

基于机器视觉的无人机自动巡检定位控制技术

刘 硕

(武汉交通职业学院智能制造学院,湖北省武汉市,430065)

摘要 机器视觉技术在无人机领域中的应用正在不断扩展,实现自主感知、智能导航和目标跟踪等功能。随着深度学习和计算机视觉技术的发展,无人机的智能化和自主化得到了显著提升。通过结合3D机器视觉技术,无人机的环境感知和避障能力得到了加强。无人机技术包括各类平台和尺寸,满足军用和民用的不同需求。机器视觉系统包括照明、镜头、相机和图像处理等关键部件。本文主要介绍了无人机在图像获取、特征提取、三维重建和视觉定位等方面的技术应用,以及自动巡检中的实时路径规划和避障技术。

关键词 机器视觉;无人机;自主感知

中图分类号:V279+.2 文献标识码:B
文章编号:1008-0899(2024)08-0026-03

机器视觉技术在无人机领域的应用前景广阔。通过高级图像处理和模式识别,无人机能够实现自主感知、智能导航和目标跟踪等功能。在农业中,无人机可监测作物生长;在安防中,可追踪可疑目标。随着深度学习和计算机视觉技术的进步,无人机将更加智能化和自主化,机器视觉技术将提供强大的技术支持。

1 无人机技术概述

1.1 无人机的分类与特点

无人机技术的迅速发展,推动了多种类型无人机的诞生,满足不同领域的需求。无人机按照平台构型分类,主要分为固定翼无人机、无人直升机和多旋翼无人机。固定翼无人机以飞行速度快、续航时间长著称,适合长距离任务;无人直升机则在灵活性方面表现突出,能够垂直起降和悬停;多旋翼无人机则因操作简单、成本较低而受到消费者的青睐。在使用领域上,无人机可分为军用和民用两大类。军用无人机强调技术水平,包括侦察、电子对抗等多种机型,而民用无人机则更注重成本效益,广泛应用于警用、消防、气象等公共服务领域。尺寸上,无人机从微型到大型不等,微型无人机因体

积小、便于携带而常用于侦察;大型无人机则因载重量大、续航能力强而用于更为复杂的任务。高度上,无人机按照任务高度可分为超低空、低空、中空、高空和超高空无人机。不同高度的无人机适用于不同的作业环境,如超低空无人机适用于建筑物检查,而高空无人机则可用于气象监测。航程上,无人机可分为超近程、近程、短程、中程和远程无人机。航程的不同决定了无人机的活动范围,如近程无人机适合城市环境监测,远程无人机则可执行跨国界的任务^[1]。

1.2 机器视觉的定义与组成

机器视觉是一项综合技术,涵盖图像处理、机械工程技术、控制、电光源照明、光学成像、传感器、模拟与数字视频技术、计算机软硬件技术等多个领域。简而言之,机器视觉的目的在于通过机器代替人眼进行测量和判断。机器视觉系统通常由以下几部分组成:照明系统、镜头、相机、图像处理单元、图像处理软件、监视器、通讯/输入输出单元。照明系统用于照亮被检测的对象,使其特征更加突出,便于相机捕捉图像。镜头则负责采集图像并将其以光的形式传送给传感器。在机器视觉相机中,传感器将光转换为数字图像,随后传送至处理器进行分析。图像处理单元是机器视觉系统的核心,负责对捕获的图像进行处理和分析。这一过程包括检查图像、提取特征信息、运行必要的检查并做出决策。处理单元的输出结果可能包括尺寸、角度、个数、合格/不合格、有/无等信息,实现自动识别功能。此外,机器视觉系统还包括结果显示单元和视觉系

