

# 计算机视觉——纹理特性分析

2025年春  
桑农 王岳环



# 纹理特征

---

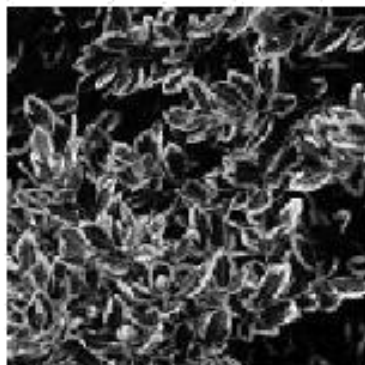
- 纹理概述
- 纹理合成
- 纹理描述
  - ✓ 局部二值模式 (**LBP**)



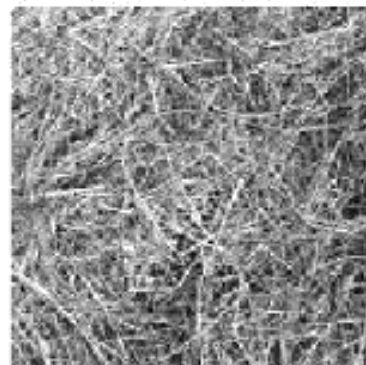
# 纹理概述



Leaves



Leaves



Grass



Brick



Brick



Stone

灰度纹理图象



# 纹理概述

---



flower



food



water

彩色纹理图像





# 纹理概述

---







# 纹理概述



包含多个纹理区域的图象



# 纹理概述

---

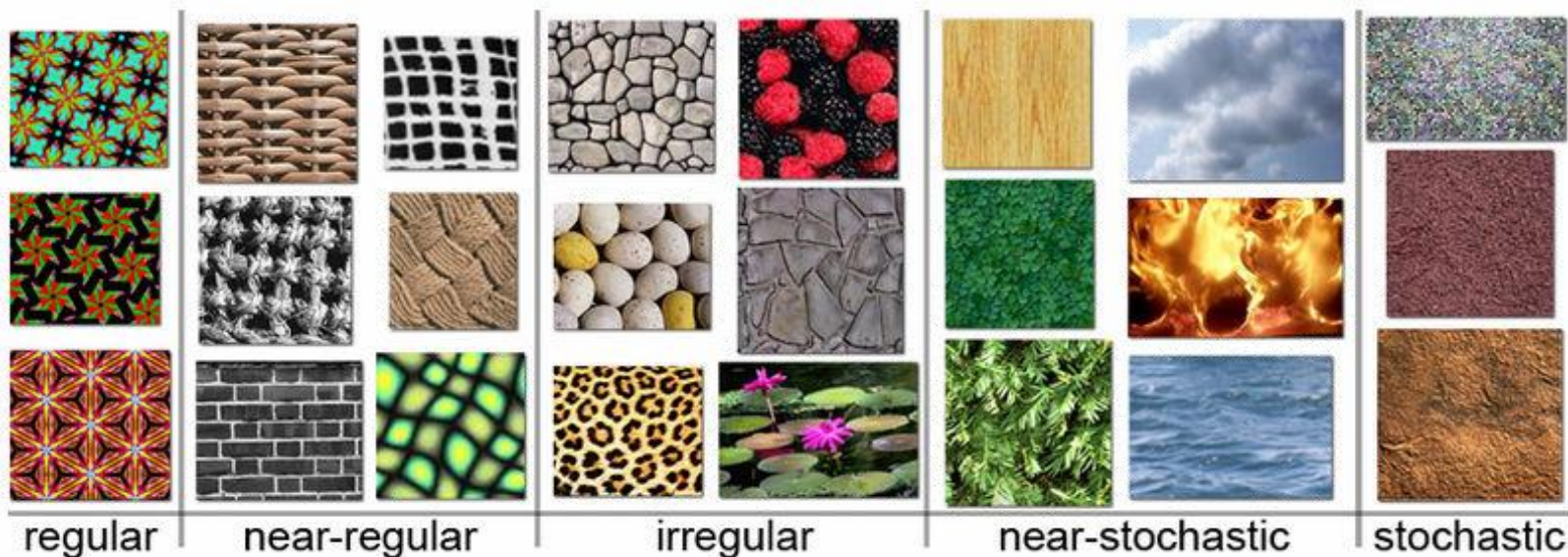
- 纹理是一种普遍存在的视觉现象，目前对于纹理的精确定义还未形成统一认识，多根据应用需要做出不同定义。
- 两种较常采用的定义：
  - ◆ 定义1 按一定规则对元素或基元进行排列所形成的重复模式。
  - ◆ 定义2 如果图像函数的一组局部属性是恒定的，或者是缓变的，或者是近似周期性的，则图象中的对应区域具有恒定的纹理



# 纹理概述

- 纹理的特征与分类

- 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
- 重复性、规则性、周期性、方向性、随机性







# 纹理概述

---

## 纹理分析：研究纹理图像的特性

- ◆ 纹理分类：从给定的一组纹理集中识别给定的纹理区域，或作为重要特征帮助识别物体
- ◆ 纹理分割：把图片分成不同的部分，每部分内部具有相近的纹理。
- ◆ 从纹理恢复形状：由图像纹理恢复表面的方向和表面形状。

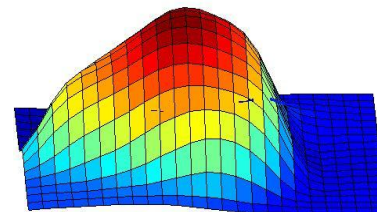
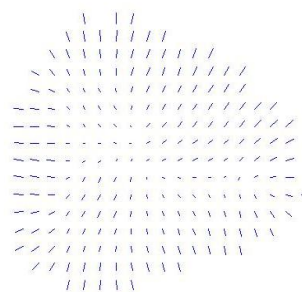
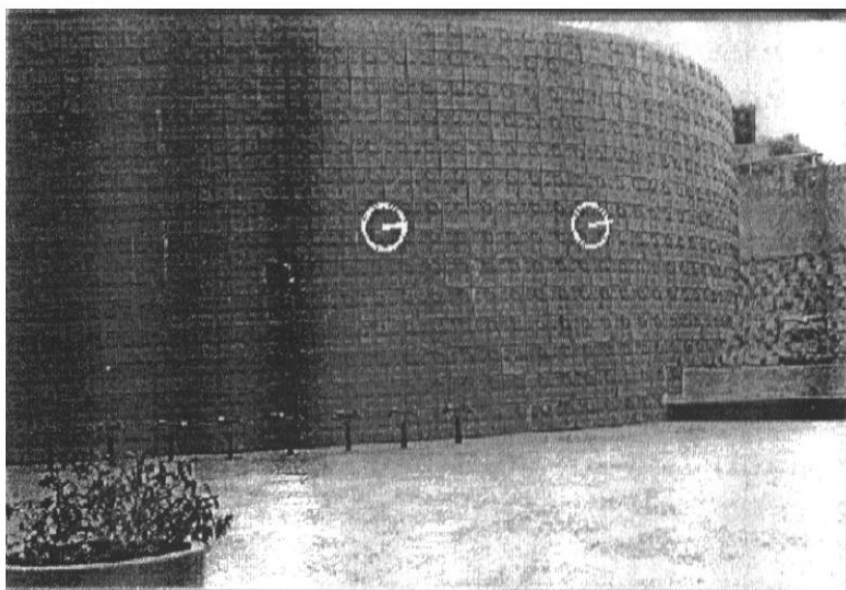
## 纹理合成：利用小样本构造大纹理

- ◆ 基于点合成：每次合成一个像素点。
- ◆ 基于块合成：每次合成一个像素块。



# 从纹理恢复形状

- 利用纹理随位置的变形估计形状



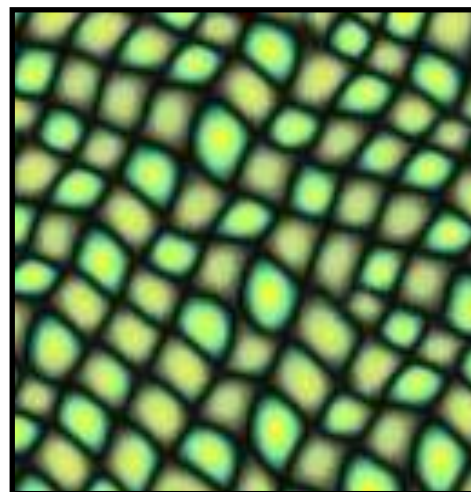
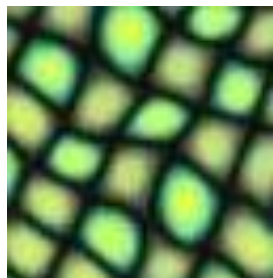


