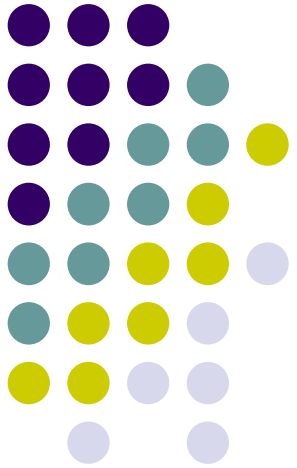
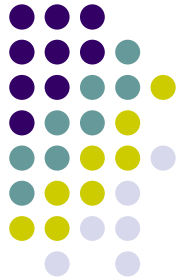
数字图像处理

第十四讲

图像分割

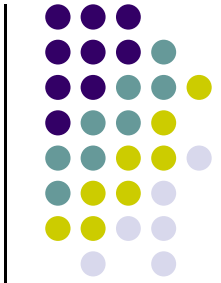


提纲



- 边缘连接和边界检测
  - 局部处理
  - 区域处理
  - 全局处理

背景



- 边缘检测的结果不完美
  - 噪声
  - 不均匀照明导致的边缘间断
  - 虚假的灰度值不连续
- 边缘连接
  - 将边缘像素组合成有意义的边缘或区域边界
  1. 局部处理
  2. 区域处理
  3. 全局处理（使用霍夫变换）

提纲

- 边缘连接和边界检测
  - 局部处理
  - 区域处理
  - 全局处理

局部处理

1. 分析每个点(x, y)邻域内像素的特点
2. 将依据某准则相似的点连接起来

a. 基于梯度大小判断相似

$$|M(s,t) - M(x,y)| \leq E$$

- (s, t)在(x, y)的邻域内

b. 基于梯度方向判断相似

$$|\alpha(s,t) - \alpha(x,y)| \leq A$$

如果大小和方向都相似，则连接(s, t)和(x, y)

局部处理

- 简化算法（计算简单）
  1. 计算输入图像$f(x,y)$的梯度大小和方向
     - 梯度大小$M(x,y)$，梯度方向$\alpha(x,y)$
  2. 依据下式生产二值图像

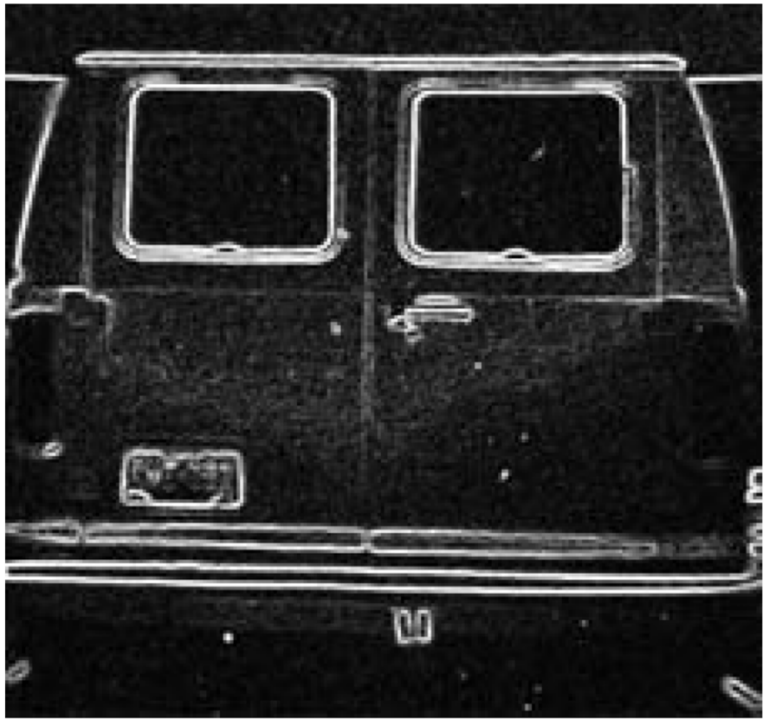
$$g(x,y)=\begin{cases}1 & \text{if } M(x,y)>T_M \text{ AND } \alpha(x,y)=A\pm T_A\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}$$

