**Canny边缘检测**

# 边缘检测

图像边缘信息主要集中在高频段，通常说**图像锐化**或**检测边缘**，实质就是**高频滤波**。我们知道微分运算是求信号的变化率，具有加强高频分量的作用。在空域运算中来说，对图像的锐化就是计算微分。由于数字图像的离散信号，微分运算就变成**计算差分或梯度**。图像处理中有多种边缘检测（梯度）算子，常用的包括普通一阶差分，Robert算子（交叉差分），Sobel算子等等，是基于寻找梯度强度。拉普拉斯算子（二阶差分）是基于过零点检测。通过计算梯度，设置阀值，得到边缘图像。

# 边缘检测的三大准则

Canny边缘检测算子是一种多级检测算法。1986年由John F. Canny提出，同时提出了边缘检测的三大准则：

* 低错误率的边缘检测：检测算法应该精确地找到图像中的尽可能多的边缘，尽可能的减少漏检和误检。
* 最优定位：检测的边缘点应该精确地定位于边缘的中心。
* 最小响应：图像中的任意边缘应该只被标记一次，同时图像噪声不应产生伪边缘。

Canny算法出现以后一直是作为一种标准的边缘检测算法，此后也出现了各种基于Canny算法的改进算法。时至今日，Canny算法及其各种变种依旧是一种优秀的边缘检测算法。而且除非前提条件很适合，你很难找到一种边缘检测算子能显著地比Canny算子做的更好。

# Canny边缘检测步骤

## 高斯模糊

这一步很简单，类似于LoG算子（Laplacian of Gaussian）作高斯模糊一样，主要作用就是去除噪声。因为噪声也集中于高频信号，很容易被识别为伪边缘。应用高斯模糊去除噪声，降低伪边缘的识别。但是由于图像边缘信息也是高频信号，高斯模糊的半径选择很重要，过大的半径很容易让一些弱边缘检测不到。

## 计算梯度幅值和方向

图像的边缘可以指向不同方向，因此经典Canny算法用了四个梯度算子来分别计算水平，垂直和对角线方向的梯度。但是通常都不用四个梯度算子来分别计算四个方向。常用的**边缘差分算子**（如Rober，Prewitt，Sobel）**计算水平和垂直方向的差分Gx和Gy**。这样就可以如下计算梯度模和方向：

### Sobel滤波器

 





梯度角度范围从弧度到，然后把它近似到四个方向，分别代表水平，垂直和两个对角线方向（0°,45°,90°,135°）。可以以分割，落在每个区域的梯度角给一个特定值，代表四个方向之一。

## 非最大值抑制

非最大值抑制是一种边缘细化方法。通常得出来的梯度边缘不止一个像素宽，而是多个像素宽。就像我们所说Sobel算子得出来的边缘粗大而明亮。因此这样的梯度图还是很“模糊”。而准则3要求，边缘只有一个精确的点宽度。非最大值抑制能帮助保留局部最大梯度而抑制所有其他梯度值。这意味着只保留了梯度变化中最锐利的位置。算法如下：

* 比较当前点的梯度强度和正负梯度方向点的梯度强度。
* 如果当前点的梯度强度和同方向的其他点的梯度强度相比较是最大，保留其值。否则抑制，即设为0。比如当前点的方向指向正上方90°方向，那它需要和垂直方向，它的正上方和正下方的像素比较。

注意，方向的正负是不起作用的，比如东南方向和西北方向是一样的，都认为是对角线的一个方向。前面我们把梯度方向近似到水平，垂直和两个对角线四个方向，所以每个像素根据自身方向在这四个方向之一进行比较，决定是否保留。

## 双阀值

一般的边缘检测算法用一个阀值来滤除噪声或颜色变化引起的小的梯度值，而保留大的梯度值。Canny算法应用双阀值，即一个高阀值和一个低阀值来区分边缘像素。如果边缘像素点梯度值大于高阀值，则被认为是强边缘点。如果边缘梯度值小于高阀值，大于低阀值，则标记为弱边缘点。小于低阀值的点则被抑制掉。

## 滞后边界跟踪

至此，强边缘点可以认为是真的边缘。弱边缘点则可能是真的边缘，也可能是噪声或颜色变化引起的。为得到精确的结果，后者引起的弱边缘点应该去掉。通常认为真实边缘引起的弱边缘点和强边缘点是连通的，而因噪声引起的弱边缘点则不会。所谓的滞后边界跟踪算法检查一个弱边缘点的**8连通领域像素**，只要有强边缘点存在，那么这个弱边缘点被认为是真是边缘保留下来。