

# 数字图像处理

## 直线检测

姓名：朱可

班级：自动化 63

学号：2160504082

提交日期：2019 年 5 月 16 日

## 摘要

三种重要的图像特征为孤立点，线和边缘。一条线可视为一条边缘线段，该线两侧的背景灰度要么远亮于该线的像素的灰度，要么远暗于。孤立点可视为一条线，只是其长度和宽度都为一个像素。本次作业主要基于孤立点，线以及边缘检测，在 MATLAB 上实现了边缘检测以及直线检测。首先运用了拉普拉斯算子、Sobel 算子、Roberts 算子、Prewitt 算子和 Canny 算子，并比较了各种算子检测结果的好坏。然后进行了直线检测，在边缘检测的基础上进行霍夫变换，然后改变了边缘检测的方法和以及霍夫（Hough）变换时的参数来生成不同的检测结果，并对不同参数与不同方法的检测结果进行了对比与分析。

**关键词：**边缘检测、直线检测、Hough 变换

## 1 对 test1~test6 进行边缘检测

### 1.1 边缘检测概述

边缘检测是基于灰度图便来分割图像的常用方法。边缘模型根据他们的灰度剖面来分类。共有三种类型边缘，分别为台阶模型、斜坡模型以及屋顶边缘模型。

为达到寻找边缘的目的，检测灰度变化可以用一阶或者二阶导数来完成。而要得到一幅图像的梯度，则要求在图像上的每个像素处计算偏导数。我们处理的是数字量，因此要求关于一点的邻域上的偏导数是数字近似，由此我们可以通过选择不同的模板来完成不同的边缘选择。

#### 1.1.1 拉普拉斯算子

拉普拉斯算子是  $n$  维欧几里德空间中的一个二阶微分算子，定义为梯度  $(\nabla f)$  的散度  $(\nabla \cdot f)$ 。拉普拉斯算子也可以推广为定义在黎曼流形上的椭圆型算子，称为拉普拉斯-贝尔特拉米算子。在图像处理中常用来进行孤立点的检测，拉普拉斯一般具有各向同性，即对各个方向的边缘具有相同的检测效果。若在检测过程中对某一方向的直线比较感兴趣，也可以将拉普拉斯算子设计成能够检测水平直线、垂直直线以及 45 度方向直线的形式。其模板如下所示：

0	1	0	1	1	1
1	-4	1	1	-8	1
0	1	0	1	1	1

### 1.1.2sobel 算子

其主要用于边缘检测，在技术上它是以离散型的差分算子，用来运算图像亮度函数的梯度的近似值， Sobel 算子是典型的基于一阶导数的边缘检测算子，由于该算子中引入了类似局部平均的运算，因此对噪声具有平滑作用，能很好的消除噪声的影响。Sobel 算子对于象素的位置的影响做了加权，与 Prewitt 算子、Roberts 算子相比因此效果更好。Sobel 算子包含两组 3x3 的矩阵，分别为横向及纵向模板，将之与图像作平面卷积，即可分别得出横向及纵向的亮度差分近似值。

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

### 1.1.3 Roberts 算子

该算子主要用于边缘检测，是最早尝试使用具有对角优势的二维模板之一。其大小为 2\*2，在计算上比较简单，但它们对于用关于中心的对称的模板来计算边缘方向不是很有用。

### 1.1.4 Prewitt 算子

这种算子也是主要运用于边缘检测，可以说是罗伯特算子的优化版本，由于其模板大小为 3\*3，所以比罗伯特算子对于用关于中心点对称的模板来计算边缘方向更有用。同时，这个算子相比于 Sobel 算子来说计算更加简便。如下所示：

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

### 1.1.5 Canny 算子

该算子功能比前面几种都要好，但是它实现起来较为麻烦，Canny 算子是一个具有滤波，增强，检测的多阶段的优化算子，在进行处理前，Canny 算子先利用高斯平滑滤波器来平滑图像以除去噪声，Canny 分割算法采用一阶偏导的有限差分来计算梯度幅值和方向，在处理过程中，Canny 算子还将经过一个非极大值抑制的过程，最后 Canny 算子还采用两个阈值来连接边缘。

