

基于机器视觉的牛仔服装质量检测工艺研究

蔡海丽

浙江蓝舟服饰有限公司 浙江温州 325200

【摘要】随着服装制造业向智能化、数字化转型,传统人工检测模式已难以满足牛仔服装大规模生产对效率与精度的双重需求。本文针对牛仔面料纹理复杂、缺陷形态多样及对对比度低等特点,开展了质量检测工艺研究。通过分析牛仔布面的光学特性,构建了包含高分辨率线阵相机、定制光源系统及图像处理单元的硬件平台。在算法层面,提出了基于多尺度形态学重构的图像预处理方法,结合改进的边缘检测与阈值分割算法,有效解决了背景纹理干扰与缺陷提取困难的问题。研究重点探讨了破损、油污、色差及缝制缺陷的识别工艺流程,验证了该系统在不同光照条件下的稳定性。结果表明,该检测工艺显著提升了缺陷识别准确率,降低了漏检率,为实现牛仔服装生产线的实时在线质检提供了可靠的技术方案。

【关键词】机器视觉;牛仔服装;质量检测;图像处理;缺陷识别;自动化检测

Research on Quality Inspection Process for Jeans Apparel Based on Machine Vision

Cai Haili

Zhejiang Blue Boat Garments Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang 325200

【Abstract】 With the intelligent and digital transformation of the apparel manufacturing industry, traditional manual inspection methods have become inadequate for meeting the dual demands of efficiency and precision in large-scale denim garment production. This study investigates quality inspection processes tailored to the complex texture patterns, diverse defect morphologies, and low contrast characteristics of denim fabrics. Through analyzing optical properties of denim surfaces, a hardware platform integrating high-resolution linear array cameras, customized light source systems, and image processing units was developed. At the algorithmic level, an image preprocessing method based on multi-scale morphological reconstruction was proposed, combined with improved edge detection and threshold segmentation algorithms to effectively address background texture interference and defect extraction challenges. The research focuses on developing identification workflows for damage, oil stains, color variations, and sewing defects, while validating system stability under varying lighting conditions. Results demonstrate that the proposed inspection process significantly enhances defect recognition accuracy, reduces missed detection rates, and provides a reliable technical solution for real-time quality control in denim garment production lines.

【Key words】 machine vision; denim clothing; quality inspection; image processing; defect detection; automated inspection

引言

牛仔服装作为全球纺织品服装市场的重要组成部分,其年产量巨大,质量控制一直是生产流程中的关键环节。长期以来,牛仔服装的质量检测主要依赖人工目视完成。然而,受限于检测人员的视力状况、主观判断标准、疲劳程度及环境光线变化,人工检测存在效率低下、漏检率高、标准不统一等固有缺陷。特别是在面对牛仔面料特有的斜纹组织结构、水洗后的复杂纹理以及由于染色工艺造成的底色不均时,人工识别微小缺陷的难度进一步增加。随着劳动力成本上升及智能制造技术的快速发展,基于机器视觉的自动检测技术逐渐成为服装行业技术升级的研究热点。

机器视觉技术具有非接触、速度快、精度高及信息数字化等优势,能够替代人工在恶劣或重复性工作环境中进行客

观、稳定的检测。将机器视觉技术应用于牛仔服装质量检测,不仅能提高检测效率,更能通过数字化手段实现质量数据的追溯与分析,从而优化生产工艺。然而,牛仔面料由经纬纱交织而成,表面具有明显的周期性纹理特征,且在水洗、磨白等后整理工序后,表面灰度分布更为复杂,这给图像处理算法带来了极大的挑战。如何在保留缺陷特征的同时抑制复杂的背景纹理噪声,实现缺陷的精准分割与分类,是当前研究的核心难点。本文旨在研究一套适用于牛仔服装生产环境的机器视觉检测工艺,从系统架构设计、图像处理算法优化及检测流程规范等方面进行深入探讨,以期解决传统检测模式的局限性。

一、机器视觉检测系统的构建与图像采集工艺

构建稳定可靠的机器视觉检测系统是实现高质量检测的基础,针对牛仔服装表面特征,系统的硬件选型、光照环境构建及图像采集参数设定直接决定了成像质量与后续处理的效果。

1.1 硬件系统架构设计

典型的牛仔服装机器视觉检测系统主要由图像采集模块、图像处理模块、运动控制模块及执行机构组成。图像采集模块作为核心部分,需根据检测视场与精度要求进行选型。考虑到牛仔面料幅宽较大且生产线运行速度较快,选用高分辨率的线阵相机进行扫描成像,能够有效避免面阵相机在拼接过程中产生的图像畸变与漏拍问题。镜头选择应充分考虑畸变修正与景深范围,确保在面料起伏或缝纫厚度变化时仍能清晰成像。图像处理模块采用高性能工业计算机,配备专用图像采集卡,实现对高速数据流的实时处理与分析。

