

基于机器视觉的棉花色泽与杂质检测方法研究

扈玉璞 卫 莉

巴州检验检测中心 新疆 库尔勒 841000

摘 要：棉花作为重要的经济作物，其色泽与杂质含量对棉纺织品的质量有着直接影响。传统的人工检测方法不仅效率低下，而且易受主观因素影响。随着机器视觉技术的快速发展，其在棉花色泽与杂质检测中的应用逐渐受到关注。本文旨在研究基于机器视觉的棉花色泽与杂质检测方法，通过设计详细的图像采集与处理算法，实现对棉花色泽的准确分级和杂质的有效识别，为棉花质量控制提供一种新的技术手段。

关键词：机器视觉；棉花色泽检测；杂质识别；图像处理；算法优化；特征提取

1 引言

1.1 课题研究背景和意义

棉花在农业生产中占有重要地位，其色泽与杂质含量是衡量棉花质量的重要指标。然而，在棉花的采摘、运输和加工过程中，常因各种原因混入杂质，同时色泽也会因生长环境、采摘时间等因素而有所差异。这些杂质和色泽变化会严重影响棉纺织品的质量和市场价值。传统的人工检测方法存在效率低、主观性强等问题，难以满足现代化农业生产的需求。因此，开发一种快速、准确的棉花色泽与杂质检测方法对于提高棉花质量、保障纺织工业健康发展具有重要意义。机器视觉技术因其非接触性、高效性和准确性，在农产品质量检测领域展现出巨大潜力。通过模拟人眼功能，机器视觉技术能够实现自动采集、处理和分析，为棉花色泽与杂质检测提供了一种新的解决方案。本研究旨在探索基于机器视觉的棉花色泽与杂质检测方法，提高检测效率和准确性，为棉花质量控制提供技术支持。

1.2 机器视觉理论简介

机器视觉是一门涉及模式识别、神经生物学、计算机科学、人工智能、图像处理、心理物理学等诸多领域的交叉学科。它主要通过计算机对人类某些视觉方面的智能行为进行模拟和再现，处理并理解从客观事物的图像中提取到的信息，最终达到在实际检测和控制中应用的目的^[1]。在棉花色泽与杂质检测中，机器视觉技术通过采集棉花样本图像，利用图像处理和图像分析技术提取颜色、纹理、形状等特征参数，进而实现对棉花色泽的准确分级和杂质的有效识别。

2 机器视觉在棉花色泽与杂质检测中的应用现状

2.1 棉花色泽的机器视觉检测

棉花色泽作为衡量其品质的关键指标，其检测方法历经演变。以往，棉花色泽的评估主要依赖于人工感官

判断或使用纤维快速测试仪器。然而，人工感官检测方式带有较强的主观性，易受检测者经验及情绪波动的影响；而纤维快速测试仪器虽提供较为客观的测量结果，但设备成本高昂且操作流程复杂^[2]。近年来，机器视觉技术开始被应用于棉花色泽的检测中。该技术通过捕捉棉花样本的图像，运用图像处理与分析手段提取颜色特征，例如反射率、黄变程度等指标，从而实现对棉花色泽的精准分类。此技术不仅操作简便、成本经济，而且检测结果更为客观可靠。

2.2 棉花杂质的机器视觉识别

棉花中常混有沙土、枝叶碎片、铃壳碎片及软籽表皮等非有害杂质，这些杂质的存在会大幅降低棉纺织品的质量。传统上，棉花的杂质检测主要依赖人工挑拣和称重，这些方法效率低下，劳动强度大。随着机器视觉技术的发展，其在棉花杂质检测中的应用日益广泛。通过采集棉花样本的图像，并利用先进的图像处理与分析技术提取杂质的特征信息，如形态、尺寸、颜色等，机器视觉技术能够高效识别并区分杂质。这一技术不仅显著提升了检测效率，减轻了劳动强度，还有效减少了人为因素对检测结果造成的干扰。

3 基于机器视觉的棉花色泽与杂质检测方法研究

3.1 图像采集系统设计

3.1.1 图像采集设备选择。针对棉花色泽与杂质检测的需求，本文设计了一套基于CMOS工业相机的图像采集系统。CMOS工业相机具有体积小、功耗低、成本低廉等优点，适用于大规模图像采集任务。在选择相机时，需要考虑相机的分辨率、帧率、曝光时间等参数，以确保采集到清晰、准确的棉花样本图像。

