# 图像边缘检测方法研究综述

1. 边缘是图像的最基本特征，边缘检测通常是机器视觉系统处理图像的第一个阶段。
2. 图像边缘的定义
3. 边缘：图像中灰度发生急剧变化的区域边界。
4. 根据灰度变化的剧烈程度，通常将边缘划分为阶跃状和屋顶状。
5. 阶跃边缘：边缘两边的灰度值变化明显。对于一个阶跃边缘点，其灰度变化曲线的一阶导数在该点达到极大值。二阶导数在该点与零交叉。（一阶导数代表斜率，二阶导数代表凹凸性。一阶导数达到最大代表斜率最大处。二阶导数在零点代表凹凸性变化处。）
6. 屋顶边缘：位于灰度值增加与减少的交界处。对于一个屋顶边缘点，其灰度变化曲线的一阶导数在该点与零交叉，二阶导数在该点达到最大值。（一阶导数与零点交叉，代表斜率的增减变化处，二阶导数最大值代表凹凸性的最深处。）

3、 边缘检测步骤

（1）图像滤波：由于对图像边缘进行检测的原理，是对图像灰度变化曲线进行一阶

二阶导数，但是在计算过程中，导数对噪声很敏感。于是必须通过滤波器来改善噪声。

（2）图形增强：就是将图像矩阵中，其领域强度值有显著变化的地方突出显示。该操作的基础是要确定图像各点领域强度的变化值。

（3）图像监测：最简单的边缘检测依据是梯度幅值阈值判据。

（4）图像定位：在子像素分辨率上来估计图像的边缘。

4、判断边缘检测器性能：

（1）边缘检测器的相应中主要有三种误差：丢失的有效边缘、边缘定位误差、将噪声误判断为边缘。

（2）为了定量评价边缘检测器的性能，

其中 , ,d ,分别是检测到的边缘、理想边缘、 实际边缘与理想边缘间的距离和用于惩罚错误边缘的设计常数。但是由于包括了丢失的边缘点、边缘点的位置和错误的边缘,因此,只能用于有限的几种图像。

5、几种传统的边缘检测算子。

（1）基于灰度直方图的边缘检测：

①适用情况：图像在暗区的像素比价多，而其他像素的灰度分布比较平坦。

②方法：用直方图，把门限T分割成两个部分，然后对图像f（i,j）实施以下操作。

1. 扫描图像 f( i ,j)的每一行,将所扫描的行 中每一个像素点的灰度与 T 比较后得g1(i,j)；
2. 再扫描图像 f( i ,j)的每一列,将所扫描的 列中每一个像素点的灰度与 T 比较后得g2(i,j);
3. 将 g1( i ,j)与 g2( i ,j) 合并,即得到物体的 边界图像 g( i ,j)。

③门限的选取：用两条二次高斯曲线对目标和景物所对应的峰进行拟合，然后求二者的交 点,并作为谷底,选取对应的灰度值为门限 T , 或用 一条二次曲线拟合直方图的谷底部分,门限 T 可取 为 。

④几个定义：

1. 门限：输入信号的信噪比低到超过一个临界值时，输出信号的信噪比会出现大幅度下降。那么这个临界值就称作是门限。
2. 信噪比：信号/噪声。显然信噪比越小代表噪声越多。
3. 拟合：拟合的思想就是求一条曲线，使得所有数据点都接近这个曲线。

（2）基于梯度的边缘检测

①适用情况：在边缘灰度值过度比较尖锐，且在图像噪声比较小时，梯度算子的工作效果比较好。该算子对事假的运算方向不予考虑。

②原理：对于一个连续图像函数f（x,y），其梯度可以表示为一个矢量。

(2)

这个矢量的幅度和方向角分别为

(4)

以上各式的偏导数需对每个像素的位置计算, 在实际中常用小区域模板进行卷积来近似计算。对 Gx 和 Gy 各用一个模板,将两个结合起来就构成一个梯度算子。

所以对于不同的模板和元素，提出了很多基于梯度的边缘检测算子。

* 1. Roberts边缘检测算子：
     1. 原理：任意一对互相垂直方向上的差分，都可以用来计算梯度。
     2. 优劣：定位精度高，在水平和垂直方向效果较好。但是对噪声敏感。
     3. 方法：采用对角线方向相邻像素之差

对图像f（x,y），求Roberts梯度为

式中（u,v）为点（x,y）的四领域。或用差分近似为

它的两个2\*2的卷积模板如图

有了这两个卷积算子就可 以计 算 出 Roberts 梯 度 幅 值 R( i ,j) , 再取适当门限 TH, 如 果 R( i ,j)≥TH 则为阶跃边缘 点。

