

基于无人机的水利工程地形图快速绘制技术研究

木拉提汗·哈吉汗

哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6086

[摘要] 随着水利工程建设的快速发展,对高精度、高效率地形图的需求日益增长,而传统测绘方法存在诸多局限。无人机技术的崛起为水利工程地形图测绘提供了新途径。本文针对此展开研究,旨在构建高效、精准、实用的无人机水利工程地形图快速绘制技术体系。文章首先分析了水利工程地形图测绘的需求及传统方法的不足,凸显了无人机技术的应用优势。接着,构建了包含数据获取、数据处理和地形图绘制三个环节的技术体系,并深入研究了无人机影像快速处理和地形图要素快速提取等关键技术,提出了基于深度学习和规则引擎的要素提取方法。在此基础上,设计了全流程自动化的地形图绘制系统,并通过实际案例验证了其有效性和实用性。最后,文章对未来研究方向进行了展望。

[关键词] 无人机; 水利工程; 地形图; 快速绘制; 摄影测量

中图分类号: TV5 **文献标识码:** A

Research on Rapid Drawing Technology of Water Conservancy Engineering Topographic Maps Based on Drones

Mulatihan·Hajihan

Hami Tuoshi Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Co., Ltd.

[Abstract] With the rapid development of water conservancy engineering construction, the demand for high-precision and high-efficiency topographic maps is increasing day by day, but traditional surveying methods have many limitations. The rise of drone technology has provided a new approach for topographic mapping in hydraulic engineering. This article aims to conduct research on this and construct an efficient, accurate, and practical technology system for rapid drawing of terrain maps for unmanned aerial vehicle water conservancy projects. The article first analyzes the demand for topographic mapping of water conservancy projects and the shortcomings of traditional methods, highlighting the application advantages of drone technology. Subsequently, a technical system was constructed that includes three stages: data acquisition, data processing, and topographic map drawing. Key technologies such as rapid processing of drone images and rapid extraction of topographic map features were thoroughly studied, and a feature extraction method based on deep learning and rule engines was proposed. On this basis, a terrain map drawing system with full process automation was designed, and its effectiveness and practicality were verified through practical cases. Finally, the article provides an outlook on future research directions.

[Key words] drone; Water conservancy engineering; Topographic map; Quick drawing; Photogrammetry

引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其规划、设计、施工和运营管理都离不开高精度地形图的支持。传统地形图测绘方法主要依赖人工野外测量,存在周期长、成本高、受地形条件限制等不足,难以满足现代水利工程建设的需要。近年来,无人机技术的快速发展为地形图测绘提供了新的技术手段。无人机具有机动灵活、作业效率高、成本低、不受地形限制等优势,能够快速获取高分辨率影像数据,为水利工程地形图快速

绘制提供了可能。本文针对基于无人机的水利工程地形图快速绘制技术展开研究,旨在构建一套高效、精准、实用的技术体系,为水利工程建设提供可靠的地形数据支撑。国内外学者在无人机摄影测量和地形图绘制方面已开展了大量研究,并取得了一系列成果。然而,针对水利工程地形图快速绘制的关键技术仍存在一些亟待解决的问题,例如无人机影像快速处理、水利工程地形图要素自动提取等。

1 基于无人机的水利工程地形图快速绘制技术体系

1.1 技术体系框架

基于无人机的水利工程地形图快速绘制技术体系是一个涵盖数据获取、数据处理和地形图绘制的完整流程。该体系以无人机平台为核心,结合摄影测量、遥感技术和地理信息系统(GIS),实现从数据采集到地形图生成的全流程自动化。技术体系框架包括三个主要环节:数据获取、数据处理和地形图绘制。数据获取阶段主要利用无人机搭载的高分辨率相机或激光雷达传感器,快速采集目标区域的多源数据;数据处理阶段通过影像预处理、空中三角测量、数字高程模型(DEM)生成和正射影像生成等步骤,将原始数据转化为可用于地形图绘制的基础地理信息;地形图绘制阶段则基于处理后的数据,结合水利工程地形图的制图规范,完成地形图要素的提取、符号化和整饰,最终生成符合要求的水利工程地形图。该技术体系具有高效、精准、灵活的特点,能够显著提升地形图绘制的效率和质量。

