

基于机器视觉的药物自动识别技术

张广云

(广东科学技术职业学院, 广东 珠海 519090)

摘要：**目的** 基于机器视觉技术对药物图像的识别进行研究，寻找药物识别过程中更优的算法及识别过程中适宜的外部条件。**方法** 通过理论分析结合 HALCON 软件对药物识别的问题进行一系列实验，分析照明系统和图像处理算法对识别结果的影响。**结果** 研究表明，在成功识别的基础上，识别难度与工作环境有明显的关联，各种处理算法、目标阈值、系统复杂性均可以对识别结果产生明显的影响。**结论** 改进的中值滤波算法与普通的中值滤波算法相比，处理结果得到明显的改善。通过调整外部光源以及背景参照，均对提高处理质量有明显的帮助，通过 RGB 与 HSV 阈值处理算法等相关算法的合理结合，系统的识别结果得到明显提高。研究结果可以为药物装配及相关的产业智能化提供重要参考。

关键词：机器视觉；图像识别；HALCON；准确度

中图分类号：TP391；TB487 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2019)15-0206-08

DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.15.033

Automatic Drug Recognition Technology Based on Machine Vision

ZHANG Guang-yun

(Guangdong Polytechnic of Science and Technology, Zhuhai 519090, China)

ABSTRACT: The work aims to research the recognition of drug images based on machine vision technology, and seek better algorithms and the appropriate external conditions in the process of drug recognition. Through theoretical analysis combined with HALCON software, a series of experiments were carried out on drug recognition, and the effects of illumination system and image processing algorithms on recognition results were analyzed. The research showed that, on the basis of successful recognition, the recognition difficulty was obviously related to the working environment, and various processing algorithms, target thresholds and system complexity could have a significant impact on the recognition results. Compared with the ordinary median filtering algorithm, the processing results of improved median filtering algorithm are significantly improved. By adjusting the external light source and background reference, it is helpful to improve the processing quality. Through the reasonable combination of RGB and HSV threshold processing algorithms, the recognition result of the system can be significantly improved. The research results can provide important reference for drug assembly and related industrial intelligence.

KEY WORDS: machine vision; image recognition; HALCON; degree of accuracy

随着人工智能领域发展的越来越成熟^[1]，其必然会遍布人类生活的各个领域，而机器视觉作为人工智能的重要组成部分，作为人工智能实现的眼睛和大脑，也必然是未来发展的重点方向之一^[2]。机器视

觉^[3]技术是综合现代计算机、光学和电子技术的高新技术，利用计算机对系统采集的图像进行处理，分析其中信息并作出相应判断和控制^[4]。机器视觉应用遍布全球，随着工业自动化的普及，越来越多的企业也

收稿日期：2019-03-07

作者简介：张广云（1981—），女，硕士，讲师，主要研究方向为人工智能、计算机应用。

逐步用自动化科技代替人工,而机器视觉的作用就是模拟人眼视觉,并且能模拟人脑的一部分功能,客观地检查图像并获取信息,从而达到检测的功能,最重要的是能消除人工检测的主观因素,减少检测误差。

目前国内制药行业中,在普遍采用人工肉眼检测胶囊质量的情况下,已经有相当一部分制药厂尝试引进机器视觉技术代替人工进行胶囊识别^[5],住要是用于胶囊的包装检测,少有直接用于胶囊本身的检测。天津理工大学和武汉理工大学分别对残损胶囊进行了一定的研究^[6],主要还是应用的颜色模型、形态学、特征提取与识别等。其主要的研究均侧重于图像处理,对图像识别涉及较少。在图像识别领域,识别结果的性能指标是能否准确、快速地识别,并且漏识别率低。

机器视觉系统通过光源对待测目标的合理照射,提供一个相对较佳的处理环境。随之镜头和摄像机采集图片,通过图像采集卡传入处理器中进行处理。在一个具体的工程应用中,获取的图像质量直接关系到处理结果的准确性。再者就是处理算法,在一个给定的目标中,识别算法能够极大地影响处理结果。高质量的机器视觉对人工智能的推广及应用有极大的推动力。

