

“表面检测”应用案例

学习报告

姓名：史杰灵 学号：19121663

（所在院系：上海大学机电工程与自动化学院）

摘要：本文主要介绍了基于机器视觉的表面检测在实际生产中的应用和该应用中的所涉及到的图像处理算法的相关原理和作用，以门把手表面划痕检测为例，通过设计具体的视觉算法流程，运用了图像平滑、阈值分割、区域特征、区域形态学、连通区域提取和仿射变换等计算机视觉算法，将所拍的门把手照片不断地进行处理、识别，得到一个计算机可以认识的图像，最终通过相应地算法检测出图像中的划痕。

1 表面检测应用案例的背景和意义

1.1 背景

物体表面检测是许多产品生产过程中不可缺少的一部分。如果产品表面有缺陷，可能会影响产品的整体外观和性能。因此，有必要对表面缺陷采用视觉检测设备进行详细检测。目前先进的缺陷视觉检测设备主要采用机器视觉技术，利用计算机视觉模拟人的视觉功能，对具体的实物图像进行采集和处理。其中识别诸如划痕或褶皱类的缺陷是最基本的。在其他一些像光学加工、汽车生产和金工等工业领域，表面检测都是很重要的。本文以门把手表面的划痕检测为例，介绍了表面检测在实际中的应用。

1.2 意义

表面检测在实际生产生活中的应用能够有效杜绝或减少残次品流入市场，杜绝潜在的经济损失和法律纠纷，有利于提示企业的形象。同时还能帮助企业及时发现问题并改进相应生产工艺，预判性地维护生产机器。最后，表面检测技术相比之前的人工检测，更加准确，更加高效，也同时节约了大量的人工成本。

