

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 $n(n-1)/2 = C_n^2$
 2. 寻找靠近每一条直线的像素集合
 - 复杂度 $n^2(n-1)/2$ 对每条直线，遍历检查所有点
 $n \cdot C_n^2 = O(n^3)$



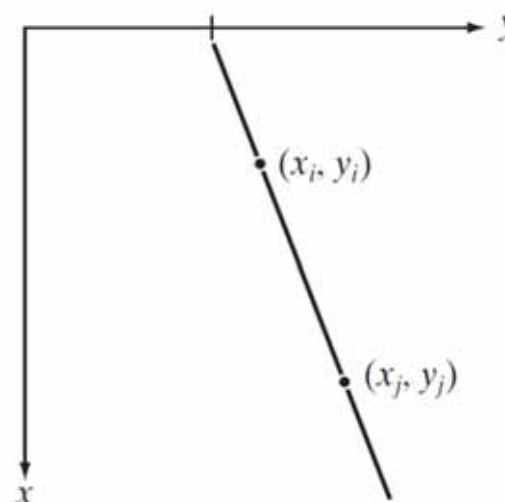
霍夫变换



- xy -平面

- 直线方程

$$y_i = ax_i + b$$



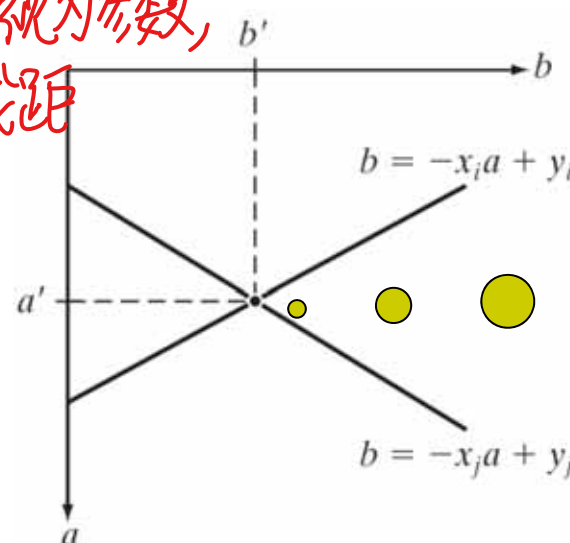
- ab -平面

- 参数方程

$$b = -ax_i + y_i$$

- 每个点对应一条直线

相当于把 $-x_i$ 视为参数,
把 y_i 视为截距



交点对应于
上图中直线的
参数

原图中一点 (x_i, y_i) 对应 a - b 平面一条直线

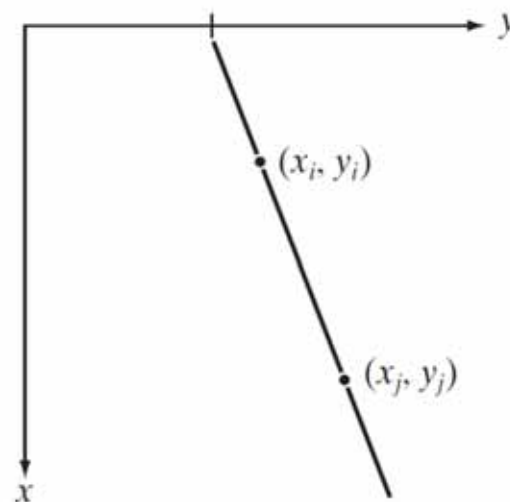


霍夫变换

- xy -平面

- 直线方程

$$y_i = ax_i + b$$

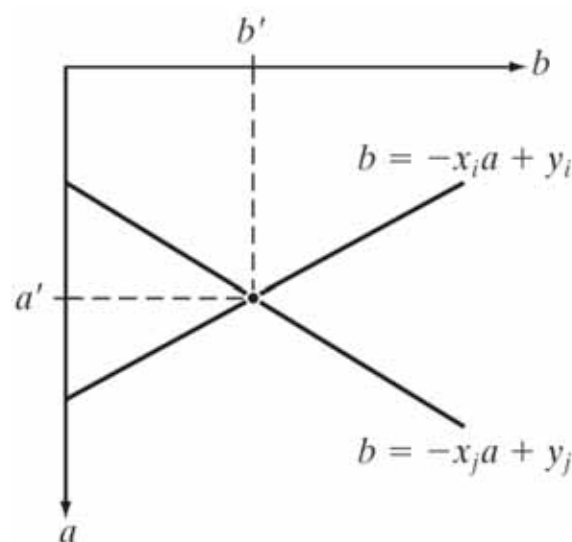


- ab -平面

- 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

