

基于图像处理技术的服装疵点检测系统研究

Study of Garment Production Detection System Based on Image Processing

殷开成 (东华大学纺织材料与技术实验室 上海 201620)

于伟东 (嘉兴学院 浙江 嘉兴 314001, 东华大学纺织学院 上海 201620)

摘要: 采用计算机图像处理技术对服装成衣生产过程中产生的疵点进行检测分析。提出图像获取系统方案, 获得快速运动下的清晰图像; 并采用中值滤波、边缘检测及数学形态学方法进行图像分割、提取, 运用统计分析方法, 获取疵点图像的各类纹理特征参数, 为服装成品及次品检测提供依据。测试结果表明, 分类准确率比较满意。

关键词: 疵点 图像处理 直方图 边缘检测 纹理特征

计算机辅助检测技术在工业生产及检测领域有着广泛的应用, 生产线上成品及次品的检验工作在很大程度上依赖计算机图像处理技术的发展。目前, 服装工业在自动化技术应用上已经取得很大的进展, 各道工序的生产效率也得以大幅度地提高。然而, 服装成衣检验的效率并没有同步提高。目前, 主要还是依赖于人工操作。这种方法具有许多弊端。以计算机视觉代替人工视觉不仅可提高检测速度, 降低劳动成本, 而且可以充分发挥计算机视觉系统的稳定性, 并将工人从繁重枯燥的劳动中解放出来。同时它会使得服装成衣的检验更精确、一致和有效, 从而提高产品的质量控制和改进, 最终能更好提高消费者的满意度。

均匀漫反射光, 以获得清晰的表面图像, 这样面阵 CCD 摄像机可以拍到清晰的目标图像。检测系统主要部件的构成如图 1 所示。由于服装面积较大, 而一个 CCD 摄像机的拍摄范围有限, 故系统根据每个摄像机覆盖的范围大小在服装宽度方向设置多个 CCD。这样, 随着服装前移, 这些 CCD 摄像机就可以拍摄到整个服装范围, 从而对服装的每一部分都进行疵点图像分析与检测。CCD 摄像机拍摄到的图像通过图像采集卡输入下位机, 图像分析与处理工作由下位机完成, 处理结果上传至上位机进行汇总、统计及数据库存储, 同时上位机还对服装的前移状态进行实时控制。上、下位机通过交换机构形成以太网形式, 通过 TCP/IP 协议进行数据传输。

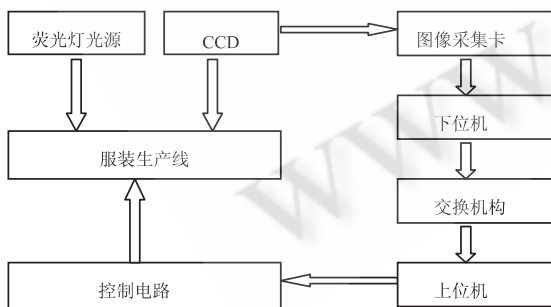


图 1 系统结构图

1 系统构成

在图像采集过程中, 图像的效果容易受光照条件的影响。本系统中将多只荧光灯置于服装上方, 产生

2 软件设计

本软件任务是完成对服装疵点的在线检测, 在功能上可分为图像摄取、图像处理、上位机下位机通讯及上位机管理等四个模块: 其程序设计主程序流程图如图 2:

3 关键技术

3.1 图像摄取

图像摄取系统是一切基于机器视觉的在线检测系统的基本组成部分, 一般由摄像机、图像采集卡等组成。实践证明, 摄像机对静止图像有较好的拍摄效果,

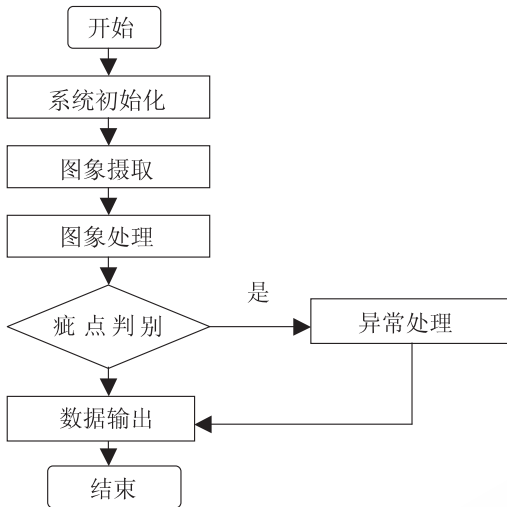


图 2 主程序流程图

对于动态图像,如不对所采图像加以调整将会产生模糊现象。针对由于图像运动而导致的图像退化,从 CCD 摄像机的工作原理入手,针对图像动态采集的特点,选用行间传送 CCD 或帧传送 CCD,采用快门与单场采集技术(即在采集中舍弃偶场信号,而通过内插法由奇场信号重建图像)并附以高频光源,使其能在一定的线速度下(本系统线速度为 0.5m/s)进行动态的图像采集。完全可以满足一般的工业在线检测的要求。

3.2 图像处理

图像处理系统是一个机器视觉系统的核心,在特征提取之前,通常要对采集到的疵点图像进行预处理及分割。

3.2.1 图像消噪

在图像采集过程中,由于成像条件、光照不均匀、光电转化过程中的噪声、脉冲干扰等因素的影响,所采集的图像通常带有噪声信号。需先进行噪声滤除。图像的平滑去噪处理主要通过邻域平均法、中值滤波、频域滤波等方法实现。由于工业要求或者是检测速度上的要求,采集图像的帧数不能过多,这样就不适合用多图像邻域平均法。现今比较多的疵点检测系统中都用中值滤波方法来作为图像预处理中抑制噪声的经典方法。中值滤波是一种能有效抑制噪声的非线性信号处理技术。中值滤波是这样进行的:首先设置一个奇数点的窗口,将其移遍图像(序列)上的点,且用窗内各原始值的中值代替窗口中心点的值,通常这就产生

出比原始图像(序列)平滑的输出图像(序列)。虽然中值滤波的方法比较简单,易于实现,而且能一定程度地保护边界,但是一般的中值滤波方法可能会丢失图像中的细线和小块目标区域,对于系统中疵点的提取还是有点影响的。自适应中值滤波就是基于中值滤波的原理,通过比对图像的亮度来自动选择窗口的尺寸,本系统采用自适应中值滤波。过程如下所示:

Level A :若 $Z_{min} < Z_{med} < Z_{max}$, 则转向 level B

否则增加窗口尺寸

若窗口尺寸 $\leq S_{max}$, 重复 level A

否则输出 Z_{med}

Level B :若 $Z_{min} < Z_{xy} < Z_{max}$, 则输出 Z_{xy}

否则输出 Z_{med}

其中 Z_{min} 表示 S_{xy} 中的最小亮度值, Z_{max} 表示 S_{xy} 中的最大亮度值, Z_{med} 表示 S_{xy} 中的亮度中值, Z_{xy} 表示坐标 (x, y) 处的亮度值。 S_{max} 表示允许的最大自适应滤波器窗口的大小。

本文以服装成衣中缝制工艺上常见的重线疵点为例进行疵点的图像处理与识别,经过自适应中值滤波预处理后的图像如图 3 所示。

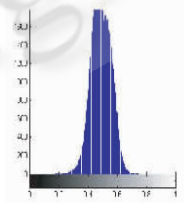


图 3 自适应中值滤波后的图像 图 4 直方图表示

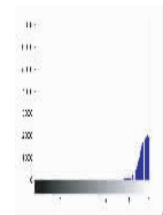


图 5 亮度增强后的图像 图 6 亮度增强后的直方图

3.2.2 直方图调整

为了突出图像中的疵点部分,必须进行图像增强处理。在图像增强中经常用到直方图调整。图像灰度的直方图是反映一幅图像中的灰度级与出现这种灰度

的概率之间的关系图形。灰度直方图是灰度级的函数,描述的是图像中具有该灰度级的像素的个数;其横坐标是灰度级,纵坐标是该灰度出现的频率。一幅图像灰度分布的直方图反映了各种灰度等级在图像内所占的比例大小,它能概括地描述出图像的样子来,通过对图像灰度直方图的调整,可以起到增强图像对比度的作用,从而更有利于后续的图像处理。对重线疵点图像进行直方图调整,这里选用的增强亮度处理。结果如图 5 所示,通过图 4 可知,采集的图像的灰度绝大部分集中在 0.2-0.8 之间,而经直方图调整后的将图像灰度范围放大到 0.5-1,图像的亮度明显增加。这样可使原始图像灰暗部分的动态变化范围大大增强,从而使细节更容易观察。