# 基于纹理分类

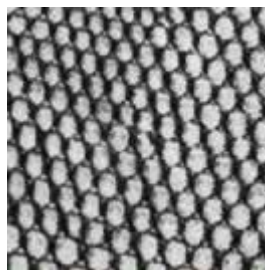




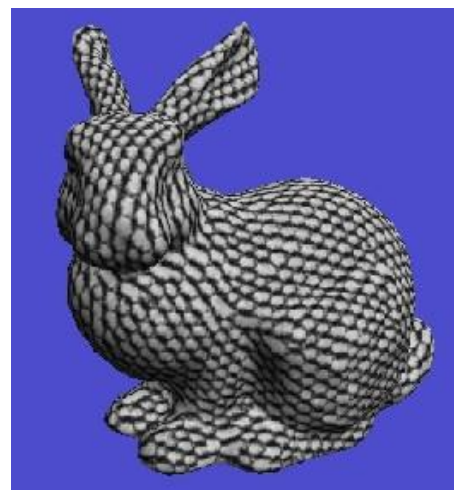
# 1 纹理合成概述



+



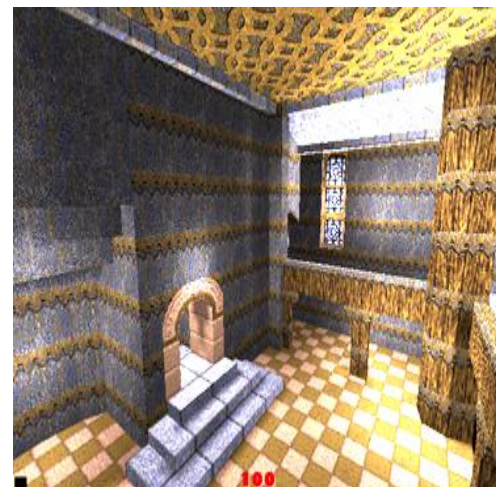
=





# 1 纹理合成概述

- 计算机图形学
  - 电影、游戏制作
- 纹理替换
- .....

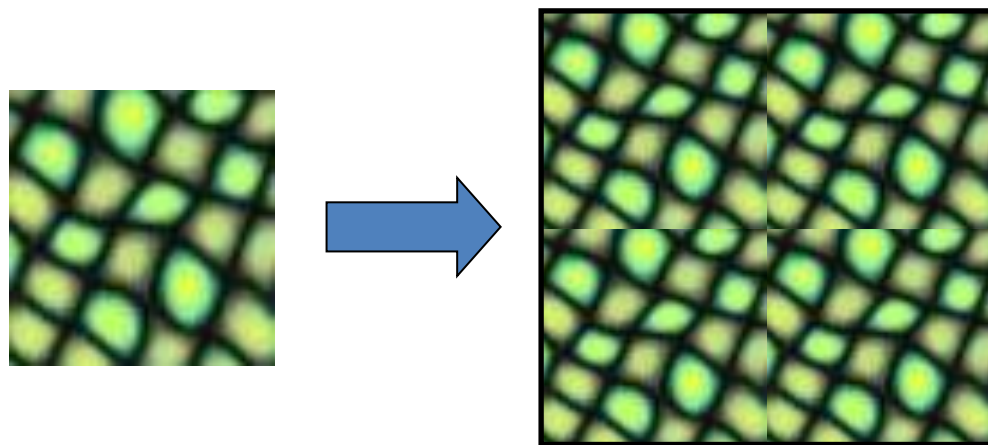


# 1 纹理合成概述

- 过程纹理合成

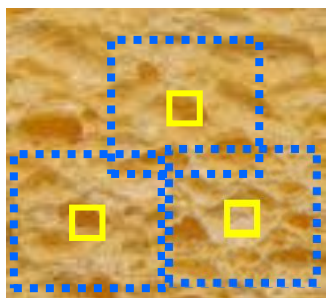


- 基于样图的纹理合成



# 2 基于样图的纹理合成

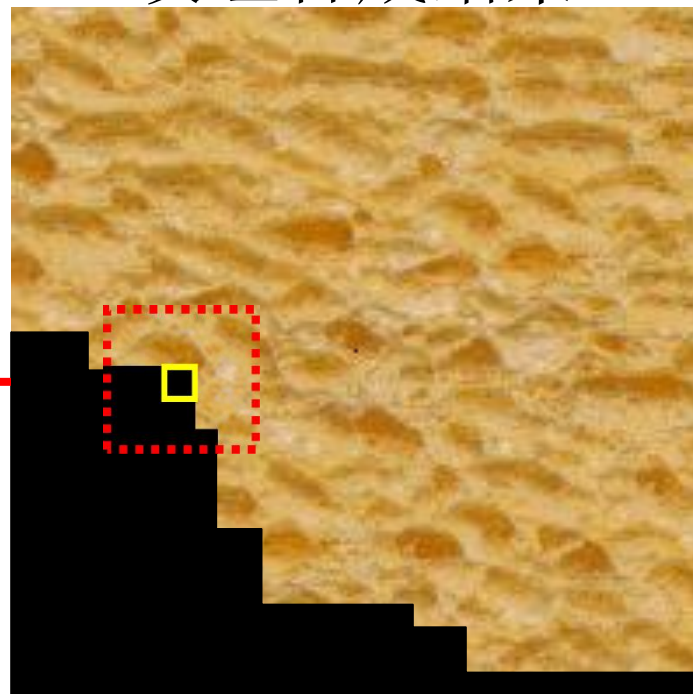
## 1. 逐像素方式



样图

?

纹理合成结果





相似性计算，选择最匹配的样图

# 2 基于样图的纹理合成

## 1. 逐像素方式 (Efros & Leung)

(1) 在待填充像素位置 $(x,y)$

- 取一定大小 $(S \times S)$ 的邻域B 
- 在样图中选取N个同样大小 $(S \times S)$ 的图像块 $\{A_i\}$ ,  
 $i=1, \dots, N$
- 在 $\{A_i\}$ 中选择寻找与B最相似图像块, 记为 $A_0$
- 将 $A_0$ 中心的像素值填充到 $(x,y)$  

(2) 填充下一个位置, 直至所有区域填充完毕

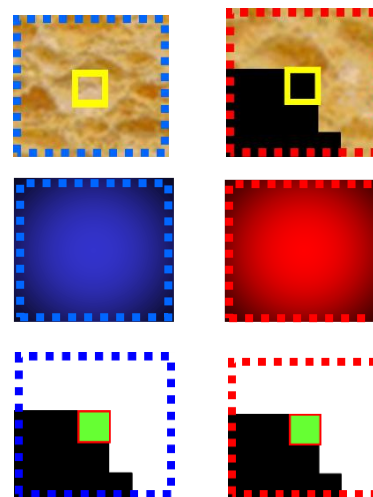


# 2 基于样图的纹理合成

## 1. 逐像素方式

– 相似性计算，选择最匹配的样图

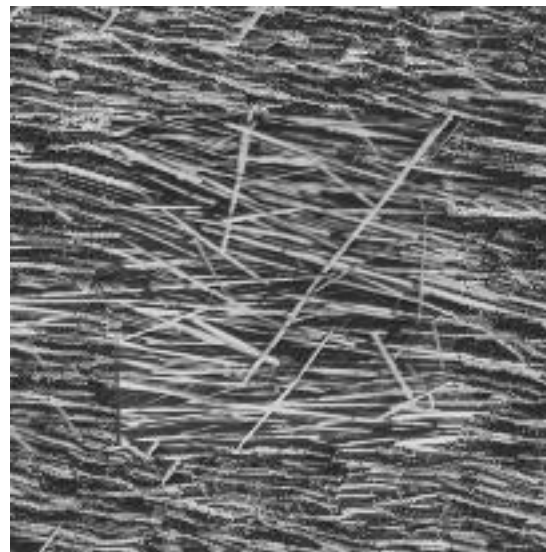
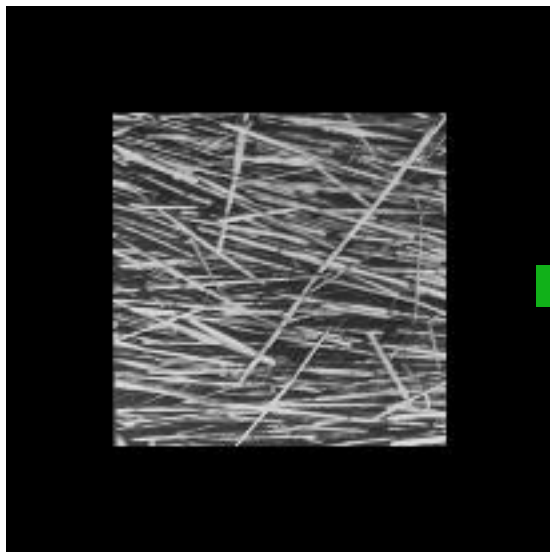
- 根据离中心的距离高斯加权
- 仅使用有纹理的区域



