列更大的区域内不断重复；
- (2) 序列是由基本部分非随机排列组成的；
- (3) 各部分大致都是均匀的统一体，纹理区域内任何地方都有大致相同的结构尺寸。

3、纹理的描述

图像纹理可以定性用许多词汇来描述，如粗糙、精细、光滑、方向性、规则性和粒度等等。

4、纹理的基本特征

纹理是区域属性，并且与图像分辨率（或称尺度，**resolution or scale**）密切相关。



由地板砖构成的地板纹理示意图

(a)远距离观察时的纹理图像；(b)近距离观察时的纹理图像

5、纹理分析涉及到的问题

对机器视觉来说，**纹理是为了分割和识别场景或物体表面类型而产生的一种视觉标记**。纹理分析主要包含有两个主要问题：

纹理分类

从给定的一组纹理集中识别特定的纹理区域。

纹理分割

自动确定图像中各种纹理区域之间的边界。

6、纹理分析方法

统计分析方法：从人的直观印象出发，采用统计方法分析纹理

句法结构分析方法：从图像结构观点出发，采用句法结构方法分析纹理

一般用**统计结构尺度**来量化纹理的特征，在统计结构尺度中我们不仅需要抓住或测量纹理在一个像素点邻近区域的变化，而且还需考虑纹理的空间结构组织，换言之，不仅仅需要考虑相邻两个像素之间的灰度变化，还要考虑它们之间的空间关系。在标注一个像素点的纹理特征时很可能是**多维数据**，如距离、方向、灰度变化等等。

(1) 统计分析—纹理基元小/微纹理

为了强化分类，可以从灰度图像计算灰度共生矩阵(**co-occurrence**)、对比度(**contrast**)、熵(**entropy**)以及均匀度(**homogeneity**)等纹理特性。当纹理基元很小并成为微纹理时，统计方法特别有用；

(2) 结构分析—大纹理基元

当纹理基元很大时，应使用结构化方法，即首先确定基元的形状和性质，然后，再确定控制这些基元位置的规则，这样就形成了宏纹理。

二、纹理分析—统计方法

2.1 灰度共生矩阵(gray-level co-occurrence matrix)

灰度共生矩阵 $p[i, j]$ 是一个二维相关矩阵，规定一个位移矢量 $d = (d_x, d_y)$ ，计算被 d 分开且具有灰度级 i 和 j 的所有像素对的个数。

灰度共生矩阵的纹理分析

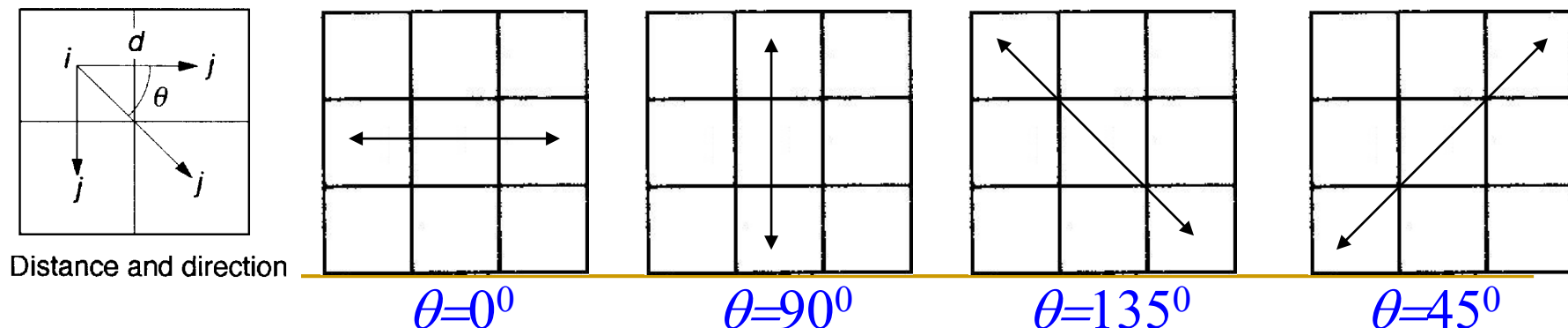
直方图是研究单个像素的灰度统计分布特性，但不能很好地反映出像素之间空间相关性的规律。

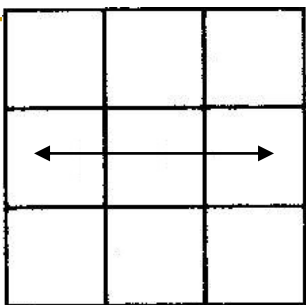
图像纹理的一个重要特征是局部区域中灰度的空间分布特性和像素位置之间的空间相关性；