     - T_M为阈值、A为特定角度、T_A为允许的带宽
  3. 逐行扫描，填充长度不超过K的空隙
  4. 以角度θ旋转$g(x,y)$，重复第3步，再反旋转

举例

- 寻找车牌

汽车尾部图像

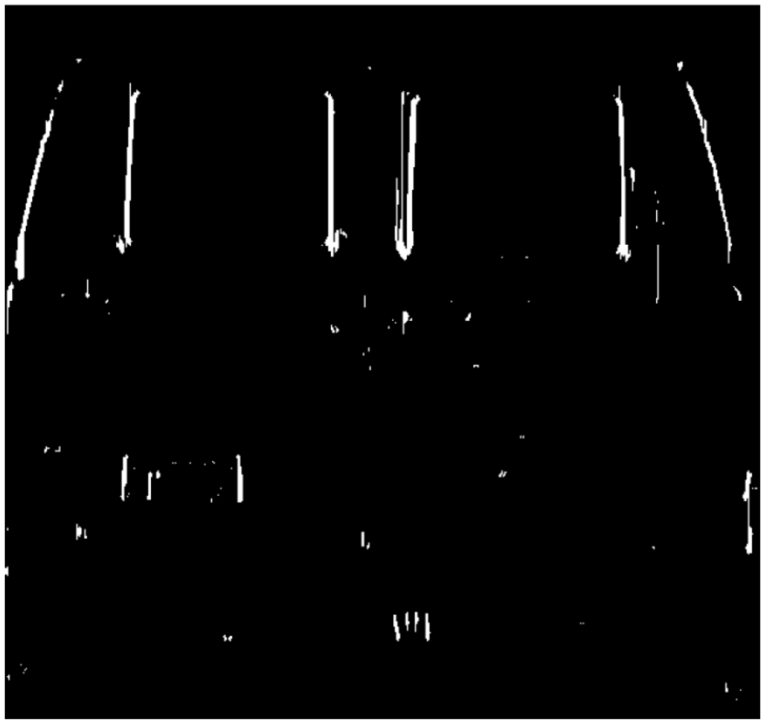


梯度大小图像

举例

- 寻找车牌

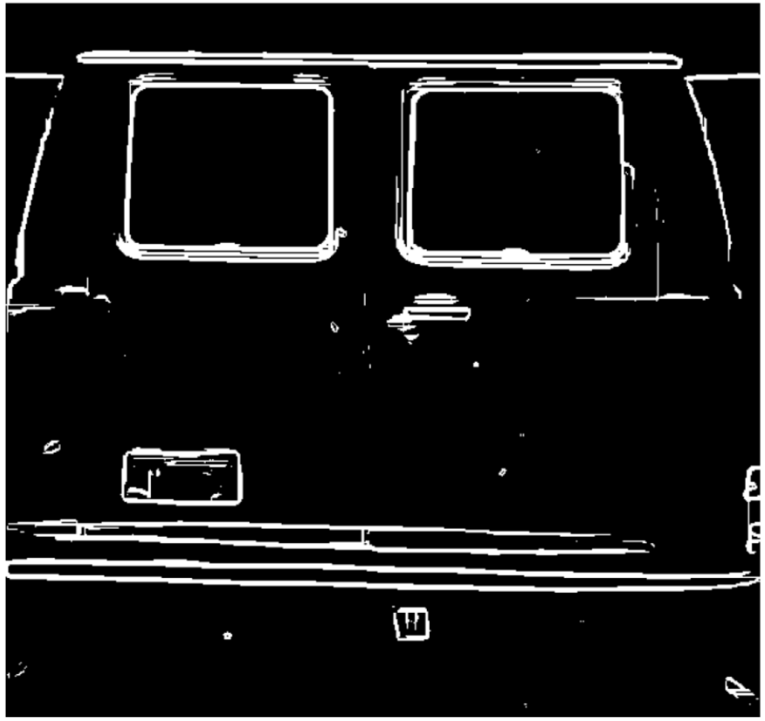
水平连接的边缘像素



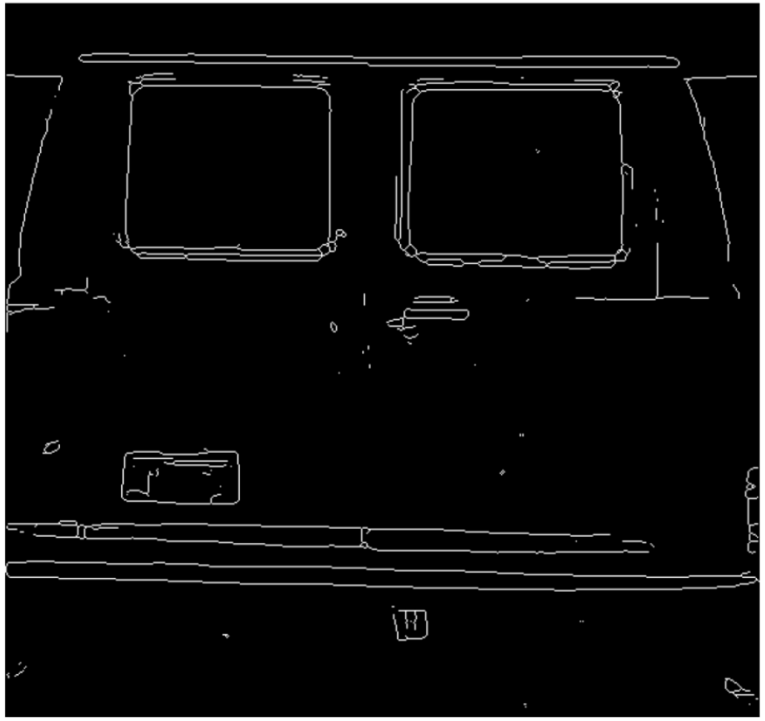
垂直连接的边缘像素

举例

- 寻找车牌



合并后的图像

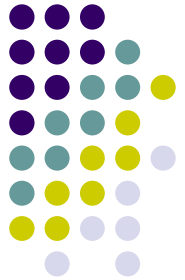


细化后的图像

提纲

- 边缘连接和边界检测
  - 局部处理
  - 区域处理
  - 全局处理

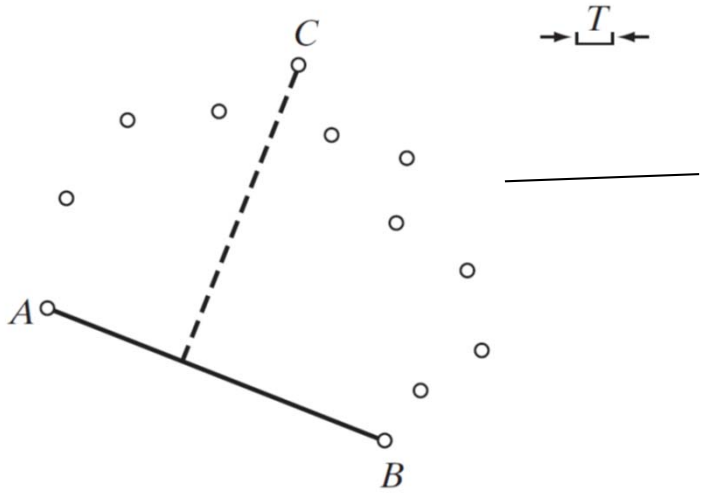
区域处理



- 前提
  - 感兴趣区域的位置已知
- 目标
  - 基于区域连接像素，近似区域的边界
- 方法
  - 函数近似
    - 为已知点拟合一条2维曲线
  - 多边形近似
    - 实现容易、捕捉基本形状特征、表示简单