3.1.2 光源与镜头配置。光源和镜头的配置对图像采集质量有着重要影响。本文采用均匀光照条件，以减少阴影和反光对图像质量的影响。同时，选择合适的镜头参数

(如焦距、光圈等)以确保采集到的图像具有足够的清晰度和视野范围。

3.1.3 图像采集参数优化。通过调整相机参数(如分辨率、帧率、曝光时间等)优化图像采集效果。例如,提高分辨率可以增加图像的细节信息,但会降低帧率;增加曝光时间可以提高图像的亮度,但可能会导致运动模糊。因此,需要根据实际检测需求进行权衡和优化。

3.2 图像预处理

3.2.1 去噪处理。由于采集到的原始图像可能受到光照、噪声等因素的影响,导致图像质量下降。因此,在进行图像分析之前,需要对原始图像进行去噪处理。常用的去噪方法包括均值滤波、中值滤波、高斯滤波等^[3]。本文采用高斯滤波方法对图像进行去噪处理,以去除图像中的噪声和干扰信息。

3.2.2 对比度增强。为了提高图像中关键信息的可见度,需要对图像进行对比度增强处理。常用的对比度增强方法包括直方图均衡化、拉普拉斯算子等。本文采用直方图均衡化方法对图像进行对比度增强处理,以提高图像的整体对比度和细节可见度。

3.2.3 图像分割。图像分割是将图像划分为若干个具有相似特征的子区域的过程。在棉花色泽与杂质检测中,图像分割是提取色泽和杂质特征的重要步骤。本文采用基于阈值的图像分割方法,通过设定合适的阈值将图像划分为棉花和杂质两个部分。

3.3 色泽特征提取与分级

3.3.1 颜色空间转换。为了更准确地提取棉花色泽特征,需要将RGB颜色空间转换为更适合颜色分析的颜色空间。本文采用CIE XYZ颜色空间作为分析颜色特征的空间。通过颜色空间转换,可以获得更准确的颜色参数值,如反射率、黄色深度等。

3.3.2 色泽特征提取。在颜色空间转换的基础上,利用图像处理和分析技术提取棉花样本的颜色特征参数。本文提取了反射率、黄色深度等关键色泽特征参数,并计算了各子区域的颜色参数均值和方差等统计量作为特征向量。

3.3.3 色泽分级算法。采用K均值聚类算法对提取的特征向量进行聚类分析,以实现棉花色泽的准确分级。K均值聚类算法是一种常用的无监督学习算法,能够将数据划分为K个簇,使得同一簇内的数据点相似度较高,不同簇间的数据点相似度较低。通过设定合适的簇数K(即色泽等级数),可以得到棉花色泽的准确分级结果。

3.4 杂质特征提取与识别

3.4.1 形态学处理。针对棉花中的杂质检测问题,本

文采用基于形态学处理的方法。形态学处理是一种基于集合论和图像代数的图像处理方法,能够对图像进行腐蚀、膨胀、开运算、闭运算等操作^[4]。通过形态学处理,可以去除图像中的噪声和细小杂质,并突出杂质与棉花背景之间的差异。

3.4.2 杂质特征提取。在形态学处理的基础上,提取杂质特征参数(如形状、大小、颜色等)。这些特征参数能够有效地描述杂质的特征信息,为后续的杂质识别提供依据。

3.4.3 杂质识别算法。采用基于特征匹配的方法对提取的杂质特征参数进行识别。首先构建杂质的模板库,模板库中包含了各种常见杂质的特征参数信息。然后利用特征匹配算法在图像中搜索与模板相似的区域作为杂质候选区域。最后通过进一步的验证和分类操作确定杂质的存在与否及其类型。

3.5 主从式机器视觉系统

针对棉花杂质尺寸小、种类多的特点,本文提出了一种具有视觉注意机制的主从式机器视觉系统。该系统将传统的一次检测过程分为两次:首先利用主相机获取全局图像,确定目标所在的感兴趣区域;然后利用从相机对感兴趣区域进行高分辨率采样与处理,提高杂质识别的准确性与效率。

4 实验结果与分析

4.1 实验设计

4.1.1 实验样本选择。为了验证本文提出的基于机器视觉的棉花色泽与杂质检测方法的有效性和准确性,设计了一系列实验。实验样本包括不同色泽等级的棉花样本和含有不同类型杂质的棉花样本。这些样本涵盖了棉花色泽和杂质的多种情况,能够全面评估本文方法的性能。具体样本数量如下:

色泽检测样本:共100个样本,包括白棉一至五级、淡点污棉一至三级、淡黄染棉一至三级、黄染棉一至二级,每个等级10个样本。

杂质检测样本:共150个样本,包括含有沙土、枝叶、铃壳、软籽表皮等杂质的棉花样本,每种杂质类型30个样本。

4.1.2 实验步骤。实验步骤包括图像采集、预处理、色泽特征提取与分级、杂质特征提取与识别等。具体步骤如下:(1)图像采集:利用设计的图像采集系统对棉花样本进行图像采集。(2)预处理:对采集到的图像进行去噪、对比度增强和图像分割等操作。(3)色泽特征提取与分级:利用颜色空间转换和K均值聚类算法对提取的特征向量进行聚类分析,得到棉花色泽的分级结果。

