



华中科技大学

基于Hough变换的线段检测

许 向 阳

xuxy@hust.edu.cn



- 线段检测任务
- 线段检测的基本方法
- 单线段的拟合
- 多线段的拟合

RANSAC

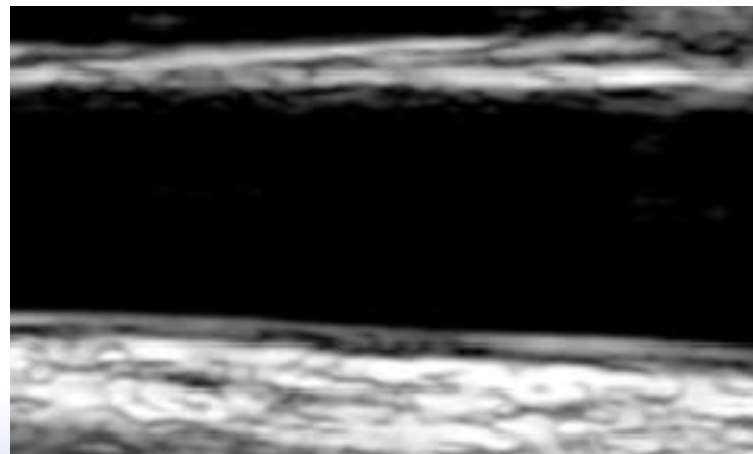
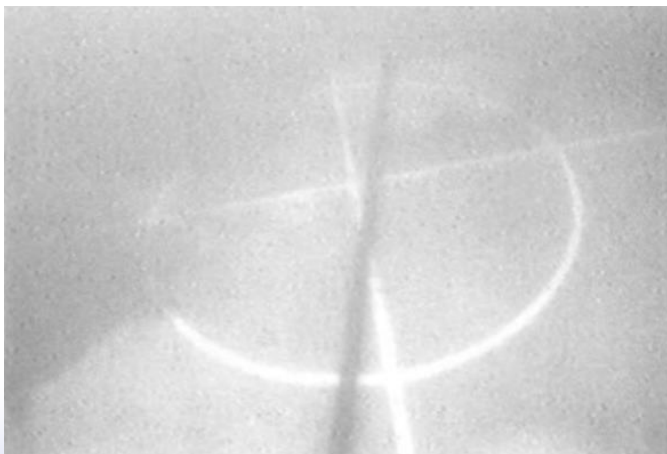
Hough变换

