



华中科技大学

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

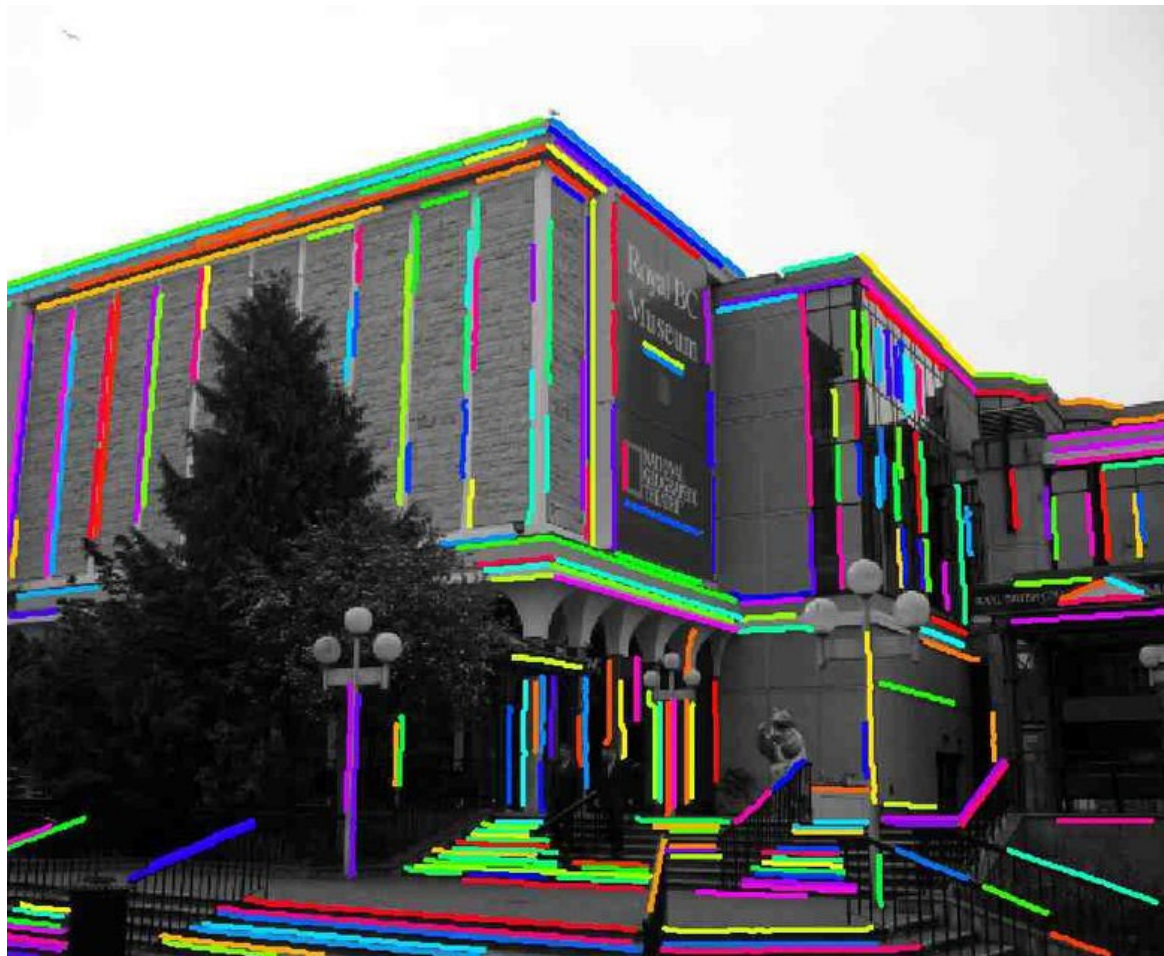
计算机视觉

任课教师：杨卫

计算机科学与技术学院

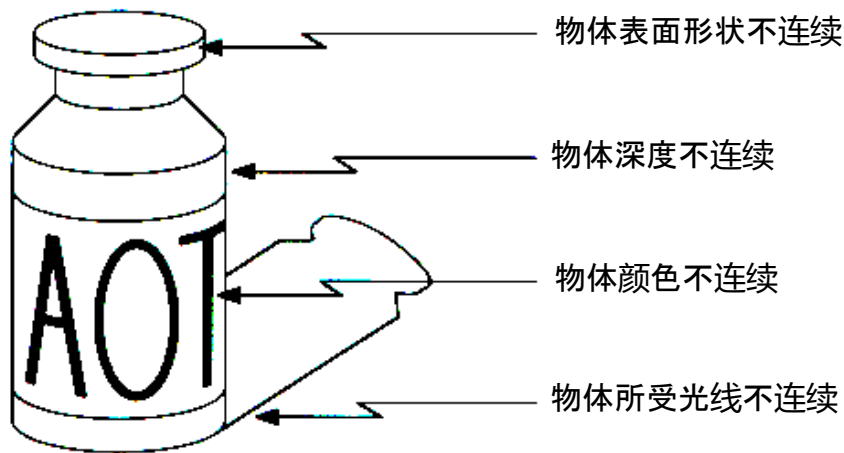
边检测与线检测

Edge & Line Detection



图像边缘检测

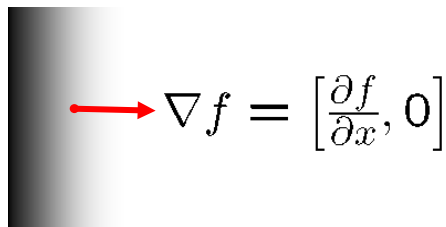
- 边缘是像素值发生突变的地方，也是图像中信息最集中的地方。图像边缘通常由多种因素引起：