举例

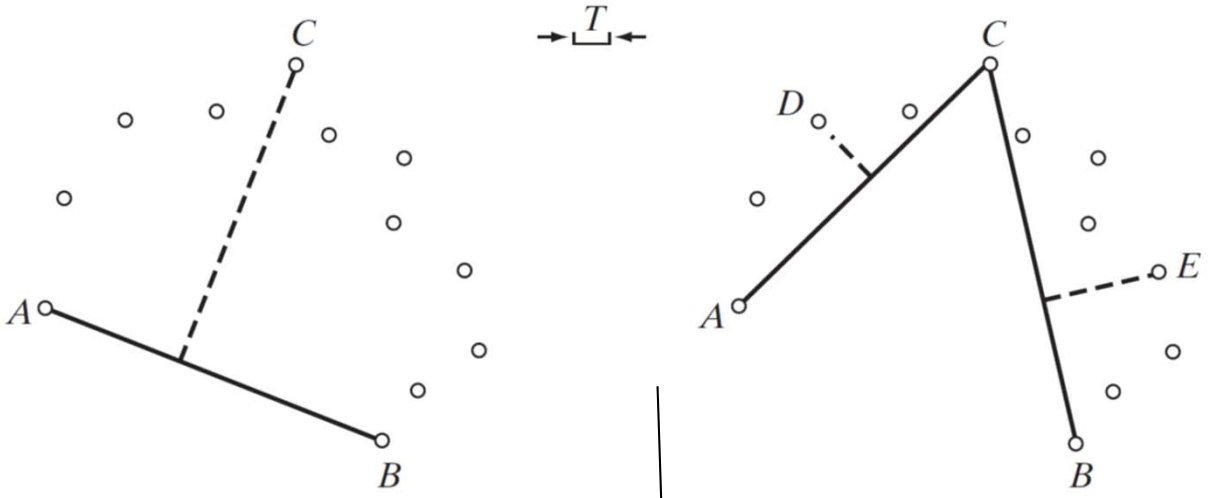
- 已知A、B是曲线的端点



1、用直线连接A、B
2、计算所有点离直线AB的距离
3、找到最远的点C
4、如果距离大于阈值T，把C当做一个顶点

举例

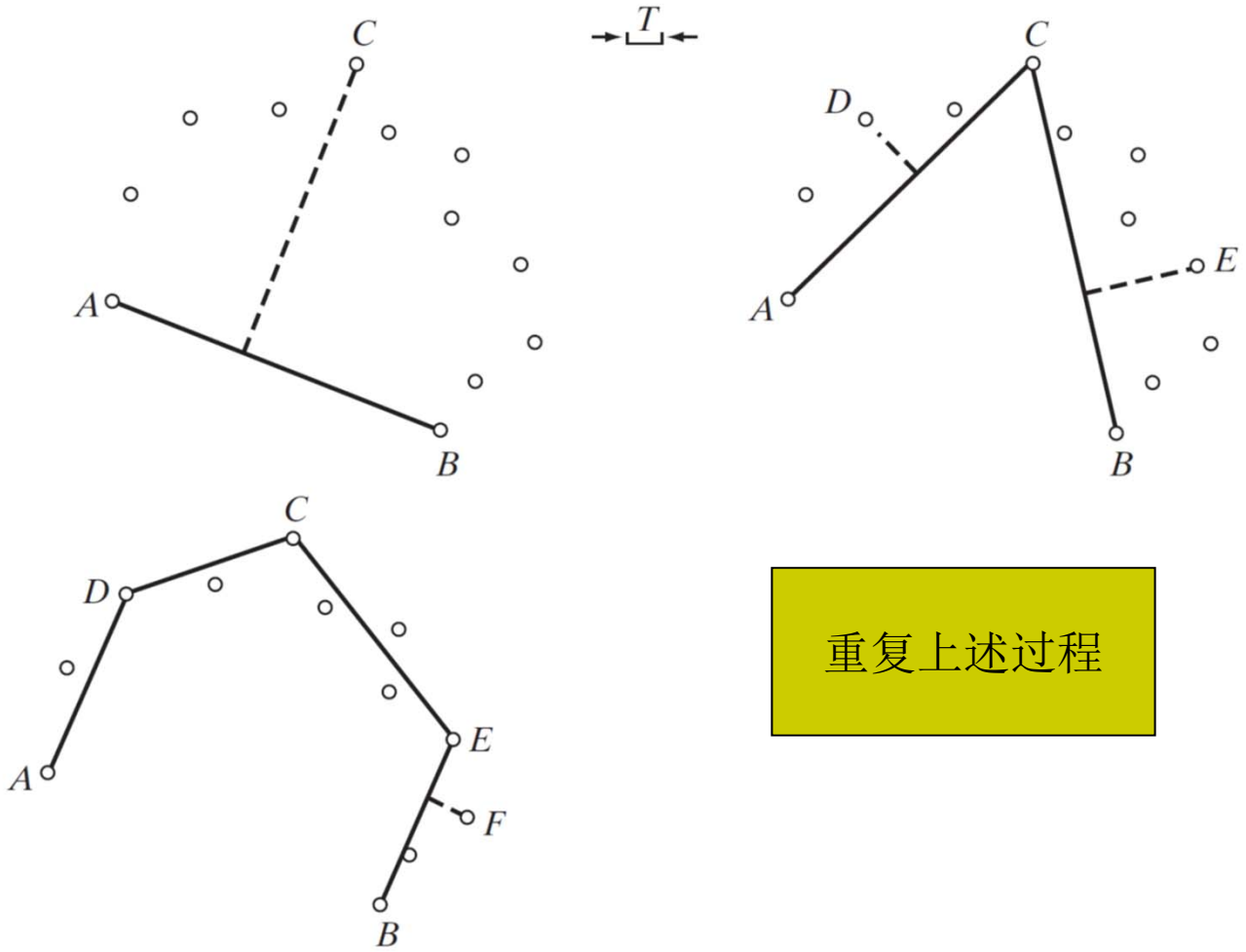
- 已知A、B是曲线的端点



1、用直线连接A、C
2、计算AC之间的点离直线AC的距离
3、找到最远的点D
4、如果距离大于阈值T，把D当做一个顶点

举例

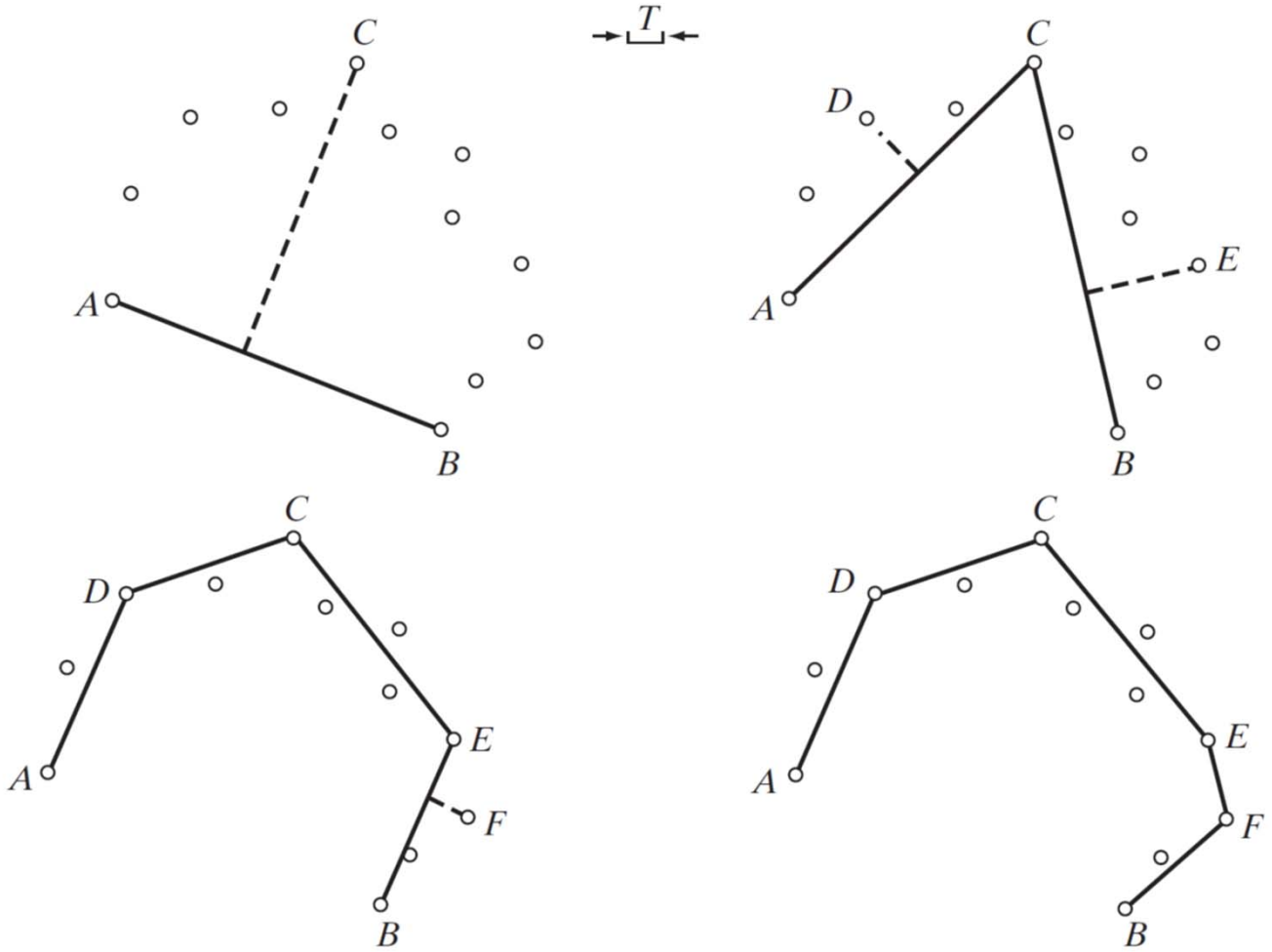
- 已知A、B是曲线的端点



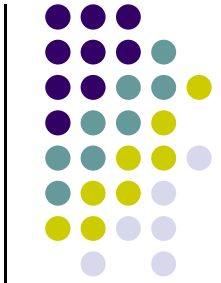
重复上述过程

举例

- 已知A、B是曲线的端点

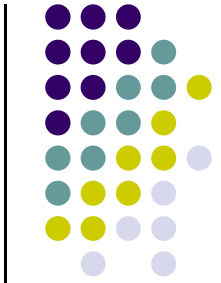


算法设计



- 前提
  - 两个起始点
  - 所有的点必须排序
    - 顺时针、逆时针
- 判断曲线类型
  - 边界线段（开放曲线）
    - 存在两个间距较大的连续点（可作为起始点）
  - 边界（闭合曲线）
    - 连续点之间的距离比较均匀
      - 两端的点为起始点

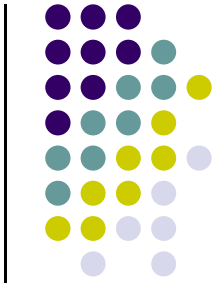
区域处理算法



1. 令P是一个已排序、不重复的二值图像中的序列。指定两个起始点A和B。它们是多边形的两个起始顶点。
2. 指定一个阈值T，以及两个空堆栈“开”(OPEN)和“闭”(CLOSED) 。
3. 如果P中的点对应于一条闭合曲线，则把B放到“开”和“闭”中，并把A放到“开” 中。

   如果对应于一条开放曲线，则把A放到“开”中，而把B放到“闭”。
4. 计算从“闭”中最后一个顶点到“开”中最后一个顶点的线的参数。

区域处理算法

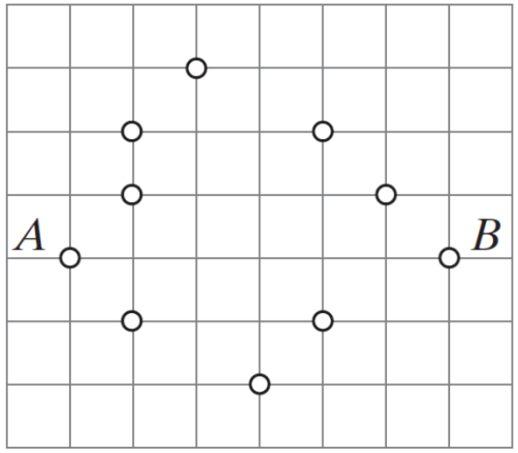


5. 寻找属于序列P、且在步骤4中直线的两个顶点之间的点；计算这些点与直线的距离，选择具有最大距离D_{max}的点V_{max}。
6. 如果$D_{max} > T$，则把V_{max}作为一个新顶点放在“开”堆栈的末尾。转到步骤4。
7. 否则，从“开”中移除最后一个顶点，并把它作为“闭”的最后一个顶点插入。
8. 如果“开”非空，转到步骤4。
9. 否则，退出。“闭”中的顶点就是拟合P中的点的多边形的顶点。