- Hough变换存在的问题及改进
- 广义Hough变换

线段检测任务



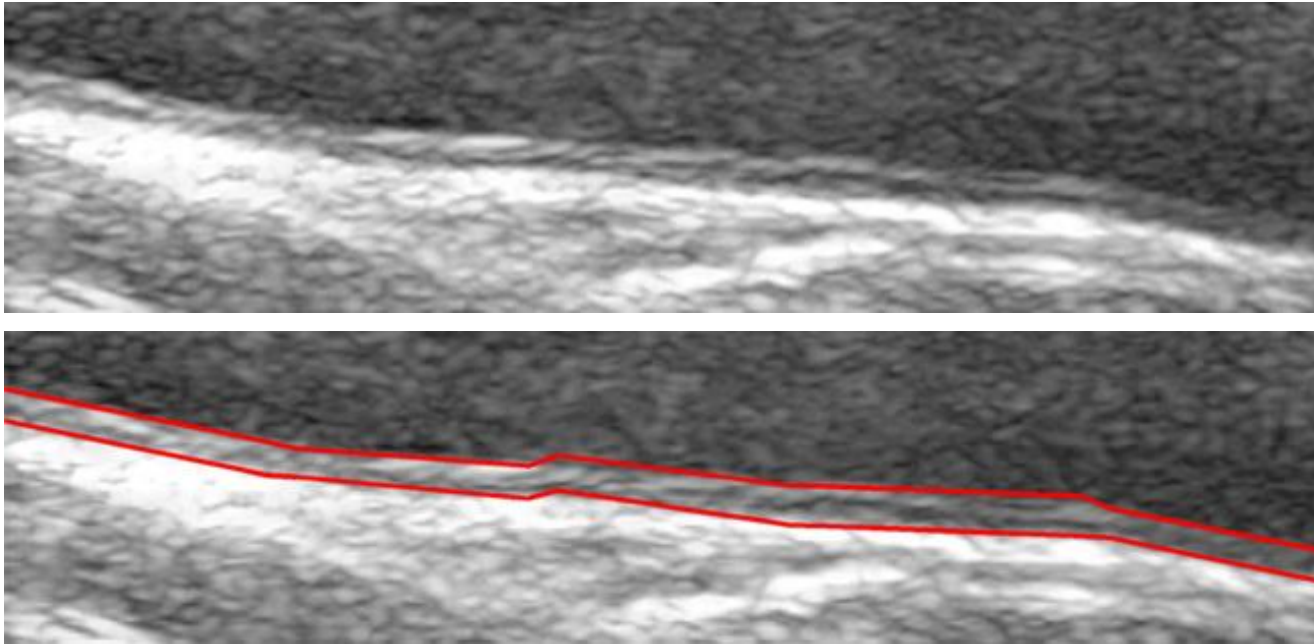
华中科技大学



水下管道

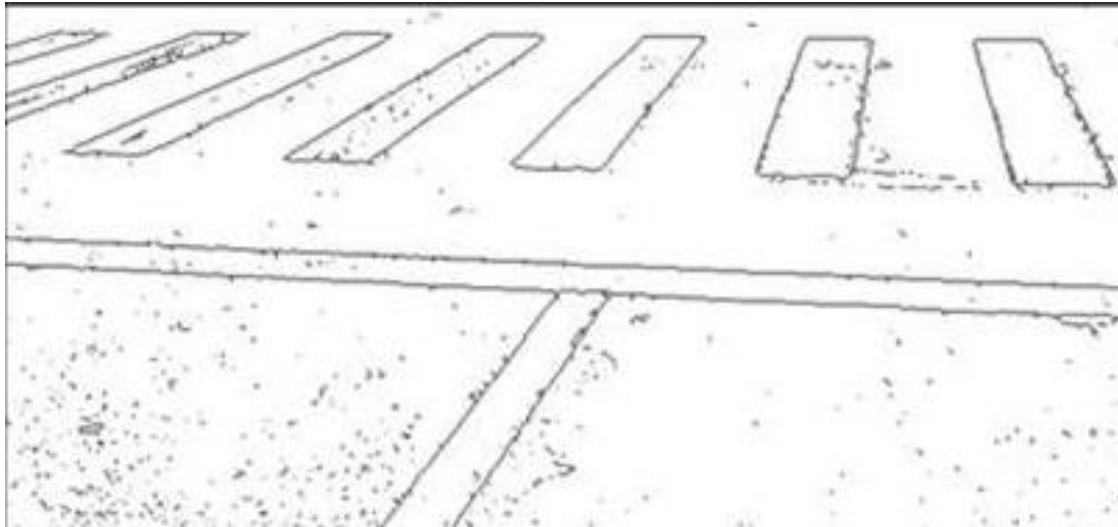


线段检测任务



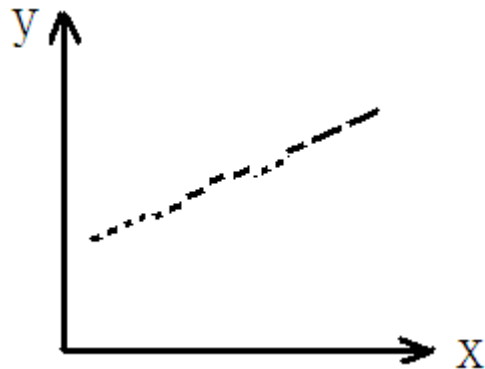
Xiangyang Xu, et.al. Ultrasound intima-media segmentation using Hough transform and dual snake model, Computerized Medical Imaging and Graphics, 2012, 36(3) : 248-258

线段检测的基本方法



- 图像增强
- 求梯度，梯度图像二值化
- 目标点拟合出线段

单线段的拟合



已知:

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$.

