

图像处理技术

阈值分割、形心计算、圆的测量

左力 2002. 7. 16.

如果被检测物体具有较均匀的灰度值，其背景也有较均匀的灰度值，而且物体与背景有较大的反差，那么，其图像的灰度直方图将有明显的双峰。图 1 为一幅 256 级灰度图像，其灰度直方图如图 2 所示。

最简单、有效的方法就是取双峰间谷底的灰度值为阈值，根据该阈值对图像进行分割，将物体与背景分离开来，然后再进行其它处理。下面将我做的阈值分割、形心计算和圆的测量作一简单介绍。



图 1 一圆形物体的图像

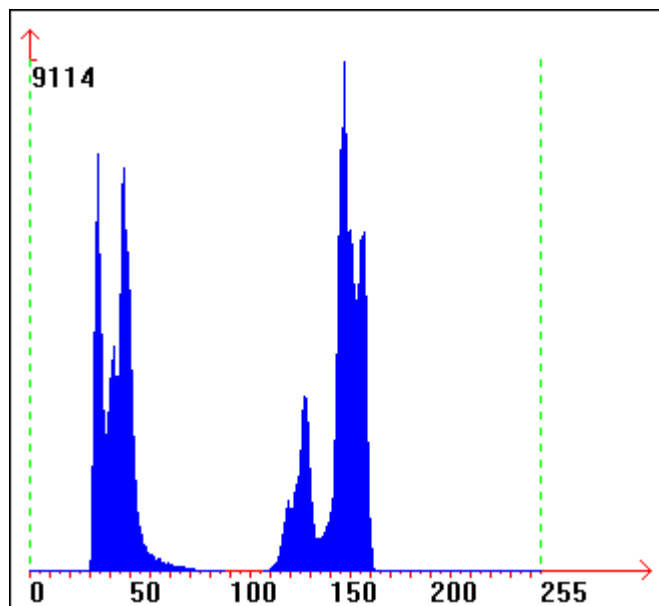


图 2 图 1 的灰度直方图 (线性坐标)

1. 对数直方图

图 2 的灰度直方图为线性坐标，因为峰值太大，而我们最关心的谷底数值又较小，这使我们看不清谷底曲线的情况。为此，我将直方图的纵坐标改为对数坐标，对数直方图如图 3 所示。它有两个优点，一是谷底曲线清楚，二是曲线较线性坐标的连续、平滑。