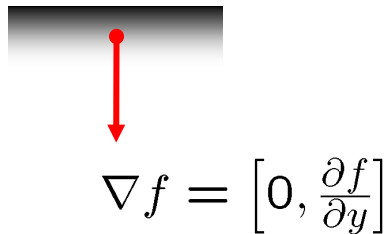
图像梯度

$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$

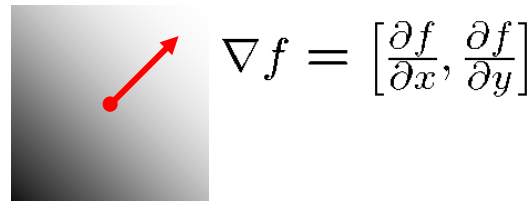
- 梯度指向强度最快速变化的方向：



水平方向强度变化最快



垂直方向强度变化最快



45°方向强度变化最快

如何对一个数字图像求梯度？

离散梯度

- 有限差分：

$$\frac{\partial f}{\partial x}[x, y] \approx F[x + 1, y] - F[x - 1, y]$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}[x, y] \approx F[x, y + 1] - F[x, y - 1]$$

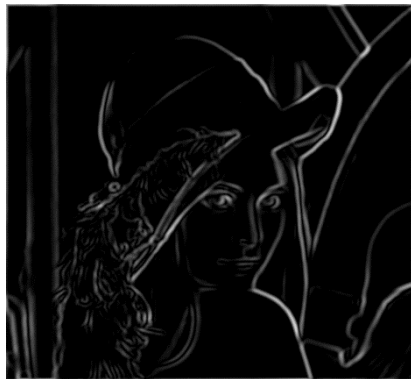
-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

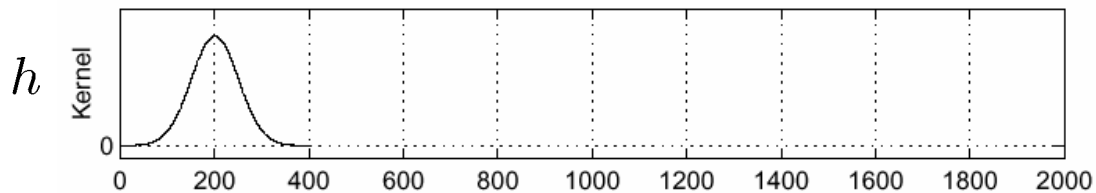
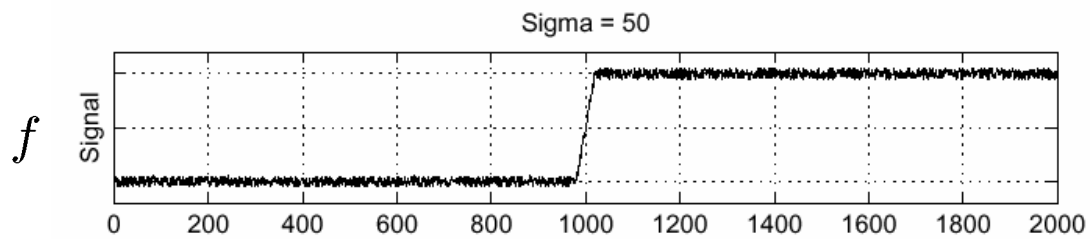
1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