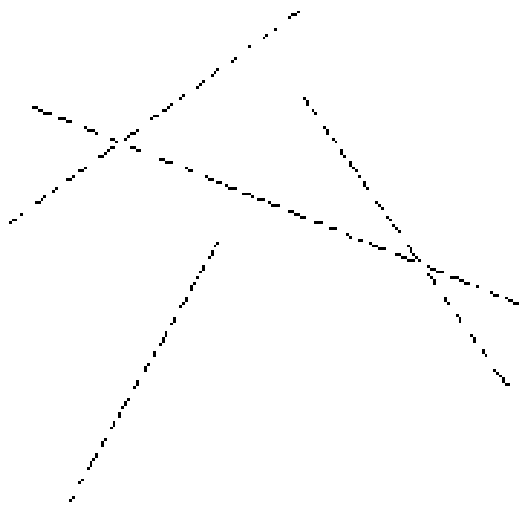
求 $y = kx + b$

最小二乘法

$$\arg \min_{k, b} \sum_{i=1}^n [y_i - (kx_i + b)]^2$$



多线段的拟合

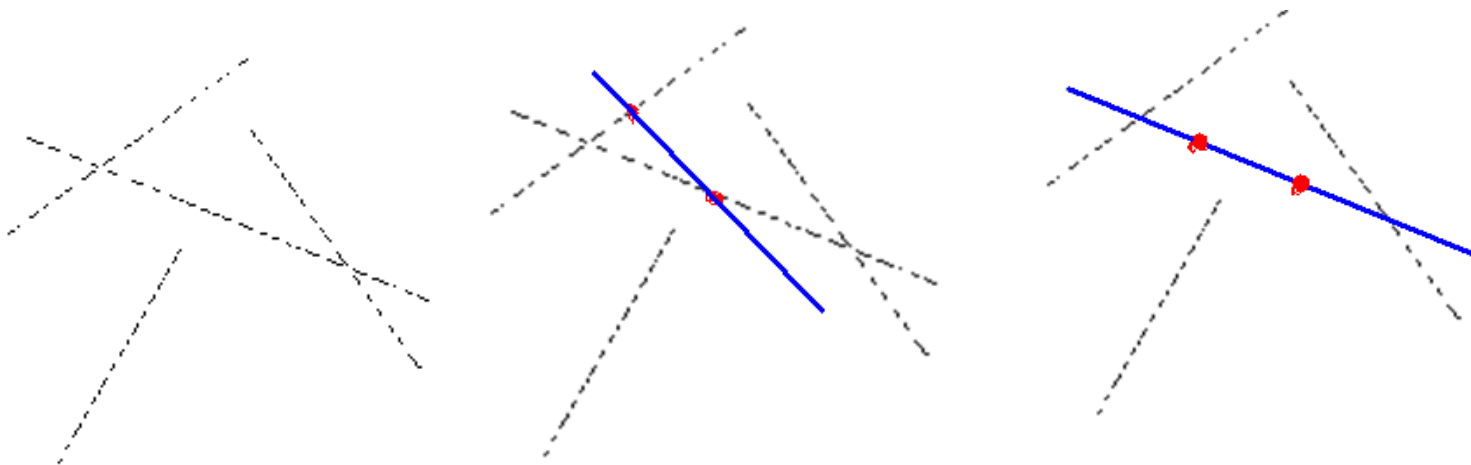


问题：

给出一系列的点，
不是在一条直线上，
而是分布在多条直线上，
怎么办？

多线段的拟合

RANSAC : RANdom SAmple Consensus
随机抽样一致性算法



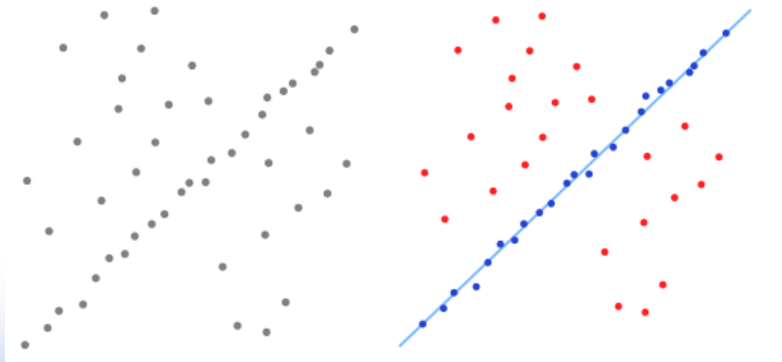
多线段的拟合

RANSAC : RANdom SAmple Consensus

局内点：数据的分布可以用一些模型参数来解释

局外点：不能适应该模型的数据

假设：给定一组（通常很小的）局内点，
存在一个可以估计模型参数的过程，
而该模型能够解释或者适用于局内点





多线段的拟合

RANSAC通过反复**选择数据中的一组随机子集**来达成目标。

被选取的子集被假设为**局内点**，并用下述方法进行验证：

- 1.有一个模型适应于假设的局内点，即所有的未知参数都能从假设的局内点计算得出。
 - 2.用1中得到的模型去测试所有的其它数据，如果某个点适用于估计的模型，认为它也是局内点。
 - 3.如果有足够多的点被归类为假设的局内点，那么估计的模型就足够合理。
 - 4.然后，用所有假设的局内点去重新估计模型，因为它仅仅被初始的假设局内点估计过。
 - 5.最后，通过估计局内点与模型的错误率来评估模型。
- 上述过程被重复执行，每次产生的模型要么因为局内点太少而被舍弃，要么因为比现有的模型更好而被选用。





多线段的拟合

RANSAC的优点:

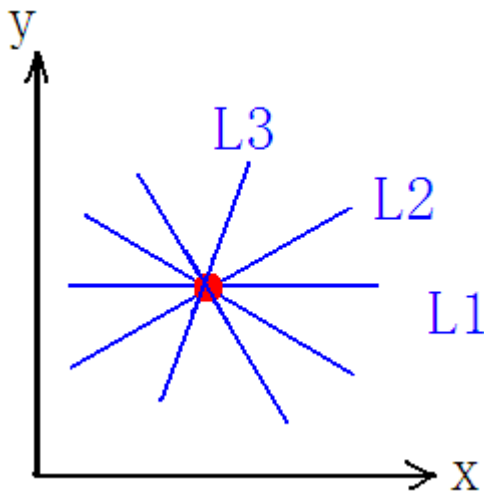
能鲁棒的估计模型参数。

RANSAC的缺点:

- 计算参数的迭代次数没有上限;
- 如果设置迭代次数的上限,得到的结果可能不是最优的结果。只有一定的概率得到可信的模型,概率与迭代次数成正比。
- 要求设置跟问题相关的阈值。
- 只能从特定的数据集中估计出一个模型,如果存在两个(或多个)模型,RANSAC不能找到别的模型。



