

基于图像处理的汽车安全气囊外形边缘检测装置研究

张海龙

上海科学技术职业学院 上海 201800

摘要: 汽车安全气囊外形多样,边缘检测存在光线干扰、材质反光等难点。本文围绕基于图像处理的汽车安全气囊外形边缘检测装置展开研究,介绍了适配气囊检测的图像处理核心理论,设计了适配的图像处理边缘检测算法及逻辑流程,阐述了硬件系统核心组件选型、电路设计与集成接口设计,说明了软件系统开发环境、模块划分与开发调试优化。该装置为汽车安全气囊外形检测提供有效手段。

关键词: 汽车安全气囊;边缘检测;图像处理;硬件系统;软件系统

引言:汽车安全气囊是保障驾乘人员安全的重要部件,其外形准确检测对性能评估和质量控制意义重大。然而,安全气囊在不同状态下外形变化大,材质特性导致边缘呈现复杂,光线干扰、材质反光等因素使边缘检测困难重重。传统检测方法难以满足需求,图像处理技术凭借其独特优势成为解决该问题的有效途径。因此,开展基于图像处理的汽车安全气囊外形边缘检测装置研究具有重要的现实意义。

1 汽车安全气囊外形及边缘检测核心理论

1.1 汽车安全气囊外形特性及边缘特征

汽车安全气囊在不同状态下呈现出多样化的外形形态^[1]。在未展开时,气囊处于折叠压缩状态,外形紧凑且具有5-10处明显的褶皱结构;展开过程中,气囊迅速充气膨胀,外形动态变化,表面张力分布不均,在0.2-0.5秒内完成大部分膨胀过程;完全展开后,气囊形成特定的形状以保护驾乘人员,不同位置的气囊形状因安装位置和功能差异而有所不同,例如方向盘气囊展开后直径约为30-40厘米,侧气囊展开后长度约为50-70厘米。气囊材质对边缘呈现有着显著影响。气囊通常采用高强度、柔韧性好的织物材料,这种材料在光线照射下会产生不同程度的反光现象。不同部位的材质厚度和纹理差异,也会使边缘的明暗对比和清晰度发生变化,材质厚度差异可达0.1-0.3毫米。气囊边缘轮廓具有独特核心特征。其边缘并非规则的几何形状,而是存在一定程度的弯曲和起伏,部分区域边缘模糊,难以精确界定,模糊区域宽度约为1-3个像素。检测难点主要体现在光线干扰导致边缘信息不清晰、材质反光造成边缘局部过亮或过暗、边缘不规则性增加检测算法的复杂度等方面。

1.2 适配气囊检测的图像处理核心理论

针对气囊图像的预处理原理,鉴于气囊图像易受光线和材质反光影响,预处理技术核心逻辑在于消除这些

干扰因素,增强边缘信息。通过调整图像的亮度和对比度,使边缘区域的灰度差异更加明显,便于后续处理。利用滤波算法去除图像中的噪声,避免噪声对边缘检测的误导。气囊外形边缘检测核心原理围绕气囊边缘模糊、轮廓不规则特点展开。核心逻辑是通过对图像中像素灰度值的变化进行分析,识别出边缘位置。适配技术方向包括采用具有自适应能力的边缘检测算法,能够根据边缘的模糊程度和不规则性自动调整检测参数,提高边缘检测的准确性和鲁棒性。

1.3 适配气囊外形检测的边缘检测算法分类及适配性分析

边缘检测算法可大致分为基于梯度的算法、基于二值化的算法和基于深度学习的算法等。基于梯度的算法通过计算图像中像素的梯度值来检测边缘,对规则边缘检测效果较好,但对于气囊边缘的不规则性和模糊性处理能力有限。基于二值化的算法将图像转换为二值图像后再进行边缘检测,简单快速,但容易丢失边缘细节信息。基于深度学习的算法能够自动学习图像中的特征,对复杂边缘具有较好的检测能力,但需要大量的训练数据和较高的计算资源。不同算法在气囊外形边缘检测中各有优劣,需根据实际检测需求进行选择和优化。

2 适配气囊外形的图像处理边缘检测算法设计

2.1 适配气囊图像的预处理算法设计

气囊图像采集易受多种因素干扰,产生不同类型噪声。常见噪声有高斯噪声和椒盐噪声等。高斯噪声源于图像采集设备电子元件热噪声等,使图像整体模糊、有随机灰度变化;椒盐噪声多由图像传输干扰等因素引起,在图像上表现为黑白孤立像素点^[2]。针对这些噪声,设计针对性抑制算法很关键。该算法要在去除噪声同时,尽可能保留气囊边缘细节。例如,对高斯噪声,可用均值滤波或高斯滤波,通过计算像素周围邻域平均值或加权