Prewitt算子

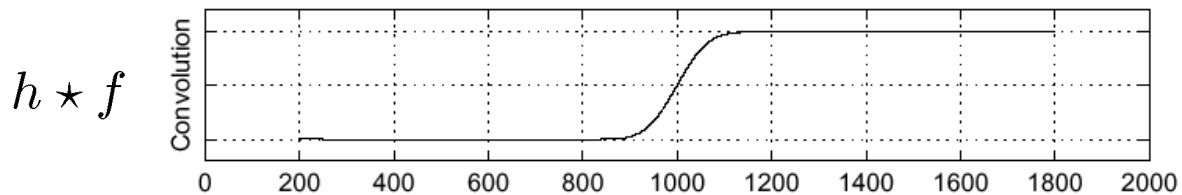
边缘检测本质上就是一种滤波，区别在于滤波器的选择，滤波的规则是完全一样的！

Canny边缘检测器

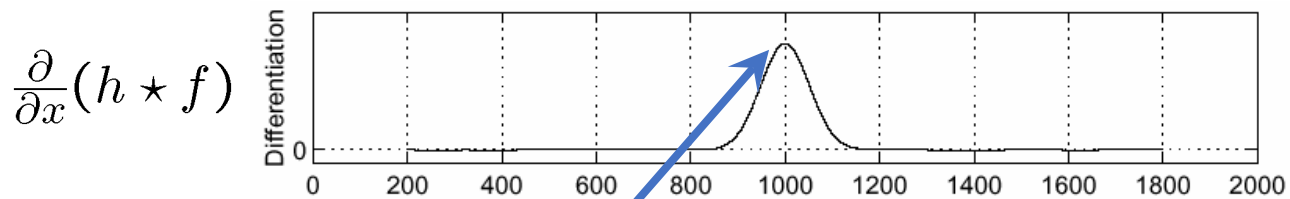




高斯函数



高斯平滑



求梯度

边缘点

边并不是线!

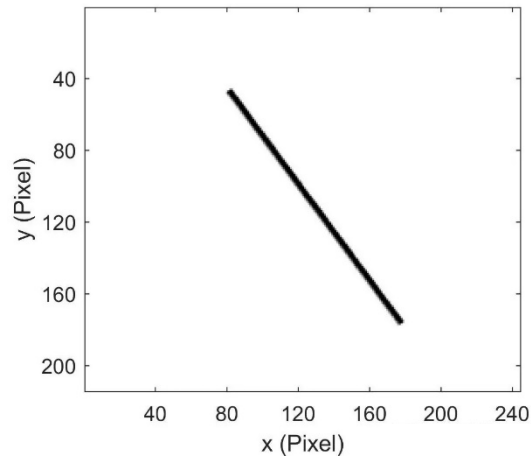


边缘检测只是检测出位于边缘的点

计算机无法判断是否有直线以及直线的位置!

霍夫变换

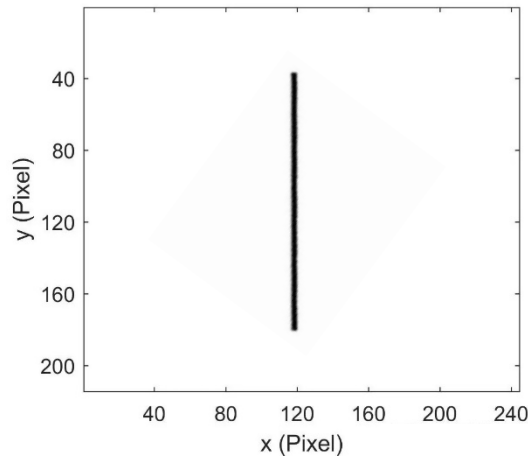
- 让电脑自己学会找直线的算法



$$y = k_0x + b_0$$



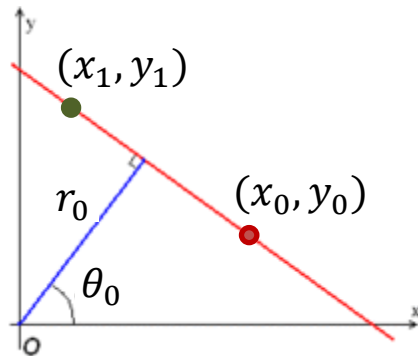
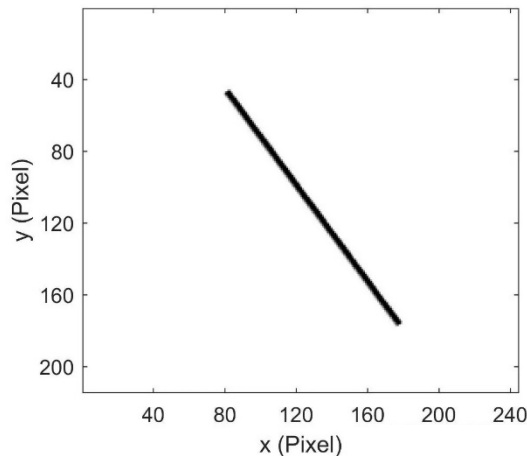
找直线就等同于寻找 k_0 和 b_0



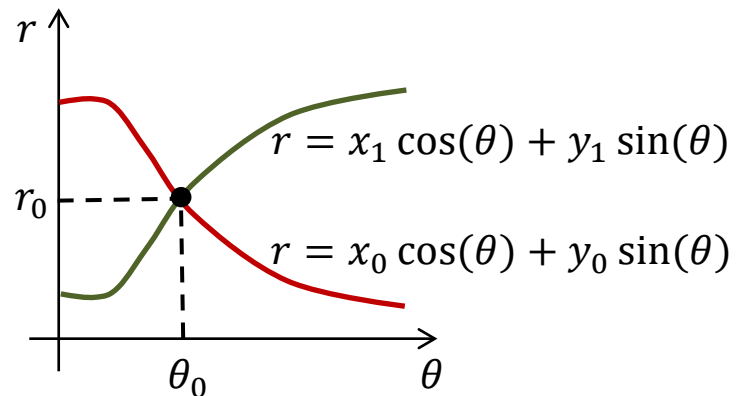
斜率 k 无穷大!