②Sobel边缘检测算子：

1. 优劣：检测效果较好，且对噪声具有平滑作用，可以提供较为精确的边缘方向信息。但是计算量较大，会检测到伪边缘，定位精度不高。如果检测中对精度要求不高，该方法较为常用。
2. 方法：将图像中的每个像素的上、下、左、右四邻域的 灰度值加权差,与之接近的邻域的权最大。因此，算子的定义如下：

③ Prew itt 边缘算子

1. 优劣：
2. 方法：是一种边缘样板算子。样板 算子由理想的边缘子图像构成,依次用边缘样板去 检测图像,与被检测区域最为相似的样板给出最大 值,用这个最大值作为算子的输出。

由图3所示的两个卷积算子形成了Prewitt边缘算子，与使用Sobel边缘算子的方法一样，图像中每个像素都用这两个个核 做卷积,取最大值作为输出,运算结果就是一幅边缘 图像。适当取门限 TH ,如果 R( i ,j)≥TH 则为阶 跃边缘点。

④Laplacan边缘算子：

1. 优劣：优点是各向同性，不但可以检测出绝大部分边缘，同时基本没有出现过伪边缘，精确度高。缺点是双倍加强了噪声的影响，并且边缘的宽度是双像素宽度，不能提供边缘的方向信息。主要应用于对已知边缘的像素，来确定该像素是在图像的暗区还是明区。
2. 方法：Laplacan 算子是二阶微分算子,它具有旋转不变性,即各向同性的性质。表达公式为

　在数字图像中可用数字差分近似为

6、Canny边缘检测算子：

（1）优劣：可能会引入伪边缘点。

（2）原理：现将图像使用高斯函数进行平滑，再由一阶微分的极大值确定边缘点。二阶微分的零交叉点不仅对应着一阶导数的极大值，而且也对应着一阶导数的极小值。换句话说，图像中灰度变化均匀的点与灰度变化缓慢的点都对应着二阶导数零交叉点。

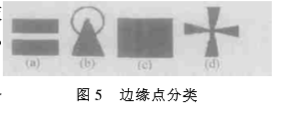
（3）方法：: 对图像 f( x ,y)进行高斯函数滤波 后得到,其中 α为相应的尺度因子。计算其梯度矢量的模 和方向 为

　图像的边缘点即为在 Aα方向上使 Mα取得局 部极大值的点。

7、模糊推理的边缘检测

（1）基本思路

①按照灰度变化方式的不同，边缘点可分为4类，如下图所示。



1. 类：两灰度之间，边缘时直线或光滑的曲线。
2. 类：角形灰度区域的顶点。
3. 类：两灰度区域相差较小的边缘。
4. 类：多个灰度区域的交点。
   1. 根据不同类别边缘点定义多种边缘特征，边缘点的特征有
      1. 对称度：像素点在线素方向法线两遍灰度分布的对称度：

其中和分别表示在窗口内关于法线对称的点对的灰度;∑含义为窗口内所有点对的灰度差;含义为窗口内所有点对的灰度差之和；N为窗口内所有点对的个数。

* + 1. 线素梯度：表示像素点线素方向两侧灰度变化率

其中表示线素方向一侧所有点灰度和；表示线素方向另一侧所有点灰度和。

* + 1. 线素方向标准差：表示在像素点的线索方向上，各点灰度值的差异程度

该标准差越小,说明线素方向上的点灰度差异 越小,即该线素方向越合理。

* 1. 模糊规则：用min-max重心法，模糊推理边缘隶属度，进而实现边缘检测。

针对不同边缘点,用不同的特征组合分别制定 识别不同类别边缘点的模糊规则。在确定了每个像 素点的线素方向后,分别计算以上的特征参数,然后 按模糊规则计算每点的模糊边缘隶属度。

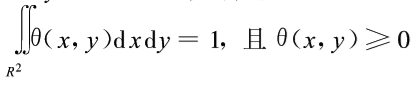
8、Mallat小波边缘检测算子

（1）优劣：可以正确的检测这种图像，即图像中灰度发生不连续变化，而且噪声信号与之类似，同样是高频信号。

（2）方法：

在边缘提取中,一般取小波函数为

其中为平滑函数,满足（老师，下图这个二重积分我找不到合适的公式表达，只好暂时用图片格式代替，明天我继续研究这个如何表达）



则相应的二进小波变换为

固定尺度，梯度向量的模和相角为

模 沿方向的局部极大值点对应于平滑后图像灰度的突变点。图像边缘点也应是这样的点。因此,将模值相近和相角相近的相邻的奇异点连接去除可能是由噪声引起的长度小于一定阈值的短链,就可得到相应尺度下的边缘链。这样的 链接应该是连续的、光滑的、单像素宽的。