法线方向 $(\cos\theta, \sin\theta)$

$$\frac{(x, y)^T (\cos\theta, \sin\theta)}{\|(x, y)\|_2 \cdot \|(\cos\theta, \sin\theta)\|_2} = \frac{(x, y)^T (\cos\theta, \sin\theta)}{\|(x, y)\|_2}$$



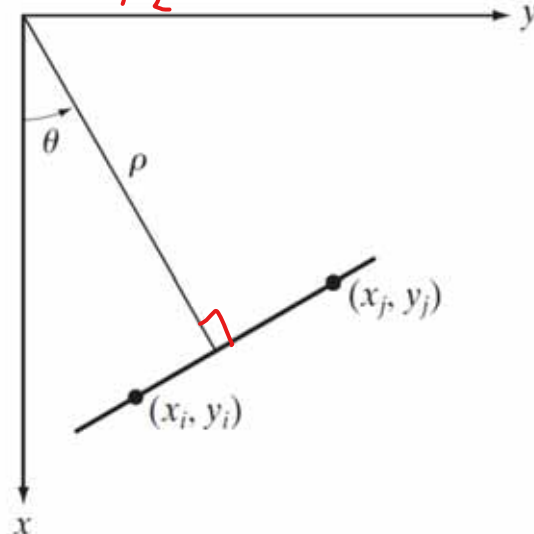
- xy -平面

- 法线方程



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

定义: 直线上点向法线方向投影
值为 ρ

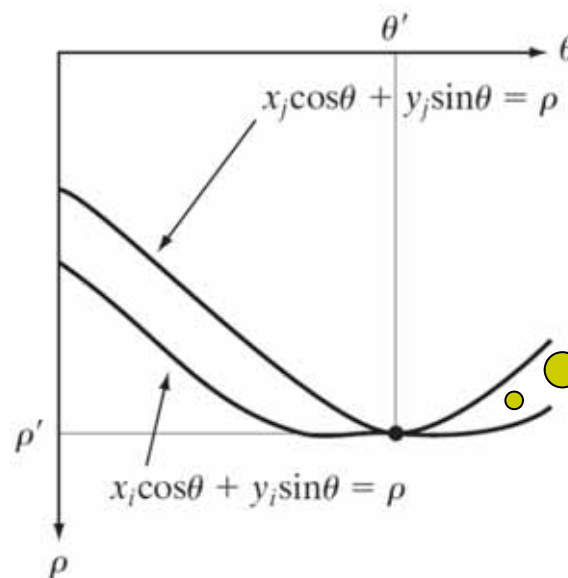


- $\rho\theta$ -平面

- 参数方程

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

- 每个点对应一条正弦曲线



交点对应于
上图中直线的
参数

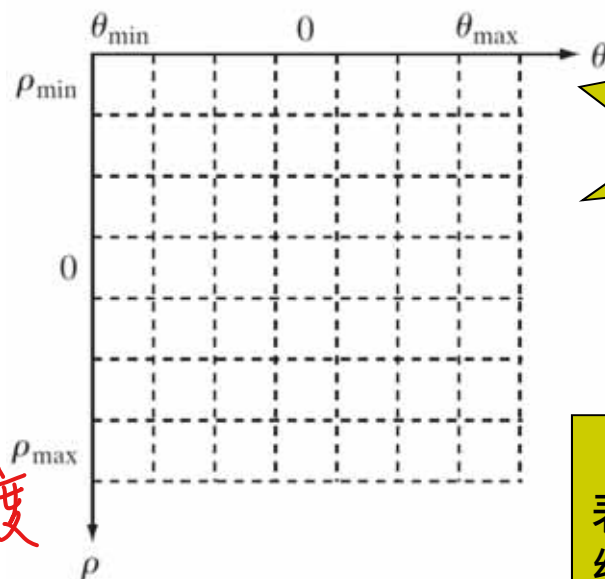


霍夫变换

- 划分累加单元

- $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$
- $-D \leq \rho \leq D$
- D 是对角长度