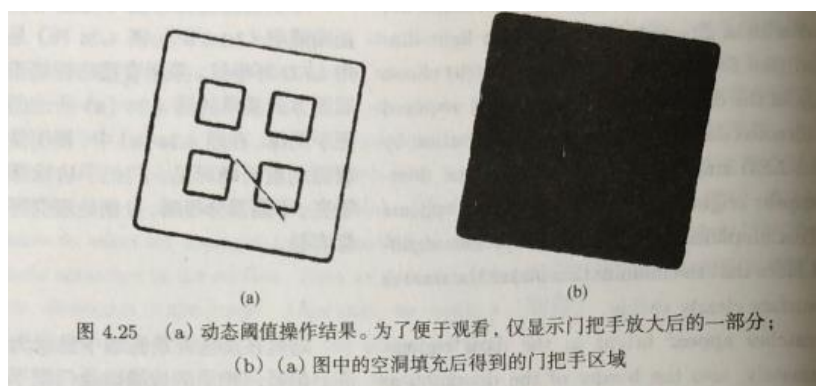
2 门把手表面检测中视觉算法的整体设计流程

2.1 总体思路

图像预处理（灰度化、滤波去噪等）—>图片分割，创建感兴趣区域—>在感兴趣区域进行划痕判定

2.2 具体设计

我们使用直接暗视场正面照明方式获得图所示的门把手图像。在图中照明使得表面划痕清晰可见。门把手边缘部分很亮，平面部分很暗。



划痕在黑色背景区域中显示为高亮，但是门把手的边缘以及门把手平面部分中的 4 个内部正方形的边缘也是高亮的。为了区分划痕与门把手的

边缘，首先分割出亮的边缘区域。然后从门把手的区域中减去分割出的区域，从而将划痕检测的感兴趣区域缩小到相减后的区域。

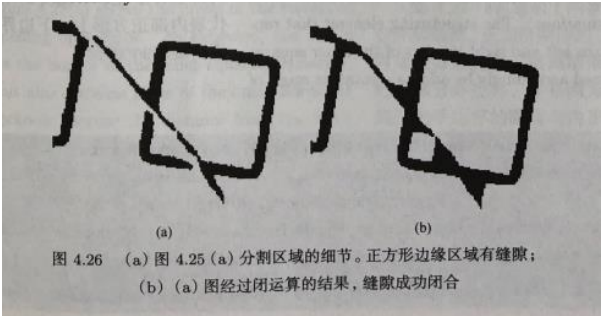
由于边缘局部比背景亮，可以采用动态阈值将门把手从图像中分割出来，使用均值滤波器来估计局部背景的灰度值。按照门把手在图像中最小的尺寸选择均值滤波器大小，以保证平滑后所有局部结构被去掉，从而更好地抑制分割噪声。于是比背景高出 50 个灰度的所有图像结构被分割出来，产生高亮的边界区域。

下一步来确定需要检测的平面。为此需要从分割结果中去掉门把手的亮边界和中间 4 个小的正方形的亮边界。为此首先必须知道门把手在图像中的方向和大小。

因为门把手是正方形，其方向与分割区域最小外接矩形的方向是一致的。由于分割区域中杂点和小的突出物会导致计算错误，需要对门把手区域使用腐蚀运算将这些干扰去掉。作为结构元素的圆的半径取为门把手最小尺寸的四分之一。

基于门把手的方向和尺寸，再次使用区域形态学分割出内部的 4 个正方形。首先使用 2 次闭运算填充前面分割出的内部正方形边缘上的小空洞。

为此要在合适的方向产生两个正交的矩形结构元素。矩形大小的选择要使宽度小于 ScratchWidthMax 的缝隙均可以闭合。

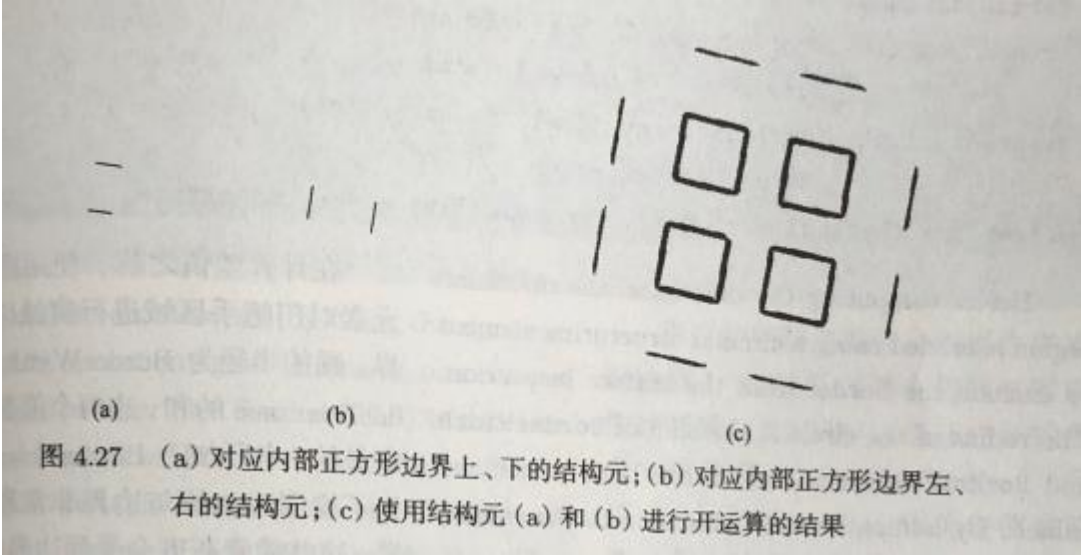


至此，划痕仍在分割出的亮的边界区域中。为了能够检测出划痕，需要将划痕从分割结果中分离出来。由于已知内部正方形的边界区域的形状，可以使用合适的结构元素开运算去除划痕。为此生成一个结构元素，由两个轴平行的矩形组成，