# 基于matlab的边缘提取方法的比较

1. 边缘检测的基本思想：
2. 利用边缘增强算子，突出图像中的局部边缘。
3. 定义像素中的“边缘强度”，通过设置阈值的方法提取边缘点集。
4. 边界检测包括两个基本内容：
5. 用边缘算子提取出反映灰度变化的点集。
6. 在上述集合中剔除某些边界点或填补边界间断点，并将这些边缘连接成完整的线。
7. 微分算子法
8. 利用边缘邻近一阶或二阶方向导数变化规律，考察图像的每个像素的某个邻域内灰度变化。
9. 为啥用导数：导数算子具有突出灰度变化的作用，对图像运用导数算子，灰度变化较大的点处算得的值较高。然后通过对这些导数值设置阈值，提取边界的点集。

# Find edges in intensity image

Edge函数

1. 作用：在强度图像中查找边缘
2. 调用方式：

BW = edge(I)

BW = edge(I,method)

BW = edge(I,method,threshold)

BW = edge(I,method,threshold,direction)

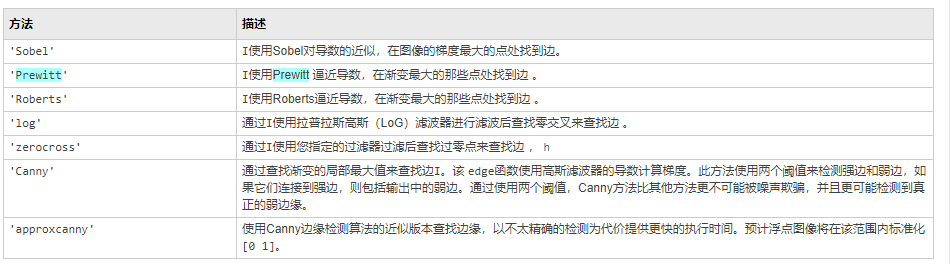
BW = edge(**\_\_\_**,'nothinning')

BW = edge(I,method,threshold,sigma)

BW = edge(I,method,threshold,h)

3、① I是图像

②method 是用的方法，通常默认用Sobel边缘检测法，可以选以下



③threshold，一个阈值，返回所有强于这个阈值的边

④direction，需选择要检测的边的方向。只有Sobel和Prewitt可以检测垂直方向，水平方向。Roberts方法可以检测与水平成45°角或者135°角，或者这个成角度的两个边。

⑤’nothinning’，适用于Sobel方法，可以跳过边缘细化阶段。

⑥‘sigma’，适用于LOG与Canny方法，指定过滤器的标准偏差。

⑦‘h’，适用于Zerocross算法，检测边缘h

# houghlines Extract line segments based on Hough transform

Houghlines函数

1、格式：

lines = houghlines(BW,theta,rho,peaks)

lines = houghlines(**\_\_\_**,Name,Value,...)

2、

①BW，代表在霍夫变换中，提取相关联图像中的线段

②theta、rho，是函数返回的向量

③peaks，是函数返回的矩阵，包含搜索线段的Hough变换区间里的坐标

④Lines，返回的是一个数组，其长度等于找到的合并线段的个数。

# Hough Transform直线检测

1. 定义：Hough Transform 是一种能提取图像总某种特定性状特征的方法。可以理解成，将图像空间中的像素转换成Hough空间中直线或曲线的一种映射函数。通过利用Hough空间的一些性质，我们可以找到并识别一些有共同特性的点，从而选择这些特性输出。其输入通常为二值边缘图像。
2. 原理：

①图像空间的坐标映射到Hough空间：

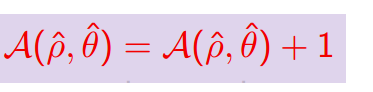
我们可以把图像空间的坐标通过下式表达成Hough空间：

其中，P是坐标原点到直线的距离

是与坐标轴的夹角

通常我们写成如下形式

②由于图像空间中两个点总在一条直线上。而在Hough空间中，曲线相交的点的个数记录下来，并对每个交点进行下式计算：（老师下图这个我也没有找到合适的公式来表达，我明天会继续研究出表达方法！）



将计算后的值记录下来，设置一个阈值，将大于阈值的点收录到矩阵中，并对这些点再映射回到实际空间中

从而就得到了空间中的曲线。