举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

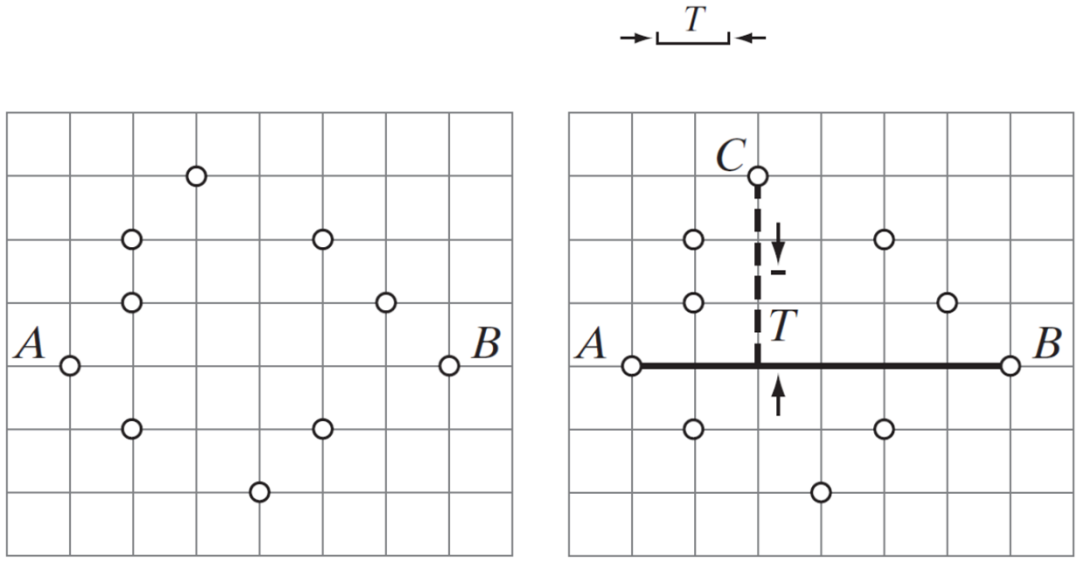
CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B



举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

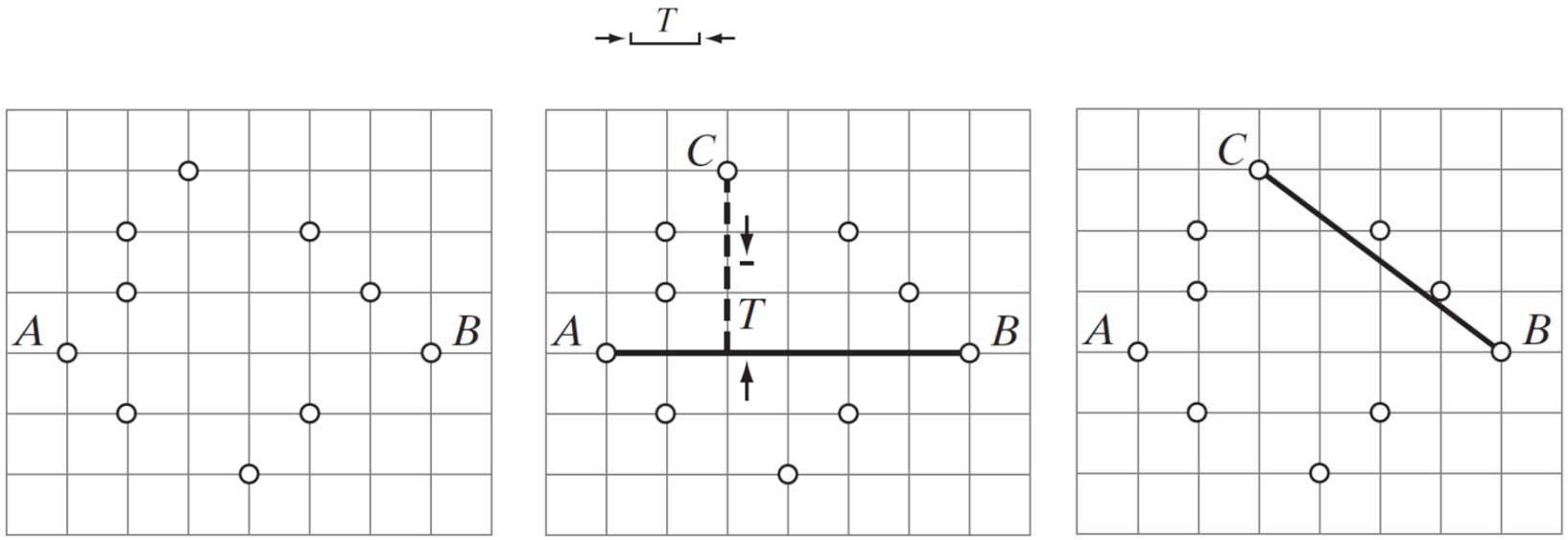
CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C



举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

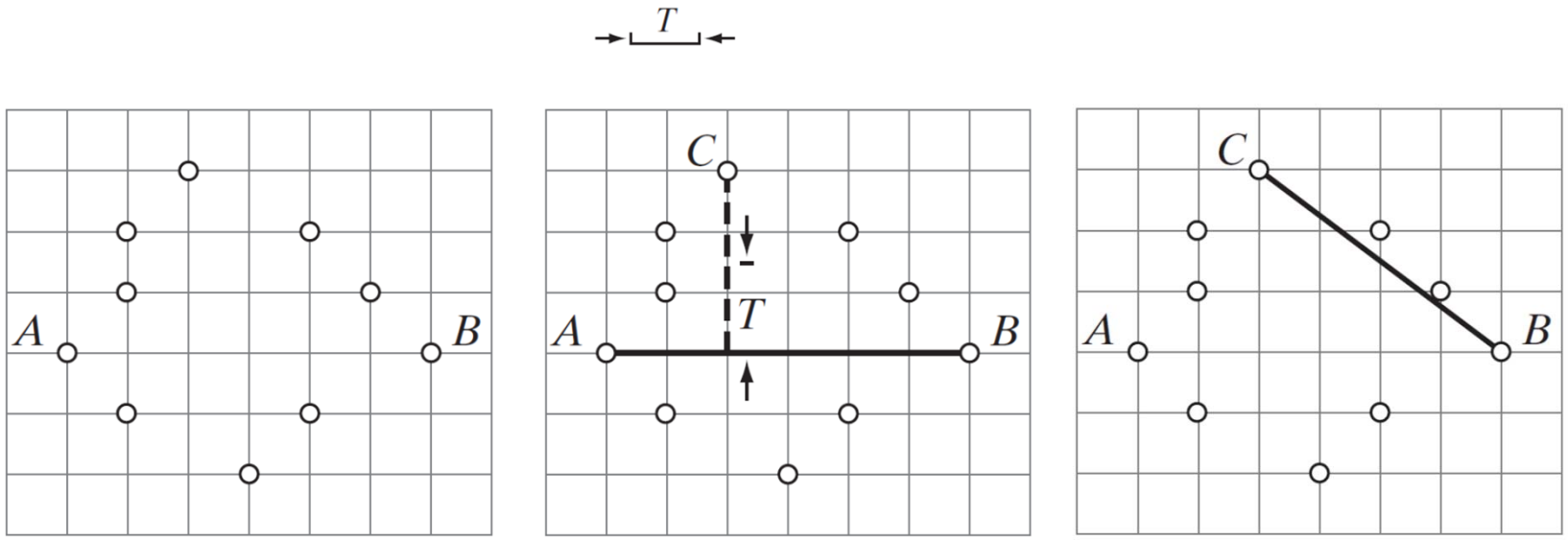
CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C
B	B, A, C	(BC)	—



举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

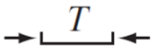
CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C
B	B, A, C	(BC)	—
B, C	B, A	(CA)	—

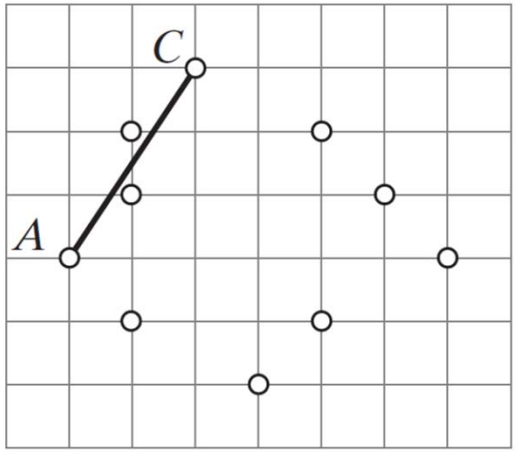


举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C
B	B, A, C	(BC)	—
B, C	B, A	(CA)	—