代表内部正方形的两个对边。

内部正方形尺寸与整个门把手尺寸成一定比例，其大小可以通过计算得出。矩形间的距离由内部正方形的尺寸进行设置。通过按照已经确定的门把手方向来旋转产生的区域得到代表内部正方形上、下边界的结构元素。代表内部正方形左、右边界的结构元素由代表内部正方形上、下边界的结构元素再旋转 90° 得到。

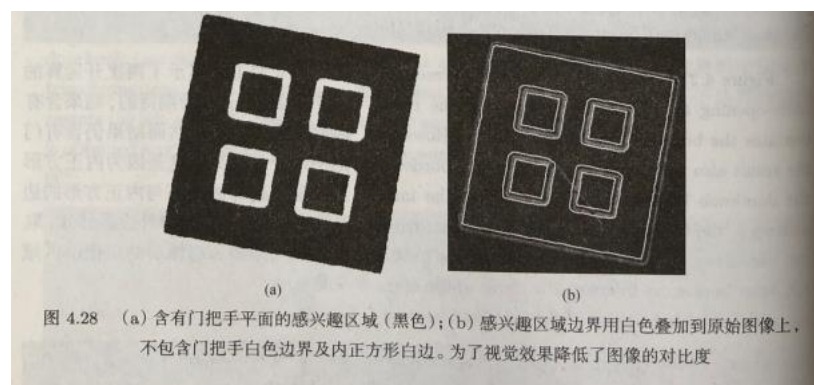
两次开运算合并后，结果含有内部正方形边界。为了去掉外边界部分，取开运算的结果和腐蚀后的门把手区域交集。



这样得到仅含有 4 个内部正方形边界的区域 RegionSquares。最后要检查的表面就是门把手区域与内正方形边界的差，在计算差值之前，使用圆形结构元素对门把手区域进行腐蚀以去除边界。圆的半径为 BorderWidth 与 BorderTolerance 的和，这两个值都是事先定义的。半径加上 BorderTolerance 是为了检测时去掉

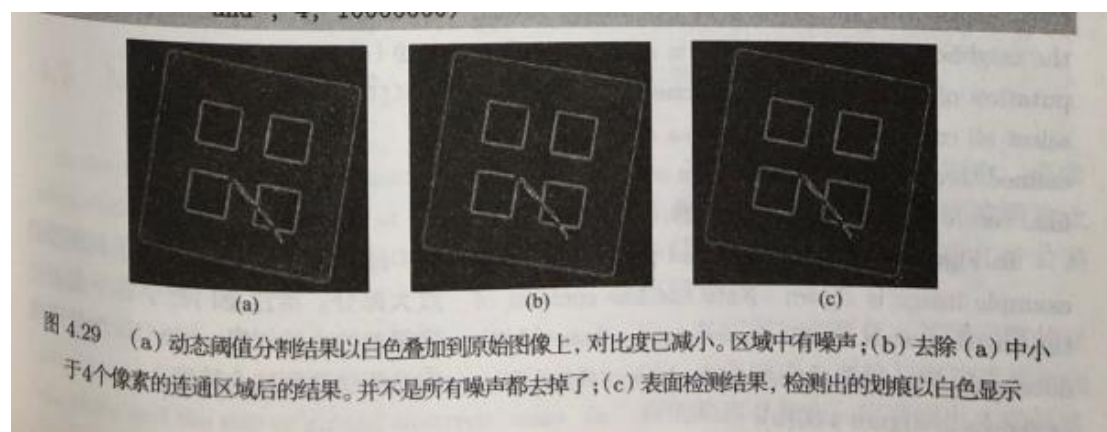
与边界非常靠近的像素，这些像素灰度会受到边界的影响，可能被错误地判作缺陷。同理，代表内正方形边界区域也要膨胀一些。

至此可以对感兴趣区域进行缺陷检测了，再次使用动态阈值分割操作来检测缺陷，此时可以用中值滤波器来估计背景。基于已知的最大划痕宽度 ScratchWidthMax，利用 ScratchWidthMax 作为中值滤波器半径去除所有划痕。由于采用暗视场正面照明，划痕在图像中为亮的区域，可以容易地使用预先定义的