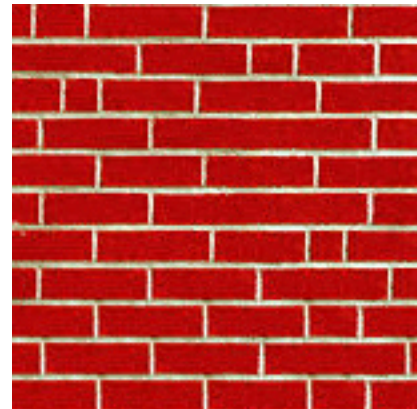
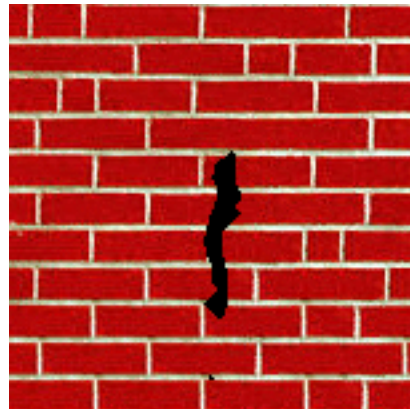
最小平方距离  $SSD(I_1, I_2) = \sum_{x,y} (I_1(x,y) - I_2(x,y))^2$

:

# 纹理区域生长

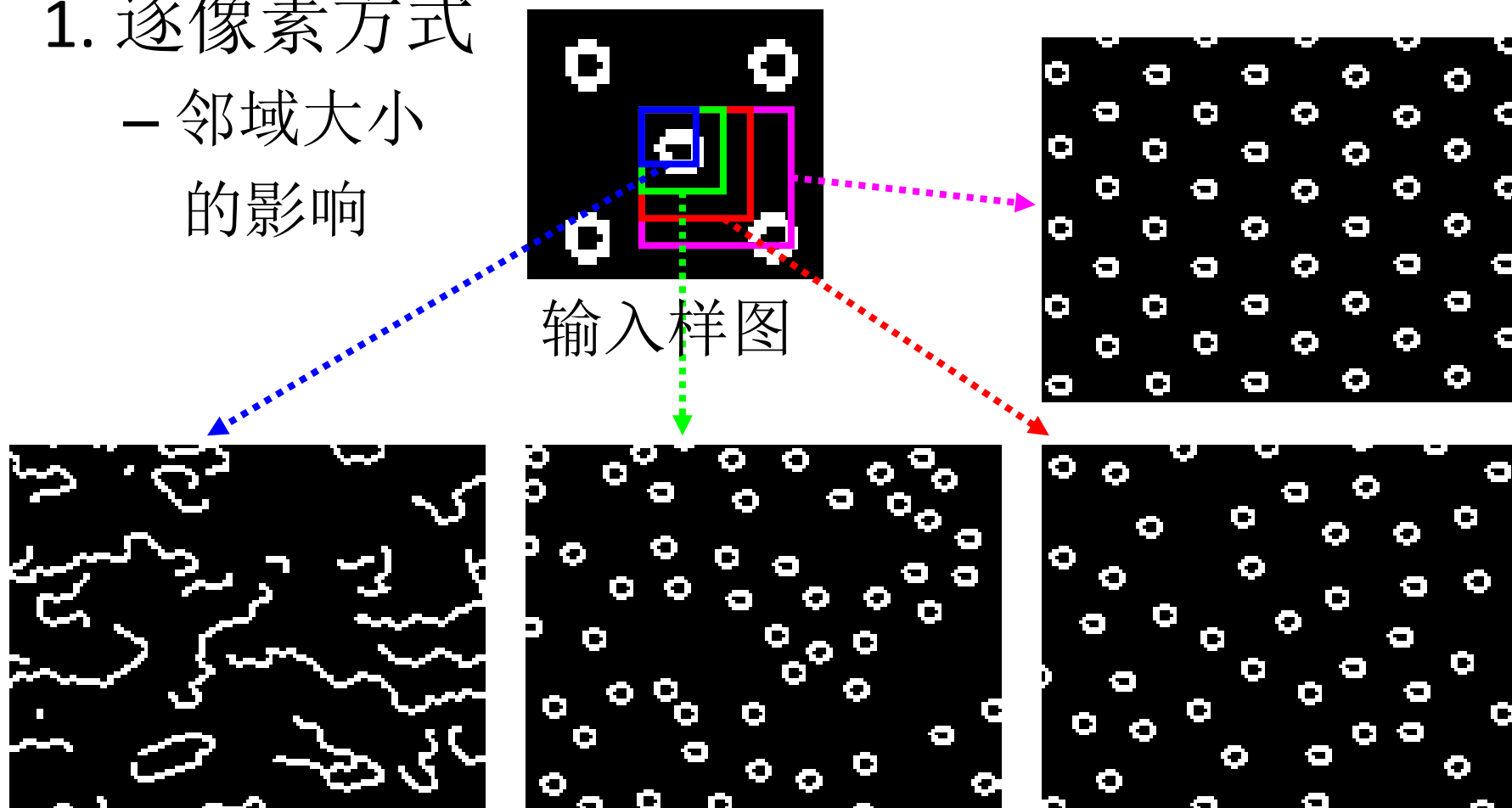


# 空洞填充



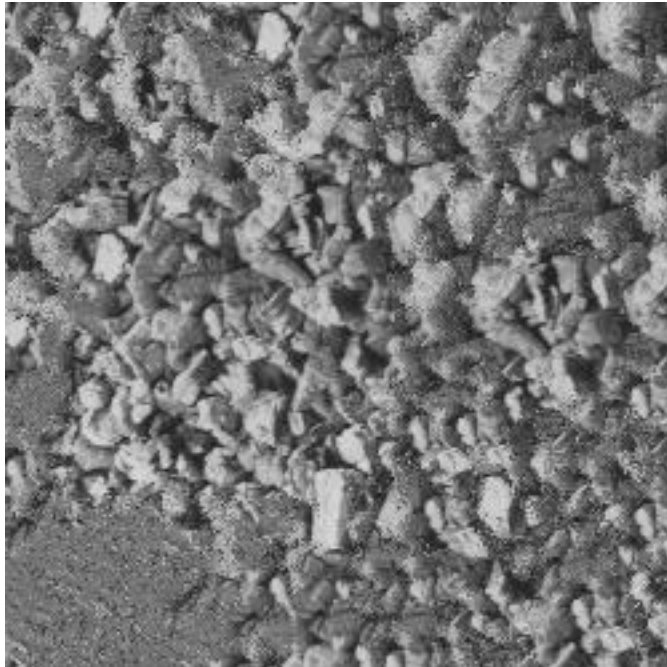
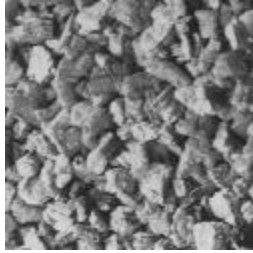
# 2 基于样图的纹理合成