作者简介:刘硕(1984~),男,汉族,河南长垣人,硕士,工程师,研究方向:电子信息、通信工程、无人机等。

统控制单元。结果显示单元负责将处理结果以视觉方式展示给用户,而视觉系统控制单元则根据处理结果控制相关机械设备的动作,完成自动化控制的任务。

2 机器视觉技术

2.1 图像获取与预处理

图像获取是机器视觉系统中至关重要的第一步,其质量直接影响后续图像处理和特征识别的准确性。在无人机应用中,图像通常通过装配在无人机上的高分辨率相机获取。为了确保图像质量,选择合适的相机和镜头,考虑因素包括图像分辨率、光学变焦功能和成像速度,至关重要。此外,照明条件对图像捕捉同样重要,必须确保被拍摄对象得到适当的照明,以减少阴影和反射,提高图像的可识别度。预处理是获取图像后立即进行的处理步骤,目的是改善图像质量,以便于后续的处理阶段。预处理包括多个关键技术,如图像去噪、对比度增强和灰度转换。去噪技术用于消除图像捕捉过程中的随机噪声,而对比度增强则确保图像中的重要特征更加明显。通过这些技术,可以有效地提高图像的质量,使其更适合进行特征提取和图像分析。此阶段还可能包括几何校正,尤其是在无人机飞行时由于不同的视角和高度变化导致的图像扭曲。几何校正通过调整图像的视角偏差,确保获得的图像具有正确的比例和方向,进一步提高分析的准确性。

2.2 特征提取与匹配

特征提取与匹配是机器视觉中的核心环节,关乎系统能否准确理解和分析所获取的图像数据。在无人机自动巡检中,特征提取的目的是从预处理过的图像中识别出关键信息,如边缘、角点、纹理等。这些特征需具有足够的不变性,即使在光照、尺寸和旋转发生变化时也能保持稳定,从而确保在不同环境和条件下的有效识别。图像特征通过各种算法识别和提取,如SIFT(尺度不变特征变换)、SURF(加速稳健特征)、ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)等。这些算法能够提取图像中的关键点并描述其周围的环境,形成独特的特征描述符。这些描述符代表了图像的基本属性,可以在后续的匹配过程中与其他图像进行比较。特征匹配过程涉及将提取的特征与数据库中存储的特征进

行比较,以确定图像之间的相似性^[2]。匹配技术通常使用距离度量,如欧氏距离或汉明距离,来评估不同特征之间的相似度。高效的匹配算法不仅能快速找到相似特征,还能有效排除错误匹配,从而提高无人机定位和导航的准确性。

2.3 三维重建与视觉定位

三维重建与视觉定位在无人机机器视觉系统中扮演着至关重要的角色,使无人机能够在复杂的环境中精确地感知空间和定位。三维重建指的是利用从多个角度捕获的二维图像来构建物体或环境的三维模型。这一过程通常依赖于立体视觉技术,通过分析两个或多个摄像头捕获的图像之间的视差,从而计算出场景的深度信息。在进行三维重建时,关键是要准确地匹配不同图像中的相同特征点。使用如SIFT或SURF等算法提取的特征可以帮助确定这些对应点,从而为深度估计提供数据支持。随后,通过三角测量方法,可以估算出这些点在空间中的确切位置,进而构建出整个场景的三维结构。视觉定位则是利用这些三维数据来确定无人机在环境中的具体位置。通过比较实时捕获的图像数据与预先构建的三维模型,系统能够估计无人机的位置和姿态。这种方法尤其适用于GPS信号受限或无法使用的环境中,如室内或密集的城市环境。为了提高定位的精确度,经常采用多传感器数据融合技术,将视觉信息与惯性测量单元(IMU)、GPS等其他传感器数据结合起来。这种融合不仅提升了定位的准确性,还增强了系统在各种操作条件下的鲁棒性。

3 自动巡检定位控制技术

3.1 视觉定位算法

视觉定位算法是无人机自动巡检系统中的关键技术,它允许无人机在缺乏GPS信号的环境中独立导航。这些算法主要基于机器视觉来识别无人机当前的位置和姿态,依赖于从相机捕获的图像数据。视觉定位开始于环境中的特征点检测,通过高级图像处理技术识别出具有代表性的特征,如线条、角点和其他显著的视觉标记。这些特征不仅需要在不同的视角下保持识别性,还要能在变化的光照条件下保持稳定。一旦特征被识别和提取,算法就会利用这些特征点来创建一个参照地图,或与已知的地图数据进行比较。随后,视觉定位算法通