原图像对角线长度



复杂度和
 n 呈线性

$A(i, j) = P$
表示有 P 个点属于直
线 $x \cos \theta_j + y \sin \theta_j =$
 ρ_i (P个点共线)

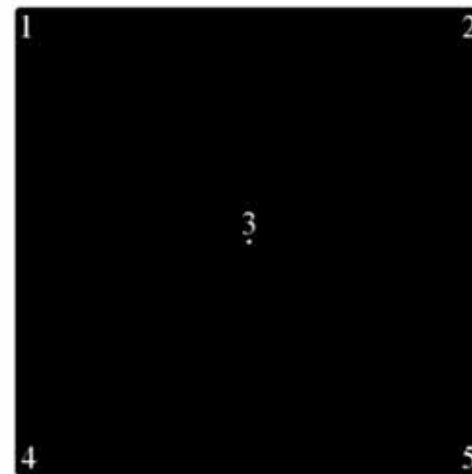
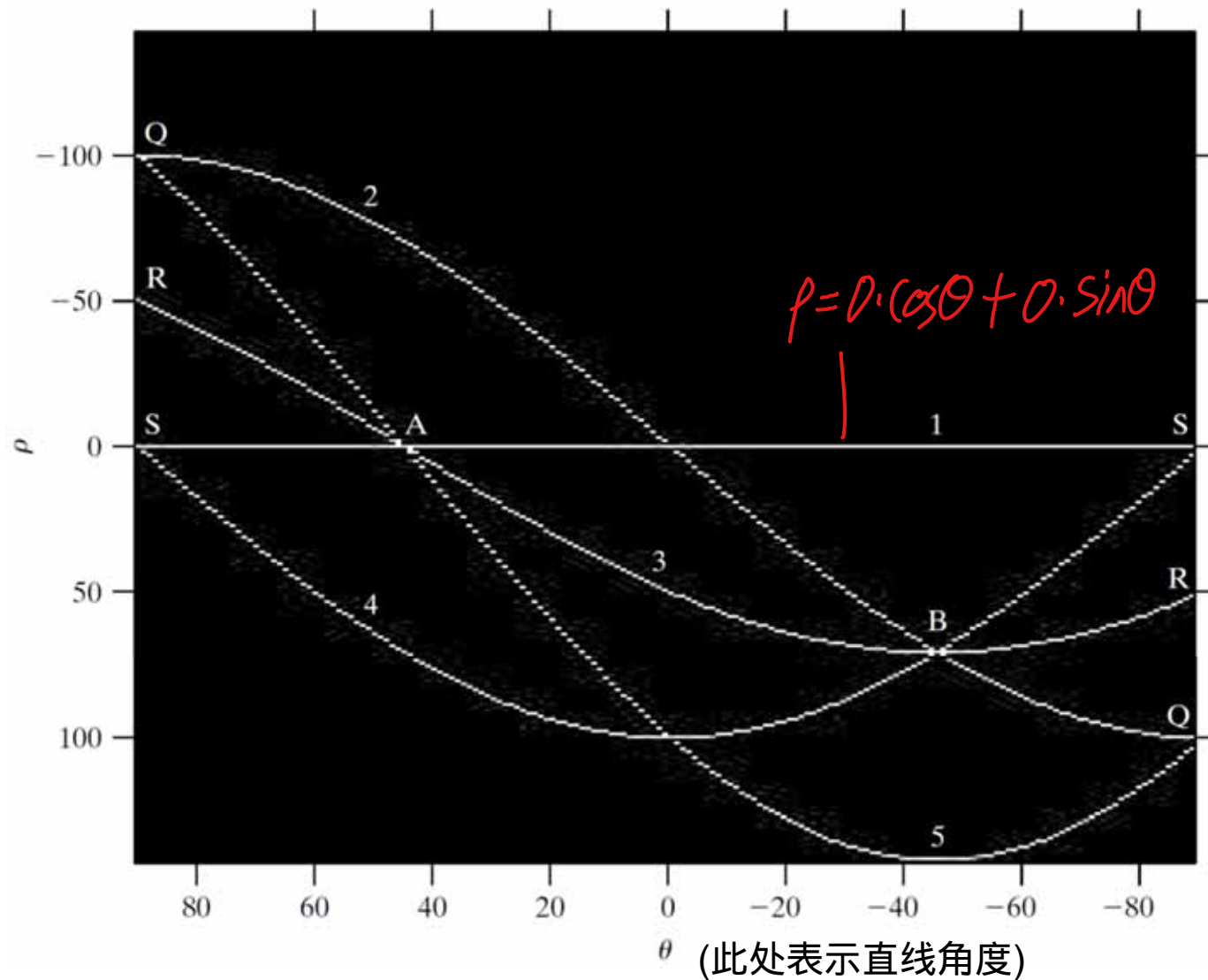
- 统计每个单元内曲线的数目