多线段的拟合——Hough变换



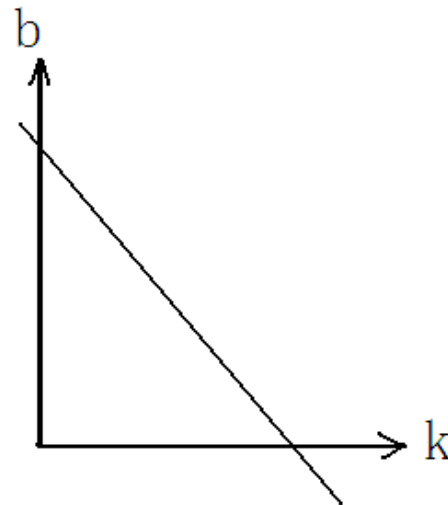
过点 (x_0, y_0) 的直线有很多。

这些直线方程的参数 (k, b) , 满足:

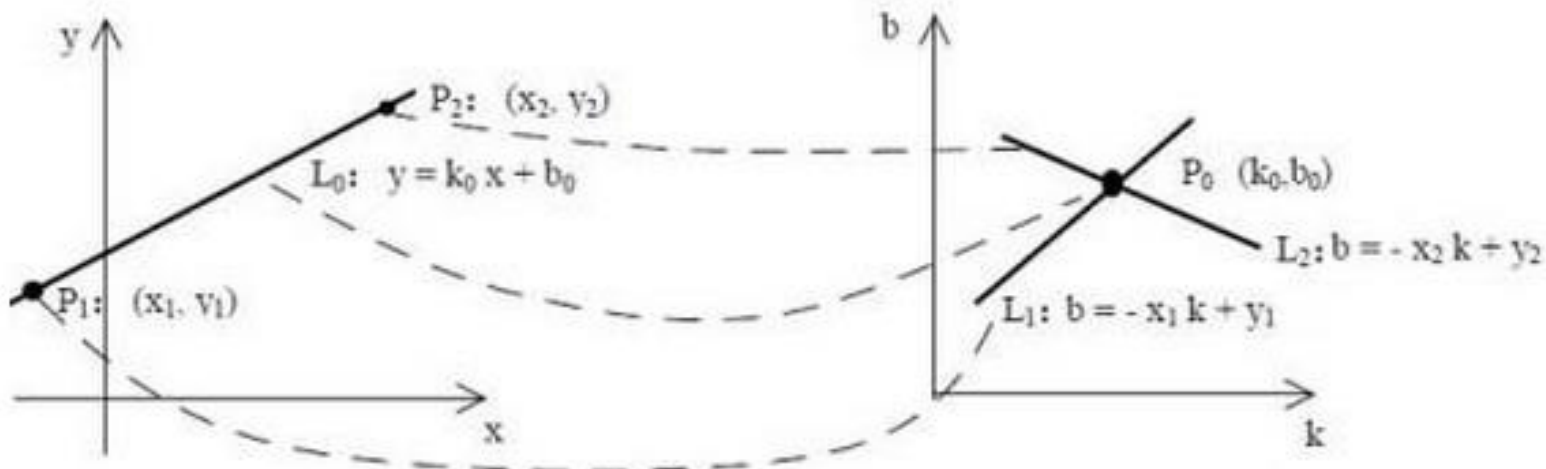
$$y_0 = k * x_0 + b$$

图像空间中的一个点，对应
参数空间的一条直线。

点 (x_0, y_0) 对应的是:
 $b = (-x_0) * k + y_0$



多线段的拟合——Hough变换

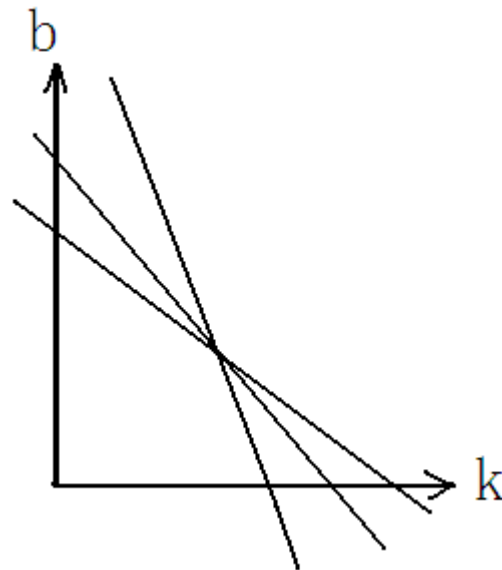
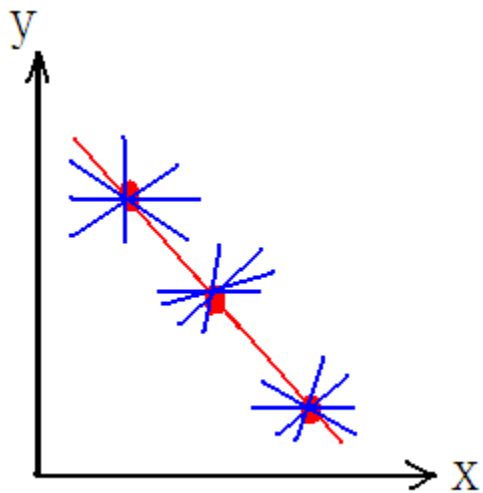


图像空间的点 P_1 、 P_2 ，分别对应参数空间的线 L_1 、 L_2 ;