过计算相机捕获的连续图像之间的特征点移动,估计无人机的运动。这一过程通常涉及到复杂的数学模型,如滤波器和优化算法,用以估计无人机的位置和速度。常用的方法包括卡尔曼滤波和粒子滤波,这些方法能够有效地融合连续时间点的观测数据,提高位置估计的准确性。视觉定位算法还需能够快速适应环境变化,如应对动态障碍物或突变的光照条件。这要求算法不仅要准确无误地处理静态场景,还要具备处理动态变化的能力。为了实现这一点,视觉定位系统可能会引入机器学习技术,使系统能够通过经验提高其性能和适应性^[3]。

3.2 GPS与视觉融合定位

GPS与视觉融合定位技术结合了全球定位系统(GPS)的广泛覆盖和机器视觉的高精度识别能力,提供了一种更加可靠和精确的无人机定位方法。这种融合技术特别适合在GPS信号不稳定或被遮挡的环境中使用,如城市峡谷或密集的森林地带。在这一技术中,GPS提供大范围的定位信息,指示无人机的大致位置和移动趋势。尽管GPS数据在开阔地区非常准确,但在信号受阻或反射严重的地区可能会出现误差。此时,机器视觉系统的作用变得尤为重要。视觉系统通过识别地面上的特定特征点,如建筑物、道路标志和自然地貌,来校正和细化位置信息。视觉系统的数据处理通常涉及复杂的图像分析技术,如特征匹配和三维重建,以确保从视觉数据中提取的信息足够精确。通过将这些精确的视觉数据与GPS数据结合,可以对无人机的实际位置进行更为精确的估计。数据融合通常采用滤波器技术,如扩展卡尔曼滤波器或粒子滤波器,这些滤波器能够处理来自不同源的信息并提供一个统一的输出结果。通过不断地更新和调整滤波器的参数,可以实时纠正定位误差,提高定位的准确度和系统的鲁棒性。

3.3 实时路径规划与避障

实时路径规划与避障是无人机自动巡检系统中至关重要的一环,确保无人机能够安全高效地完

成其任务。这一过程涉及到实时监测环境中的障碍物,并动态调整飞行路线以避免这些障碍物,从而避免碰撞和潜在的损害。在实施实时路径规划时,系统首先通过各种传感器,如雷达、激光扫描仪和摄像头,收集周围环境的详细信息。这些数据被用来生成环境的三维地图,标识出所有潜在的障碍物。接着,利用这些环境数据,路径规划算法计算出一条从当前位置到目标位置的最优路径,同时考虑到飞行效率和安全性。路径规划算法通常包括图搜索技术如A*(A-star)搜索或Dijkstra算法,这些算法能够在复杂的图中找到成本最低的路径^[4]。在无人机的应用中,还常见使用基于采样的路径规划技术,如快速探索随机树(RRT)和其变体。这些技术通过随机采样和迅速扩展网络,以发现通向目标的可行路径。

4 结语

机器视觉在无人机技术中起到核心作用,通过高级图像处理和模式识别,提高无人机的自主感知和操作能力。技术的进展使无人机能在多种环境下执行复杂任务,包括农业监测、安全追踪及更广泛的民用和军用应用。无人机技术的分类涵盖了固定翼、直升机和多旋翼等形式,适应不同的操作和任务需求。机器视觉系统的关键组成部分,如照明、镜头和图像处理单元,共同工作,确保高质量的图像获取和处理。图像预处理、特征提取及匹配技术是精确定位和导航的基础,而三维重建和视觉定位技术则提供了空间感知能力。

参考文献

- [1] 朱莉凯,沈宝国,杨文杰.基于机器视觉的无人机着陆定位技术研究[J].数字技术与应用,2019,37(2):2.
- [2] 杨磊,陈海华,娄鹏彦.基于机器视觉的无人机避障技术研究[J].内蒙古科技与经济,2019(17):4.
- [3] 申泽峰.无人机巡检系统在高速公路上的应用[J].市政工程,2022(2):20.
- [4] 金涛,黄俊波,蔡澍雨,等.基于机器视觉的无人机自动巡检定位控制技术[J].电子设计工程,2023,31(21):104-108.