因此希望能找出两个像素的联合分布的统计形式。

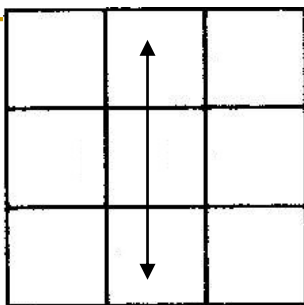
像素对 位移矢量

共生矩阵（co-occurrence matrix）中的一个元素 $p(i, j, d, q)$ 表示了图像上位置关系为 d 和 q 的两个像素（像素对）：一个像素的灰度值为 i ，另一个像素灰度值为 j 的情况在整幅图像中出现的频率。

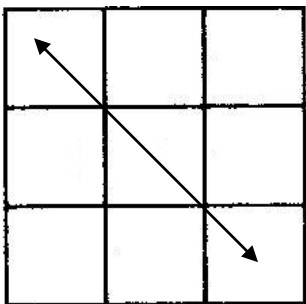




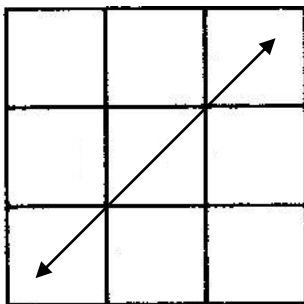
$\theta=0^\circ$



$\theta=90^\circ$



$\theta=135^\circ$



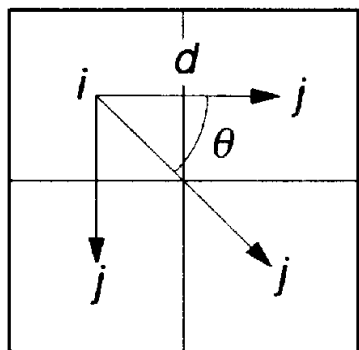
$\theta=45^\circ$

0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

Gray level image

	0	1	2	3
0	4	2	1	0
1	2	4	0	0
2	1	0	6	1
3	0	0	1	2

$d=1, \theta=0^\circ$



Distance and direction

	0	1	2	3
0	6	0	2	0
1	0	4	2	0
2	2	2	2	2
3	0	0	2	0

$d=1, \theta=90^\circ$

元素 $p(0,0)=4$ 表示在 $d=1, \theta=0^\circ$ 的情况下，灰度组合 $(0,0)$ 出现的次数为4次

灰度级为4个

灰度共生矩阵为4X4

对称

0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

一个4×4图像

$$0^\circ \quad \mathbf{P}_H = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

90°

$$\mathbf{P}_v = \begin{pmatrix} 6 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 4 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$135^\circ \quad \mathbf{P}_{LD} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$45^\circ \quad \mathbf{P}_{RD} = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

左边图像相邻像素角度为0、90、135、45度、距离为1的灰度共生矩阵

(1) 二阶矩 (能量, Energy)

❖ 灰度共生矩阵抽取出来的纹理特征系数 $f_1 = \sum_{i,j} P_{ij}^2$

- 二阶矩是图像灰度分布均匀性的度量。
- 二阶矩是灰度共生矩阵像素值平方和，所以也称为能量。
- 纹理较粗，此时二阶矩值 f_1 较大，可以理解为粗纹理含有较多的能量；反之，二阶矩值 f_1 较小，即细纹理含有较少的能量。

(2) 熵 (Entropy) $f_2 = \sum_{i,j} P_{ij} \log P_{ij}$

- 熵值是图像所具有的信息量的度量；
- 用于测量灰度级分布随机性的一种特征参数叫做熵；
- 若图像没有任何纹理，则灰度共生矩阵几乎为零，则熵值 f_2 接近为零；
- 若图像充满细纹理，则 P_{ij} 的值近似相等则该图像的熵值 f_2 最大
- 若图像中分布较少的纹理， P_{ij} 的数值差别较大，则该图像的熵值 f_2 较小