## 1.2 实验结果

将 6 副图片导入到 MATLAB 中，然后运行代码，分别对每一副图片运用上述的检测方法，得到如下的结果。

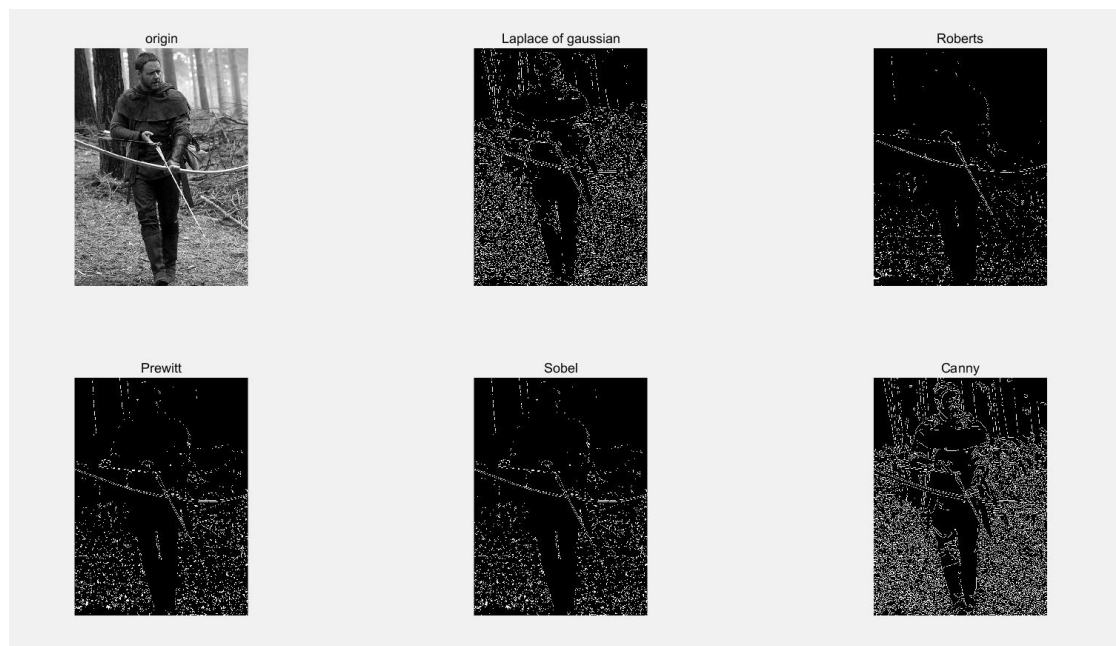


图 1-1 test1 的边缘检测结果

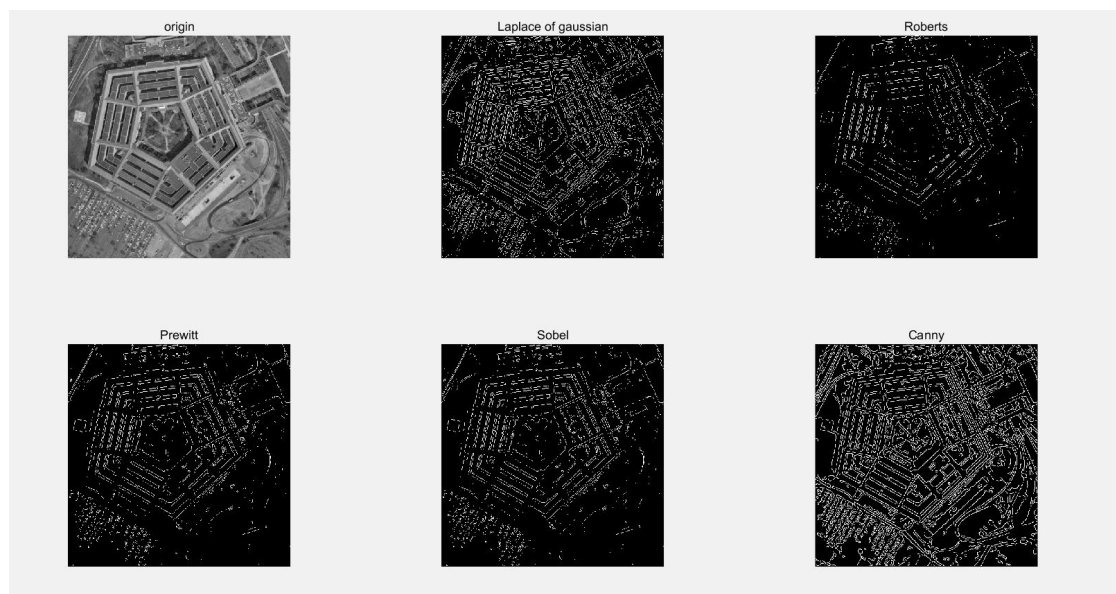


图 1-2 test2 的边缘检测结果

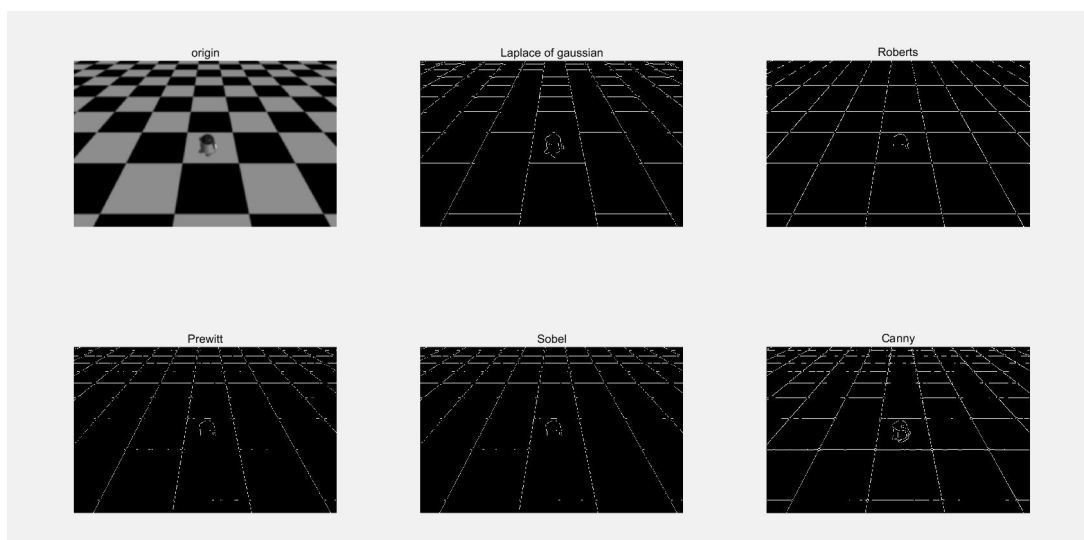


图 1-3 tes3 的边缘检测结果

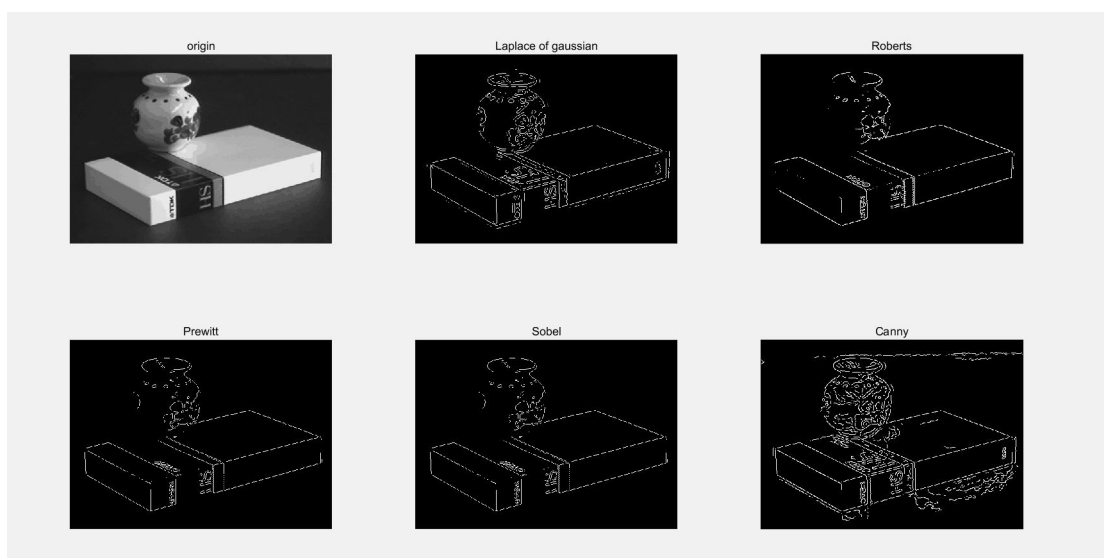


图 1-4 test4 的边缘检测结果

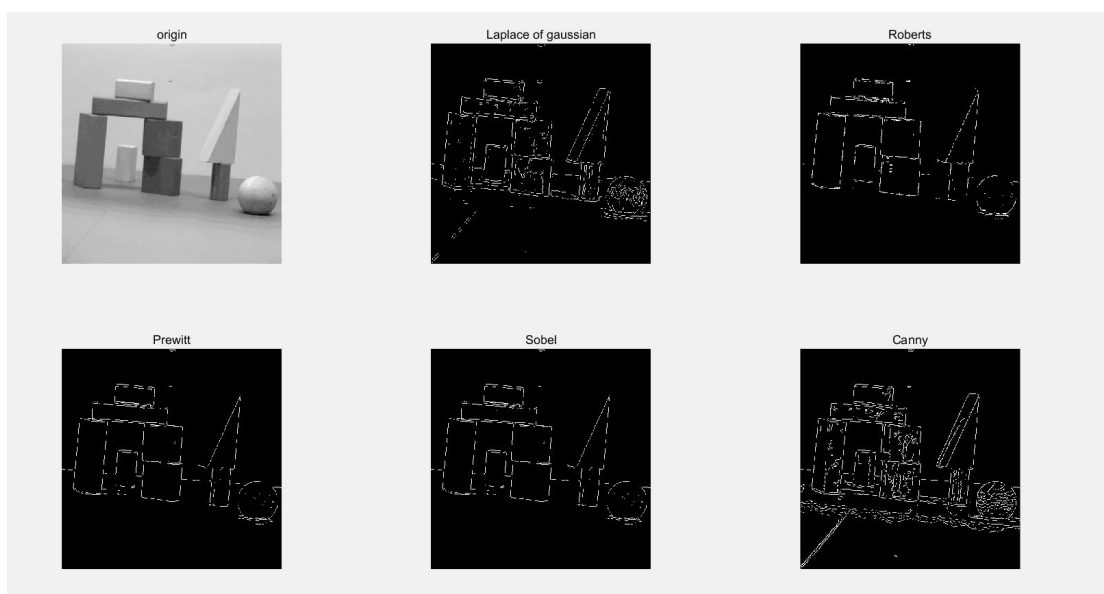