1 图像预处理与改进的中值滤波

在机器视觉处理过程当中,一般获取的原始图像总是有许多干扰,造成识别困难及识别不准确。对获取的图像进行预处理,可以使识别结果更准确。进行预处理有许多的处理方式和方法,而一个好的、合适的图像预处理方法可以对识别结果产生极为重要的影响。采用的原始图像见图1。



图1 原始图像
Fig.1 Original image

1.1 图像滤波

一般图像滤波主要是为了处理拍摄的图像里面的噪声,尽可能使图像排除干扰,一般的滤波有均值滤波、中值滤波和高斯滤波。

1.1.1 均值滤波

均值滤波是一种线性滤波方法,其简单易用,处理效果非常好。其原理是给定一个结构元素,将其与

目标图像进行比对,其每一个元素处理后的像素值均是这个像素周边像素值的平均值,使处理后的图像更加均匀平滑。

1.1.2 高斯滤波

高斯滤波主要是一种频域滤波方法,其高斯函数定义如下,其中 σ 为标准差。

一元高斯函数:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

二元高斯函数:

$$G(x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

在使用高斯滤波进行图像噪声处理时,标准差与结果呈正相关,标准差越大,图像越平滑,对噪声处理越强,不过相应地对目标图像的影响也会越来越强。

一般使用高斯函数的离散近似对图像进行预处理,其处理公式为:

$$\exp(x) = \frac{1}{2\pi\sqrt{\sigma}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

总的来说,高斯滤波也属于均值滤波的一种,只是对均值的计算方法进行了加权,距离像素点比较近的点对其像素值的影响比较大,距离比较远的对其影响比较小。

1.1.3 中值滤波

中值滤波是一种非线性滤波处理方法,中值滤波通过设定的结构元素,在待处理目标上进行比对分析,将分析结果写入相应的像素位置。与均值滤波不同的是,中值滤波是将结构元素中的像素值进行排列,取中间的值作为相应位置的像素值。

中值滤波处理后的图像更为平滑、均匀,其结果是平滑图像,消除了极亮和极暗的区域;并且利用中值滤波可以去掉一幅图像中的麻点,因为一般麻点不是亮背景下的暗点就是暗背景下的亮点,取中值可以直接除掉。使用中值滤波对原始图像进行处理的结果见图2,原本图像上比较尖锐锋利的区域在处理之后过渡地更加平滑。只是普通的中值滤波仍然无法最大程度上避免极亮、极暗点的干扰。



图2 中值滤波处理结果
Fig.2 Processing results of median filtering

1.1.4 改进的中值滤波

一般理论定义下的中值滤波如前文所述,其理论是取结构元素的中点,虽然其结果可以消除极亮和极暗区域,不过因为只取像素点的中值,不考虑其他像素点的像素值,因此并不能避免使用极端点作为中值处理的结果,其处理结果存在一定程度上的缺陷。

下面提出一种改进的中值滤波算法。因为噪音点一般都是极暗或者极亮的点,因此在一个矩形的结构元素中,取每一行的最大值与每一列的最大值进行求均值处理,再取每一行的最小值与每一列的最小值进行求均值处理,这样便得到一个像素区域的上下限,可以将原始区域中的极端亮和极端暗点排除在外。然后对得到的区域中的像素点求中值,这样可以在最大程度避免极端像素点的干扰的情况下,利用中值滤波对图像进行处理。对于一个 3×3 的结构元素,其理论阈值范围公式如下:

$$G(x)_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^3 \text{rowi}(\max) + \sum_{i=1}^3 \text{coli}(\max)}{6}$$

$$G(x)_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^3 \text{rowi}(\min) + \sum_{i=1}^3 \text{coli}(\min)}{6}$$