L_1 与 L_2 的交点 (k_0, b_0) ，对应直线 P_1P_2 。

参数空间中的一个点，对应图像空间的一条直线。

多线段的拟合——Hough变换

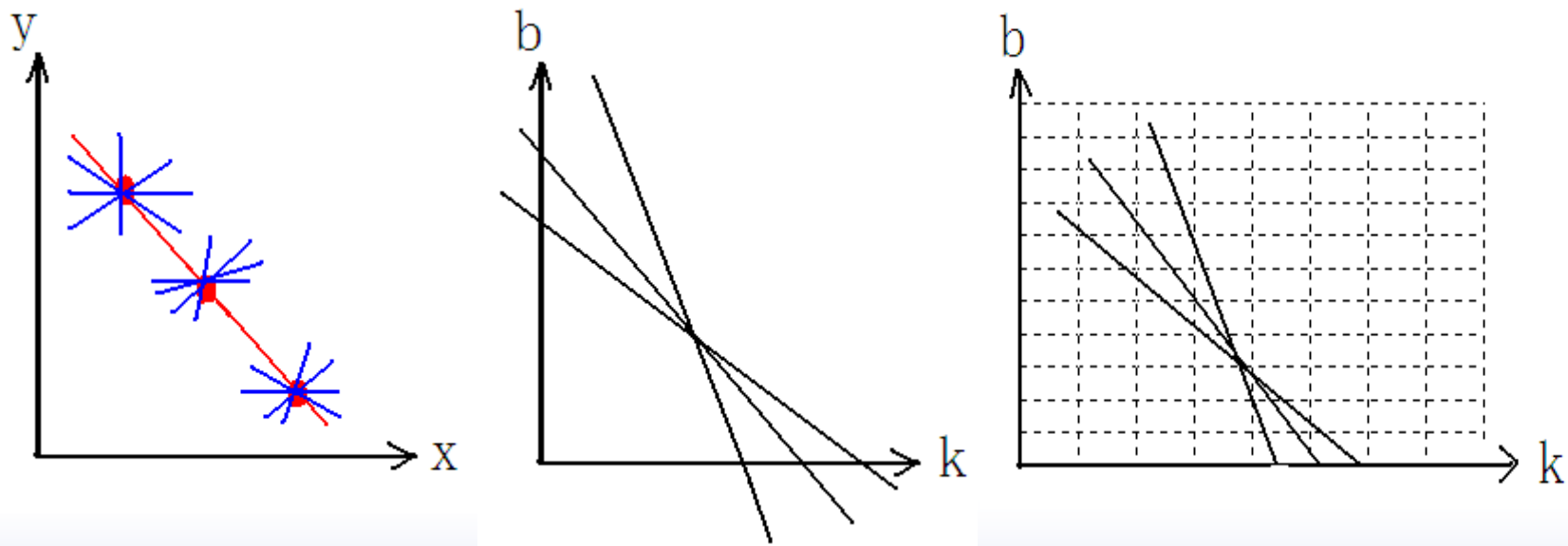


图像空间中的一个点，对应参数空间的一条直线。

参数空间中的一个点，对应图像空间的一条直线。

多线段的拟合——Hough变换

利用图像空间和Hough 参数空间的点—线对偶性，
将图像空间中的检测问题转换到参数空间。
通过在参数空间里进行简单的累加统计，
在Hough参数空间寻找累加器峰值的方法检测直线。