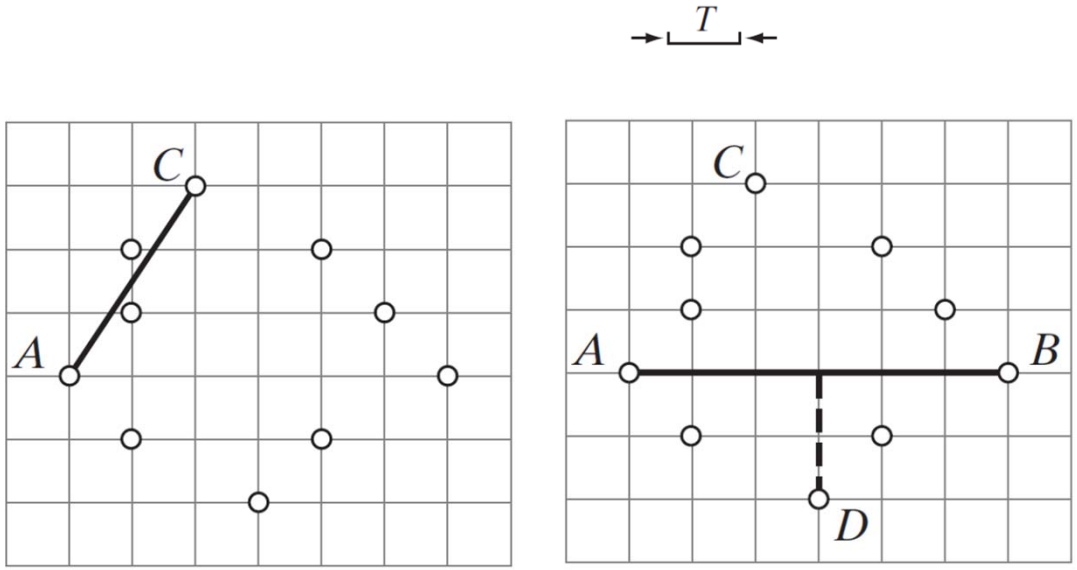




举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

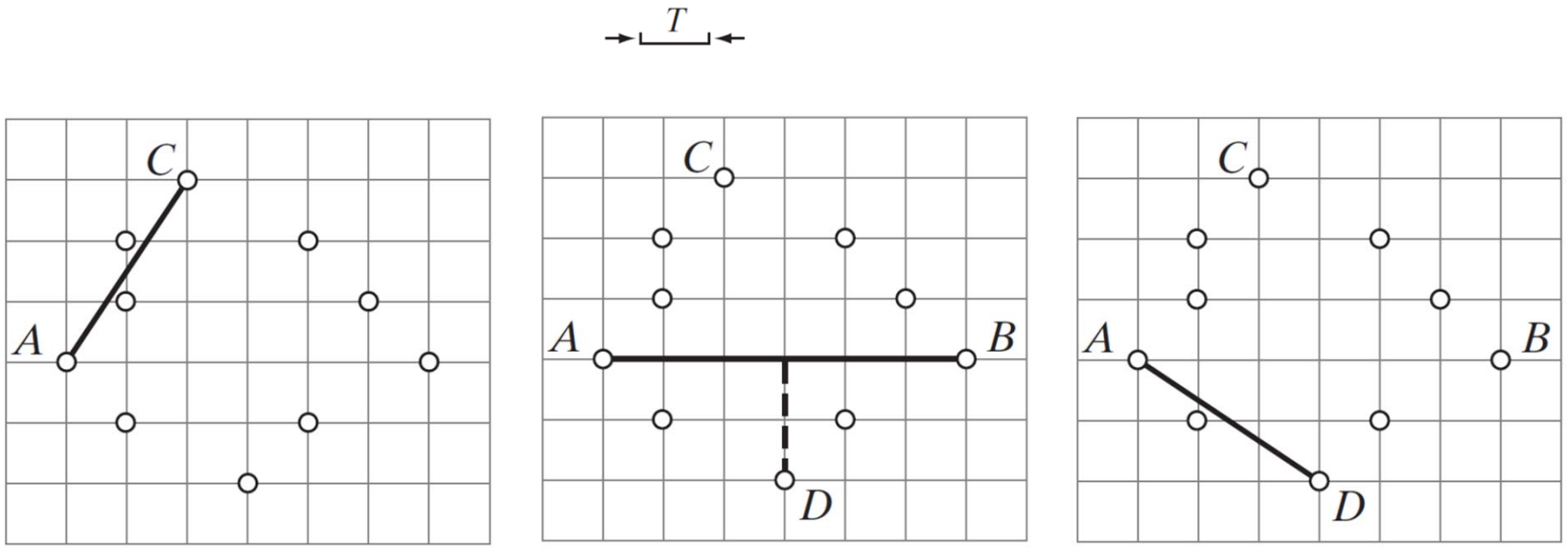
CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C
B	B, A, C	(BC)	—
B, C	B, A	(CA)	—
B, C, A	B	(AB)	D



举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C
B	B, A, C	(BC)	—
B, C	B, A	(CA)	—
B, C, A	B	(AB)	D
B, C, A	B, D	(AD)	—

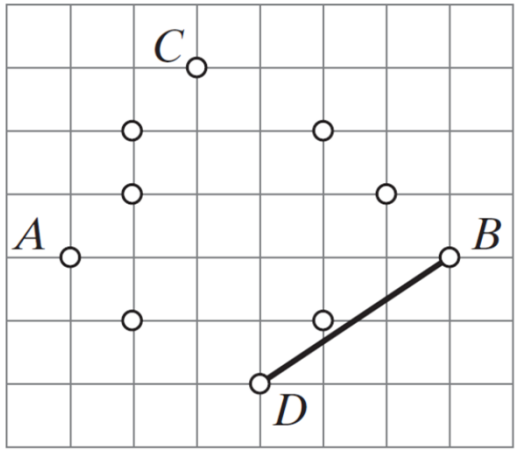


举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C
B	B, A, C	(BC)	—
B, C	B, A	(CA)	—
B, C, A	B	(AB)	D
B, C, A	B, D	(AD)	—
B, C, A, D	B	(DB)	—

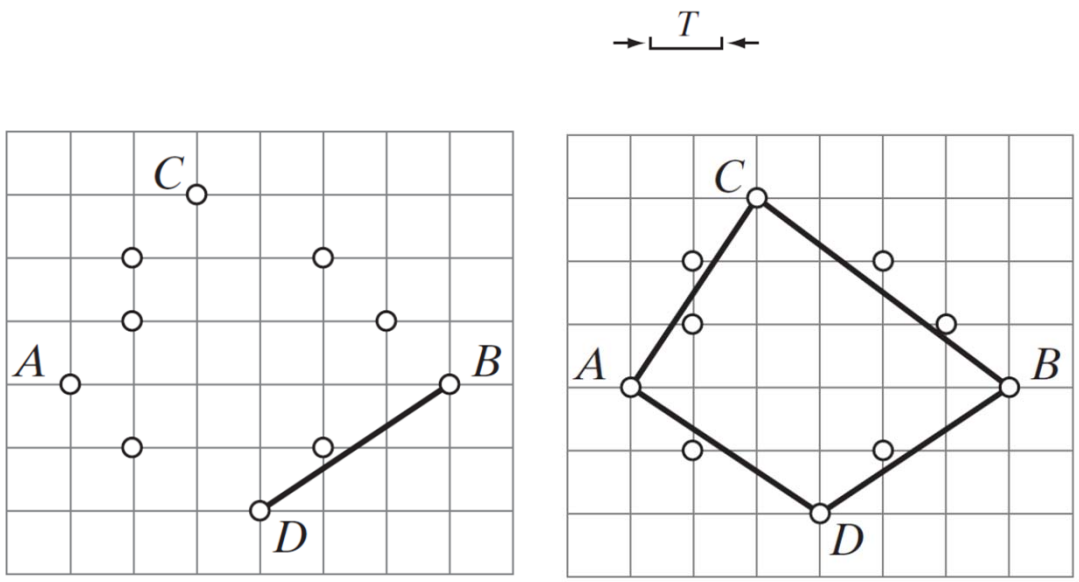
T



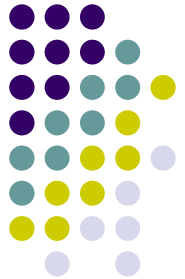
举例

- 闭合曲线
- 顺时针排序
- A、B为起点

CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
B	B, A	—	A, B
B	B, A	(BA)	C
B	B, A, C	(BC)	—
B, C	B, A	(CA)	—
B, C, A	B	(AB)	D
B, C, A	B, D	(AD)	—
B, C, A, D	B	(DB)	—
B, C, A, D, B	Empty	—	—