使用改进的中值滤波对原始图像进行处理的结果见图 3。



图 3 改进的中值滤波处理结果

Fig.3 Processing results of improved median filtering

对比图 2 和图 3,可以明显看到改进的中值滤波算法的处理结果更加优秀,对极限像素点有明显的改善。

1.2 图像二值化

图像二值化是图像处理中一个非常重要的步骤,其处理后图像数据减少,对比增强,能突出图像的特征,并清晰地显示出其轮廓范围。二值化就是将图像上的像素点变为简单的 0 或者 255,即“非黑即白”,使其变为简单的黑白图像,由黑白像素点简单地突出待处理图像的轮廓。

设有一个窗口 $\omega \times \omega$,对于灰度图像上的任意一点 (i, j) ,计算以之为中心的各相邻点的灰度值 $W_{(i, j)}(\omega)$,并求出最小灰度值 $\min(i, j)$ 与最大灰度值 $\max(i, j)$:

$$\begin{cases} \min(i, j) = \min\{W_{(i, j)}(\omega)\} \\ \max(i, j) = \max\{W_{(i, j)}(\omega)\} \end{cases}$$

其中: $G(i, j)$ 为 (i, j) 点的灰度值,然后比较 $G(i, j) - \min(i, j)$ 和 $\max(i, j) - G(i, j)$ 哪个值大,如果前者大,则表明此点像素值靠近高灰度值的点,如果后者大,则表明此点像素值靠近低灰度值的点,这样就可以将整个图像归类为高灰度值和低灰度值,对图像进行二值化分析。

使用图像二值化对原始图像进行处理的结果见图 4,与原始图像相比,大大简化了图像的复杂度,仅仅由亮、暗 2 种元素组成,在很多方面有重要的用处。



图 4 目标图像二值化处理

Fig.4 Target image binarization

1.3 照明系统

机器视觉是为了采集图像并处理分析,因此获取一幅好的图像是非常重要的。不存在最好的照明系统,只有最适合的照明系统。其存在就是为了将被测物的目标特征与背景尽量明显区分,抑制非目标特征,以获得更好图像特征。照明系统对成像质量的好坏起到至关重要的作用,是整个机器视觉系统成败的核心因素之一。

照明系统的基本组成包括光源、照射方法、辅助手段以及光源的控制。在设计照明系统时,要从上述方面综合考虑,达到使图像中的目标特征与背景信息最佳分离的目标。照明系统的作用并不仅仅是普通意义下的照亮物体,而是通过光线将待识别目标与背景之间的差异增强,简化识别算法,提高识别效果。一般照明系统分为光源、照射方法、光源配件和光源控制。

1.3.1 光源

光源有很多种,从光源的发光原理上分白炽灯、日光灯、卤素灯、荧光灯、水银灯、钠光灯和 LED 光源等众多类型。除此之外根据形状和功能还可以分为点光源、线光源、同轴光源、条形光源等数十种类别。

目前从成本、亮度、稳定度、使用寿命、设计复杂度、温度影响等方面综合考虑,一般最常用的是 LED 光源。从形状和功能来分类,根据不同的用途,

各有其特点。例如点光源适合用于远距离背光或远距离打光,广泛应用于缝隙和孔的堵塞及表面划伤的检测、表面裂缝检测等。线形光源是采用特殊柱面聚光透镜,将高亮度 LED 进一步聚集成超高线光,且具有很好的均匀性与一致性,锐度高、光源边界暗亮分明,光源轮廓外无杂光,可制成红外、紫外波段的光源,适合阵列相机照明,适用于生产线连续检测场合,手机外壳表面凹凸点、划痕、污渍检测,大幅面印刷品表面缺陷检测,大幅面尺寸精密测量,大型家电包装纸箱印刷字符检测等。

1.3.2 照射方法

照射方法也是照明系统设计的重要部分。光与被测物的相互作用主要有漫反射和镜面反射等,照射光的种类包括漫射光(扩散光)、直射光、偏射光、平行光:漫射光是各种角度混合起来的光,日常生活中用到的基本是漫射光;直射光是来自一个方向上的光,可以在亮色暗色阴影之间产生相对高的对比图像;偏射光是在垂直于传播方向的平面内,光矢量延某一固定方向振动的光,通常是利用偏光板片来防止特定方向的反射;平行光是照射角度一致的光,例如太阳光。发光角度越窄的 LED 直射光越接近平行光。