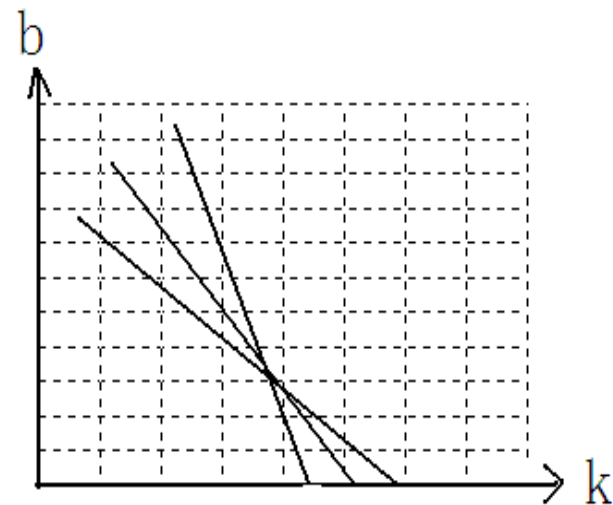
多线段的拟合——Hough变换

问题：

k, b 如何离散化？

k, b 的取值范围与精度？

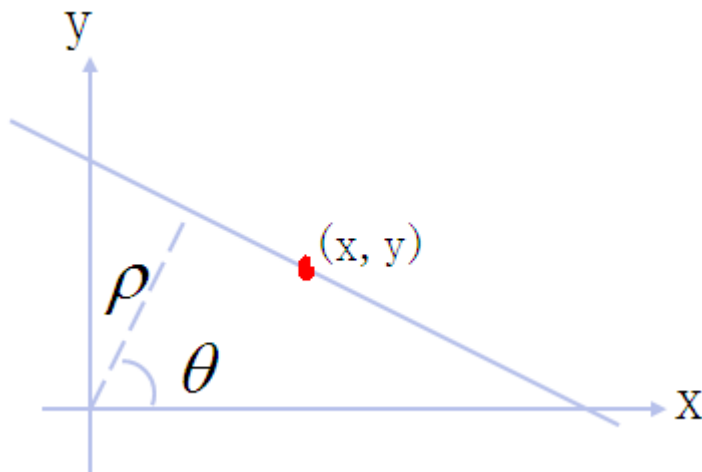
垂直线的斜率为无穷大。



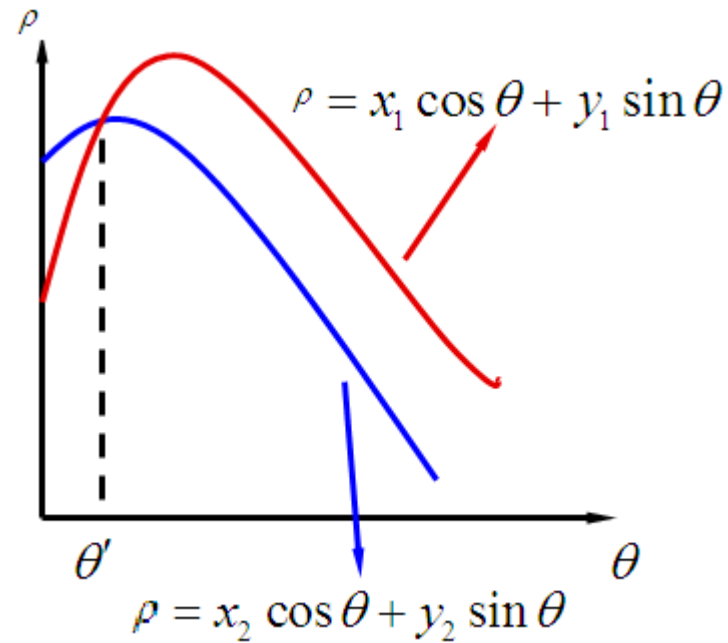
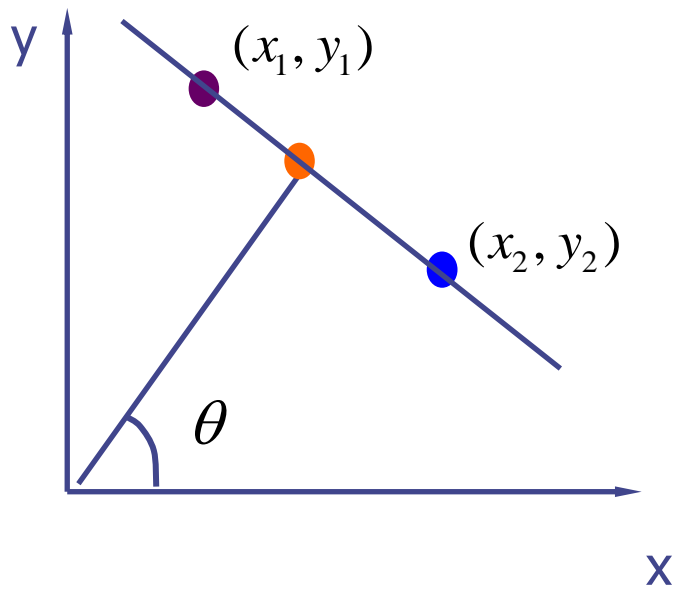
多线段的拟合——Hough变换

