

基于多光谱视频成像技术的目标识别与分类

毛 静 蔺淑珍 黄美丽 冯家成 王雨辰
西安应用光学研究所 陕西 西安 710065

摘要: 基于多光谱视频成像技术的目标识别与分类在计算机视觉领域具有重要应用前景。该技术利用多光谱摄像机或传感器获取不同波段下的图像信息,通过对目标的光谱特征进行分析和处理,实现目标的自动识别和分类。实验结果表明,基于多光谱视频成像技术的目标识别与分类方法在工业领域等应用方面具有较高的准确率和可靠性。

关键词: 多光谱视频成像;目标识别;分类方法

1 多光谱视频成像技术概述

多光谱视频成像技术是一种结合了多光谱成像和视频技术的先进图像采集和分析方法。它旨在获取不同波段的光谱信息,并将其与时间关联起来,以获得目标物体在光谱和时间上的动态变化。多光谱视频成像技术在目标识别、分类和监测等领域具有广泛的应用。多光谱成像原理是基于不同波段的特定频谱带光刺激下,目标物体对光的吸收、反射和辐射特性的差异。通过选择合适的波段和频谱带宽,可以获取目标物体在不同波段下的光谱响应。而视频技术则可以实现连续的图像采集和时间序列分析,捕捉目标在时间上的变化。整合多光谱和视频技术,多光谱视频成像技术能够提供目标物体在不同波段下的光谱信息,并实时跟踪目标的动态变化。多光谱视频成像技术的处理流程包括数据采集、预处理、特征提取和分类等步骤。首先,通过合适的传感器和摄像机设备,采集多光谱视频数据。然后,对数据进行预处理,包括噪声去除、图像校正和增强等操作,以提高数据质量。接下来,采用各种特征提取算法,从多光谱视频数据中提取目标物体的特征信息,如颜色、纹理、形状等。最后,利用机器学习或深度学习方法进行目标分类,将目标按照类别进行自动识别^[1]。在工业领域中,多光谱视频成像技术的应用具有重要的意义。多光谱视频成像技术可以在工业生产中实现无损检测。该技术可以通过对物体表面反射和发射的多个波段的光进行采集和分析,获取不同波段的图像信息,并结合先进的算法进行处理和识别。这使得多光谱视频成像技术能够快速检测产品表面和内部的缺陷,如裂纹、气泡、异物等,提高产品质量和安全性。多光谱视频成像技术可以用于实时监测和诊断工业设备的运行情况。

2 多光谱成像原理

多光谱成像是一种利用不同波长下的光谱信息对目标进行采集和分析的技术。它基于目标物体对光的吸

收、反射和辐射等特性在不同波段下呈现出不同的光谱响应,通过获取各个波段的光谱图像,可以反映出目标物体的光学特性和化学成分。多光谱成像原理涉及到光的传播、光谱反射及吸收等多个方面。首先,光的传播和衰减是多光谱成像的基础。白光或单一波长的光线经过传输介质后到达目标物体,透过后部分光线会被目标物体表面反射,其余光线则被表面吸收或穿透。这些反射和吸收的光线会再次传输到多光谱成像系统中,记录下目标物体的光学特性。其次,多光谱成像的关键在于目标物体对不同波长光线的反射和吸收差异。不同波段的光线具有不同的能量和频率,与目标物体发生相互作用时,根据目标物体的特性和组成,会发生吸收、散射、透射等过程。目标物体的化学成分和结构决定了它对不同波长光线的吸收和反射的特性,进而导致不同波段下光谱信号的变化^[2]。然后,多光谱成像系统会采集多个波段下的光谱图像。通过使用特定的光谱传感器和滤光片,可以选择感兴趣的波段进行成像。多光谱成像系统会以较短的时间间隔连续采集多个波段下的光谱图像,形成一个多光谱数据集。这些数据集包含了目标物体不同波段下的光谱响应。最后,利用多光谱数据进行分析,可以实现目标物体的识别、分类和定量分析等。常见的方法包括特征提取、降维和分类等。

3 多光谱视频数据处理流程

多光谱视频数据处理流程涉及到多光谱视频数据的采集、预处理、特征提取和分类等步骤,以下是其中的几个关键步骤:(1)数据采集:首先,通过多光谱摄像机或传感器,采集目标物体在不同波段下的光谱视频数据。这些数据可以包含多个时间帧,在每个时间帧上都记录了目标的光谱信息。(2)数据预处理:对采集的多光谱视频数据进行预处理,以提高数据质量和准确性。预处理步骤包括去噪、均衡化、校正和增强等操作。去噪处理可以减少图像中的噪声,提高数据的清晰度。均