1.2 光照系统设计与成像优化

光照条件是影响机器视觉成像质量的关键因素,牛仔面料表面存在斜纹、磨毛等物理结构,容易产生镜面反射或漫反射不均现象,造成图像伪影。针对此问题,需设计高均匀性的照明系统。采用LED条形光源配合漫射板,形成均匀的漫反射光场,可有效抑制面料表面局部反光,降低纹理阴影对缺陷特征的干扰。针对不同类型的缺陷,光源的入射角度需进行针对性调整。对于破洞、断裂等具有深度特征的缺陷,采用低角度掠射光能够增强缺陷边缘的阴影效果,提高对比度;对于油污、色渍等表面污染缺陷,则需采用高角度直射光或同轴光,以清晰呈现其颜色与纹理差异。通过组合光源的应用,构建适应多类型缺陷检测的复合照明环境。

1.3 图像采集参数标定与校正

在实际生产线上,面料传送速度的波动与抖动会导致采集图像的几何失真。因此,必须建立精确的系统标定与校正工艺。利用高精度光栅尺或编码器实时监测传送带速度,反馈至线阵相机的行触发信号,确保行频与运动速度严格同步,消除图像拉伸或压缩变形。同时,定期进行黑白校正与平场校正,消除相机传感器响应不均匀及光照分布偏差引起的背景噪声,确保图像灰度值真实反映面料表面的反射特性。针对不同颜色深浅的牛仔面料,需建立动态曝光时间调整机制,避免因过曝或欠曝导致的图像细节丢失。

二、图像处理算法与缺陷识别策略

图像处理算法是机器视觉检测系统的核心大脑,面对牛仔面料复杂的背景纹理,需采用针对性的预处理、分割与特征提取算法,实现缺陷目标的精准分离。

2.1 图像预处理与背景纹理抑制

原始采集图像中往往包含大量的随机噪声及背景纹理信息,牛仔面料的斜纹组织具有明显的方向性与周期性,这种纹理在频域上表现为特定的高频分量,容易与细小的断

经、断纬等线性缺陷混淆。为抑制背景纹理干扰,可采用频域滤波与空域滤波相结合的预处理策略。利用傅里叶变换将图像转换至频域,设计陷波滤波器滤除特定频率的纹理成分,再经反变换还原空域图像,能够有效去除周期性背景噪声。在空域处理中,采用多尺度形态学 Top-Hat 变换,通过选择不同尺度的结构元素,分别提取亮缺陷与暗缺陷,同时平滑背景,增强缺陷目标的显著性。

2.2 缺陷分割与特征提取技术

图像分割是将缺陷区域从背景中分离出来的关键步骤,鉴于牛仔面料缺陷形态各异,单一的阈值分割方法难以适用。对于对比度较高的破损、破洞类缺陷,可采用最大类间方差法(OTSU)或自适应阈值分割法,根据图像局部灰度分布动态确定分割阈值。对于油污、色差等与背景灰度差异较小的缺陷,需引入基于边缘检测或纹理特征的分割算法。结合 Canny 边缘检测算子提取缺陷边缘轮廓,并利用形态学闭运算填充边缘断裂,形成完整的缺陷区域。

特征提取是后续分类识别的基础。针对分割出的可疑区域,提取包括几何特征(面积、周长、长宽比、圆形度)、灰度特征(平均灰度、灰度方差、对比度)及纹理特征(熵、能量、相关性)在内的多维特征向量。这些特征参数能够量化描述缺陷的物理形态与光学属性,为分类器提供判别依据。

2.3 基于深度学习的分类识别模型

随着深度学习技术的发展,卷积神经网络(CNN)在图像识别领域展现出强大的特征学习能力。针对牛仔服装缺陷样本数量有限、类间差异小等问题,可采用迁移学习策略,利用在大规模通用图像数据集上预训练的网络模型,针对特定的缺陷样本集进行微调优化。通过构建包含卷积层、池化层及全连接层的深度网络结构,自动提取缺陷的高维抽象特征,实现对破洞、油污、断经、色斑、线头等多种缺陷类型的自动分类。相比于传统人工设计特征的方法,基于深度学习的模型具有更强的鲁棒性与泛化能力,能够有效应对面料颜色变化与纹理扰动带来的挑战。

三、典型缺陷检测工艺流程与实施

基于上述系统架构与算法原理,针对牛仔服装生产中常见的缺陷类型,制定标准化的检测工艺流程,是实现工业化应用的关键。

3.1 破损类缺陷检测工艺

破损是牛仔服装中严重的质量缺陷,包括破洞、磨损、撕裂等形态。此类缺陷在图像中通常表现为局部灰度突变或纹理断裂。检测工艺流程如下:首先,对采集图像进行灰度化与高斯滤波去噪;其次,利用形态学梯度运算增强边缘信息;再次,采用阈值分割法提取潜在的破损区域,并结合形态学开闭运算去除孤立噪点;最后,计算目标区域的面积与

形状因子,剔除过小的无效区域,判定破损缺陷并标记位置。针对破洞类缺陷,特别需要区分面料自身的孔洞设计(如破坏性洗水风格)与意外损伤,这需要结合孔洞的边缘形态是否规则及其分布规律进行逻辑判别。