根据照射方向不同可分为正向照明和背向照明:正向照明是将光源置于被测物与相机之间,背向照明是将被测物置于相机与光源之间,前向照明的优点在于便于安装,且有利于表现物体的表面细节特征,可用于各种表面检测。背向照明方法的优点在于可将被测物的边缘轮廓清晰地勾勒出来,可获得高对比度的图像。由于在采集的图像中,被测物所遮挡的部分为黑色,而未被遮挡的部分为白色,形成“黑白分明”的易于系统分析的图像,因此背向照明方法被广泛应用于测量系统中。

1.3.3 光源配件

为了获得更好的照明效果,可采用适当的光源配件作为辅助手段达到特定目标。常用的光源配件包括滤光片、偏振片、漫射板、光源延长线、光源测试架等。比如滤光片是用来选取所需辐射波段的光学器件,通常是塑料或玻璃片加入特种染料做成的,红色

滤光片只能让红光通过等等,通过加这些各种功能的配件,可以使光源照明达到特定的效果。合理地应用光源配件可以使照明系统变得简单且高效。

2 目标识别

基于 HALCON 软件^[7]进行图像识别研究。图像处理软件 HALCON 目前已经是公认具有最佳效能的 Machine Vision^[8]软件。HALCON 由 1000 多个各自独立的函数,以及数据管理核心组成。其中包含了各类基本的几何以及影像计算功能,并且其包含一个交互式程序设计界面,在编辑调试完成之后可以方便地输出 C, C++, VB, C#, VB.NET 等程序代码。

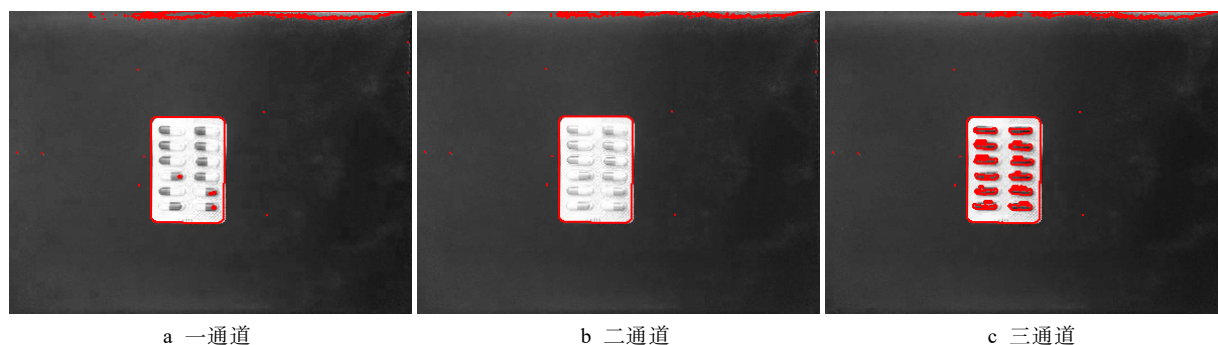
HALCON 支持外置图像获取设备实时输入图像和直接导入事先拍摄好的图片。外部图像实时获取主要用于动态图像识别的研究^[9]和实际工况下待测目标的图像采集。直接导入事先获取的静态图像主要用于实验研究,为了方便研究,采用事先拍摄的照片来进行处理研究。处理目标是准确识别药板上面的每一粒药片,并且能够计算每一个胶囊袋里是否都装有胶囊,即是否装配满 12 粒,是否存在错装与漏装现象。待处理图片见图 5。