## 1. 逐像素方式 — 邻域大小的影响





# 邻域大小和样本图大小的影响



**Growing garbage**



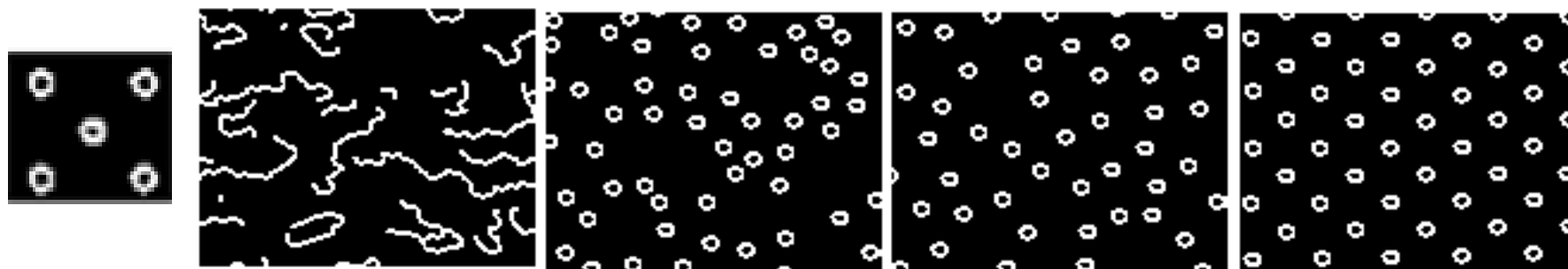
**Verbatim copying**

# 2 基于样图的纹理合成

1. 逐像素方式



图像块方式

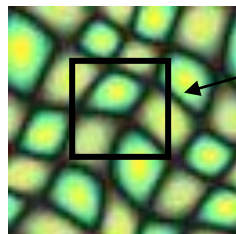


增加邻域窗口大小



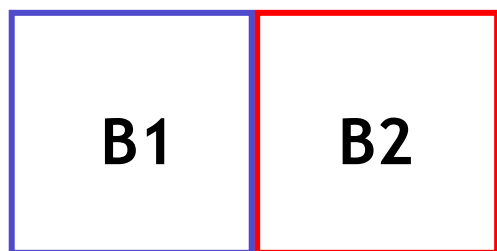
## 窗口大小选择

- (1) 足够大，包含尽量多的纹理，（对于规则纹理）至少包括一个纹理重复单元
- (2) 不能太大，使得样图上采样数目比较太少

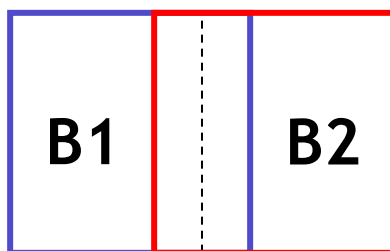


图像块

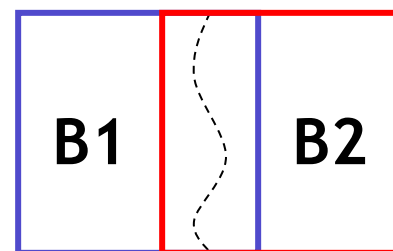
输入纹理样图



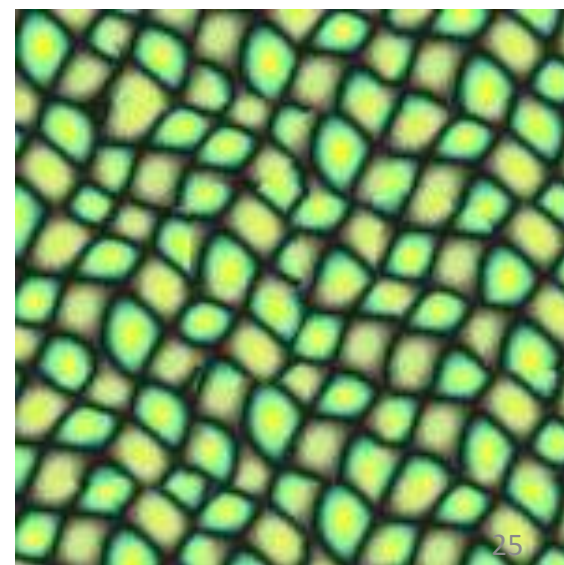
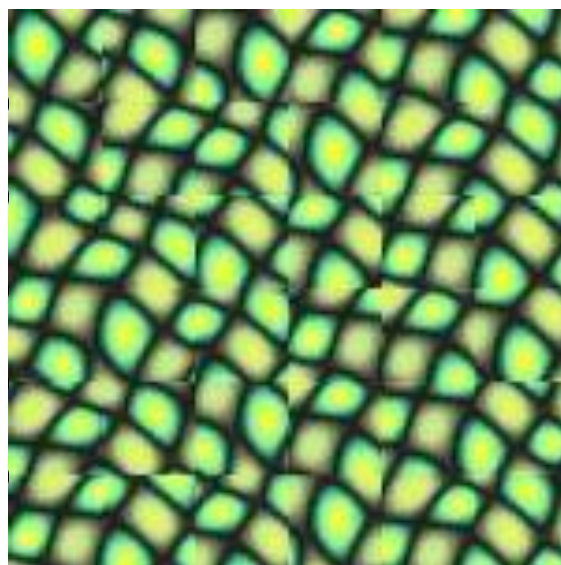
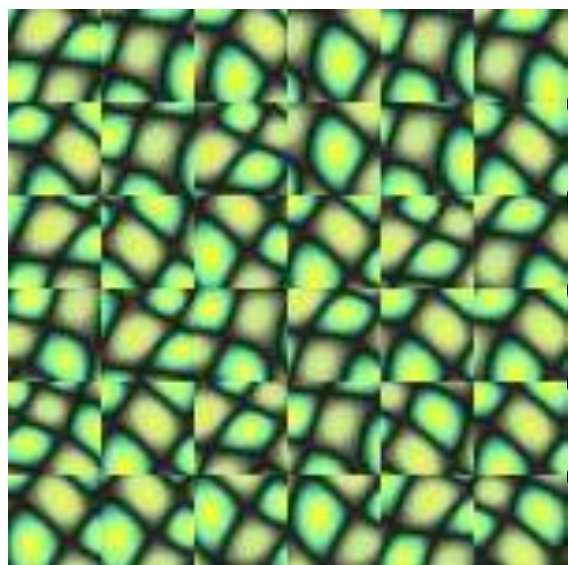
随机放置图像块



相邻图像块重叠

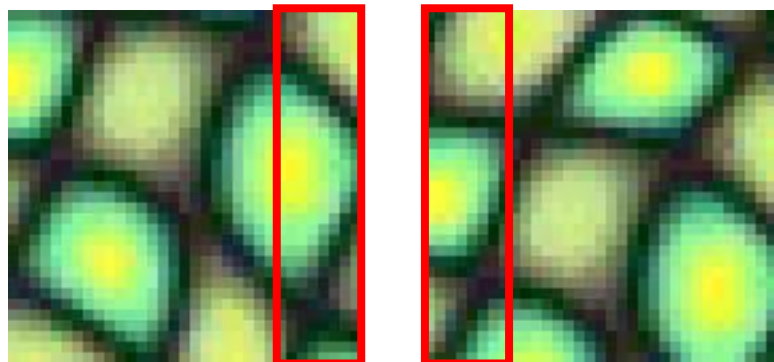


边界最小代价

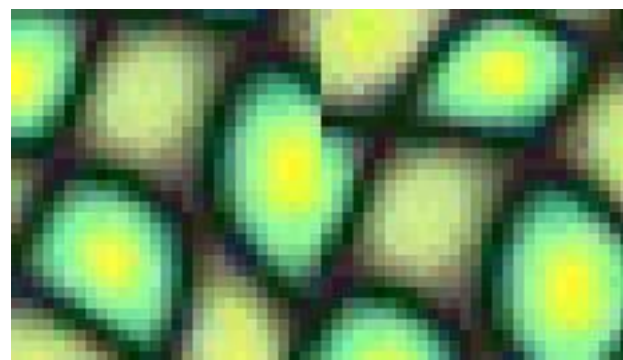


# 2 基于样图的纹理合成

重叠的图像块



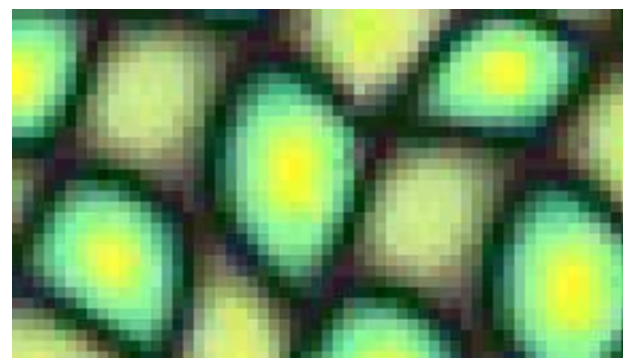
垂直边界



$$\left[ \begin{array}{c} \text{Block 1} \\ \text{Block 2} \end{array} \right]^2 = \text{Error Map}$$

The diagram shows two vertical strips of the textured pattern, one from each block, being subtracted from each other. The result is a vertical strip showing the error (difference) between the two blocks. The error is represented by a red line on a black background, indicating the boundary where the two blocks differ.