图 1-5 test5 的边缘检测结果

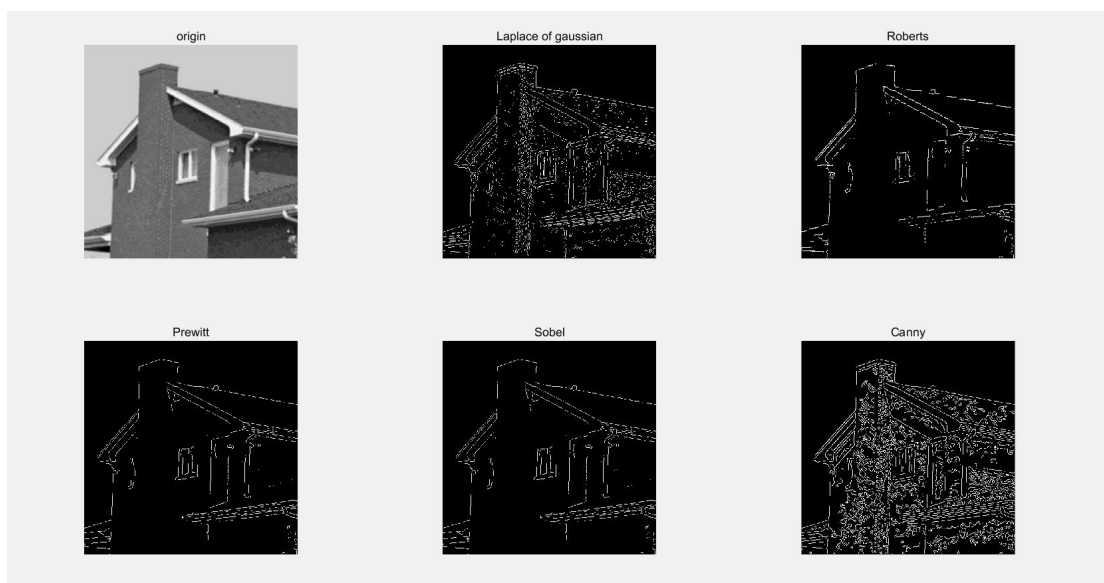


图 1-6 test6 的边缘检测结果

## 2. 在边缘检测的基础上，用 Hough 变换检测图中直线

### 2.1 Hough 变换

霍夫直线检测的基本原理在于利用点与线的对偶性，在我们的直线检测任务中，即图像空间中的直线与参数空间中的点是一一对应的，参数空间中的直线与图像空间中的点也是一一对应的。其就是把图像空间中的直线变换到参数空间中的点，通过统计特性来解决检测问题。具体来说，如果一幅图像中的像素构成一条直线，那么这些像素坐标值  $(x, y)$  在参数空间对应的曲线一定相交于一个点，所以我们只需要将图像中的所有像素点（坐标值）变换成参数空间的曲线，并在参数空间检测曲线交点就可以确定直线了。