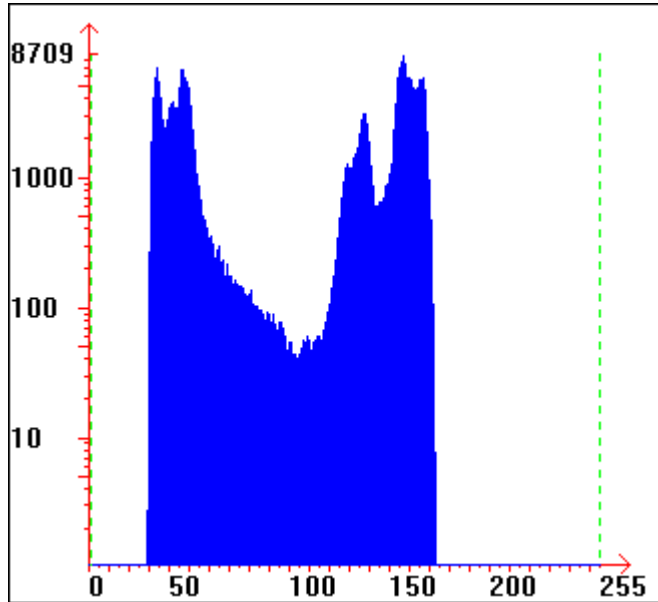


图 3 对数坐标直方图，平滑前

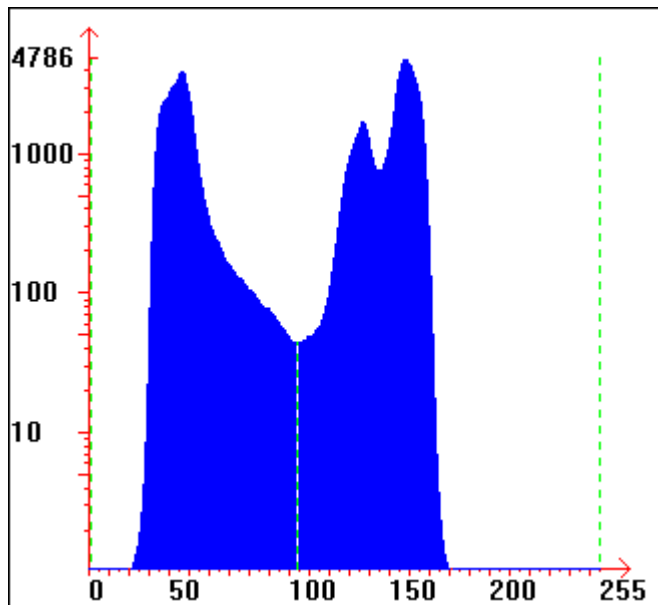


Fig.4 对数坐标直方图，两次平滑后
阈值 = 104

2. 低通滤波平滑

在实际情况下，图像常受到噪声等因素的影响，为了便于判定谷底位置，必须对直方图进行平滑。我采用低通滤波算法对直方图进行两次平滑，第一次，从左到右滤波：

$$H_i = a * H_{i-1} + b * h_i$$

其中：h 为滤波前的值，

H 为滤波后的值，

a , b 为滤波系数，且有 $a + b = 1$ ，取 $a = 0.7$ ， $b = 0.3$

$i = 1 \sim 255$ ；

第二次，从右到左滤波：

$$H_i = a * H_{i+1} + b * h_i$$

其中： $i = 254 \sim 0$ 。

这样两个方向各滤波一次，可以保证峰值位置误差较小。图 4 为滤波后的结果。

3. 搜索谷底

因为我们知道，阈值即为两个峰值之间的谷底，所以，关键在于找到左右两个峰值，然后在两个峰值之间找极小值就很容易了。搜索极值的方法很简单，这里就不讲了。图 4 中，给出了搜索结果，阈值为 104。

4. 阈值分割

我采用的阈值分割方法是根据阈值将图像二值化，将物体和背景置为黑白两色。对图像扫描一遍，灰度大于阈值的点置为 255，即白色；小于等于阈值的点置为 0，即为黑色。图 5 是根据图 4 的阈值对图 1 进行阈值分割的结果。

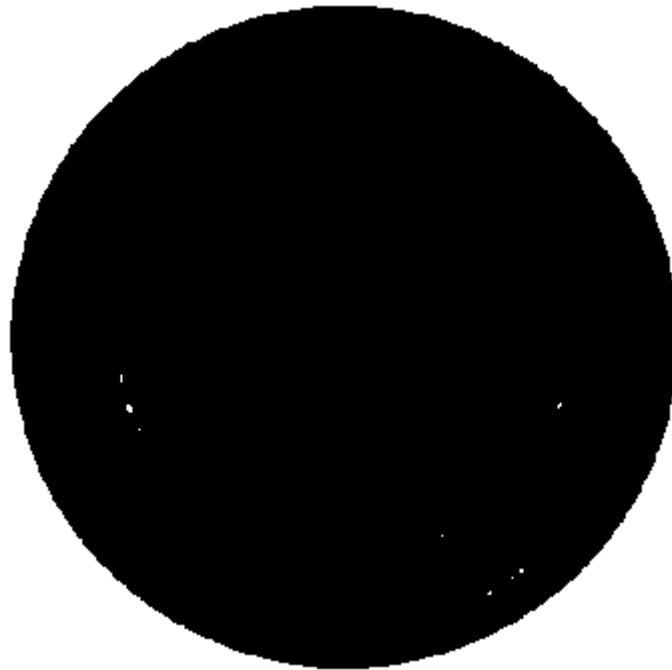


图 5 物体的二值化图像

5. 填充白点

当物体是深色时，由于其上有高光，所以二值化后，在黑色物体上会有小白点，如图 5 所示。为了使形心计算的结果准确，我们必须将这些小白点填充为黑色。因为这些白点距边缘有一定距离，且其宽度或长度都较小，所以可以采用这样一种算法进行填充：