重叠误差

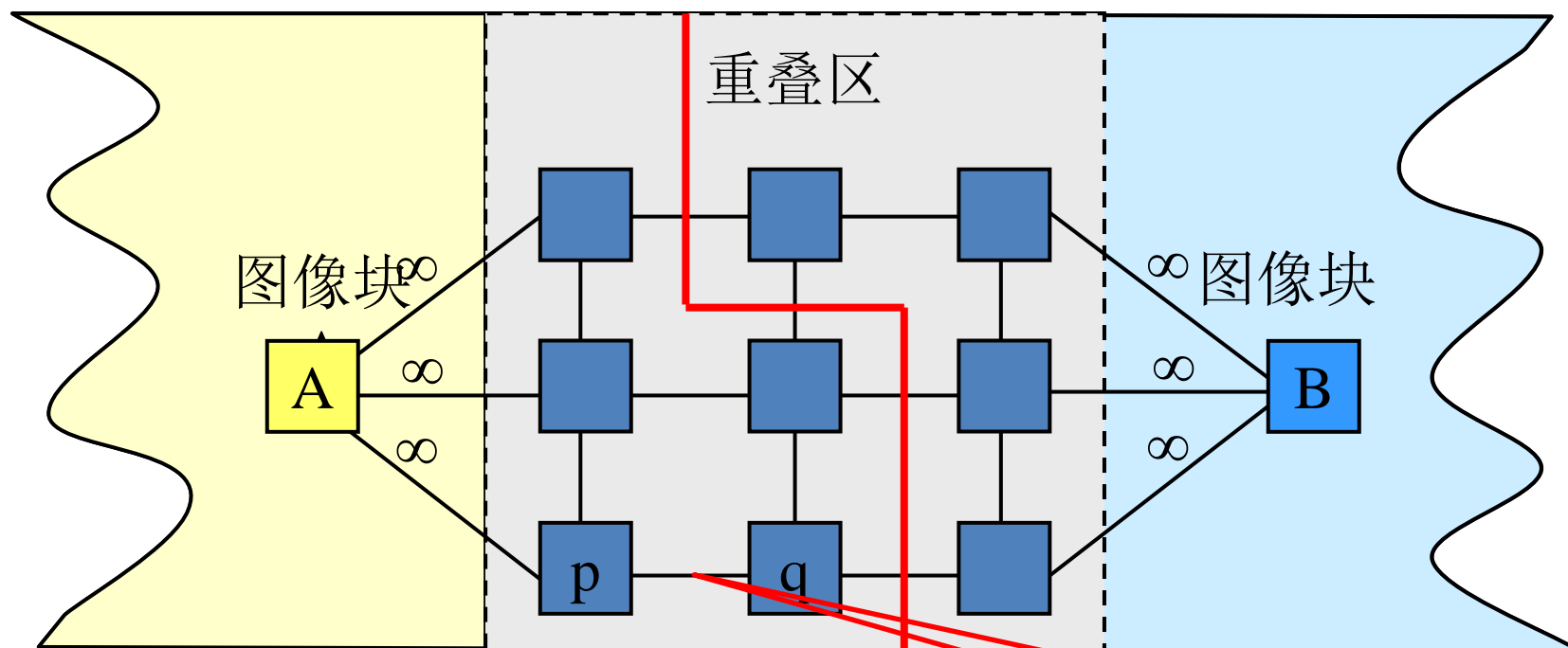


最小误差边界



# 2 基于样图的纹理合成

## 2. 图像块方式

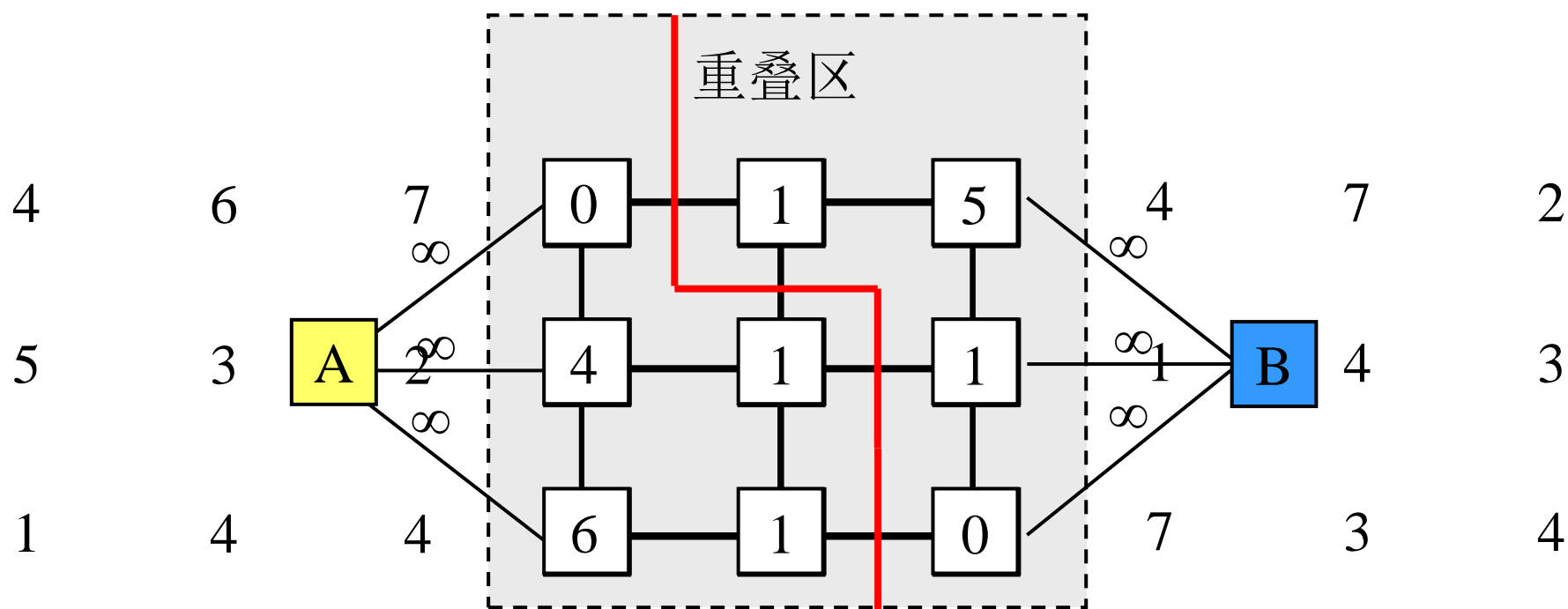


$$w(p,q) = \|A(p)-B(p)\| + \|A(q)-B(q)\|$$

如何定义  
代价

# 2 基于样图的纹理合成

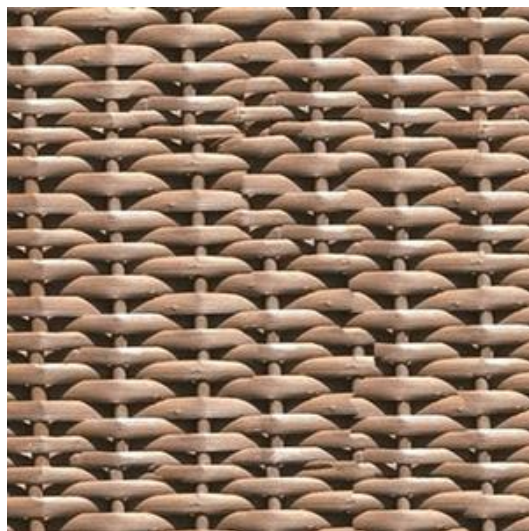
## 2. 图像块方式



$$w(p,q) = \|A(p)-B(p)\| + \|A(q)-B(q)\|$$

# 2 基于样图的纹理合成

## 2. 图像块方式



# 3 基于纹理合成的图像修复



非规则区域  
的纹理合成  
问题

如何修复图像中内容缺失的白色区域？



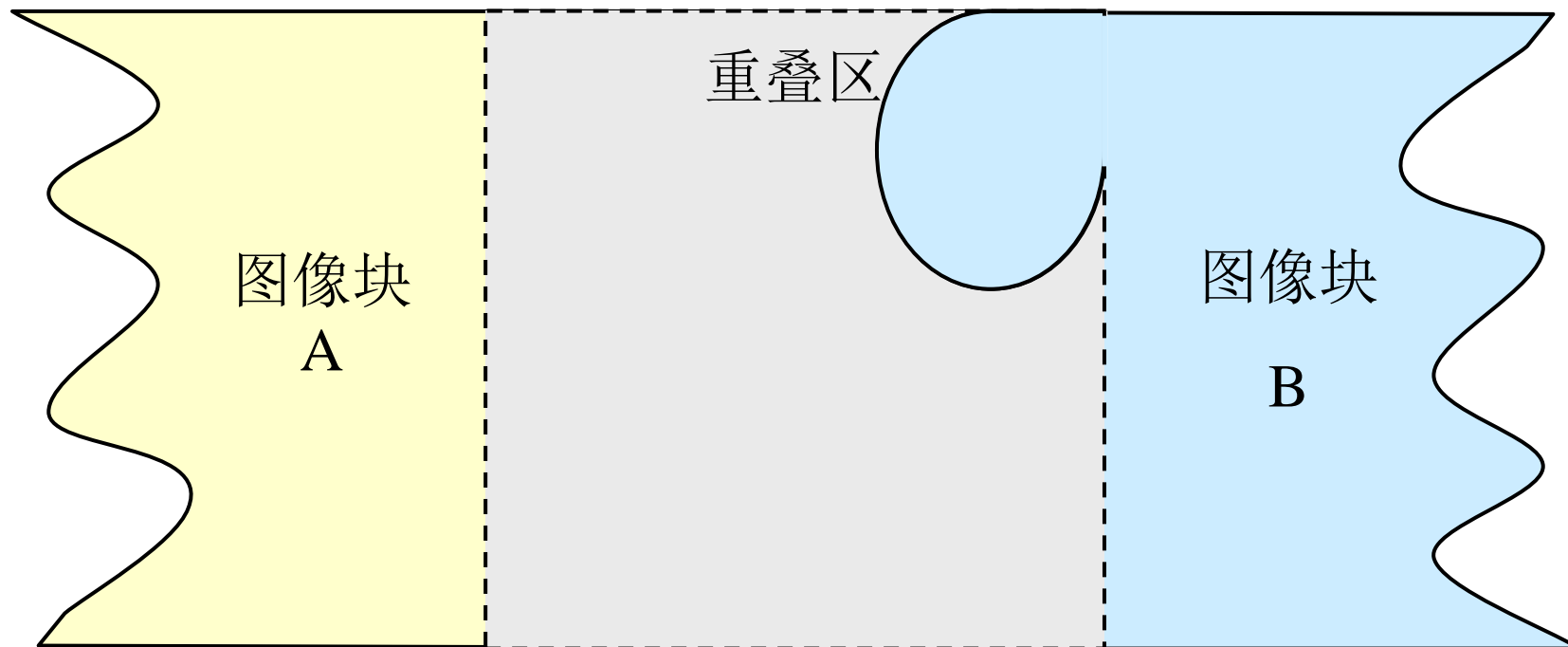
# 3 基于纹理合成的图像修复

---

- 非规则区域纹理合成
  - 逐像素方式
    - 和规则区域合成方法相同
  - 图像块方式
    - 重叠区是非规则的

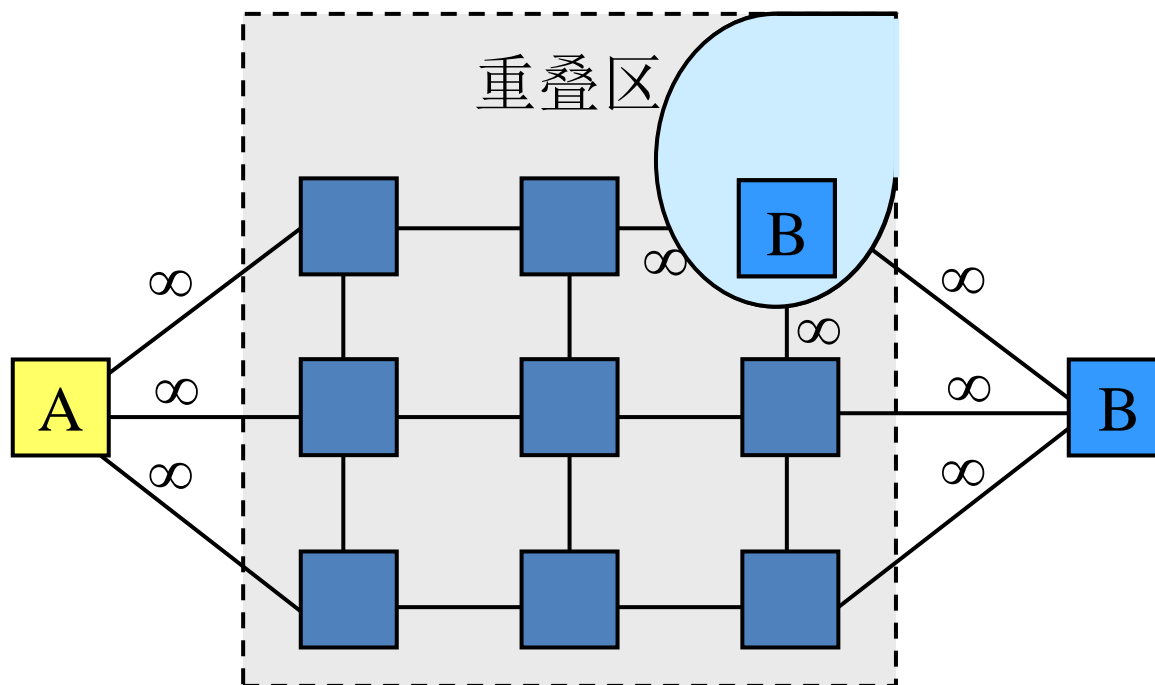
# 3 基于纹理合成的图像修复

- 图像块方式
  - 重叠区是非规则的

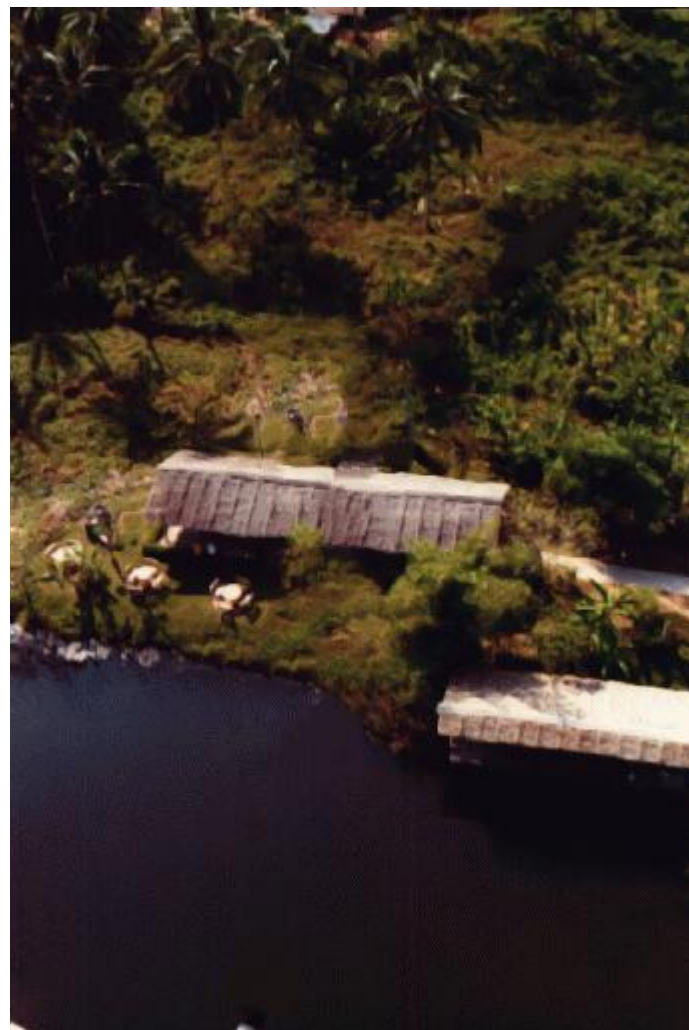