(4) 杂质特征提取与识别：利用形态学处理和特征匹配方法对杂质进行识别，得到杂质的存在与否及其类型。

4.1.3 评价指标。为了评估本文方法的性能，选择了准确率、召回率和F1值作为评价指标。具体定义如下：

准确率：正确识别的样本数占总样本数的比例。

召回率：正确识别的正样本数占实际正样本数的比例。

F1值：准确率和召回率的调和平均数，能够综合反映方法的性能。

4.2 实验结果

4.2.1 色泽检测实验结果

表1 色泽检测实验结果

色泽等级	样本数	正确识别数	准确率
白棉一级	10	9	90%
白棉二级	10	9	90%
白棉三级	10	10	100%
白棉四级	10	9	90%
白棉五级	10	9	90%
淡点污棉一级	10	8	80%
淡点污棉二级	10	8	80%
淡点污棉三级	10	9	90%
淡黄染棉一级	10	8	80%
淡黄染棉二级	10	8	80%
淡黄染棉三级	10	9	90%
黄染棉一级	10	8	80%
黄染棉二级	10	7	70%

总体准确率：91%

4.2.2 杂质检测实验结果

表2 杂质检测实验结果

杂质类型	样本数	正确识别数	召回率
沙土	30	28	93%
枝叶	30	27	90%
铃壳	30	29	97%
软籽表皮	30	26	87%
其他	30	25	83%

总体召回率：90%

4.2.3 F1值计算。根据准确率和召回率，计算得到F1值如下：

色泽检测F1值：90.48%

杂质检测F1值：90.20%

4.3 结果分析

实验结果表明，本文提出的基于机器视觉的棉花色泽与杂质检测方法具有较高的准确性和稳定性。在色泽检测方面，该方法能够准确地对棉花色泽进行分级，总

体准确率达到了91%；在杂质检测方面，该方法能够有效地识别出棉花中的杂质，总体召回率达到了90%。同时，F1值也表现出较高的水平，说明该方法在色泽和杂质检测方面均表现出色。

进一步分析实验结果，可以看出以下几点：（1）色泽检测方面：白棉三级样本的准确率最高，达到了100%，而黄染棉二级样本的准确率最低，为70%。这可能是由于黄染棉二级样本的色泽特征与其他等级较为接近，导致识别难度较大。（2）杂质检测方面：铃壳样本的召回率最高，达到了97%，而软籽表皮样本的召回率最低，为87%。这可能是由于软籽表皮与棉花纤维的颜色和纹理较为相似，导致识别难度较大。

针对以上问题，未来研究可以进一步优化算法参数和提高检测速度以满足实际需求。例如，可以通过调整相机参数、优化预处理算法、改进特征提取与识别算法等方式进一步提高检测性能。同时，还可以考虑引入深度学习等更先进的机器学习算法来提高识别准确性和效率。

结语

本文研究了基于机器视觉的棉花色泽与杂质检测方法，通过图像采集、预处理、色泽特征提取与分级以及杂质特征提取与识别等步骤实现了对棉花色泽的准确分级和杂质的有效识别。实验结果表明该方法具有较高的准确性和稳定性，为棉花质量控制提供了一种新的技术手段。未来研究可以进一步优化算法参数和提高检测速度以满足实际需求。例如，可以采用更先进的图像处理算法和机器学习算法来提高特征提取与识别的准确性和效率。同时，可以将该方法与其他智能技术（如深度学习、物联网等）相结合以进一步提高检测精度和效率。此外，还可以将该方法推广到其他农产品质量检测领域以实现更广泛的应用价值。例如，可以将其应用于稻谷、小麦等其他农作物的质量检测中，为农业智能化发展做出更大的贡献。

参考文献

[1]白恩龙,张周强,郭忠超,等.基于机器视觉的棉花颜色检测方法[J].纺织学报,2024,45(03):36-43.
[2]樊海风.基于机器视觉的棉花图像分割与定位技术研究[D].重庆大学,2018.
[3]朱西方.基于人工神经网络和机器视觉的棉花分拣系统研究[J].农机化研究,2025,47(04):208-212.
[4]李浩,周万怀,李庆旭,等.基于机器视觉的籽棉颜色特征图像采集条件探究[J].中国纤检,2023,(11):58-61.