图 5 待处理图片

Fig.5 Pictures to be processed

首先在预处理中应用一般的中值滤波来处理。将待处理图片导入交互式设计界面,先对其灰度值图片进行阈值分割^[10],主要的目的是选定目标所在的区域。在阈值分割的时候,各个通道的分割结果差异较大。要针对具体的工况进行具体分析,就该例中的工况,RGB 三通道的分割结果见图 6。



a 一通道

b 二通道

c 三通道

图 6 三通道分割结果

Fig.6 Three channel segmentation results

将待处理的信息与背景干扰信息高质量地分割,是提高识别质量、简化识别算法的前提^[11]。观察 3 个通道的分割结果,可以明显地观察到二通道的分割结果更符合要求。进一步用 opening circle 算法对二通道图像的干扰点进行去噪处理^[12],图像去噪结果见图 7,已经较好地将药板从背景中分割出来了。随后将药片存在的合理位置全部框选出来,识别机理就是框选区域内识别出来的药片面积是否合理,如果框选区域内识别出来的药片面积为 0 即为漏装,面积小于既定阈值,即为错装。处理结果见图 8。

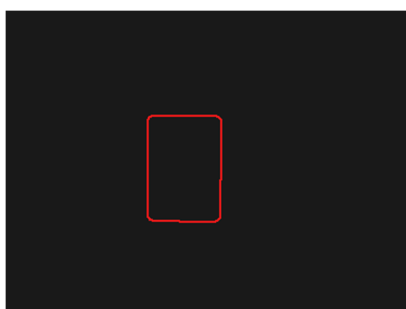


图 7 图像去噪结果
Fig.7 Image denoising results

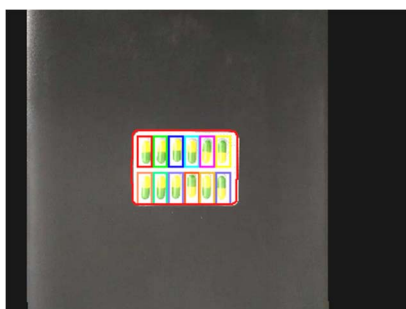


图 8 待检目标合理位置确定
Fig.8 Determination of the reasonable location of the target to be detected

在上述原始图片处理完毕之后,将每一张导入的图片利用算法定位至与原始图片相同的位置,对药片进行识别。识别结果见图 9。



图 9 药片识别结果
Fig.9 Results of tablet recognition

设置判断语句,判断是否装配良好。一般有边长、面积等各种判断形式,这里采用面积判断。是否完成装配识别结果见图 10,观察可知这一板药片检测结果达标,正确装配入 12 粒胶囊,没有错装与漏装。

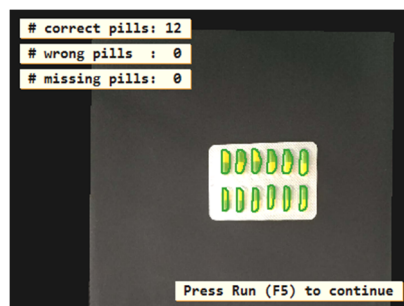


图 10 是否完成装配识别结果 1
Fig.10 Recognition result 1 of whether assembly is completed

与上文的处理方法一致,用改进的中值滤波方法代替一般的中值滤波方法的处理结果见图 11。

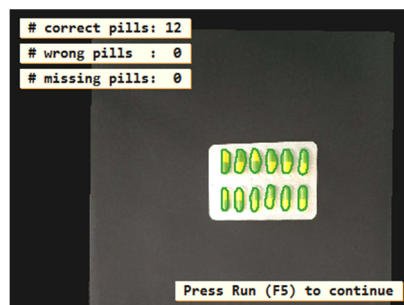


图 11 是否完成装配识别结果 2
Fig.11 Recognition result 2 of whether assembly is completed

对比图 10 与图 11 可知,改进的中值滤波处理效果更好,其原因就是更好地避免了极亮极暗点,识别起来更为简单、准确。

另外一板缺失 2 粒胶囊的识别结果见图 12,可知正确识别出了缺失的 2 粒胶囊。

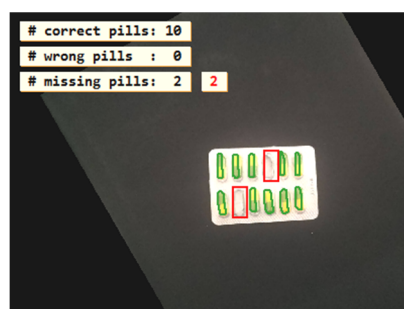


图 12 缺陷胶囊检测结果
Fig.12 Detection results of defective capsules

从算法上说,判断的严谨程度能够极大地影响识别结果,如果将错装的阈值设的很高,那么有可能是正确装配也会辨认为错装。在目标精度许可的情况下,不应该盲目提高阈值,以减轻算法的复杂度和硬件的成本。