ScratchGrayDiffMin 作为阈值进行分割, 分割后的结果中含有噪声, 我们需要去除, 在这种情况下, 所有少于 4 个像素的连通区域被看作噪声并被去除。

但并不是所有噪声都完全被去除了, 进一步提高阈值可能会同时去除部分不连续的缺陷区域, 但这是不可取的。为了区分噪声和缺陷, 假设噪声是均匀分布的, 而同属一个划痕的缺陷是彼此靠近的, 因此, 可以通过膨胀将缺陷区域中小的缝隙闭合, 原来断开的缺陷经过膨胀后连在一起了, 对膨胀后的区域重新计算连通区域。为了得到缺陷的原始形状, 取未膨胀前的原始区域与连通区域的交集, 于是, 通过膨胀仅增加了连通区域的轮廓。最后选出所有比预定最小划痕大的区域, 得到最终的处理结果, 检测出的划痕在图像中以白色显示。



3 所使用的图像处理技术

物体表面检测在本案例中使用的算法有：

1. 图像平滑
2. 阈值分割

3. 区域特征
4. 区域形态学
5. 连通区域提取
6. 仿射变换

3.1 图像平滑

本案例中所使用的图像平滑运用了均值滤波的算法,均值滤波就是用其像素点周围像素的平均值代替原像素值,但在滤除噪声的同时也会滤掉图像的边缘信息。图像平滑在门把手检测中能够对图像进行一定的增强处理,避免了图像产生、传输和复制过程中的噪声干扰或出现的数据丢失。

3.2 阈值分割

阈值分割的原理是设定某一阈值 T 将图像分成两部分,大于 T 的像素群和小于 T 的像素群。阈值分割能够极大的压缩图像数据量,大大简化了分析和处理步骤。

3.3 区域特征

区域特征是用圆度、紧密度等特征值来衡量图像中的各种形状特征。区域特征能让我们快速提取出图像中的各种特征参数。

3.4 区域形态学

区域形态学的原理是使用数学形态学的基本运算,由计算机对图像进行分析。其中,腐蚀能够将图像中的线条变得更细,而膨胀是将图像中的高亮区域进行扩张,线条变得更粗,能够去除噪声,增加连通区域的轮廓。开运算是先腐蚀运算,再膨胀运算;而闭运算是先膨胀运算,再腐蚀运算。开运算可以用作模板匹配,会返回输入区域内所有与结果元素相匹配的点。

3.5 连通区域提取

连通区域提取的原理:一个连通区域是由具有相同像素值的相邻像素组成像素集合,因此,我们可以通过这两个条件在图像中寻找连通区域,对于找到的每个连通区域,我们赋予其一个唯一的标识,以区别其他连通区域。连通区域提取能够帮助我们划分出门把手图像中的感兴趣区域,便于后续的划痕检测。

3.6 仿射变换

仿射变换是从一个二维坐标系变换到另一个二维坐标系,是指在向量空间中进行一次线性变换(乘以一个矩阵)和一次平移(加上一个向量),变换到另一个向量空间的过程,属于线性变换。通过已知 3 对坐标点可以求得变换矩阵。仿射变换能够保持门把手图像的“平直性”和“平行性”。

4 案例分析（优点和不足等）

均值滤波器消除了部分噪声,使得图像更柔和,但是还残存部分噪声未去除,并且使得图像变得更模糊。均值滤波器不能区分噪声和目标信息,对所有像素点一律采用领域均值代替模板中心像素点的灰度的处理方法,使得目标信息变得模糊。

动态阈值二值化处理能够快速地对图像进行分块化处理,但是阈值 K 的取值不容易确定,容易导致分割效果很差,并且目标缺陷的灰度值与背景差别不大时不能很好地将划痕完全检测出来。