霍夫变换

- 让电脑自己学会找直线的算法



把 (x, y) 空间转化到 (r, θ) 空间



$$r_0 = x_0 \cos(\theta_0) + y_0 \sin(\theta_0)$$

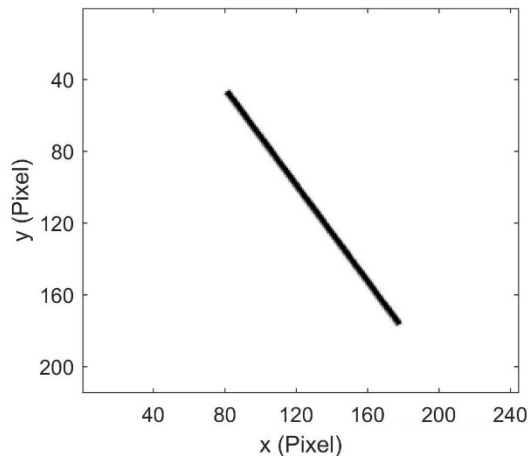
利用初中数学知识推导即可

红色曲线意义：经过 (x_0, y_0) 的所有直线

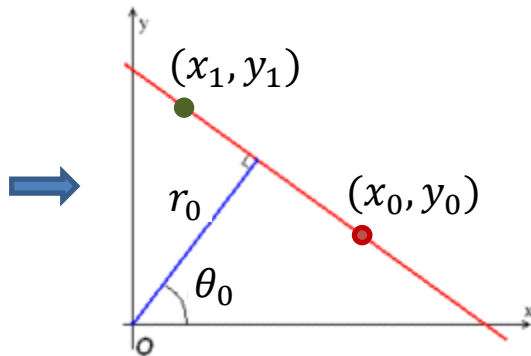
绿色曲线意义：经过 (x_1, y_1) 的所有直线

霍夫变换

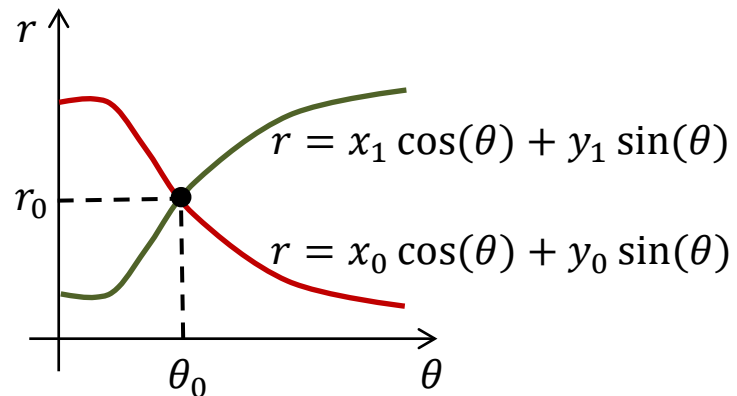
- 让电脑自己学会找直线的算法



$$y = k_0 x + b_0$$



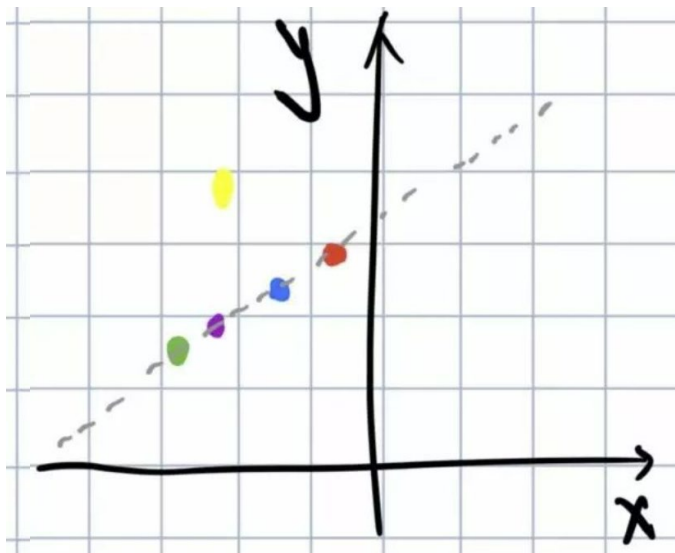
把 (x, y) 空间转化到 (r, θ) 空间



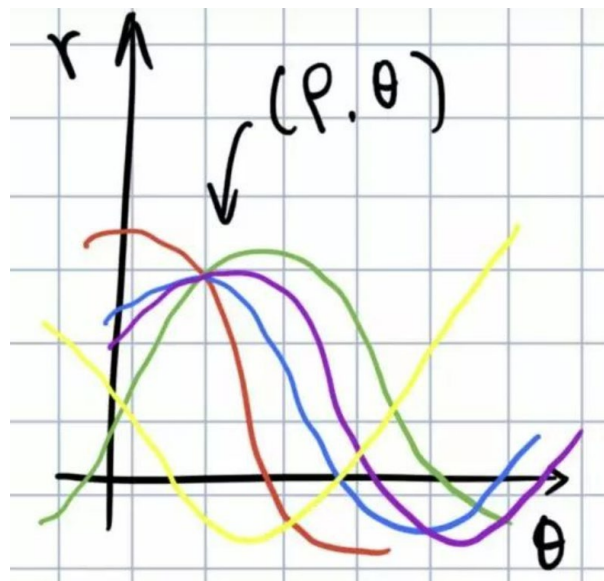
$$r_0 = x_0 \cos(\theta_0) + y_0 \sin(\theta_0)$$