(3) 对比度(Contrast)
$$f_3 = \sum_{i,j} |i - j|^k P_{ij}^l$$

- 图像的对比度可以理解为图像的清晰度，即纹理清晰程度。在图像中，纹理的沟纹越深，则其对比度 f_3 越大，图像的视觉效果越是清晰。

(4) 相关性(Correlation)
$$f_4 = \sum_{i,j} \frac{(i - w)(j - u)P_{ij}}{\sigma^2}$$

- 相关值，用来衡量灰度共生矩阵的元素在行的方向或列的方向的相似程度。

例如，某图像具有水平方向的纹理占主导地位，则图像在0度的灰度共生矩阵的相关值往往大于90、135、45度的灰度共生矩阵的相关值。

❖ 上述4个统计参数为应用灰度共生矩阵进行纹理分析的主要参数，可以组合起来，成为纹理分析的特征参数使用。

MatLab中的灰度共生矩阵计算

创建灰度共生矩阵:

```
[GlcM SI]=graycomatrix(Image,param1,val1,param2,val2,...);
```

Image—输入图像

参数(param)说明:

‘GrayLimits’: 灰度界限, 为二元向量[low high]。灰度值小于等于low 时对应1, 大于等于high时对应于灰度级。如果参数设为[], 则共生矩阵使用图像的最小和最大灰度值作为界限

‘NumLevels’: 整数, 说明I中进行灰度缩放的灰度级数目。缺省情况: 数字图像: 8; 二进制图像: 2。

‘Offset’: 感兴趣像素与其相邻像素之间的距离。每行是一个说明像素对之间偏移关系的二元向量[row_offset, col_offset]。行偏移row_offset是感兴趣像素和其相邻像素之间的间隔行数。列偏移同理。偏移常表达为一个角度, 常用的角度如下: (其中D为像素距离)

角度	0	45	90	135
Offset	[0,D]	[-D D]	[-D 0]	[-D -D]

SI是用来计算灰度共生矩阵的。

MatLab中的灰度共生矩阵计算

灰度共生矩阵属性

```
stats = graycoprops(gldcm, properties)
```

1. 'Contrast': 对比度。返回整幅图像中像素和它相邻像素之间的亮度反差。
2. 'Correlation': 相关。返回整幅图像中像素与其相邻像素是如何相关的度量值。
3. 'Energy': 能量。返回GLCM中元素的平方和。
4. 'Homogeneity': 同质性。返回度量GLCM中元素的分布到对角线紧密程度。取值范围: [0 1]。对角矩阵的同质性为1。

灰度共生矩阵的熵:

```
GlsmEntropy = entropy(Gldcm);
```

```
ImageIn = imread('f:\pics\Bin00Color.tif');  
imshow(ImageIn);  
ImageGray = rgb2gray(ImageIn);  
[GlcM SI]= graycomatrix(ImageGray, 'Offset',[0 2]);  
GlsMStat = graycoprops(GlcM,{'contrast','homogeneity',  
'Correlation','Energy'});  
GlsMEntropy = entropy(GlcM);
```

2.2 自相关函数

一幅图像的自相关（**Auto-correlation**）函数定义

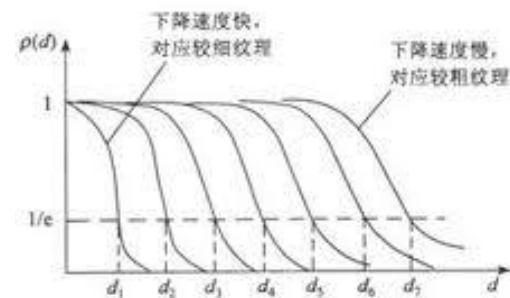
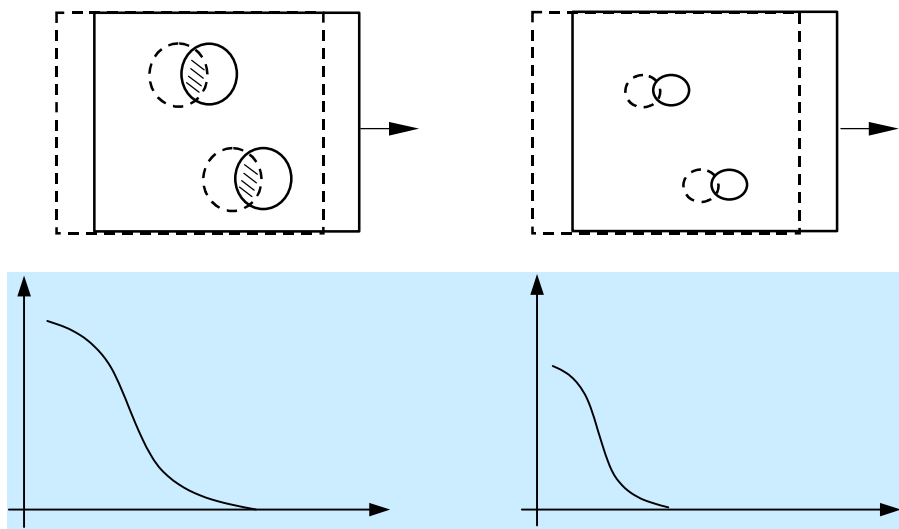
若有一幅图像 $f(i, j)$, $i, j=0, 1, \dots, N-1$, 它的自相关函数为:

$$\rho(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) f(i+x, j+y)}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f^2(i, j)}$$