直线的极坐标方程

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



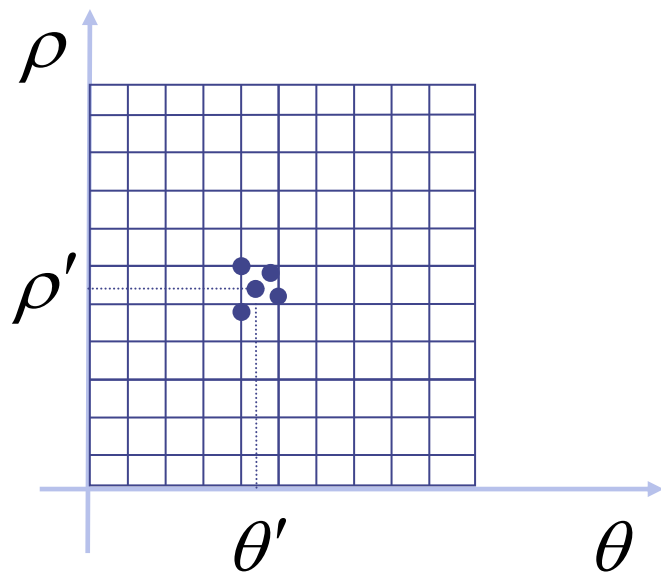
多线段的拟合——Hough变换



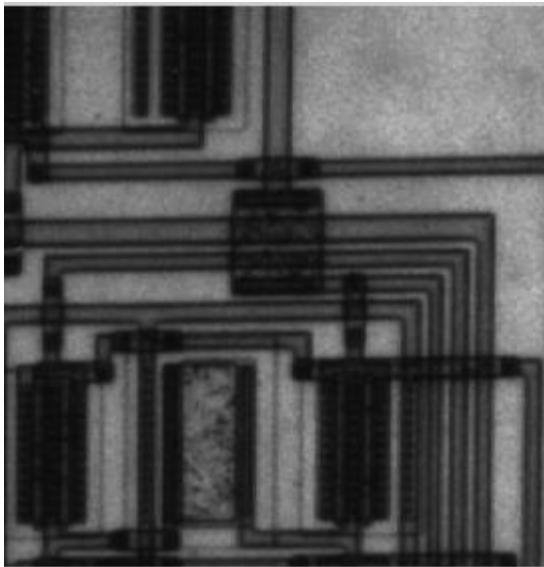


华中科技大学

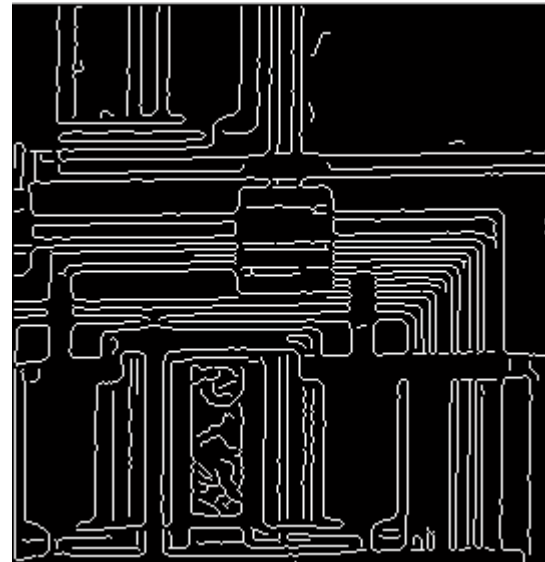
多线段的拟合——Hough变换



多线段的拟合——Hough变换



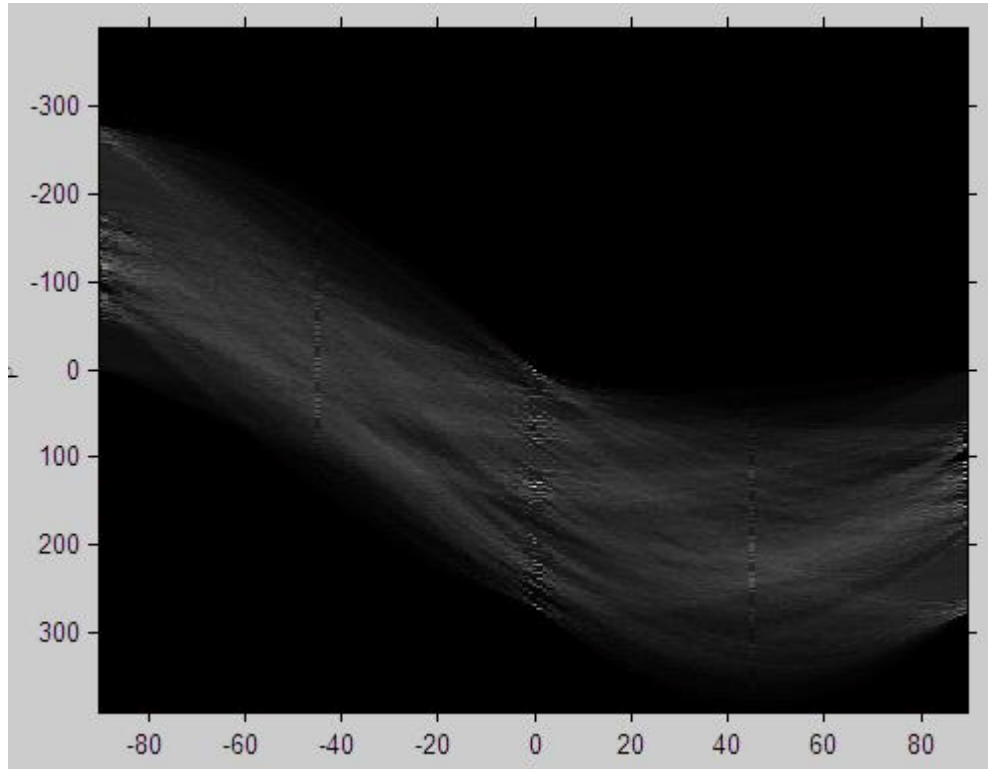
```
I = imread('circuit.tif');
```



```
BW = edge(I,'canny');
```