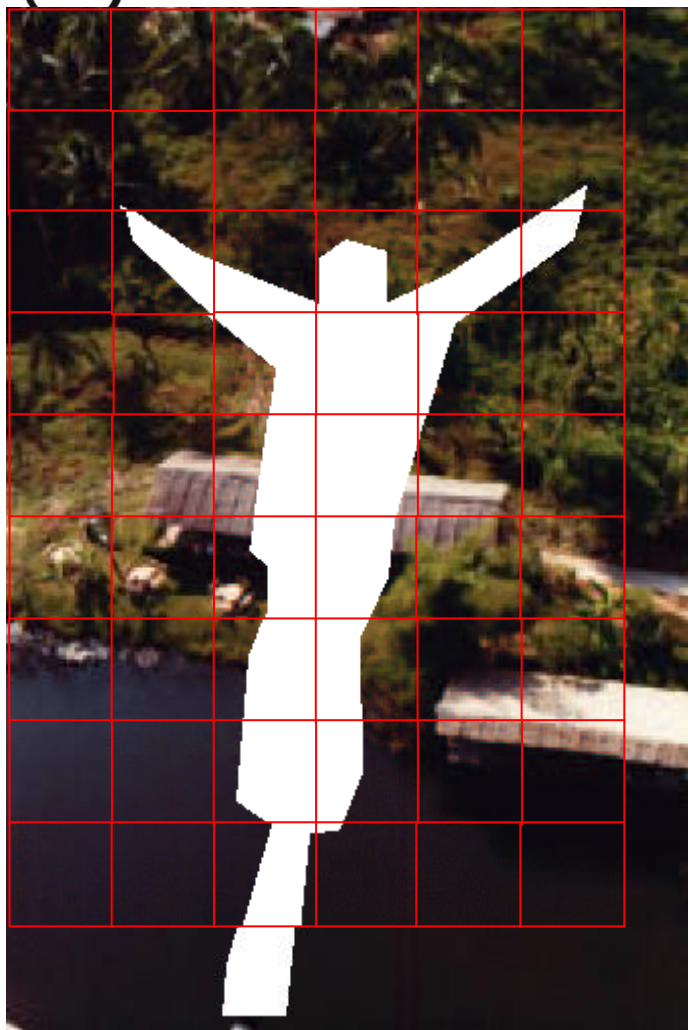


# 3 基于纹理合成的图像修复

- 图像块方式
  - 重叠区是非规则的



# 3 基于纹理合成的图像修复



图像块方式

1 寻找最相似的图像块

2 边界缝合





# 3 基于纹理合成的图像修复

- 思考：如何进行视频修复



# 3 基于纹理合成的图像修复

- 思考：如何进行视频修复



# 总结

---

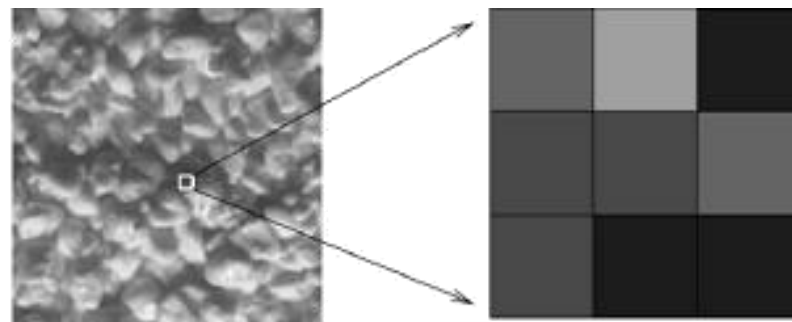
- 纹理合成方法
  - 逐像素方式
  - 图像块方式
  - 两者的优缺点
- 基于纹理合成的图像修复
  - 逐像素方式和图像块方式
  - 两种方式实现
  - 视频修复



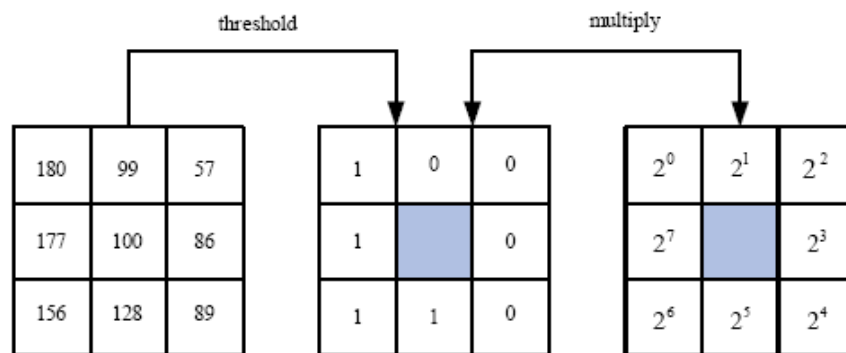


# 局部二值模式 (LBP)

■基本的LBP算子：3×3的矩形块，有1个中心像素和8个邻域像素对应于9个灰度值。



■特征值：中心像素的灰度值为阈值，将其邻域的8个灰度值与阈值相比较大于中心灰度值的像素由1表示，反之由0表示。然后根据顺时针方向读出8个二进制值。

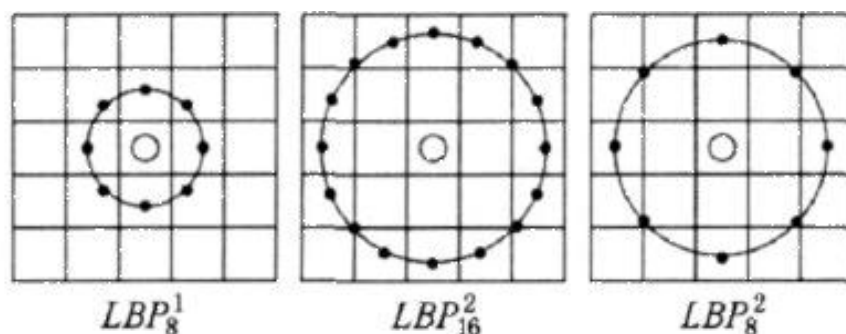


Pattern=1000111

$$LBP=1+32+64+128=225$$