对于含有重复纹理模式的图象，自相关函数表现出一定的周期性，其周期等于相邻纹理基元的距离。

当纹理粗糙时，自相关函数缓慢下降，而**细纹理则下降迅速**。

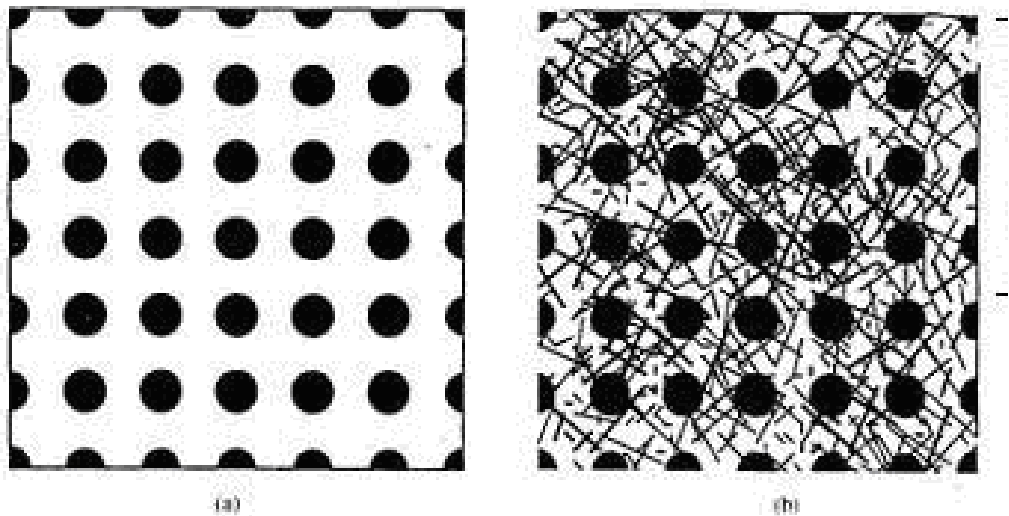
自相关函数可以描述纹理的周期以及纹理基元的大小。



测量不同粗细纹理示意图

二、纹理分析—结构分析

纹理的结构分析法分为三步：图像增强；基元提取；计算纹理基元的特征参数及构成纹理的结构参数。



由等间距排列的圆点形成的纹理图

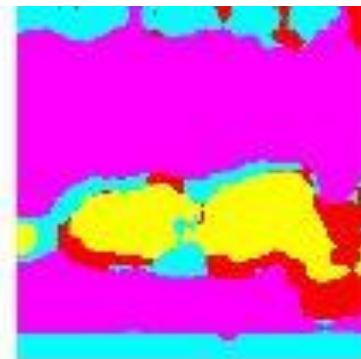
(a) 原始纹理图 (b) 图像受到噪音的污染导致的随机线条

三、纹理分割

表示纹理的向量或者数值描述了一个像素邻域中的纹理特征，可以用来将图像分割为不同的纹理区域。



(a) Original image



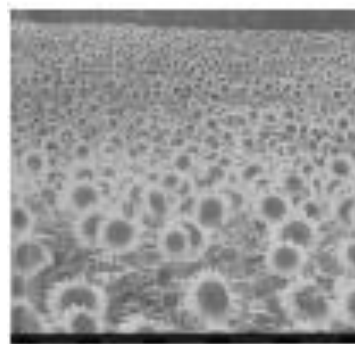
(b) Segmented image using texture features



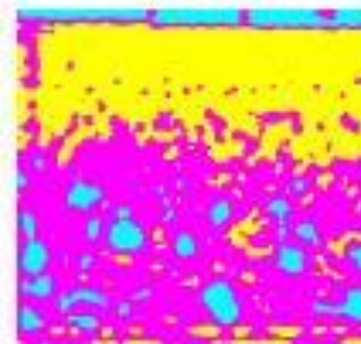
(c) Original image



(d) Segmented image using texture features



(e) Original image



(f) Segmented image using texture features