如果距某白点 n 个像素的上方和下方都为黑；或者，距该白点 n 个像素的左方和右方都为黑，则该白点在物体内，将其置为黑色。

其中 n 的大小由高光的大小而定。我取 n = 5。填充结果见图 6。

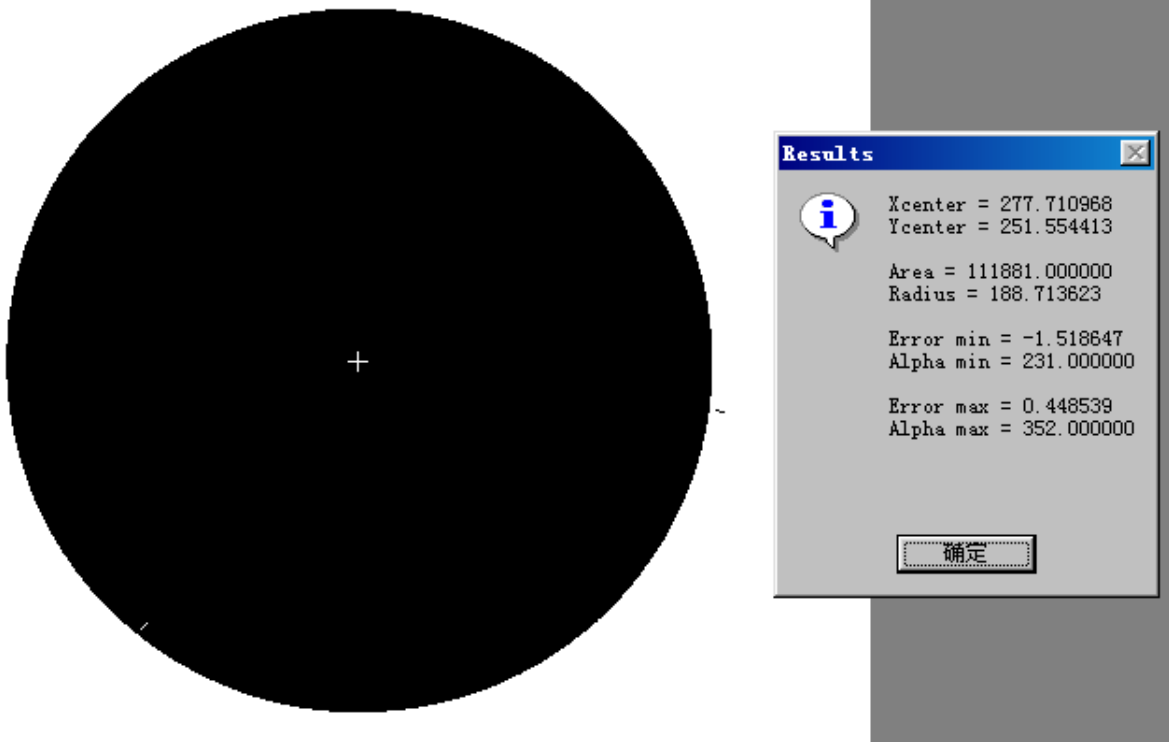


图 6 测量结果 1

6. 形心计算

为了能理解计算形心的公式，先看一个简单的力平衡的问题。如图 7 所示，一个质量忽略不计的刚性杆下有一支点，在支点两边分别在杆上放有 6 个质量均匀、尺寸相同，边长为 L 的正方体。设正方体的重量为 W，当杆平衡时，X = ？

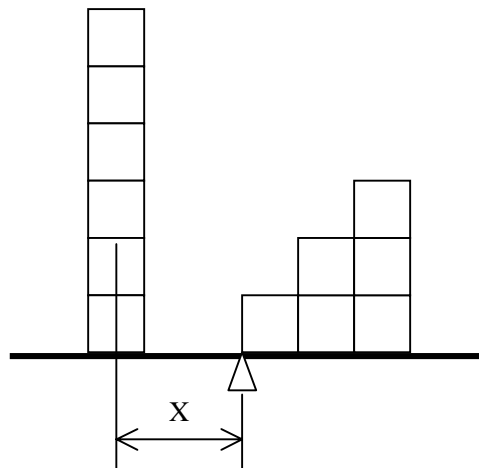


图 7 力矩平衡图

力矩平衡方程为：

$$6 \times W \times X = W \times 0.5 L + 2 \times W \times 1.5 L + 3 \times W \times 2.5 L$$

$$X = \frac{W \times 0.5 L + 2 \times W \times 1.5 L + 3 \times W \times 2.5 L}{6 \times W} = 1.83 L \quad (1)$$

显然，右边 6 个正方体的重心在水平方向距支点距离为 X 的位置上。若想计算重心在垂直方向的位置，将 6 个正方体转 90 度再计算一次即可。如果将正方体看成正方形，即无厚度，则重心位置和形心位置重合。