- (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

可以扩展到直线以外的曲线



举例

- 寻找机场的主跑道
 - 中间位置、垂直方向



原图

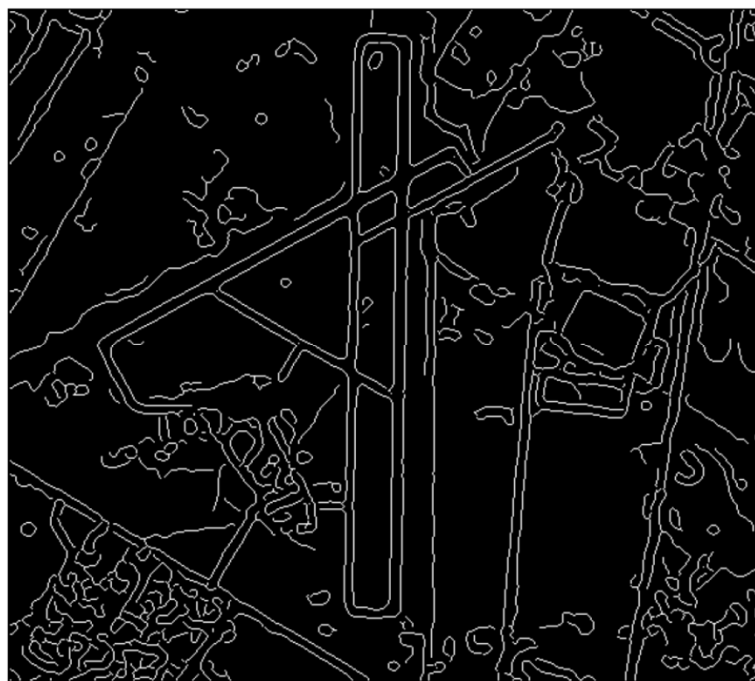


举例

- 寻找机场的主跑道
 - 中间位置、垂直方向



原图



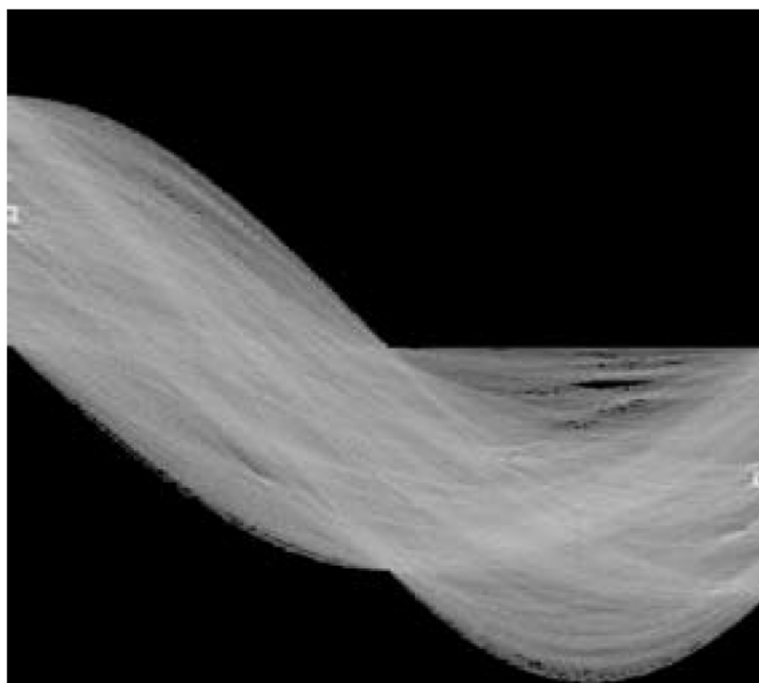
坎尼边缘检测器