找直线→在霍夫变换后的参数空间找曲线交点！

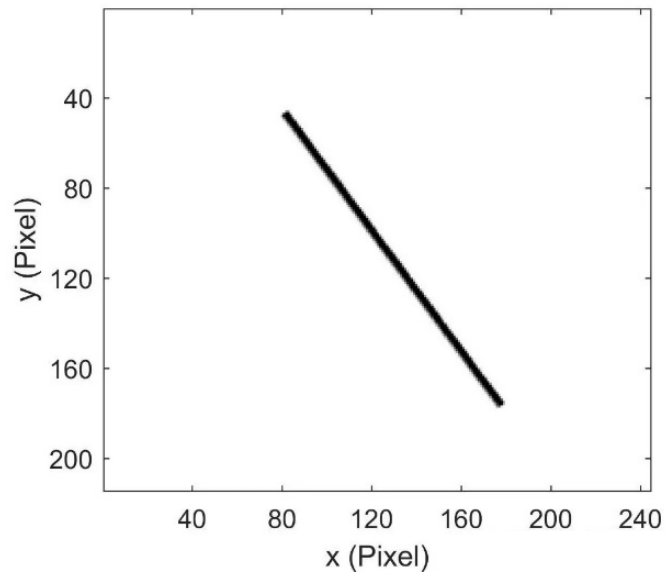
霍夫变换



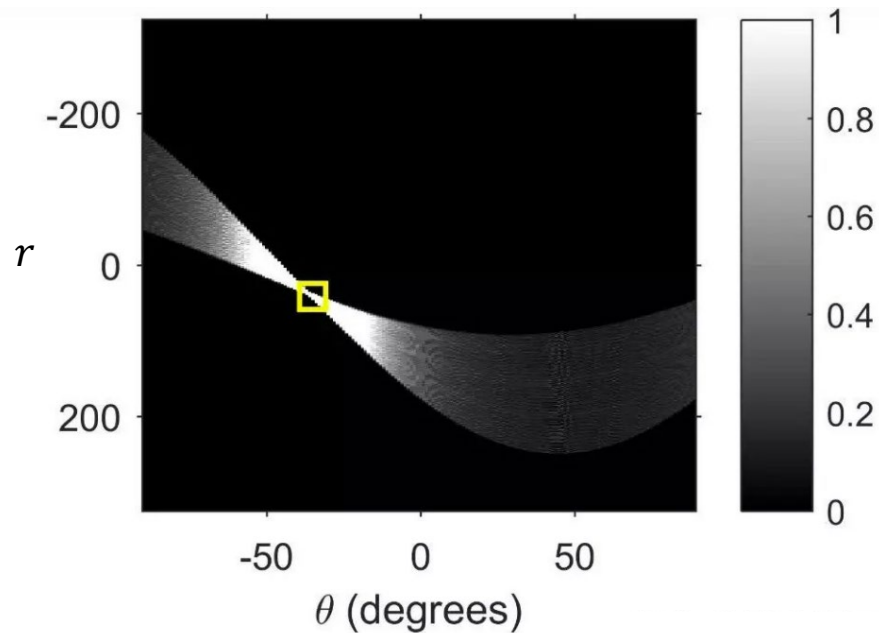
霍夫变换



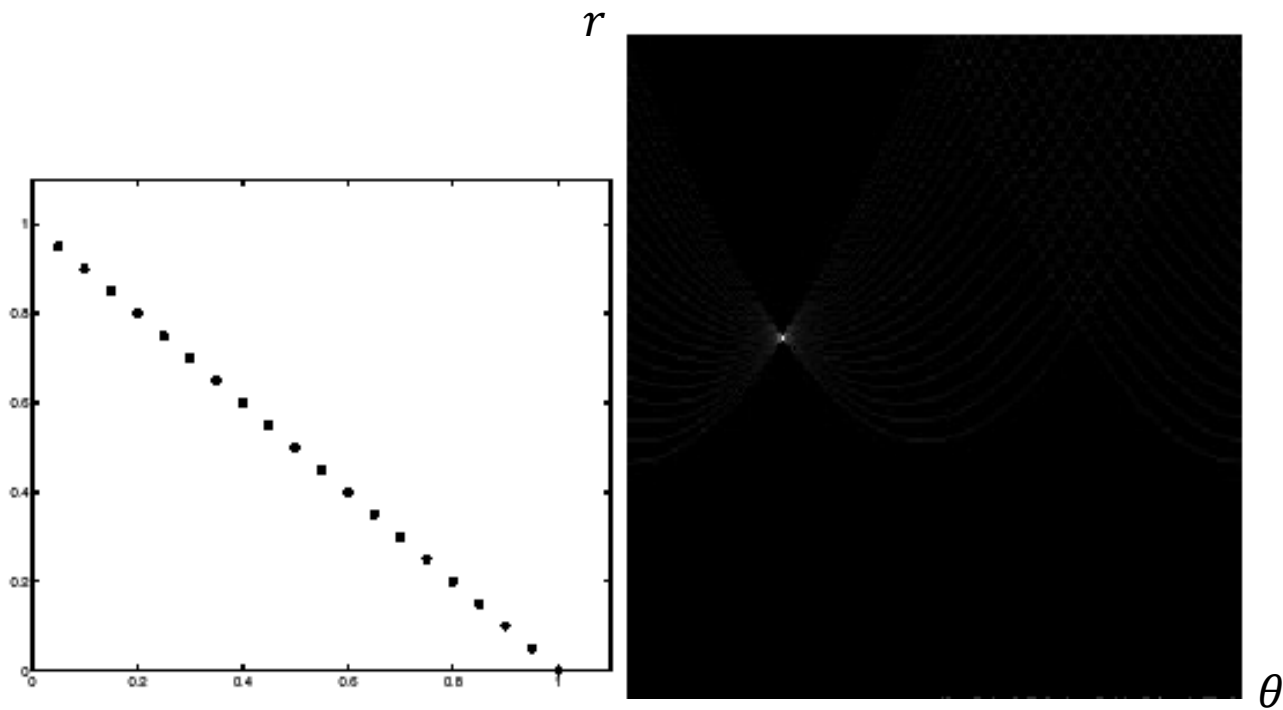
霍夫变换