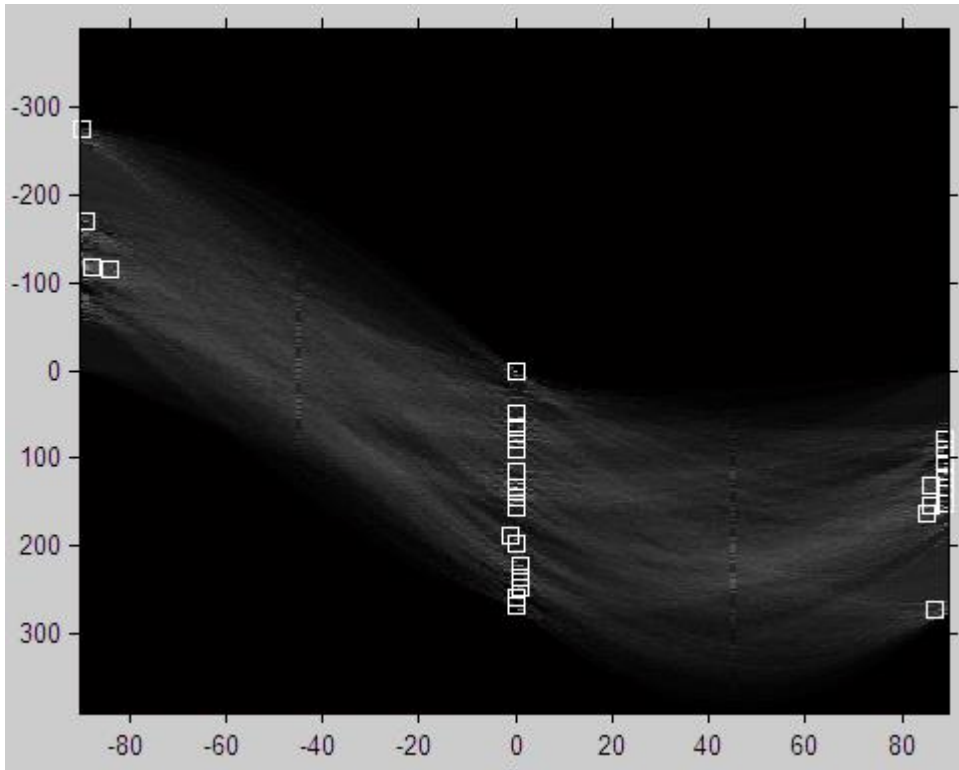
见 MATLAB 的 houghlines 例子
Hough_test.m

多线段的拟合——Hough变换



```
[H,T,R] = hough(BW);  
imshow(H,[],'XData',T,'YData',R,'InitialMagnification','fit');
```

多线段的拟合——Hough变换

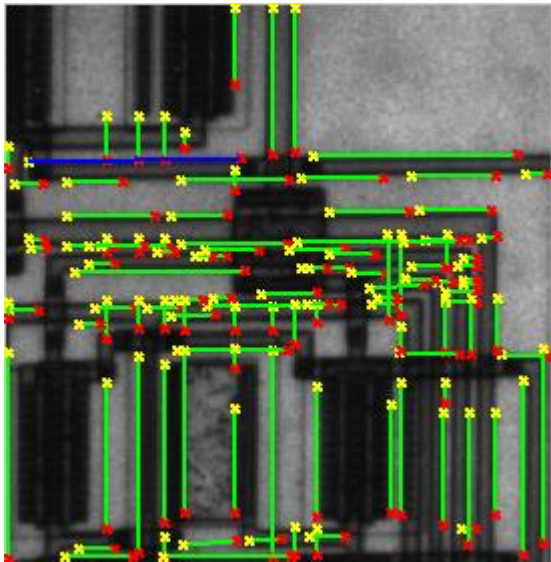


找峰值点

```
P =  
houghpeaks(H,30,'thresh  
old',ceil(0.3*max(H(:))));
```

```
x = T(P(:,2));  
y = R(P(:,1));  
plot(x,y,'s','color','white');
```

多线段的拟合——Hough变换



根据峰值点，确定线段

```
lines =  
houghlines(BW,T,R,P,'FillGap',5,'MinLength',7);  
  
for k = 1:length(lines)  
    xy = [lines(k).point1; lines(k).point2];  
    plot(xy(:,1),xy(:,2),  
         'LineWidth',2,'Color','green');  
end
```



Hough变换存在的问题及改进

- 累加器单元
 - 多峰值
 - 虚假峰值
 - 噪声干扰
- 计算速度
- 内存开销



Hough变换存在的问题及改进

- 1962年 Paul Hough 提出
- 1972年, Use of Hough Transform to detect lines and curves in pictures.
- 1981年, Generalizing Hough Transform to detect arbitrary Shapes
- 1982年, Hierarchical Hough Transform
- 1984年, An Iterative Hough Procedure for three- dimensional object recognition.
- 1990年, A new curve detection method: Randomized Hough transform
- 1991年, A Probabilistic Hough Transform
- 1993年, Connective Hough Transform
- 1994年, Fuzzy Hough Transform



Hough变换存在的问题及改进

➤ 1998年

A Survey of the Hough Transform.

Computer vision, Graphics and Image Processing.

➤ 2001年

Probabilistic and Non Probabilistic Hough Transform
Overview and Comparisons.

Image and Vision Computing.

Hough变换存在的问题及改进

➤ 利用梯度方向信息加权的Hough变换

图像点(x,y)的投票方法:

$$H(\rho, \theta) = \begin{cases} 1, & \text{if } \rho = x \cos \theta + y \sin \theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

改进后的方法:

$$H(\rho, \theta) = \begin{cases} \cos(\theta - \varphi), & \text{if } \rho = x \cos \theta + y \sin \theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

φ 为梯度图中, 点(x,y) 处的梯度方向



广义Hough变换

- 如何使用 Hough 变换检测圆？
- 如何检测椭圆？