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

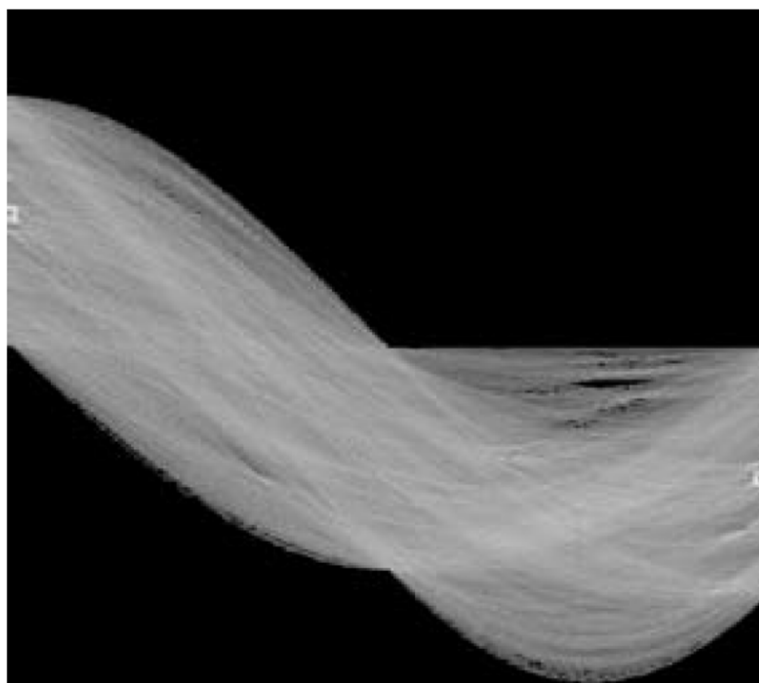


举例

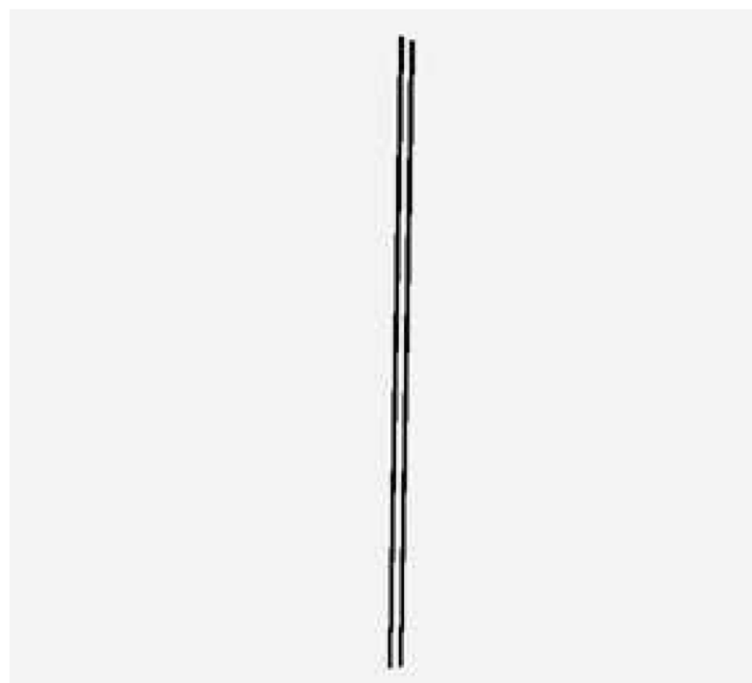
- 寻找机场的主跑道
 - 中间位置、垂直方向

方框为数值最大的单元

该单元对应的像素



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