3 实验结果优化

3.1 照射光线的影响

调整照射光线，观察照明系统对识别结果的影

响。这里实验选择白色 LED 点光源正向照明作为照明系统来做光线对比实验，观察光线对识别结果的影响。胶囊板在无补光及横向补光、纵向补光的图片见图 13。
整个程序的简化处理过程见图 14。



图 13 不同照射光线下的胶囊图片
Fig.13 Capsule pictures under different irradiation light

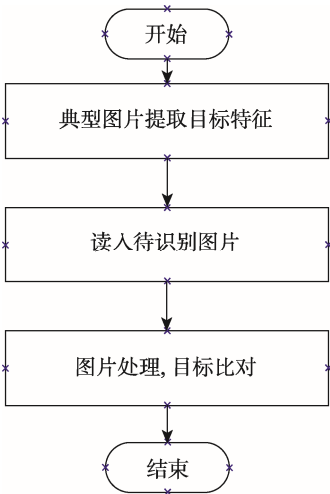


图 14 图像识别处理过程
Fig.14 Image recognition process

在待检测图片与典型图片的特征进行对比时，光线对目标的识别效果影响非常大。通过对 RGB 三通道图像进行分解，取 B 通道识别目标区域，目标识别区域标记为黑色，未补光的结果见图 15a。胶囊的左侧区域出现了大面积的识别空缺和小范围的黑色区域，识别效果不理想。另外横向和纵向补光的识别结果分别见图 15b 和 c。

将图 15b 和 c 与图 15a 对比，可得在采用照明系统进行补光的情况下，可以较好消除识别不出的空缺部分，识别结果得到了改善^[13]，成功识别区域占整体待识别区域的面积大大增加，识别度得到了极大提高。并且随着光照设备的专业化和具体工程目标下光照方法的合理化，识别结果还能得到进一步提升。

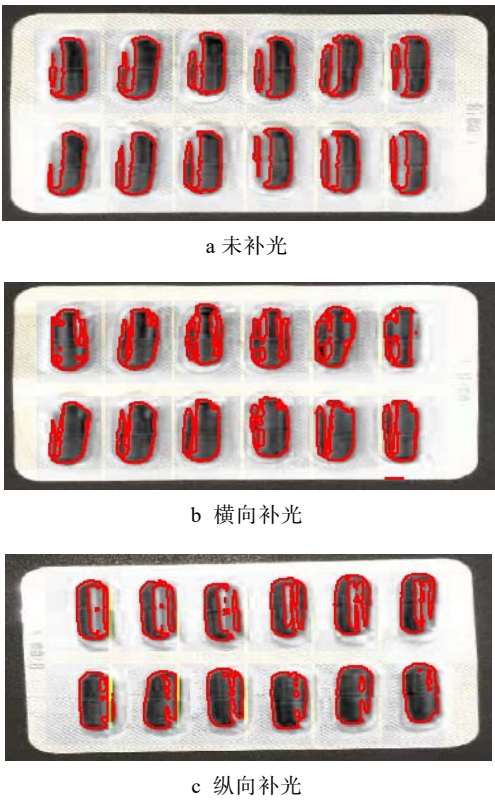


图 15 不同光照条件下的目标的识别结果
Fig.15 Target recognition results under different illumination conditions

3.2 阈值分割算法的影响

上述目标处理方式是对 RGB 三通道图像进行灰度处理，提取所需通道的图像。在处理中，发现结合 RGB 三通道和 HSV 三通道^[14]相互转换的方式，可以得到更好的处理结果。