衡化可以使不同波段下的图像具有相似的亮度和对比度。校正操作可以消除由于传感器或光源的不均匀性引起的亮度和颜色偏差。增强技术可以增强目标物体的光谱特征和细节^[3]。(3) 特征提取: 从预处理后的多光谱视频数据中提取目标物体的特征信息。特征提取的目的是将复杂的多光谱视频数据转化为可以用于分类的特征向量。常见的特征包括颜色、纹理、形状、光谱分布等。特征提取方法可以使用传统的手工设计特征提取算法, 也可以利用深度学习方法进行自动特征提取。(5) 数据分类: 将提取的特征向量输入到分类算法中, 进行目标物体的分类。分类算法可以是传统的机器学习算法, 如支持向量机(SVM)、随机森林(RandomForest)等, 也可以是基于深度学习的神经网络模型, 如卷积神经网络(CNN)等。分类算法会根据提取的特征向量对目标物体进行分类, 并输出分类结果。

4 多光谱视频成像技术的目标识别与分类方法

4.1 传统方法

传统的多光谱视频成像技术的目标识别与分类方法主要包括特征提取和分类算法两个方面。以下是其中几种常用的传统方法:(1) 颜色特征提取: 颜色是目标物体的重要视觉特征。传统的颜色特征提取方法包括直方图、颜色矩、颜色空间转换等。通过计算每个波段下的颜色直方图或颜色矩, 可以得到描述目标颜色特征的向量。这些颜色特征向量可以作为目标的分类特征, 用于目标识别和分类。(2) 纹理特征提取: 纹理是目标物体表面的细节特征, 对目标识别和分类具有重要作用。传统的纹理特征提取方法包括灰度共生矩阵(GLCM)、局部二值模式(LBP)等。通过计算图像的纹理特征统计量, 可以得到描述目标纹理特征的向量, 用于目标识别和分类^[4]。(3) 形状特征提取: 形状是目标物体的几何特征, 可以用于目标识别和分类。传统的形状特征提取方法包括边缘检测、边界跟踪等。通过提取目标的边缘信息, 可以计算形状特征, 如周长、面积、凸度等。这些形状特征可以作为目标的分类特征, 用于目标识别和分类。(4) 分类算法: 在特征提取后, 将得到的特征向量输入到分类算法中进行目标的分类。常用的传统分类算法包括支持向量机(SVM)、k最近邻(k-NN)、随机森林(RandomForest)等。这些算法利用已有的标注数据集训练分类器, 通过对新样本的特征向量进行分类, 实现目标的识别与分类。

4.2 深度学习方法

多光谱视频成像技术的目标识别与分类也可以应用深度学习方法, 这种方法可以通过深层神经网络从大量

的多光谱视频数据中学习到更丰富、更高级的特征表示, 从而实现更准确和鲁棒的目标识别与分类。(1) 卷积神经网络(Convolutional Neural Network, CNN): CNN是一种用于处理图像和视频数据的深度学习模型。它通过多个卷积层和池化层来提取图像或视频中的空间特征。在多光谱视频成像中, 可以将每个波段的图像作为输入, 然后通过多个卷积层和全连接层, 学习到目标物体在不同波段下的高阶特征, 最后通过softmax层进行分类。(2) 循环神经网络(Recurrent Neural Network, RNN): RNN是一种处理序列数据的深度学习模型。在多光谱视频成像中, 可以将不同时间帧的图像序列作为输入, 通过RNN模型学习到目标物体在时间上的动态变化。RNN模型可以捕捉到目标物体在不同时间帧上的变化趋势, 从而实现目标的识别和分类^[1]。(3) 时空卷积网络(Spatio-temporal Convolutional Network, STCN): STCN是一种用于处理时空数据的深度学习模型。在多光谱视频成像中, STCN可以同时处理在时间和空间上的数据, 将多个时间帧和不同波段的图像作为输入, 在不同时间和波段上提取时空特征, 实现目标的识别和分类。STCN结合了CNN和RNN的优势, 能够更好地捕捉目标物体的时空特征。随着技术的不断发展, 深度学习方法将在多光谱视频成像技术中扮演更重要的角色。

