

测绘工程中无人机与无人车协同作业技术研究

马俊奇

赤峰市水利规划设计研究院 内蒙古 赤峰 024000

摘要：随着科技的飞速发展，无人机与无人车作为新兴的智能设备，在测绘工程中展现出巨大的应用潜力。本文旨在深入探讨无人机与无人车在测绘工程中的协同作业技术，从技术原理、系统架构、关键技术、应用优势、面临挑战等方面进行详细阐述，为测绘工程领域的技术创新提供理论支持和实践指导。

关键词：无人机；无人车；测绘工程；协同作业；技术研究

引言

测绘工程是国民经济建设和社会发展中不可或缺的重要领域，传统测绘方法存在效率低、成本高、安全风险大等问题。无人机与无人车作为现代智能技术的代表，以其高效、灵活、安全的特点，为测绘工程带来了新的解决方案。本文将从技术原理、系统架构、关键技术等方面，对无人机与无人车在测绘工程中的协同作业技术进行深入探讨。

1 测绘工程中无人机与无人车的技术原理

在测绘工程领域，无人机与无人车技术的运用为地理空间信息的采集提供了全新的解决方案。这两种技术以其独特的优势，正在逐步改变传统的测绘方式。

1.1 无人机技术概述

无人机技术，作为现代测绘工程中的重要组成部分，其背后融合了多项高新技术。它集成了航空技术的飞行控制、遥感技术的远程感知、地理信息系统（GIS）的空间数据处理以及计算机技术的数据处理与分析能力。无人机通过搭载各类高精度传感器，如激光雷达用于精确测量地表形态，航拍相机用于捕捉高分辨率影像，再结合全球导航卫星定位系统（GNSS）提供的精确定位信息，实现了对目标区域高精度、多维度的地理空间信息采集^[1]。无人机的快速升降能力和多角度飞行特性，使其能够轻松覆盖广阔区域，从宏观视角全面掌控地理信息，为测绘工程提供了丰富、准确的数据源，极大地提升了测绘工作的效率和精度。

1.2 无人车技术概述

无人车技术，通常也被称为自动驾驶技术，是人工智能在交通领域的重要应用。这项技术通过高度集成人工智能的决策与学习能力、视觉计算的图像识别与处理能力、雷达与监控装置的障碍物检测与避障能力，以及全球定位系统的精确定位与导航能力，赋予了车辆自主驾驶的能力。无人车能够在复杂多变的道路环境中自

主规划行驶路径、实时避障并高效完成任务。其续航时间长、负载能力强的特点，使得无人车特别适合于执行地面运输、细致搜索等任务，为测绘工程中的地面数据采集提供了新的手段，进一步丰富了测绘数据的获取方式，提高了测绘工作的灵活性和效率。

2 测绘工程中无人机与无人车协同作业的技术原理

在测绘工程中，无人机与无人车的协同作业技术展现出了强大的潜力。这一技术的核心在于自组网协同技术的应用，它确保了无人机与无人车之间能够高效、无缝地协作。通过构建稳定的无线通信网络，无人机与无人车能够实时传输测绘数据和控制指令。这种高效的通信机制为两者之间的信息共享提供了坚实基础，使得测绘数据能够迅速汇总，为后续的数据处理和分析提供了有力支持。数据融合算法的运用，则是将无人机从空中俯瞰获取的大范围数据与无人车在地面细致搜索得到的局部数据进行有效整合。通过这一算法，可以形成更加全面、准确的测绘信息，为工程决策提供更加可靠的依据。此外，协同控制算法的实现，使得无人机与无人车能够根据测绘任务的需求，进行智能的协同作业。这种协同不仅优化了测绘效率，还提高了测绘质量，为测绘工程的顺利进行提供了有力保障。

3 测绘工程中无人机与无人车协同作业的关键技术

3.1 通信技术

通信技术是无人机与无人车协同作业的基石，它决定了两者之间信息传递的效率、稳定性和安全性。在测绘工程的复杂环境中，无人机和无人车可能需要面对各种通信挑战，如距离远、信号干扰、遮挡物等。因此，系统必须采用高效、可靠的通信技术来确保数据的顺畅传输。无线通信技术是当前应用最广泛的选择，包括Wi-Fi、LTE、5G等。这些技术各有优势，如Wi-Fi在短距离内传输速度快、成本低，但易受环境干扰；LTE和5G则提供了更远的传输距离和更高的数据传输速率，同时具