对于不同的细分值  $\rho, \theta$ ，其检测效果也会不一样。

### 2.2 基于 canny 的直线检测

Canny 边缘检测的优势在于其提取的边缘宽度是一个像素，对于边缘与否的检测非常明确，且其图像是二值化的。

### 2.3 基于 sobel 或 laplace 的直线检测

Sobel 和 Laplace 边缘提取产生的并非二值图像，对其进行直方图均衡会发现图像的暗部有大量噪声，因为原图的噪声会被当作边缘提取，所以首先要进行一次 Gaussian 模糊，消去部分噪声，但是需要注意的是要控制 gaussian 模糊的尺度，如果模糊程度太大，会有很对边缘提取不出来的情况。接下来是对图像做二值化，可以设定一个阈值当作二值化的标准，这样能够消去一部分残留的噪声。因为 sobel 或 laplace 产生的边缘并非单像素，而且在 gaussian 模糊之后提取出的边缘会变得比原图更粗，此时对图像进行腐蚀操作，消除部分模糊产生的影响。

接下来进行 hough 直线提取，通过调整直线最大间断数以及二值化阈值，令人惊讶的是对于一些图像，sobel 算子提取直线的效果好于基于 canny 提取直线的效果。

相比之下因为 laplace 算子提取的可以看作 sobel 算子提取边缘结果的边缘，所以会出现检测出大量重叠直线的情况，总体来说效果差于前两种。

## 2.4 实验结果

本文运用了基于不同算子（Sobel 和 Canny 算子）的 Hough 变换以及不同 Hough 变换参数（细分值  $\rho \theta=1.8$ 、1、0.7 和 0.3）的结果