# 局部二值模式 (LBP)

在某一灰度图像中，定义一个半径为 $R$  ( $R>0$ ) 的圆环形邻域， $p$  ( $p>0$ ) 个邻域像素均匀分布在圆周上。设该邻域中心像元的纹理为 $T$ ，则 $T$ 可以用该邻域中 $P+1$ 个像素的函数来定义，即

$$T = t(g_c, g_0, \dots, g_{p-1})$$


$$x_p = x_c + R \cos(2\pi p/P)$$

$$y_p = y_c - R \sin(2\pi p/P)$$



# 局部二值模式 (LBP)

- 在不丢失信息的前提下，将邻域像素的灰度值分别减去邻域中心的灰度值，局部纹理特征则可表示为

$$T = t(g_c, g_0 - g_c, \dots, g_{P-1} - g_c)$$

- 假设各个差值与 $g_c$ 相互独立，则上式可分解为：

$$T \approx t(g_c) t(g_0 - g_c, \dots, g_{P-1} - g_c)$$

- $t(g_c)$ 代表图像的亮度值，与图像局部纹理特征无关，所以可将纹理特征表示为差值的函数：

$$T \approx t(g_0 - g_c, \dots, g_{P-1} - g_c)$$

- 这一P维差值函数记录了邻域中每个像素的纹理模式



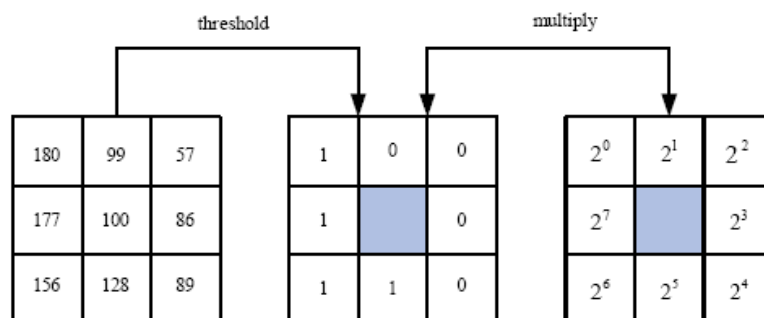
# 局部二值模式 (LBP)