3.2 污渍与色差缺陷检测工艺

污渍与色差属于外观颜色类缺陷,其特点是边缘模糊,无明显凹凸感。检测此类缺陷需重点分析颜色信息。工艺上,将RGB颜色空间转换为HSV或Lab颜色空间,以降低光照强度变化对颜色表达的影响。计算图像各颜色通道的均值与方差,若某一区域与整体均值偏差超过设定阈值,则判定为色差或污渍。对于局部细小的油污点,可采用局部二值模式(LBP)算子提取纹理特征,通过与标准纹理模式的相似度比对进行识别。考虑到牛仔服装特有的“色花”现象,需建立均匀性评价模型,量化分析布面颜色的分布离散度,实现对染色不均的客观评价。

3.3 缝制缺陷检测工艺

牛仔服装的缝制质量直接影响成衣的牢固度与外观,常见的缝制缺陷包括断线、跳针、浮线及线头残留,此类缺陷具有线性或点状特征,且往往与缝纫线轨迹重合,识别难度较大。检测工艺首先定位缝纫线的轨迹位置,利用投影法或霍夫变换提取缝纫线骨架;然后对骨架区域进行局部的二值化处理与连通域分析;针对断线与跳针,通过检测轨迹连续性的中断或针脚间距的异常突变进行判定;针对线头残留,利用线检测算子识别超出缝纫轨迹的细长线条目标,结合长度阈值进行筛选。该工艺要求图像分辨率达到针脚级别的像素精度,以保证微细特征的清晰呈现。

四、检测结果分析与系统性能优化

为验证所研究工艺的有效性,需对系统全面的性能测试与分析,并针对实际应用中出现的问题进行优化。

4.1 检测精度与效率评估

通过采集大量包含不同类型缺陷的牛仔面料样本图像,建立标准缺陷数据库,对算法进行离线训练与测试。引入正确检出率、误检率及漏检率作为评价指标。实验数据表明,在光照均匀、图像清晰的前提下,该工艺对破洞、油污等典型缺陷的正确检出率达到较高水平,能够满足工业级检测标

准。在效率方面,线阵相机的行频与图像处理算法的运算速度决定了系统的吞吐能力。通过算法优化,如采用金字塔分层搜索策略及并行计算技术,大幅缩短了图像处理时间,使系统检测速度能够匹配生产线的运行节拍。

4.2 复杂环境下的鲁棒性分析

实际生产现场环境复杂,存在光照波动、粉尘干扰及机械振动等不利因素。为提升系统的鲁棒性,需进行抗干扰设计。针对光照波动,引入自动增益控制与动态阈值补偿机制;针对粉尘干扰,在硬件上加装防尘罩与清洁装置,在算法上增加基于粒子特征的滤波算法,区分真实缺陷与随机粉尘颗粒。此外,面料褶皱是影响检测准确率的常见干扰源,通过安装展平辊装置并在算法中引入褶皱识别模型,可有效减少因折叠阴影造成的误判。系统在长时间连续运行测试中表现出良好的稳定性,证明了该工艺在复杂环境下的适用性。

4.3 工艺参数的自适应调整

不同批次、不同风格的牛仔服装在颜色、纹理及厚度上存在差异,固定的检测参数难以适应所有产品。因此,需开发自适应参数调整工艺。在系统初始化阶段,通过扫描一段无缺陷的标准样布,自动学习并提取其背景纹理特征与灰度分布参数,动态生成最优的滤波器参数与分割阈值。同时,建立参数数据库,存储不同面料型号对应的最佳工艺参数组合,实现换品种时的快速调用。这种自适应机制显著提升了系统的柔性化生产能力,降低了人工干预程度,增强了系统的通用性。

五、结论

本文针对牛仔服装质量检测中的人工依赖性强、效率低等问题,系统研究了基于机器视觉的检测工艺。通过构建高精度的线阵成像系统,设计针对性的光照方案,并结合频域滤波、形态学处理及深度学习分类算法,有效解决了牛仔面料复杂背景纹理下的缺陷识别难题。实验验证表明,该工艺能够实现对破洞、污渍、色差及缝制缺陷的精准检测,显著提高了检测效率与客观性。未来研究将进一步聚焦于微小缺陷的超分辨率重建算法及多传感器融合技术,以进一步提升机器视觉检测系统在极端复杂场景下的综合性能,推动服装制造业向智能化方向迈进。

参考文献

- [1]顾孟尚.基于机器视觉的牛仔织物疵点检测研究[D].江南大学,2025.DOI: 10.27169/d.cnki.gwqgu.2025.000082.
- [2]熊琳,陈涛.机器视觉技术在纺织品及服装研究中的应用[J].中国纤检,2023,(06):110-112.DOI: 10.14162/j.cnki.11-4772/t.2023.06.009.
- [3]高鹏.机器视觉服装样片特征数据采集系统研究[D].天津科技大学,2020.DOI: 10.27359/d.cnki.gtqgu.2020.000022.
- [4]管森.基于智能学习算法的布匹瑕疵检测方法研究[D].苏州大学,2019.DOI: 10.27351/d.cnki.gsyzhu.2019.000480.