### 2.4.1 基于 Sobel 和 Canny 算子的 Hough 变换

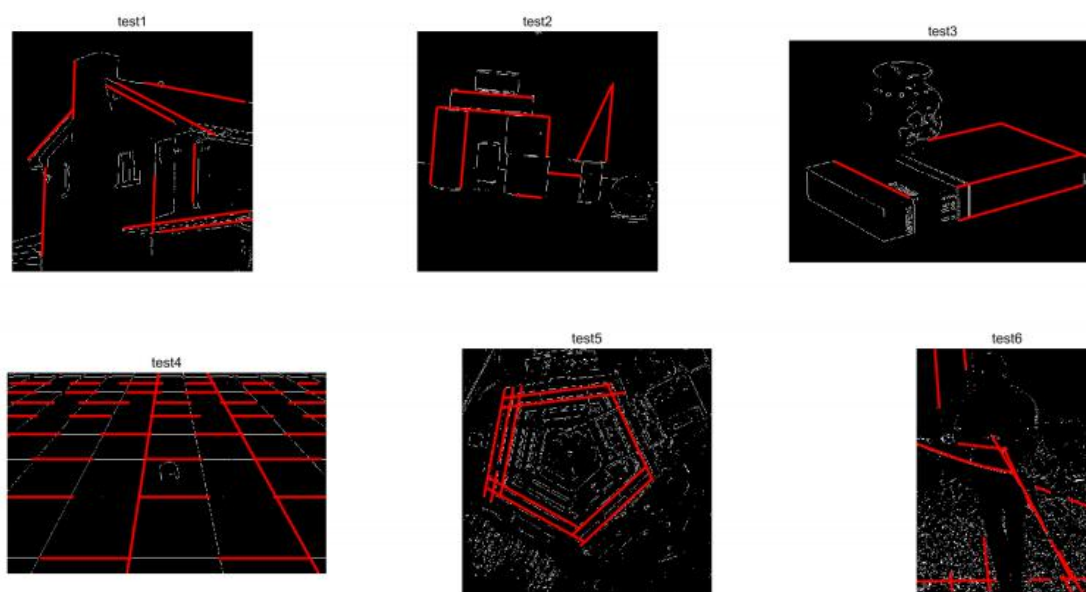


图 2-1 Sobel 边缘检测+Hough 变换（细分值为 1）

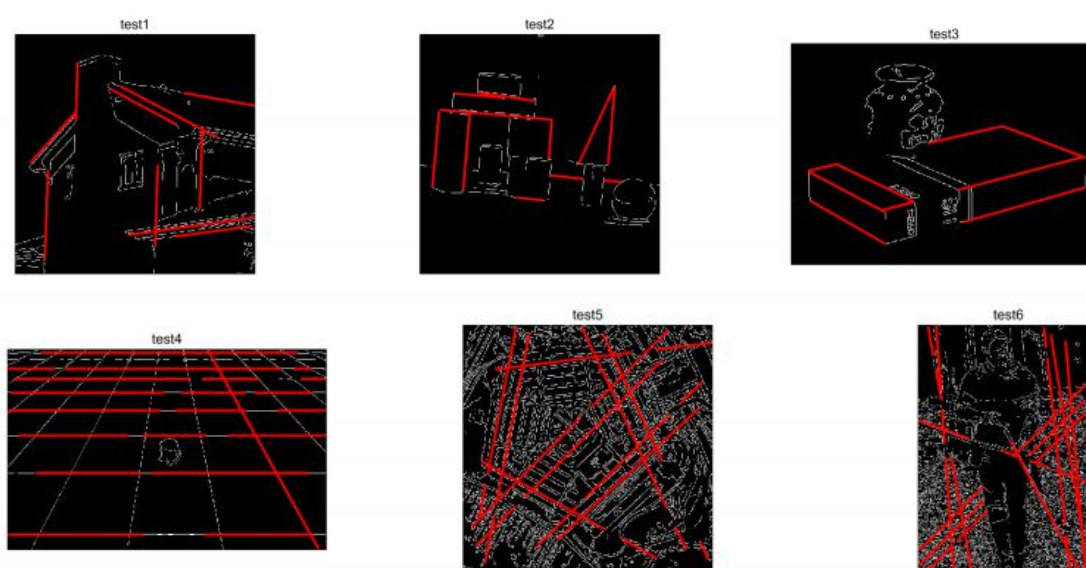


图 2-2 Canny 边缘检测+Hough 变换（细分值为 1）



### 2.4.2 不同 Hough 变换参数（细分值 $\rho$ $\theta=1.8$ 、1、0.7 和 0.3）的结果

为了找出不同的 hough 参数对直线检测的影响，本文采用了控制变量法，即只使用了一种边缘检测算子（Canny 算子），然后使用不同的细分值得到的结果如下所示。

由于为了找出 Hough 变换参数的变化特性。故不妨只取 test4-test6 进行分析

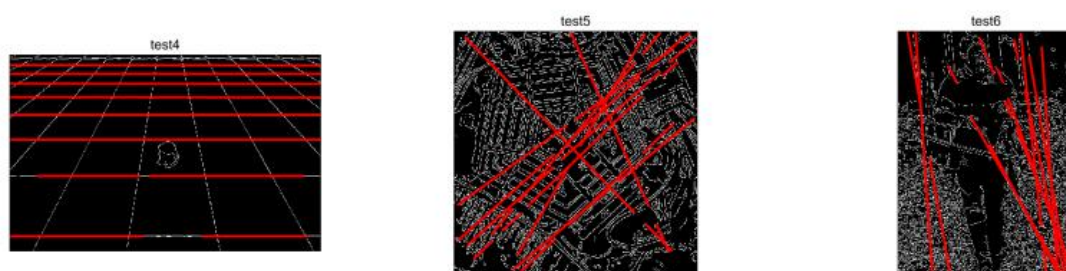


图 2-3 霍夫变换细分值为 1.8 的结果



图 2-4 霍夫变换细分值为 1 的结果



图 2-5 霍夫变换细分值为 0.7 的结果

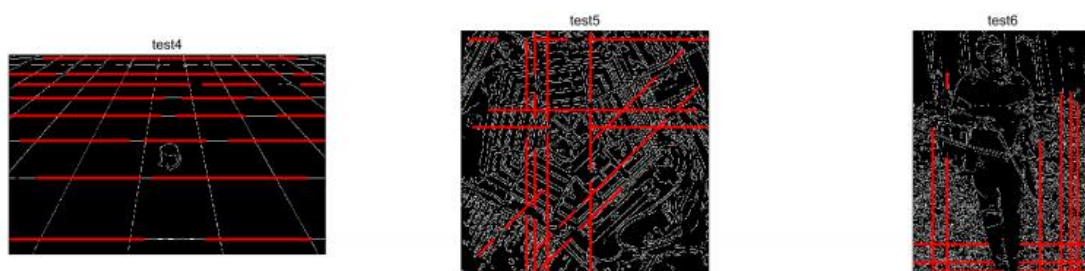


图 2-6 霍夫变换细分值为 0.3 的结果