3.2.3 边缘检测

为进行疵点的特征提取和参数测量,首先需要将疵点所在的区域从背景图像中分离出来。在计算机图像处理中区域分割与提取的方法多种多样,可划分为阈值法、边缘检测、区域生长等类型。直接利用阈值法进行区域检测具有运算量小、算法简单、速度快等优点。但在光照强度不均、目标与背景无明显灰度差的情况下,阈值的选取较困难。若采用合适的边缘检测器对图像进行处理,可以很好地克服光照影响,从而取得较好的检测效果。边缘检测的实质是采用某种算法来提取出图像中的对象与背景间的交界线。图像灰度的变化情况可以用图像灰度分布的梯度来反映,因此我们可以利用局部图像微分技术获得边缘检测算子。经典的边缘检测方法是原始图像中像素的某小邻域来构造边缘检测算子。目前已提出许多不同的算子,常见的有 Canny 边缘检测算子、Roberts 边缘检测算子、Sobel 边缘检测算子、Prewitt 边缘检测算子、Robinson 边缘检测算子等。Canny 算子的基本思想是先将图像使用高斯函数 Gauss 进行平滑,再由一阶微分的极大值确定边缘点。其定义为:对图像 $f(x, y)$ 进行高斯函数滤波后得到 $f(x, y) * G_a(x, y)$ 其中 a 为相应的尺度因子。计算其梯度矢量的模 M_a 和方向 A_a 为:

$$M_a = \left\| f(x, y) * \nabla G_a(x, y) \right\|$$

$$A_a = \frac{f(x, y) * \nabla G_a(x, y)}{\left\| f(x, y) * \nabla G_a(x, y) \right\|}$$

图像的边缘点即为在 A_a 方向上使 M_a 取得局部极大值的点。Canny 算子的实现步骤如下:

(1) 首先用 2D 高斯滤波模板与原始图像进行卷积,以消除噪声。

(2) 利用导数算子找到图像灰度沿着两个方向的导数 G_x, G_y 并求出梯度的大小: $|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$

(3) 利用②的结果计算出梯度的方向:

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

(4) 求出了边缘的方向,就可以把边缘的梯度方向大致分为 4 种(水平、垂直、45°方向和 135°),并可以找到这个像素梯度方向的邻接像素。

(5) 遍历图像。若某个像素的灰度值与其梯度方向上前后两个像素的灰度值相比不是最大的,那么将这个像素值置为 0,即不是边缘。

(6) 使用累计直方图计算两个阈值。凡是大于高阈值的一定是边缘;凡是小于低阈值的一定不是边缘。如果检测结果在两个阈值之间,则根据这个像素的邻接像素中有没有超过阈值的边缘像素,如果有,则它就是边缘,否则不是。

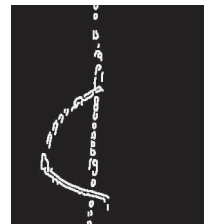
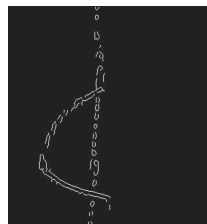


图 7 经过 canny 算子边缘检测的图 图 8 经过膨胀的图



图 9 经过填充的图

3.2.4 膨胀和填充

虽然边缘检测可以提取缝线大概的轮廓,但是由于提取的不精确,就会有边缘线存在断裂的情况,并且

边缘内部还有一些孔隙。所以要用到形态学重构中的膨胀和填充。

膨胀 :使用结构元素 b 对 f 的灰度膨胀记为 $f \oplus b$,定义为 $(x, y) = \max\{f(x - x', y - y') + b(x', y') \mid (x', y') \in D_b\}$ 其中 D_b 是 b 的定义域。从概念上讲,我们可以认为结构元素关于其原点旋转并在图像中的所有位置平移,就像卷积核被旋转并在图像上平移那样。在每个平移位置,旋转的结构元素的值与图像像素值相加并计算出最大值。