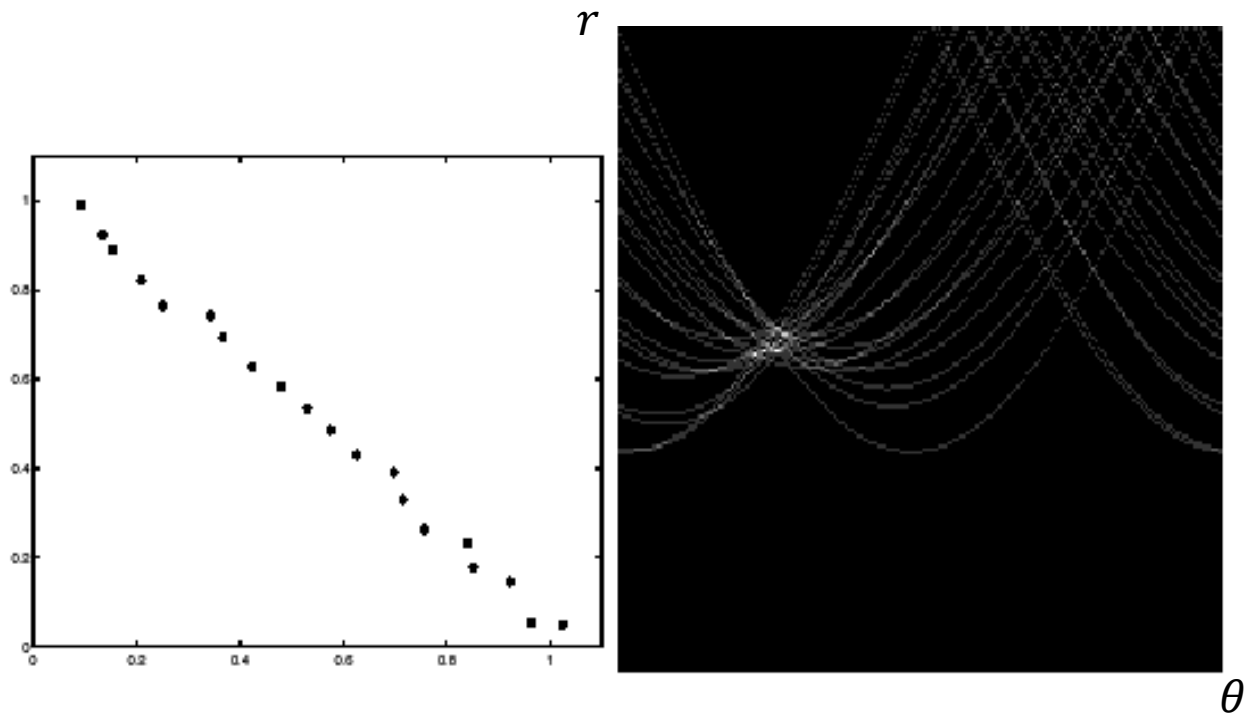
霍夫变换



霍夫变换



霍夫变换



霍夫变换算法流程

核心思想：建立一个二维矩阵作为累加器， (θ, r) 为矩阵元素

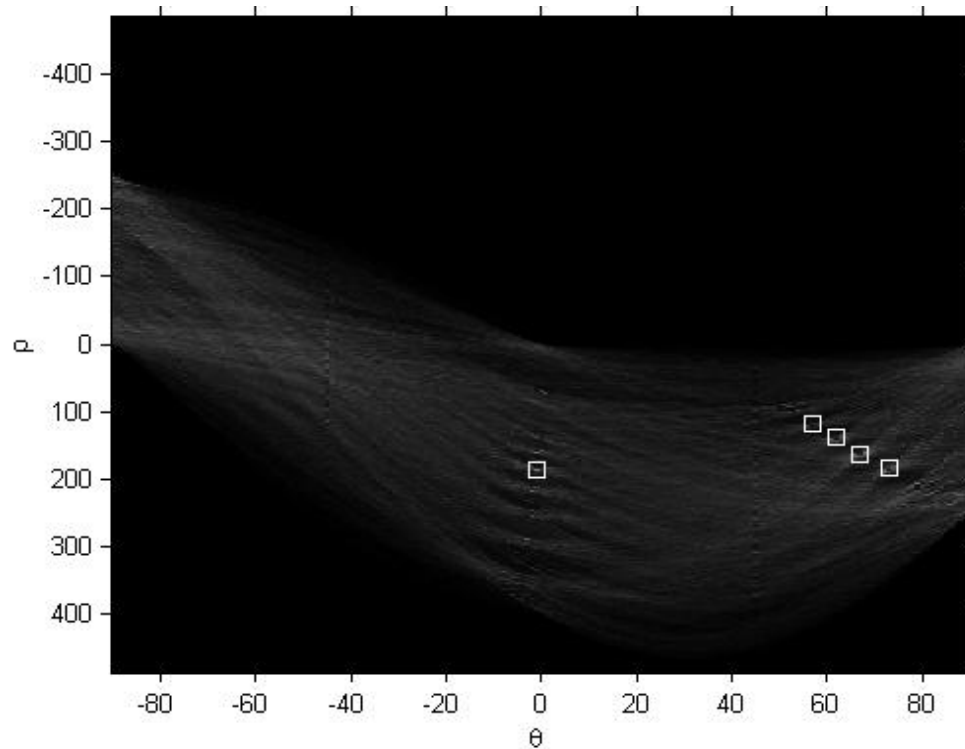
步骤：

1. 把原始图像转换为灰度图
2. 用边缘检测算法寻找边缘点
3. 初始化元素值全为0的矩阵H
4. For each edge point (x, y) in an image:
 For $\theta = 0$ to 180 :
 $r = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$
 $H[\theta, r] += 1$
5. 取出矩阵H中大于阈值 τ 的元素，其对应的 (θ, r) 即为检测到的直线