提纲



- 边缘连接和边界检测
  - 局部处理
  - 区域处理
  - 全局处理

全局处理

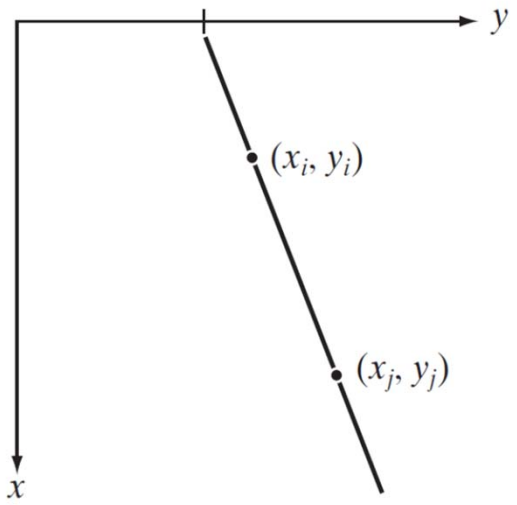
- 考虑没有边缘先验知识的情况
- 利用全局性质判断是否为边缘像素
  1. 指定感兴趣的几何形状
  2. 判断像素集合是否满足该形状

- 问题：给定n个点，寻找共线的像素
  1. 考虑所有可能的直线$n(n-1)/2$
  2. 寻找靠近每一条直线的像素集合
     - 复杂度$n^2(n-1)/2$