填充 :形态学重构的应用范围很广,每种应用都取决于与标记核掩模图像的选择。一幅标记图像 f_m ,该图像的边缘部分的值为 $1 - f$,其余部分的值为 0 :

$$f_m(x, y) = \begin{cases} 1 - f(x, y) & \text{若 } (x, y) \text{ 在 } f \text{ 的边界上} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$g = [R_{fc}(f_m)]$ 的作用是填充图像 f 中的孔洞。

3.2.5 纹理特征提取

表 1 基于区域的亮度直方图的某些纹理描绘子

矩	表达式
均值	$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$
标准偏差	$\sigma = \sqrt{\mu_2(z)} = \sqrt{\sigma^2}$
平滑度	$R = 1 - 1/(1 + \sigma^2)$
三阶矩	$\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i)$
一致性	$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i)$
熵	$e = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i)$

将疵点图像分割后,下面就对分割的区域加以表示和描述。本文选用的描述方法是利用内部因素(组成的像素)来描述区域,进一步说是量化区域的纹理内容。目前纹理算法大体可以分为两大类:一类是从图像有关属性的统计分析出发的统计分析方法;另一类是力求找出纹理基元,再从结构组成上探索纹理的规律或直接去探求纹理构成的机构规律的机构分析方法。目前常用的方法是统计分析方法。频繁用于纹理分析的一种方法是以亮度直方图的统计属性为基础的。表 1 列出了基于统计矩、一致性和熵等常用描绘子。

经过图像处理重线疵点图像如图 9 所示:对它进行纹理特征提取,提取出来的参数值见表 2:通过对

提取的参数值之间的比对发现,重线疵点的均值、标准偏差以及三阶矩明显的区别于标准线迹,由此可以作为识别依据。

表 2 重线疵点图像的纹理特征参数

文件名	均值	标准偏差	平滑度
标准线迹	10.8703	50.3736	0.0376
重线疵点	11.7302	52.5032	0.0407
文件名	三阶矩	一致性	熵
标准线迹	8.9778	0.8308	0.8394
重线疵点	9.6679	0.8556	0.7224

4 结语

本文提出服装疵点检测系统的图像采集与分析的整体设计方案,采用漫射光照明,图像采集部分利用 CCD 快门及单帧采集方法相结合,得到清晰的服装疵点图像。在要求快速检测的基础上,对疵点图像进行消噪、直方图灰度变换后,利用 Canny 边缘检测算子进行了边缘提取,运用数学形态学膨胀和填充改善边界缺损,以便进行特征参数的计算,分析疵点的形态特征。利用统计方法的原理,提取了疵点图像的均值、标准偏差、平滑度、三阶矩、一致性和熵几个特征值。实验证明该方案获取图像效果佳,图像分析算法简便,处理过程快速可靠,适合服装的生产检测要求。

参考文献

- 1 刘曙光,屈萍鸽,费佩燕. 机器视觉在纺织检测中的应用. 纺织学报,2003,24(6):88-90.
- 2 王永刚,胡涛,杨杰. 一种彩色印刷图像网点检测与识别算法的研究. 计算机仿真,2003,20(12):91-95.
- 3 李立轻,黄秀宝. 图像处理用于织物疵点自动检测的研究进展. 东华大学学报,2002(4):118-122.
- 4 王华,颜钢锋,张瑞林. 图像处理技术在纺织品检测中的应用. 浙江工程学院学报,2003(3):189-192.
- 5 冈萨雷斯. 数字图像处理(Matlab 版). 电子工业出版社,2005.
- 6 章毓晋. 图像分割. 科学出版社,2001.
- 7 李汝勤,宋均才. 纤维和纺织品测试技术. 东华大学出版社,2005.
- 8 于伟东,储才元. 纺织物理. 东华大学出版社,2002.