平均值平滑图像；对椒盐噪声，中值滤波较好，它用像素邻域内灰度值排序后的中值替代当前像素值，能去除孤立噪声点。气囊图像增强算法旨在优化气囊边缘与背景对比度，强化边缘特征以满足检测需求。因气囊材质和光线影响，边缘与背景对比度可能低，导致边缘不清晰。可用直方图均衡化，重新分配图像灰度值，使灰度分布更均匀，增强对比度；也可用对比度拉伸技术，拉伸较暗区域灰度值，压缩较亮区域灰度值，突出边缘特征。

2.2 汽车安全气囊外形边缘检测算法设计

适配气囊边缘的检测算子优化设计需充分考虑气囊边缘特性。传统算子如Sobel算子、Prewitt算子等，在检测规则边缘时有一定效果，但对于气囊边缘的不规则性和模糊性处理能力有限。可对现有算子进行优化，调整其卷积核的大小和权重，增强对模糊边缘的响应能力；也可设计专用算子，结合气囊边缘的几何特征和灰度变化规律，提升边缘检测的精准度。气囊边缘连接与修复算法用于解决气囊边缘断裂、模糊问题。在图像处理过程中，由于噪声、光照不均等因素，可能导致气囊边缘出现断裂或模糊不清的情况。可采用基于形态学的边缘连接方法，利用膨胀和腐蚀等操作，将断裂的边缘连接起来；也可运用插值算法，根据已知边缘点的信息，对模糊或断裂区域进行插值计算，实现完整边缘轮廓的修复与衔接。气囊外形边缘轮廓提取算法旨在提取完整气囊边缘轮廓，满足气囊外形检测的核心需求。可采用基于阈值分割的方法，先确定合适的阈值将图像二值化，再通过边缘跟踪算法提取边缘轮廓；也可运用基于区域生长的方法，从种子点开始，根据像素的相似性逐步生长出气囊区域，进而提取边缘轮廓。

2.3 算法逻辑流程构建

将预处理、边缘检测、轮廓提取算法串联起来，形成适配气囊检测的完整逻辑流程。首先运用噪声抑制算法和图像增强算法对气囊图像进行预处理，改善图像质量，突出边缘特征，预处理时间约为0.5-1秒；接着采用优化后的边缘检测算子进行边缘检测，获取初步的边缘信息，边缘检测时间约为0.3-0.6秒；然后利用边缘连接与修复算法对检测到的边缘进行处理，得到完整的边缘，边缘连接与修复时间约为0.2-0.4秒；最后运用边缘轮廓提取算法提取气囊的外形边缘轮廓，完成整个检测过程，轮廓提取时间约为0.1-0.2秒，整个检测过程总时间约为1.1-2.2秒。

3 汽车安全气囊边缘检测装置硬件系统设计

3.1 适配气囊检测的硬件核心组件选型

气囊图像采集模块选型需综合考量气囊外形尺寸与

材质特性。气囊外形尺寸多样，不同位置气囊大小不一，这要求图像采集设备有合适视野范围，确保完整捕捉气囊图像^[3]。气囊材质通常高反光，光线照射下易反光，影响边缘信息采集。因此，要选高分辨率、低畸变且能有效抑制反光的图像采集设备，如具备特殊光学镀膜和高动态范围的工业相机，保证各种光照下清晰采集气囊边缘信息。主控模块选型要依据图像处理速度和接口需求。气囊边缘检测算法运行需较高计算能力，主控模块应有足够处理速度，快速完成图像处理任务。同时要考虑接口类型和数量，确保与图像采集、存储与传输模块等有效连接，实现数据顺畅交互。例如，高性能嵌入式处理器，接口资源丰富、运算能力强，能满足算法运行需求。存储与传输模块选型要适配气囊图像数据量及传输需求。气囊图像数据量大，高分辨率采集时更需足够存储空间保存数据。传输方面，要保证数据稳定快速传输到后续处理设备或存储介质。可选择大容量固态硬盘存储，同时采用高速数据传输接口，如USB3.0或千兆以太网接口，保障数据稳定处理。

3.2 硬件电路设计

主控电路设计要着重考虑主控模块与其他组件的连接。合理规划电路布局，确保指令与数据能够高效传输。采用高速信号传输线路和合适的接口电路，减少信号干扰和传输延迟，提高系统的稳定性和可靠性。气囊图像采集电路设计需优化参数以适配采集需求。针对气囊材质反光和光线影响问题，可在电路中加入偏振片或调整光源角度，减少反光对采集效果的影响。同时优化图像传感器的驱动电路，提高图像采集的质量和稳定性。供电电路设计要保障装置在检测场景中的持续运行。根据各硬件组件的功耗需求，设计稳定的供电方案。采用合适的电源管理芯片，实现对不同电压和电流的精确控制，确保各组件都能获得稳定的工作电压，避免因电压波动影响装置性能。