霍夫变换

- xy-平面
  - 直线方程

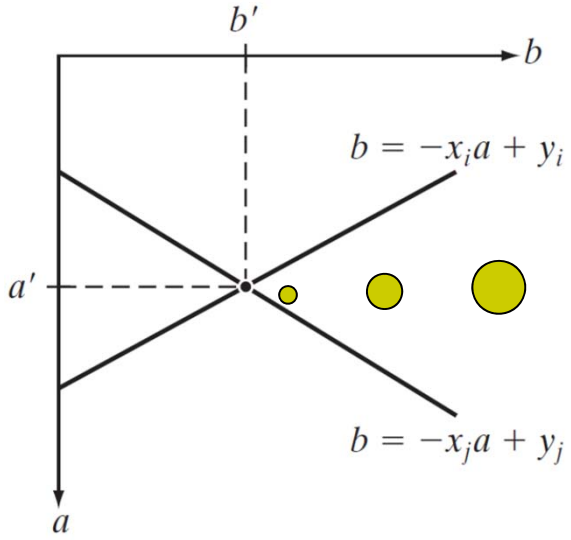
$$y_i = ax_i + b$$



- ab-平面
  - 参数方程

$$b = -ax_i + y_i$$

  - 每个点对应一条直线



交点对应于上图中直线的参数

霍夫变换

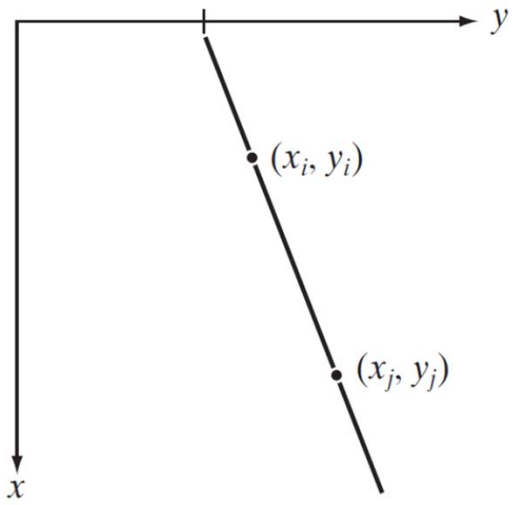
- xy-平面
  - 直线方程

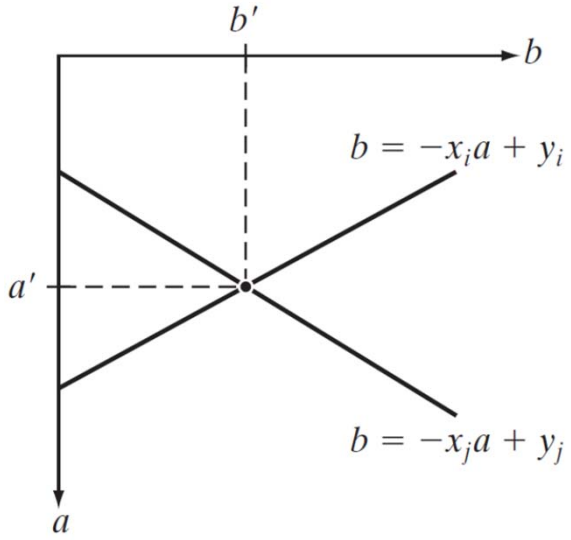
$$y_i = ax_i + b$$

- ab-平面
  - 参数方程

$$b = -ax_i + y_i$$

  - 每个点对应一条直线





简单的想法：

1. 画出所有ab-平面中的直线
2. 寻找最多直线的交点

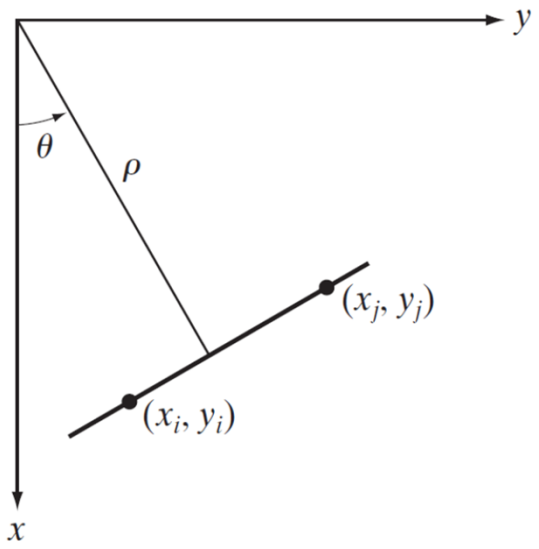
困难：

1. ab-平面是无界的

霍夫变换

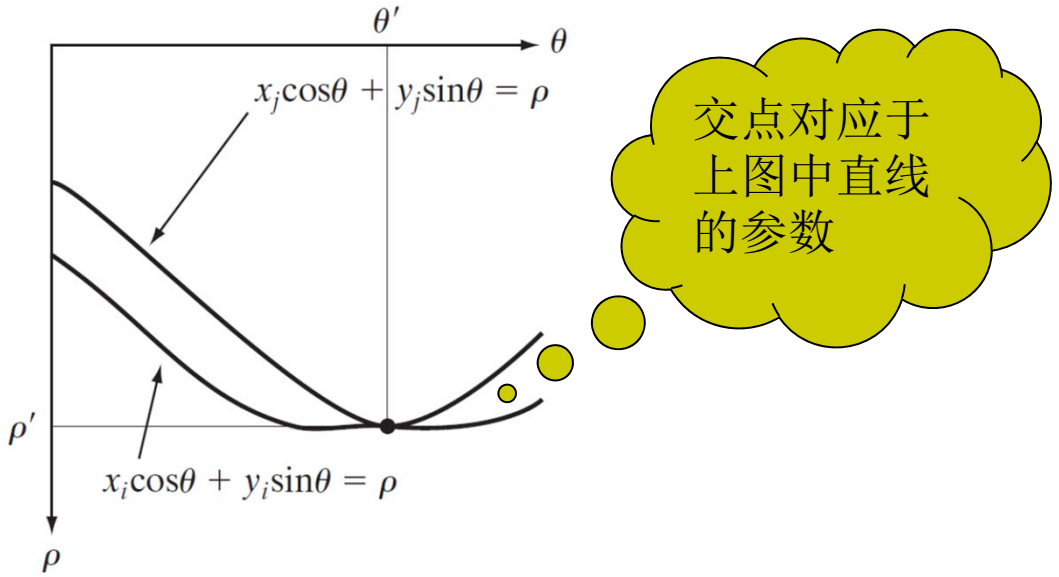
- xy-平面
  - 法线方程

    $x\cos\theta + y\sin\theta = \rho$



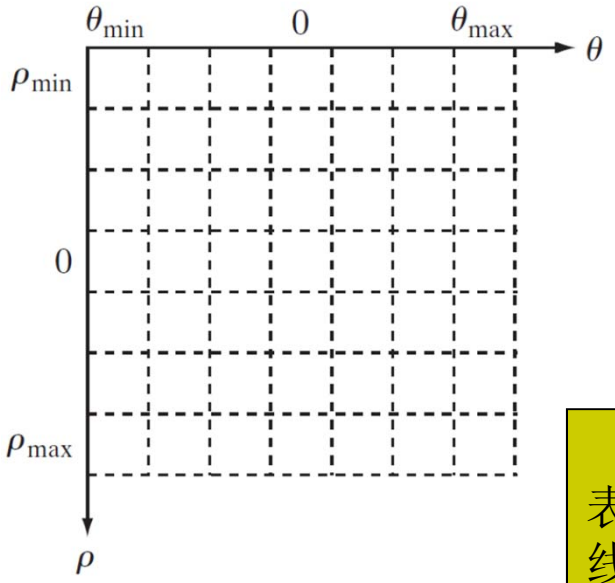
- $\rho\theta$-平面
  - 参数方程

    $\rho = x\cos\theta + y\sin\theta$
  - 每个点对应一条正弦曲线



霍夫变换

- 划分累加单元
  - $-90° \le \theta \le 90°$
  - $-D \le \rho \le D$
    - D是对角长度

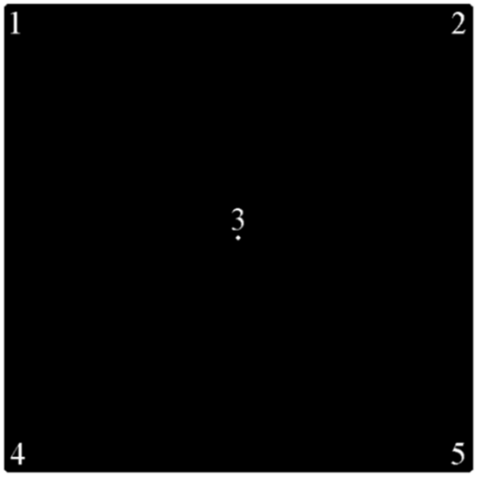


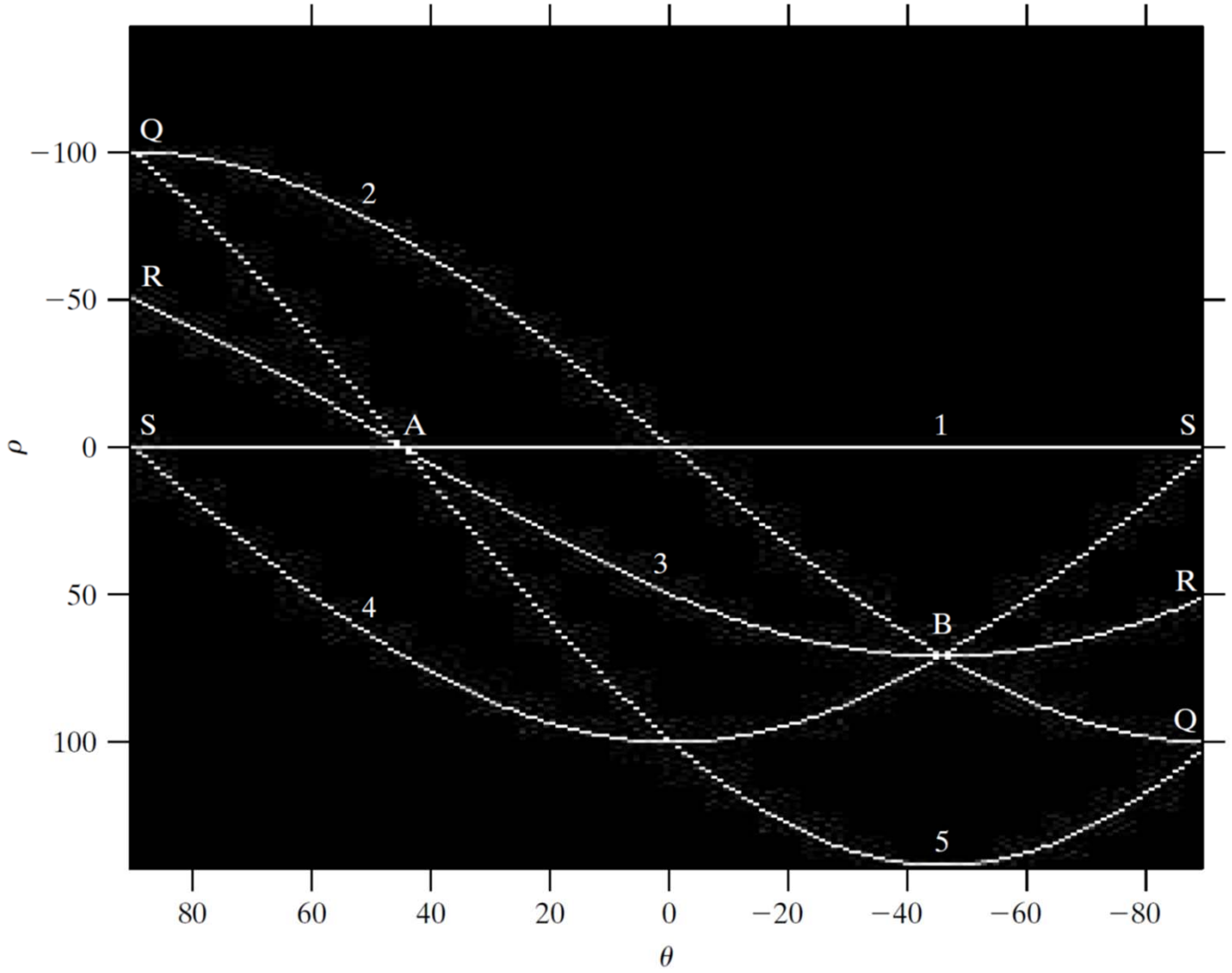
$A(i,j) = P$
表示有P个点属于直线$x\cos\theta_j + y\sin\theta_j = \rho_i$

- 统计每个单元内曲线的数目
  - (i,j)位置单元内曲线数目记为$A(i,j)$
  - (i,j)位置单元对应的参数(ρ_i, θ_j)
  - 计算$\rho = x\cos\theta_j + y\sin\theta_j$，并离散化

举例

A处有3个点相交
对应的参数是$(0,45°)$





B处有3个点相交
对应的参数是
$(71,-45°)$

Q,R,S在两端都出现

将霍夫变换用于边缘连接

1. 生成二值的边缘图像
   - 可采用之前介绍的任意算法
2. 划分$\rho\theta$-平面的累加单元
   - 粒度决定了精度、计算量
3. 统计每个累加单元的曲线数量
   - 寻找数值高的单元
4. 检验数值高累加单元对应的像素
   - 将距离小于某阈值的像素连接起来