你已经是一台成熟的电脑了
该学会自己找直线了

霍夫变换应用



霍夫变换应用



(a).原图像



(a).Canny 算子进行边缘检测结果



(b).Hough 变换检测直线

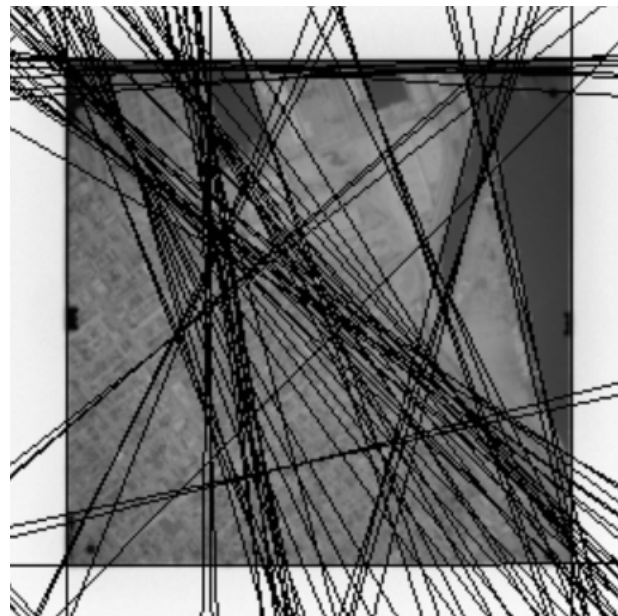
霍夫变换应用



城市街道遥感图像



Canny边缘检测结果

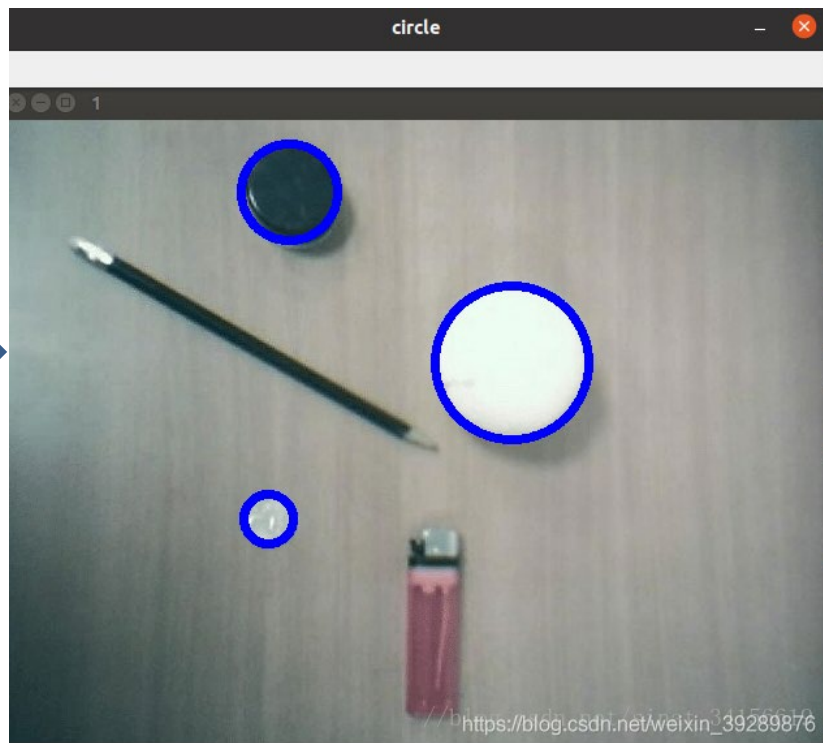


霍夫变换找到的街道

拓展：霍夫圆检测



?

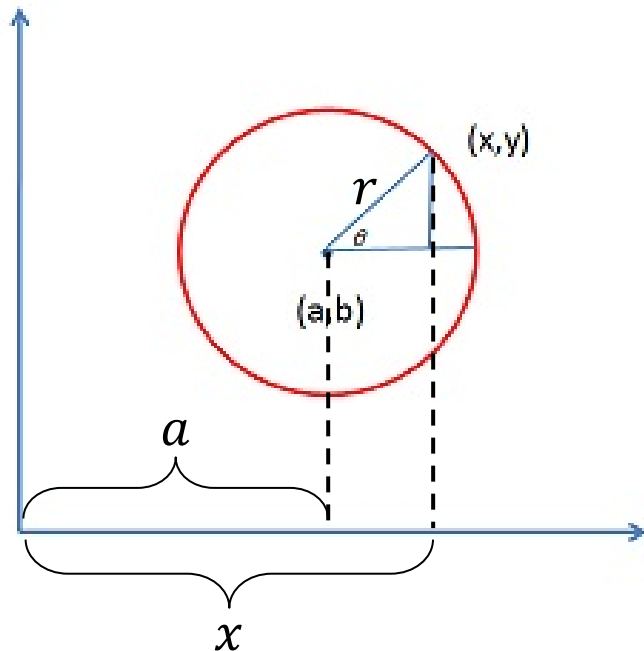


拓展：霍夫圆检测

- 在笛卡尔坐标系中圆的方程为： $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$
其中 (a, b) 是圆心， r 是圆半径

→

$$\begin{aligned} a &= x - r \cos \theta \\ b &= y - r \sin \theta \end{aligned}$$



拓展：霍夫圆检测

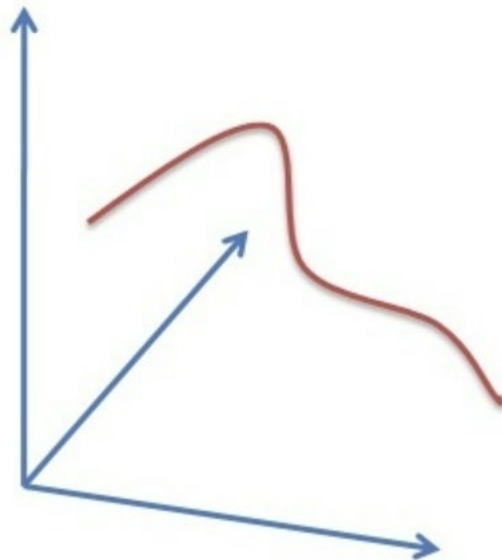
- 在笛卡尔坐标系中圆的方程为： $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$
其中 (a, b) 是圆心， r 是圆半径

→

$$\begin{aligned}a &= x - r \cos \theta \\b &= y - r \sin \theta\end{aligned}$$

- 在笛卡尔坐标系中经过某一点的所有圆映射到 abr 坐标系中就是一条三维曲线。

找圆 → 在霍夫变换后的参数空间找曲线交点！



拓展：霍夫圆检测

img



circle



拓展：霍夫圆检测



参考资料

- <https://blog.csdn.net/YuYunTan/article/details/80141392>
- <https://zhuanlan.zhihu.com/p/448935812>

谢谢！