- 为了使定义的纹理不受灰度值单调变换的影响，只考虑差值的符号：

$$T \approx t(s(g_0 - g_c), \dots, s(g_{P-1} - g_c)), \text{ 其中 } s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

- 表征局部纹理特征的LBP值可以表示为：

$$LBP_{P,R} = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) 2^i$$

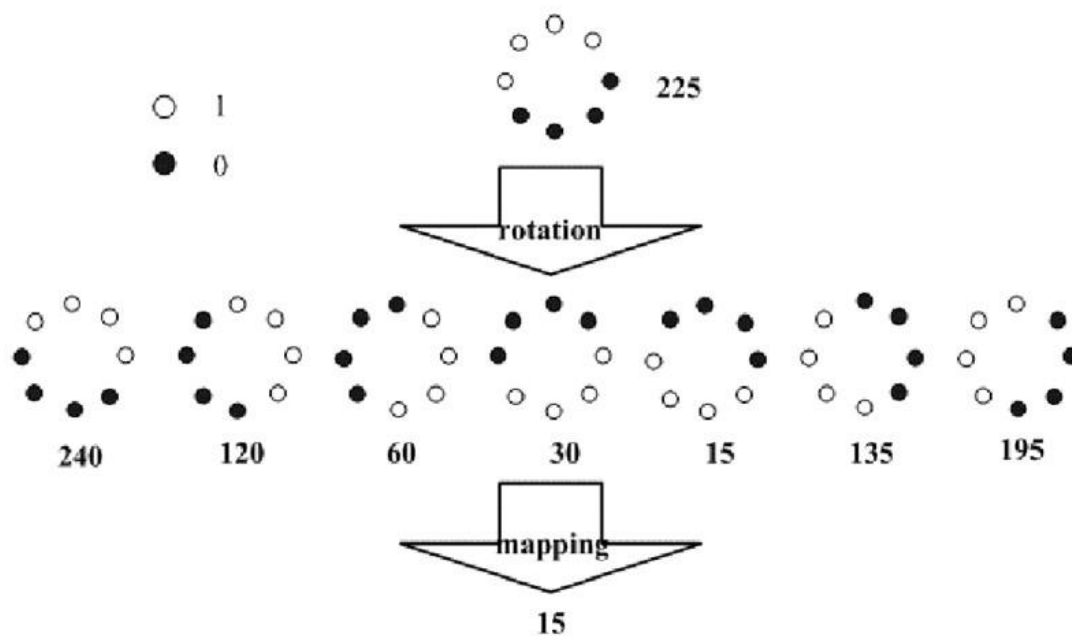






# 局部二值模式 (LBP)

- LBP具有平移不变性
- LBP具有旋转不变性？



- 等价模式 (Uniform pattern, 1-0、0-1最多2次)  
混合模式



# 局部二值模式 (LBP)

- 特点：经阈值化后的二值矩阵可看成一个**二值纹理模式**，用来刻画邻域内像素点的灰度相对中心点的变化情况。因为人类视觉系统对纹理的感知与平均灰度(亮度)无关，而局部二值模式方法**注重像素灰度的变化**，所以**它符合人类视觉对图像纹理的感知特点**。
- 用途：工业视觉检测、图像检索、人脸识别，表情识别、运动目标实时跟踪等



# LBP典型应用

---

基于LBP的人脸识别



# LBP典型应用

- 基于LBP的人脸识别
  - ◆ 计算人脸图像LBP响应



Original  
image



LBPriu\_8,1  
image



Basis LBP\_8,1  
image



Uniform LBP\_8,1  
image



# LBP典型应用

## ■ 基于LBP的人脸识别

- ◆ 计算人脸图像LBP响应
- ◆ 人脸图片分为若干个相等的矩形区域



(a)

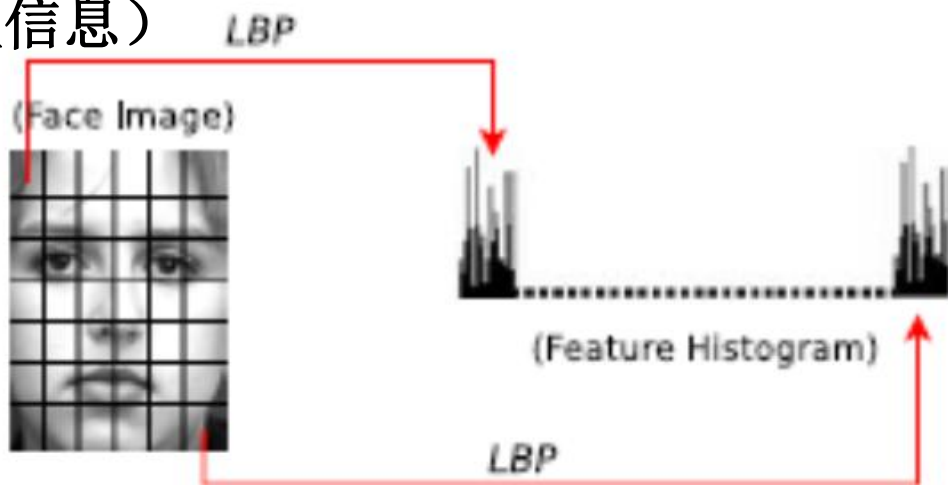




# LBP典型应用

## ■ 基于LBP的人脸识别

- ◆ 计算人脸图像LBP响应
- ◆ 人脸图片分为若干个相等的矩形区域
- ◆ 在每个区域计算LBP直方图，再将它们串联起来  
(不仅保留原图像的统计信息，同时从直方图上也  
可以看出位置信息)
- ◆ 计算相似性





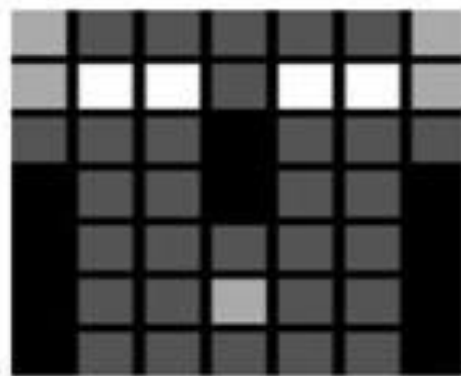
# LBP典型应用

## ■ 基于LBP的人脸识别

- ◆ 由于图片上各个区域包含的有效信息不一样，所以可以对各个区域赋予不同的权重，其中一种方法是：将图像分为若干个区域后，依次取用每个区域对图像进行识别，识别率在0.2以下的权重为0，识别率在0.8以上的权重为2，识别率在0.9以上的权重为4，其余的权重设为1。



(a)



(b)

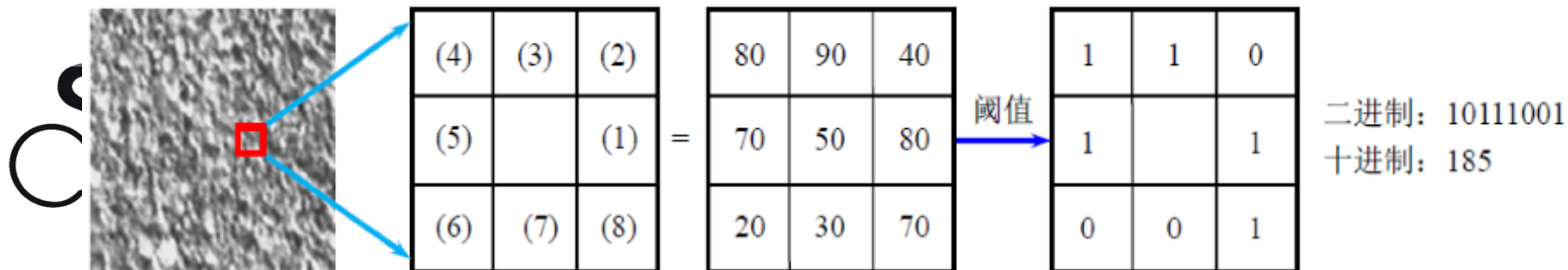


图 7.2.4 基本 LBP 算子

- 设下图所示的为一个像素的邻域，先要借助（8，2）的圆邻域计算LBP，写出所得到的二进制标号和十进制标号。如果借助（16，2）的圆邻域呢？

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



**The end !**