## 3 结果分析

### 3.1 比较不同边缘检测算法

通过对比上述在边缘检测中的各种算法以及得到的不同图像的显示结果，可以知道 Canny 算子在一般情况下是最为优秀的，因为它能够满足三点基本要求：低错误率、边缘点定位准确以及单一边缘点响应，这意味着其能够同时几乎无误差的检测出图中的几乎所有边缘。同时，Laplace 算子在检测过程中也有不错的效果，对边缘的提取也比较充分，但在某种程度下，Laplace 对噪声的抵制可能不如 Canny 算子那么好。相比之下，其余的三种算子（Prewitt、Roberts 以及 Sobel）在边缘检测中，并不能检测出图中所有的边缘，但总体的提取边缘看起来会比 Canny 和 Laplace 算子更加清晰一些。所以如果我们想得到的是一副图片的清晰的所有边缘，我们最好选择 Canny 算子，它在这方面是最优的。但是如果我們只想提取出图片的大致边缘轮廓，那么用一下 Prewitt、Roberts 以及 Sobel 就够了，它们的计算量也会相对小一些。

### 3.2 比较不同的 Hough 变换参数

根据上述的实现结果，可以看出，不同的 Hough 变换参数对直线的检测有很大的影响。理论上来说，在边缘检测的方法不变的情况下（如上述只采用了 Canny 边缘检测算法），细分值越大就意味着细分的精度越小，从而计算量也会相应的减小，计算速度更快。细分值越小，则细分精度越大，此时的计算量会增大；从直线检测的效果上来看，若细分的精度太低，则检测出来的直线可能会不全面，不精确，然而若细分精度过高，有可能检测出来一些不是真实存在于图中的直线，这也会使直线检测的精度下降。所以，在直线检测设定霍夫参数时一定要合理选取。