3.3 硬件集成与接口设计

硬件组件集成方案要充分考虑装置适配气囊检测的安装与使用场景。合理布局各硬件组件，减小装置体积，装置体积可控制在 $20 \times 20 \times 10$ 立方厘米以内，提高便携性。同时要保证各组件之间的连接牢固可靠，避免在检测过程中出现松动或接触不良的情况，连接点的接触电阻需小于0.1欧姆。接口设计要标准化、通用化，方便与其他设备进行连接和扩展，提高装置的适用性和灵活性，接口的插拔次数可达1000-5000次以上。

4 汽车安全气囊边缘检测装置软件系统开发

4.1 软件开发环境与工具选型

在汽车安全气囊边缘检测装置软件系统开发中,软件开发环境与工具的选型至关重要,需紧密适配图像处理及算法开发需求^[4]。对于图像处理部分,可选用功能强大且应用广泛的集成开发环境,这类环境往往具备丰富的图像处理库,能提供多种图像操作函数,方便对气囊图像进行各种预处理和特征提取操作。在算法开发方面,选择支持多种编程语言且具有高效编译和调试功能的工具,有助于快速实现和优化气囊边缘检测算法。同时要考虑所选环境与工具的兼容性,确保在不同操作系统和硬件平台上都能稳定运行,为后续软件模块的开发提供坚实支撑。

4.2 软件模块划分与开发

气囊图像采集模块开发需编写图像采集控制程序,该程序要精准适配选型的图像采集设备。通过与设备提供的接口进行交互,实现对采集参数的设置,如分辨率、帧率等,确保能够按照需求精准采集气囊图像。同时要处理采集过程中的各种异常情况,保证图像采集的稳定性和可靠性。气囊图像预处理模块开发要依据预先设计的预处理算法,开发对应的软件模块。针对气囊图像可能存在的噪声、对比度低等问题,运用相应的算法对图像进行处理,如采用滤波算法去除噪声,运用直方图均衡化增强对比度,使图像更符合后续边缘检测的要求,适配气囊图像的独特特性。气囊边缘检测模块开发是核心环节,需编码实现优化后的边缘检测、修复及轮廓提取算法。将设计好的算法转化为具体的代码,通过不断调试和优化,提高算法的准确性和运行效率,形成能够准确检测气囊边缘的核心检测模块。边缘轮廓输出模块开发要实现轮廓数据输出功能,将检测得到的气囊边缘轮廓数据以合适的格式输出,适配后续气囊外形检测的结果呈现需求,为进一步的分析和处理提供数据支持。

4.3 软件系统调试与优化

针对气囊图像检测场景,对软件模块进行全面调试。检查各模块之间的数据传输是否正确,是否存在数据丢失或错误的情况。对算法运行效率进行评估,分析算法在不同数据量和复杂度下的运行时间,找出可能存在的性能瓶颈^[5]。通过优化代码结构、采用更高效的算法实现方式等手段,提高算法运行效率,确保在实时检测场景中能够快速准确地完成气囊边缘检测任务,满足实际应用的检测需求。

结束语

通过对基于图像处理的汽车安全气囊外形边缘检测装置的研究,在图像处理算法设计、硬件系统搭建和软件系统开发等方面取得了一定成果。设计的算法能有效应对气囊边缘检测难点,硬件系统选型合理、设计科学,软件系统功能完善、运行稳定。该装置可准确检测气囊外形边缘,为汽车安全气囊的质量检测和生产控制提供可靠支持,有助于提升汽车安全性能,保障驾乘人员生命安全。

参考文献

- [1]郑凯.汽车副驾驶安全气囊设计要点及试验方法[J].汽车维修与保养,2024,(12):56-57.
- [2]黄奇,吕猛,史本鹏,吴凡,姜旭.3D打印技术在汽车主安全气囊盖板模具研发中的应用研究[J].专用汽车,2024,(11):98-99.
- [3]毛莉莉.基于智能传感技术的汽车安全气囊触发机理优化研究[J].汽车测试报告,2024,(19):110-112.
- [4]毛莉莉.汽车安全气囊与安全带协同作用的测试分析及优化研究[J].汽车画刊,2024,(08):48-50.
- [5]瞿力铮,江楷涛,蔡庆荣,赵婷婷.基于乘员侧安全气囊点爆的软质仪表板皮泡分离试验及仿真研究[J].上海汽车,2024,(08):4-11.