备了更强的抗干扰能力。为了满足不同场景下的通信需求,系统可能会采用多频段、多模式的通信技术,以便在复杂环境中灵活切换,确保通信的稳定性^[2]。此外,为了进一步提高通信的可靠性和安全性,系统还可能引入自动切换和冗余备份机制。当主通信链路出现故障或信号质量下降时,系统能够自动切换到备用链路,或者通过多路径传输来确保数据的完整性和准确性。同时,加密技术的应用也是必不可少的,它可以有效防止数据在传输过程中被窃取或篡改,保障测绘数据的安全性。除了上述基本的通信技术外,针对无人机与无人车协同作业的特定需求,还可以开发专用的无线通信协议。这些协议能够更好地适应测绘工程中的通信环境,优化数据传输的效率,减少通信延迟,从而提升协同作业的整体性能。

3.2 数据融合与处理技术

数据融合与处理技术是无人机与无人车协同作业的核心环节。在测绘过程中,无人机和无人车会采集到大量的数据,包括图像、视频、雷达信号、GPS定位信息等。这些数据来自不同的传感器和设备,具有不同的格式和特性,因此需要进行有效的融合和处理,才能形成全面、准确的测绘信息。数据融合算法是实现这一目标的关键。常用的数据融合算法包括贝叶斯网络、卡尔曼滤波、深度学习等。贝叶斯网络能够利用概率论的方法对多源数据进行融合,得出更为可靠的结论;卡尔曼滤波则适用于对动态数据进行实时处理和预测,能够有效去除噪声,提高数据的精度;深度学习则通过训练大规模神经网络来学习和提取数据的特征,对于复杂的图像和视频数据具有强大的处理能力。在实际应用中,系统会根据测绘任务的需求和数据的特点,选择合适的融合算法。例如,在处理无人机拍摄的高分辨率图像时,可能会采用深度学习算法来识别和提取地表特征;而在处理无人车采集的雷达数据时,则可能会使用卡尔曼滤波来去除噪声和干扰。除了数据融合算法外,先进的图像处理技术和数据后处理技术也是必不可少的。图像处理技术能够对无人机和无人车采集的图像进行增强、去噪、分割等处理,提高图像的清晰度和可读性;数据后处理技术则可以对融合后的数据进行进一步的分析和挖掘,提取出有用的测绘信息,如地形地貌、建筑物分布、植被覆盖等。此外,为了提高测绘数据的精度和可靠性,系统还可以采用多源数据校验和质量控制技术。通过对不同来源的数据进行比对和验证,可以及时发现并纠正数据中的错误和偏差,确保测绘数据的准确性和一致性。

3.3 协同控制技术

协同控制技术是实现无人机与无人车协同作业的关键所在。它需要根据任务需求、环境信息和无人机/无人车的状态,动态调整两者的运动轨迹和协同策略,以确保测绘任务的顺利完成。协同控制算法是协同控制技术的核心。它包括了轨迹规划算法、避障算法、任务分配与调度策略等多个组成部分。轨迹规划算法需要根据无人机和无人车的动力学特性、通信限制以及任务目标,生成安全、高效的飞行和行驶轨迹。这要求算法能够充分考虑各种约束条件,如速度、加速度、转向角度等,以及环境因素如风向、风速、地形等,确保轨迹的可行性和优化性。避障算法则是协同控制中不可或缺的一部分。在动态变化的环境中,无人机和无人车可能会遇到各种障碍物,如树木、建筑物、其他车辆等。避障算法需要能够快速识别并避开这些障碍物,确保无人机和无人车的安全。为了实现这一目标,系统可能会采用多种传感器和技术,如雷达、激光雷达、摄像头等,进行障碍物的检测和识别。同时,算法还需要具备快速响应和决策的能力,以便在紧急情况下及时采取措施避免碰撞。任务分配与调度策略则是协同控制中的另一个重要环节。它需要根据任务优先级、资源限制以及无人机和无人车的实际能力,合理分配和调度任务。这要求系统能够实时掌握无人机和无人车的状态信息,如电量、负载、位置等,并根据这些信息进行任务的动态分配和调整。同时,策略还需要考虑任务的紧急程度和重要性,确保优先完成关键任务,提高测绘效率^[3]。除了上述基本的协同控制算法外,还可以引入智能优化算法和机器学习技术来进一步提升协同控制的性能。智能优化算法如遗传算法、粒子群算法等,能够用于求解复杂的优化问题,如轨迹优化、任务分配优化等;机器学习技术则可以通过对大量数据的学习和分析,提高算法的预测和决策能力,使协同控制更加智能化和自适应。

4 应用优势

无人机与无人车在测绘工程中的协同作业,凭借其独特的技术优势和高效的作业模式,展现出了显著的应用优势。这些优势不仅体现在测绘效率的提升上,还涵盖了成本降低和安全性的增强等多个方面。