在未采用照明系统的情况下,结合 HSV 三通道的特征对目标进行处理,处理结果见 16。



图 16 未补光目标结合 HSV 识别结果
Fig.16 Recognition results of target combined with HSV under no supplementary light

对比图 15a 和图 16,可以明显看出在算法中结合 HSV 三通道处理算子的图像识别结果得到了很大的提升,识别度得到了很大的提升,基本消除了目标周边识别失败的区域,HSV 算子对此类目标的识别有重要的作用。改善后的目标识别结果见图 17。

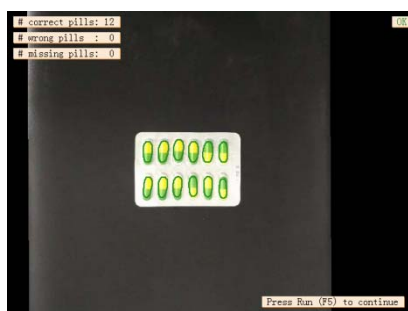


图 17 优化算法后的处理结果
Fig.17 Processing results after algorithm optimization

对比优化后的处理结果图 17 与优化之前的处理结果,可以发现每一粒胶囊的识别结果都得到了改善,识别边界平滑,识别面积占真实面积的比例大,估算其识别面积占比至少提高了 10%。

3.3 优化识别结果的方法

1) 将感兴趣部分和其他部分的灰度值差异加大。图像识别主要是利用目标区域与非目标区域的差异来在整个图像中分割出感兴趣的目标区域,并对其进行判断。通过加大感兴趣部分和其他部分的灰度值差异,可以使图像识别从算法上更加简单容易、准确,并且可以加快判断速度,减少不必要的程序运行。

2) 尽量消隐不感兴趣部分,提高信噪比^[15],利于图像处理。在图像识别中,图片中的任何背景都会对目标产生干扰,尽量保持背景简单可以提高处理质量。同时也可以先在图片中预先框选目标区域,降低识别难度。

3) 结合使用各种处理算法,提高处理效果。在图像处理中,各种处理算法的擅长方面不同,尤其是在复杂的图像环境中,综合使用各种算法,可以大大

提高处理质量。

4) 合理应用照明系统。在识别过程中,合理设计及应用照明系统,可以有效地提高处理质量,减轻处理算法的压力,识别更加快速高效。

4 结语

图像识别技术及其处理算法和照明系统作了详细介绍,针对目前普遍的中值处理结果提出了改进的处理算法,理论分析表明其拥有更优的处理结果,相较于一般的处理结果,可以尽可能地避免极亮极暗值的影响。基于目前市场应用广泛的图像识别软件 HALCON 对药物图像进行识别实验,结果表明系统可以成功完成胶囊识别,改进的中值滤波处理结果更优,识别结果更加准确。通过对图像识别过程中的识别质量的研究,研究了照明系统对识别结果的重要影响,结果表明合理的照明系统,可以极大地提高处理质量,并减轻处理算法处理的负担,使识别结果更加简洁高效。随后通过图像分割算法的合理应用,极大的提高了图像处理质量,突出了处理算法的重要性,并发现 HSV 算子对此类目标识别有非常重要的作用,可以使识别结果的精度得到很大的提高,识别结果面积占比至少提高 10%以上,可以使识别阈值的设置更加合理、科学,在以后对此类识别有重要的参考价值。在实际工况中,配置合理适宜的照明系统,辅助以简洁高效的处理算法,是机器视觉系统高质量识别的有效途径。

参考文献:

- [1] 邹蕾,张先锋. 人工智能及其发展应用[J]. 信息网络安全, 2012(2): 11—13.
ZOU Lei, ZHANG Xian-feng. Artificial Intelligence and Its Development and Application[J]. Information Network Security, 2012(2): 11—13.
- [2] 梁庆杰. 人工智能与机器视觉应用概论[J]. 装备制造技术, 2007(8): 96—97.
LIANG Qing-jie. Introduction to Artificial Intelligence and Machine Vision Application[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2007(8): 96—97.
- [3] 段峰,王耀南,雷晓峰,等. 机器视觉技术及其应用综述[J]. 自动化博览, 2002, 19(3): 59—61.
DUAN Feng, WANG Yao-nan, LEI Xiao-feng, et al. Overview of Machine Vision Technology and Its Applications[J]. Journal of Automation, 2002, 19(3): 59—61.
- [4] 魏峰,董石羽,徐平. 城市公共交通形象识别系统的应用研究[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 40—44.
WEI Feng, DONG Shi-yu, XU Ping. Applied Research on Urban Public Transportation Image Recognition System[J]. Packaging Engineering, 2017, 38 (2):

- 40—44.
- [5] 陈英. 机器视觉检测技术在工业检测中的应用[J]. 电子测试, 2015(18): 79—80.
CHEN Ying. Application of Machine Vision Inspection Technology Industrial Inspection[J]. Electronic Test, 2015(18): 79—80.
- [6] 马彦锋. 残损胶囊图像处理系统的研究与设计[D]. 天津: 天津理工大学, 2010.
MA Yan-feng. Research and Design of Image Processing System for Damaged Capsules[D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2010.
- [7] 李树涛, 黎福海, 林翠. HALCON 软件在机器视觉课程实验中的应用[J]. 高校实验室工作研究, 2012(1): 61—63.
LI Shu-tao, LI Fu-hai, LIN Wei. Application of HALCON Software in Machine Vision Course Experiment[J]. Journal of University Laboratory Work, 2012(1): 61—63.
- [8] SONKA M, HLAVAC V, CENG R B D M. Image Processing, Analysis and Machine Vision[J]. Journal of Electronic Imaging, 2014(82): 685—686.
- [9] 周富强, 张广军. 视觉检测中高速图像采集技术的研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2002, 28(2): 157—160.
ZHOU Fu-qiang, ZHANG Guang-jun. Research on High Speed Image Acquisition Technology in Visual Inspection[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2002, 28(2): 157—160.
- [10] 郭臻, 陈远知. 图像阈值分割算法研究[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版), 2008, 15(2): 77—82.
GUO Zhen, CHEN Yuan-zhi. Research on Image Threshold Segmentation Algorithm[J]. Journal of Communication University of China(Natural Science Edition), 2008, 15(2): 77—82.
- [11] 杨洋, 项辉宇, 薛真, 等. 模式图像的特征提取与配准方法[J]. 包装工程, 2017, 38(1): 185—190.
YANG Yang, XIANG Hui-yu, XUE Zhen, et al. Feature Extraction and Registration Methods for Pattern Images[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(1): 185—190.
- [12] 关新平, 赵立兴, 唐英干. 图像去噪混合滤波方法[J]. 中国图像图形学报, 2005, 10(3): 332—337.
GUAN Xin-ping, ZHAO Li-xing, TANG Ying-gan. Image Denoising Hybrid Filtering Method[J]. Journal of Image and Graphics, 2005, 10(3): 332—337.
- [13] 张燕丽, 柯旭. 结合天空区域检测的图像去雾算法研究与实现[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2017, 34(5): 37—42.
ZHANG Yan-li, KE Xu. Research and Implementation of Single Image Dehazing Algorithm Combined with Sky Region Detection[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2017, 34(5): 37—42.
- [14] 宋麦玲, 李欢. 一种基于 HSV 颜色空间的图像检索技术[J]. 电脑知识与技术, 2007, 1(1): 200.
SONG Mai-ling, LI Huan. An Image Retrieval Technique Based on HSV Color Space[J]. Computer Knowledge and Technology, 2007, 1(1): 200.
- [15] 王文远. 基于图像信噪比选择优化高斯滤波尺度[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(10): 2483—2487.
WANG Wen-yuan. Optimization of Gaussian Filtering Scale Based on Image Signal-to-Noise Ratio[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2009, 31(10): 2483—2487.