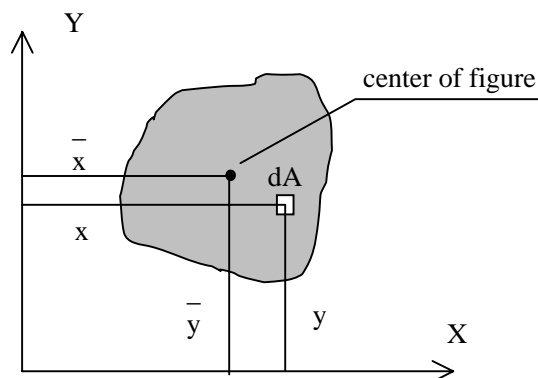


图 8 形心的计算

计算平面图形的形心公式如下：

$$\bar{x} = \frac{\int x dA}{A}, \quad \bar{y} = \frac{\int y dA}{A}$$

式中：A 为平面图形的面积。其它符号含义见图 8。

对照前面的式(1)，形心公式是很好理解的。将它应用到图像处理中进行形心计算也很容易。我们将一个像素看成一个 dA，且为 1 个单位，则图像的面积即为像素点的个数；分子上的积分则变为像素坐标的和。

图 6、图 9 给出了计算结果，形心位置用十字符号标出。

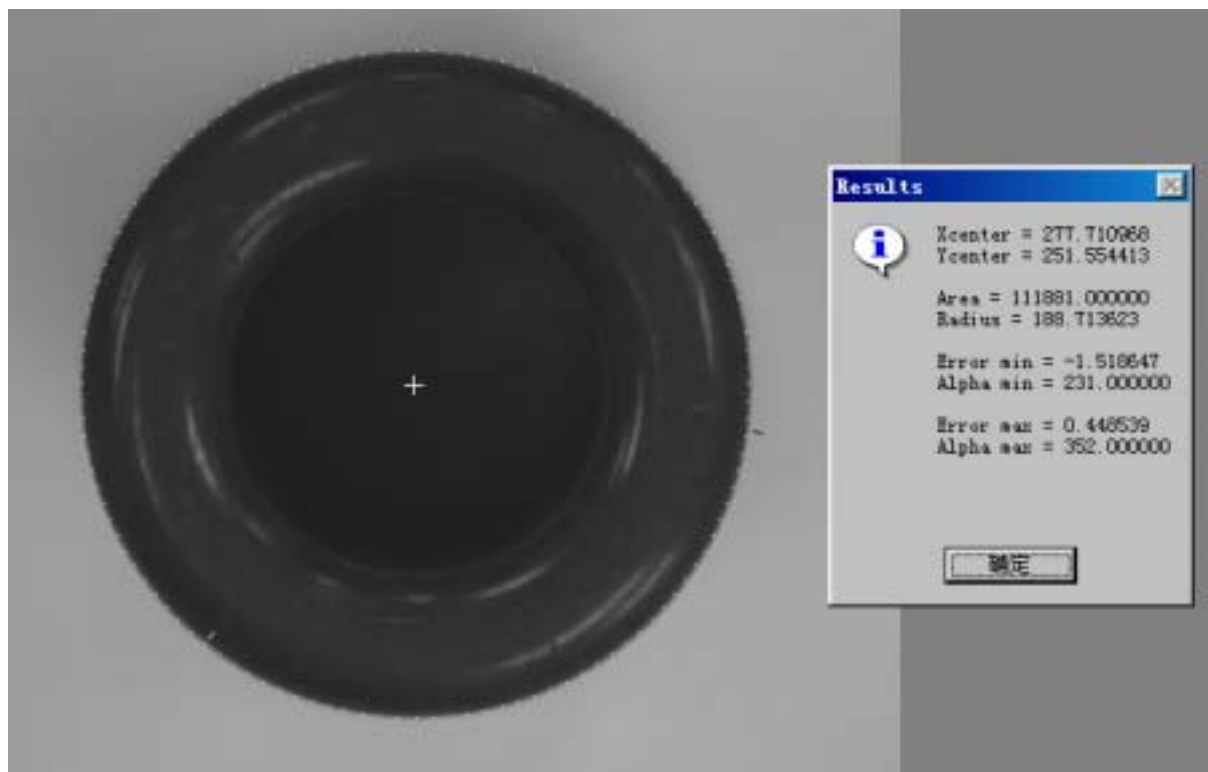


图 9 测量结果 2

7. 半径及误差计算

如果已知被测物体是圆形的，那么根据面积就能很容易求出半径 R ， $R = \sqrt{A/\pi}$ 。图 9 是在物体上用白点根据形心和半径画了一个圆，该圆和物体吻合，半径 $R = 188.7$ 个像素。

在图 6 所示的二值化图像上进行误差检查，每隔 3 度计算一次实际半径和测量出的半径两者间的误差，如图所示，正、负误差为 0.4 和 1.5 个像素，分别在 352、231 度处，已用黑白小点标出。

半径的最大误差 $< 0.8\%$ ，其中包括物体的不圆度和测量误差。这个结果说明用以上方法进行阈值分割、形心计算的效果不错。

<http://www.jqsj.com/>