4.1 提高测绘效率

无人机与无人车的协同作业,为测绘工程带来了前所未有的效率提升。无人机凭借其快速升降和灵活飞行的能力,能够迅速覆盖广阔的空中区域,进行高精度、多维度的地理空间信息采集。而无人车则能够在地面上进行细致搜索和精确测量,弥补无人机在地面测绘上的

不足。两者相互配合,形成了一张立体测绘网络,实现了对目标区域的全方位、无死角测绘。相较于传统的测绘方法,无人机与无人车的协同作业能够大幅缩短测绘周期。传统测绘往往需要大量的人力投入,进行繁琐的测量和记录工作。而无人机与无人车则能够自动化地完成这些任务,不仅提高了测绘速度,还减少了人力成本。同时,两者协同作业还能够避免由于天气、地形等外部因素导致的测绘中断,确保测绘工作的连续性和高效性。

4.2 降低测绘成本

无人机与无人车的协同作业在降低测绘成本方面同样具有显著优势。一方面,无人机和无人车均具备自主作业能力,能够独立完成测绘任务,从而大大减少了人力成本。传统测绘需要派遣大量人员到现场进行测量和记录,而无人机与无人车则能够替代这些人员,降低劳动强度和人力投入。另一方面,无人机与无人车搭载的高精度传感器和先进的数据处理技术,提高了测绘的精度和效率。这意味着在相同的测绘任务下,无人机与无人车能够更准确地获取数据,减少重复测绘和修正的成本。同时,高效的数据处理和分析能力也使得测绘结果更加可靠和准确,降低了后续修正和校验的成本。

4.3 增强安全性

在测绘工程中,安全性始终是一个不可忽视的重要因素。无人机与无人车的协同作业能够显著降低测绘过程中的安全风险。特别是在地质灾害、环境监测等高风险测绘任务中,无人机与无人车能够替代人员进入危险区域进行测绘,从而避免了人员伤亡的风险。此外,无人机与无人车协同作业系统还具备完善的故障检测和应急处理机制^[4]。在作业过程中,系统能够实时监测无人机和无人车的状态信息,一旦发现异常情况,能够迅速采取措施进行应对。这种高效的故障检测和应急处理能力,不仅保障了系统的安全性,还提高了测绘工作的可靠性和稳定性。

5 面临的挑战

5.1 技术挑战

无人机与无人车的协同作业技术涉及多个领域的前沿技术,如通信技术、数据处理技术、协同控制技术等。目前,这些技术仍存在一定的不成熟性和不稳定

性,需要进一步研究和优化。例如,如何提高通信系统的抗干扰能力和数据传输速率;如何优化数据融合算法以提高测绘数据的精度和可靠性;如何设计更高效的协同控制算法以适应复杂多变的测绘环境等。

5.2 标准与规范挑战

无人机与无人车的协同作业需要遵循一定的标准和规范,以确保测绘数据的准确性和可靠性。然而,目前相关标准和规范尚不完善,需要加快制定和完善步伐。例如,需要制定无人机与无人车协同作业的技术标准、数据交换标准、安全标准等;需要建立无人机与无人车协同作业的监管机制和质量评价体系等。

5.3 法律法规挑战

无人机与无人车的协同作业涉及空域管理、道路行驶等多个方面的法律法规问题。目前,相关法律法规尚不完善,需要加强立法和监管力度。例如,需要明确无人机与无人车在测绘工程中的法律地位和责任主体;需要制定无人机与无人车协同作业的操作规程和安全规范;需要加强对无人机与无人车协同作业的监管和执法力度等。

结语

无人机与无人车在测绘工程中的协同作业技术具有广阔的应用前景和重要的研究价值。通过深入研究和技术创新,无人机与无人车的协同作业技术将为测绘工程领域带来革命性的变革,推动测绘工程技术的不断发展和进步。未来,随着技术的不断成熟和应用场景的不断拓展,无人机与无人车协同作业技术将在更多领域发挥重要作用,为经济社会发展提供有力支持。

参考文献

- [1]黎保毅.测绘工程测量中无人机遥感技术运用研究[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(二).广西达武规划建筑设计院,2024:2.
- [2]王冠.测绘工程测量中无人机遥感技术的运用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(29):193-195.
- [3]王延文,王尔申,赵志杰,等.基于智能小车的多功能测量系统设计[J].电子器件,2019,42(01):184-188.
- [4]李龙,吕宏,蔡新展,等.一种基于光电导航的智能循迹测量小车设计与实现[J].科技创新导报,2018,15(08):3-4.