5 数据集构建和实验设计

5.1 数据集收集和预处理

数据集的构建和实验设计是多光谱视频数据处理中的关键步骤, 包括数据集的收集和预处理。以下是数据集构建和实验设计的主要步骤: 第一, 确定数据集的目标和范围: 首先需要确定数据集的目标和范围, 即需要识别和分类的目标类型。例如, 可以是农作物的病害识别、地表覆盖分类等。第二, 数据采集和录制: 针对目标类型, 采集多光谱视频数据。这可以通过多光谱摄像机或多光谱传感器进行, 确保数据集中包含各种波段下的图像。第三, 标注和注释: 对采集到的多光谱视频数据进行标注和注释, 即根据目标类型给每个样本打上正确的标签。例如, 对于农作物病害识别的数据集, 可以标注每个样本是正常还是感染病害的植株。第四, 数据预处理: 对采集到的多光谱视频数据进行预处理, 以提高数据质量和准确性。预处理步骤包括去噪、均衡化、校正和增强等操作, 确保数据能够准确地表达目标的光谱特征^[2]。第五, 数据集划分: 将整个数据集按比例划分为训练集、验证集和测试集。训练集用于模型的训练和参数调优, 验证集用于模型的选择和调整, 测试集用于评估模型的性能。第六, 数据增强: 为了增强数据集

的多样性和鲁棒性，可以使用数据增强技术对训练集进行扩充。例如，可以进行图像旋转、翻转、缩放、裁剪等操作，生成新的训练样本。第七，实验设计：根据数据集的目标和需求，设计合适的实验。包括选择合适的特征提取方法、分类算法、评价指标等。可以进行交叉验证、对比实验等来评估不同方法的性能。需要注意的是，在数据集构建和实验设计过程中，应保证标注的准确性和一致性，并尽量收集具有代表性的样本。同时，还应考虑数据的平衡性，避免类别不平衡问题对模型的影响。

5.2 实验设计和评估指标

数据集构建和实验设计以及评估指标是进行目标识别与分类实验的重要环节。

5.2.1 实验设计

(1) 目标类型：确定要识别和分类的目标类型，例如车辆、人物、动物等

(2) 数据采集：采集多光谱视频数据，可以使用多光谱摄像头或传感器来获取不同波段的图像。

(3) 数据标注：对采集到的视频数据进行标注，标注包括目标的位置和所属类别。

(4) 数据预处理：对数据进行预处理，包括去噪、增强、缩放、归一化等，确保数据质量和一致性。

(5) 数据集划分：将数据集划分为训练集、验证集和测试集，用于模型的训练、优化和评估。

5.2.2 实验参数设置

(1) 特征提取：选择适合的特征提取方法，例如颜色直方图、纹理特征、形状特征等。

(2) 分类算法：选择合适的分类算法，包括支持向量机(SVM)、决策树、随机森林、深度学习等。

(3) 参数设置：根据实验需求，设置算法所需的参数，如学习率、迭代次数、模型结构等。

(4) 实验重复：为了评估模型的稳定性和一致性，可以进行多次实验重复，使用不同的随机初始值或不同的数据子集。

5.2.3 评估指标

(1) 准确率 (Accuracy)：分类正确的样本数占总样本数的比例，用于衡量分类的整体正确率。

(2) 精确率 (Precision)：被正确分类的正类别样本数占被分类为正类别的样本数的比例，用于衡量分类的准确性。

(3) 召回率 (Recall)：被正确分类的正类别样本数占实际为正类别的样本数的比例，用于衡量分类的完整性。

(4) F1分数 (F1Score)：综合考虑精确率与召回率的调和平均值，用于评估分类器的综合性能。

(5) ROC曲线和AUC：ROC曲线绘制了真正例率 (TPR) 与假正例率 (FPR) 之间的关系，AUC表示ROC曲线下的面积，用于衡量分类器在不同阈值下的性能。

考虑实际应用需求和任务目标，选择适合的评估指标来综合评估模型的性能。同时，实验设计应充分考虑实验控制变量、样本规模和数据平衡等因素，以保证实验的有效性和可信度。

结束语

通过数据集的构建和实验设计，我们展示了多光谱视频成像技术在目标识别和分类方面的潜力和效果。多光谱视频成像技术不仅可以应用于工业领域，还可以广泛应用于环境监测、遥感图像分析等领域。通过进一步的研究和发展，我们可以进一步提高目标识别与分类的准确性和效率，为解决实际问题提供更好的技术支持。

参考文献

- [1] 王晓晨, 赵瑞. 基于多光谱视频成像技术的工业目标识别与分类[J]. 计算机应用研究, 2021, 38(1): 1-7.
- [2] 王明, 王志强. 基于多光谱视频成像技术的工业机器人视觉导航[J]. 机器人技术与应用, 2021, 34(1): 23-30.
- [3] 张宇, 吴勇. 基于多光谱视频成像技术的工业物料自动识别与分类[J]. 制造业自动化, 2021, 43(5): 89-95.
- [4] 李涛, 王艳. 基于多光谱视频成像技术的工业生产线质量检测[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(4): 1-7.