举例

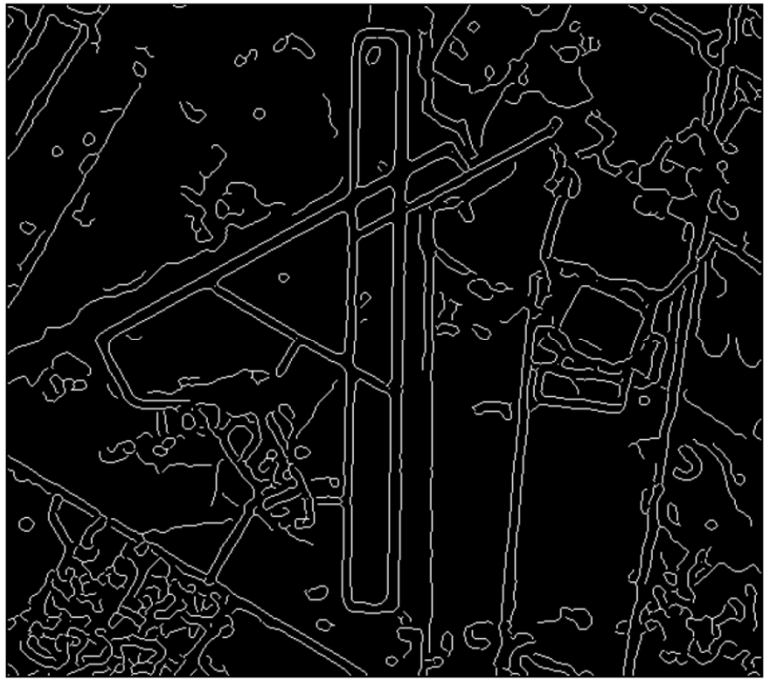
- 寻找机场的主跑道
  - 中间位置、垂直方向

原图

举例

- 寻找机场的主跑道
  - 中间位置、垂直方向

原图

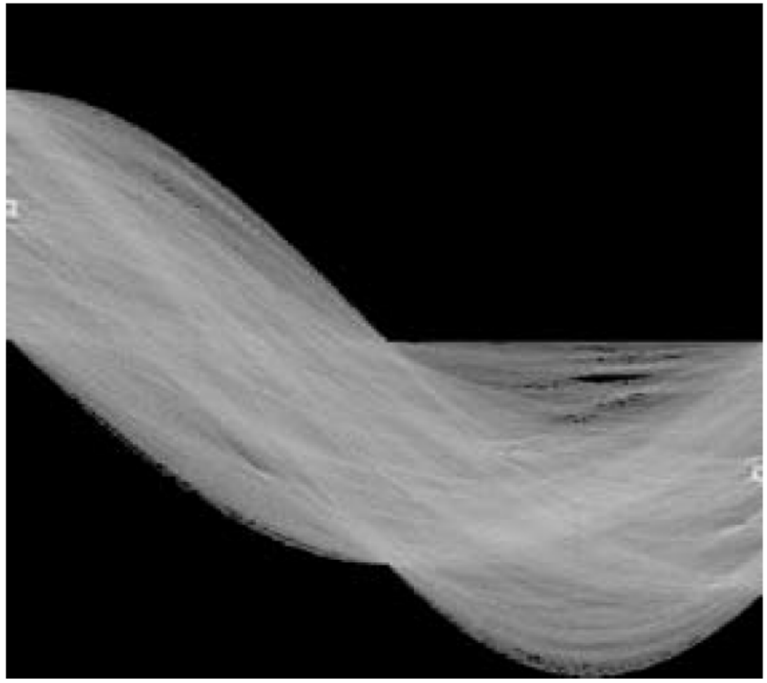


坎尼边缘检测器

举例

- 寻找机场的主跑道
  - 中间位置、垂直方向

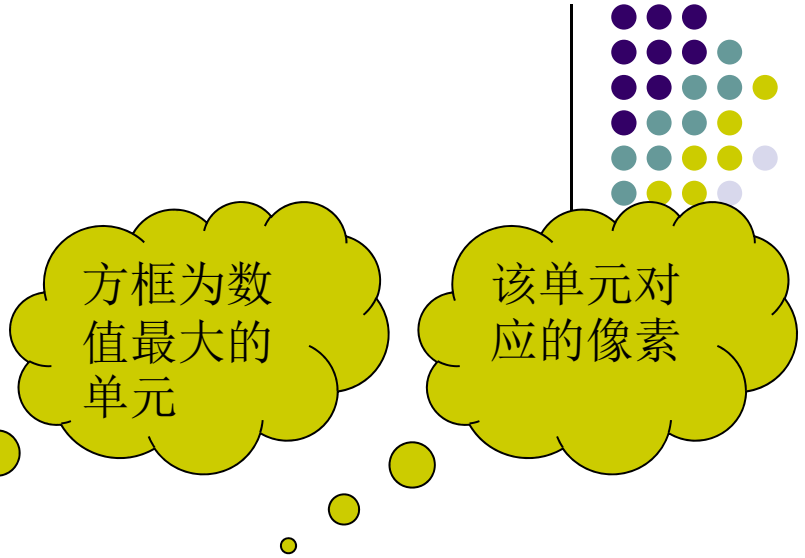
方框为数值最大的单元

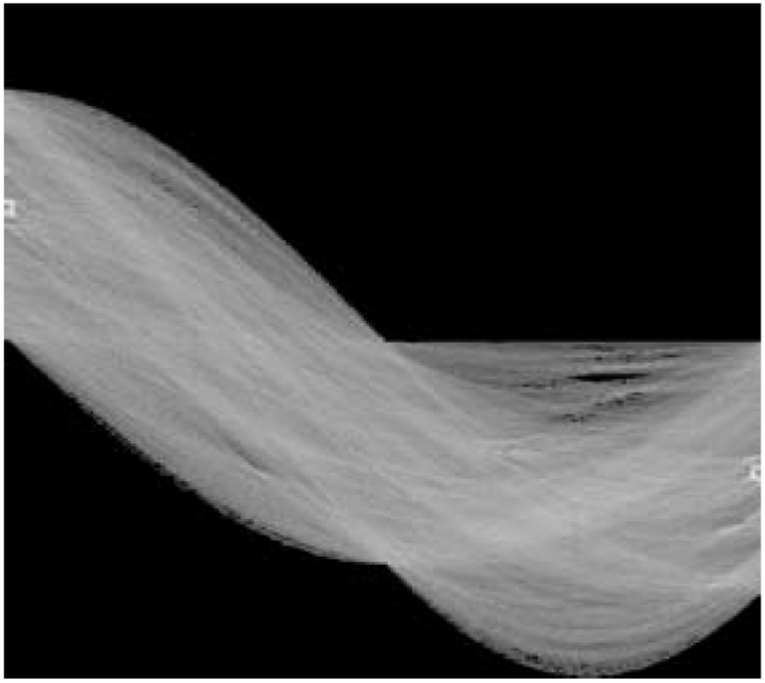


霍夫变换空间

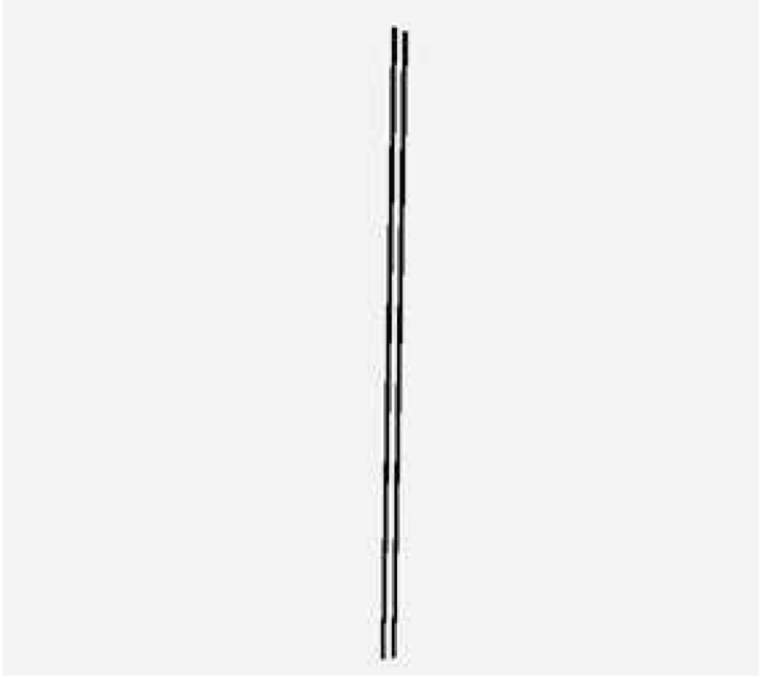
举例

- 寻找机场的主跑道
  - 中间位置、垂直方向





霍夫变换空间



检测到的边缘

举例

- 寻找机场的主跑道
  - 中间位置、垂直方向

叠加到原图

下一讲