1.2 数据获取

数据获取是基于无人机的水利工程地形图快速绘制的首要环节,其质量直接影响到后续数据处理和地形图绘制的精度。在数据获取阶段,首先需要根据任务需求选择合适的无人机平台和传感器。无人机平台的选择需综合考虑飞行稳定性、续航能力、载荷能力等因素,而传感器的选择则需根据地形图精度要求,选用高分辨率光学相机、多光谱相机或激光雷达等设备。其次,进行航线规划是确保数据获取完整性和效率的关键步骤。通过设定飞行高度、航向重叠度和旁向重叠度等参数,确保影像数据的全覆盖和高精度匹配。最后,在数据采集过程中,需考虑天气条件、光照强度和地形特征等因素,以确保获取的影像数据清晰、无遮挡,并满足后续处理的要求。数据获取阶段的高效实施为后续数据处理和地形图绘制奠定了坚实基础。

1.3 数据处理

数据处理是基于无人机的水利工程地形图快速绘制的核心环节,其目标是将原始影像数据转化为可用于地形图绘制的基础地理信息。数据处理主要包括影像预处理、空中三角测量、数字高程模型(DEM)生成和正射影像生成四个步骤。影像预处理阶段主要对原始影像进行去噪、增强和匹配,以提高影像质量和匹配精度;空中三角测量阶段通过特征点提取与匹配、光束法平差等步骤,恢复影像的外方位元素,构建影像间的几何关系;数字高程模型(DEM)生成阶段利用密集匹配技术生成点云数据,并通过滤波和网格化处理,生成高精度的地形模型;正射影像生成阶段则基于DEM数据,对原始影像进行数字微分纠正和镶嵌,生成无畸变的正射影像。数据处理阶段的高效完成,为地形图绘制提供了精确的地理空间数据支持。

1.4 地形图绘制

地形图绘制是基于无人机的水利工程地形图快速绘制的最终环节,其目标是将处理后的地理信息转化为符合规范的水利工程地形图。地形图绘制主要包括地形图要素提取、符号化和整饰三个步骤。地形图要素提取阶段利用深度学习、规则引擎等技术,从正射影像和DEM数据中自动或半自动提取水利工程地

形图所需的要素,如河流、湖泊、道路、建筑物等;符号化阶段根据水利工程地形图的制图规范,将提取的要素转化为相应的地图符号,并赋予其属性信息;整饰阶段则对符号化后的地图进行排版、标注和图例添加,最终生成符合规范的水利工程地形图。地形图绘制阶段的高效实施,确保了地形图的规范性和实用性,为水利工程的规划、设计和施工提供了可靠的地形数据支撑。

2 无人机影像快速处理技术

2.1 无人机影像特点及处理难点

无人机影像具有高分辨率、多角度、覆盖范围广等特点,能够为地形图绘制提供丰富的地理信息。然而,无人机影像处理也面临诸多难点。首先,无人机影像数据量大,处理效率要求高;其次,由于飞行姿态不稳定、光照条件变化等因素,影像可能存在畸变、模糊或曝光不均等问题;此外,地形复杂区域的影像匹配难度较大,容易出现误匹配或漏匹配现象。这些难点对影像处理的算法和计算能力提出了较高要求。针对这些问题,需要结合无人机影像的特点,开发高效的预处理、匹配和建模技术,以确保影像处理的精度和效率。

2.2 影像预处理技术

影像预处理是无人机影像快速处理的基础环节,旨在提高影像质量并为后续处理提供可靠数据。预处理技术主要包括影像去噪、影像增强和影像匹配。影像去噪通过滤波算法去除影像中的噪声,提高影像的清晰度;影像增强通过直方图均衡化、对比度调整等方法,改善影像的视觉效果,突出地物特征;影像匹配则是通过特征点检测和描述算法,在不同影像间建立对应关系,为空中三角测量提供基础数据。高效的影像预处理技术能够显著提升影像质量,为后续处理奠定坚实基础。

2.3 空中三角测量技术

空中三角测量是无人机影像快速处理的核心环节,其目标是通过影像间的几何关系恢复影像的外方位元素,构建影像的三维空间模型。空中三角测量技术主要包括特征点提取与匹配、光束法平差两个步骤。特征点提取与匹配通过算法(如SIFT、SURF)检测影像中的特征点,并建立不同影像间的对应关系;光束法平差则通过最小二乘法优化影像的外方位元素和特征点坐标,消除误差,提高模型的精度。空中三角测量技术的高效实施,为数字高程模型和正射影像的生成提供了精确的几何基础。

2.4 数字高程模型生成技术

数字高程模型(DEM)是地形图绘制的重要基础数据,其生成技术主要包括密集匹配、点云滤波和网格生成三个步骤。密集匹配通过算法(如半全局匹配)在影像间生成高密度的三维点云数据;点云滤波则通过去除噪声点和异常点,提高点云数据的质量;网格生成通过插值算法将点云数据转化为规则的网格模型,生成高精度的DEM。数字高程模型生成技术的高效实施,为地形分析和正射影像生成提供了可靠的地形数据支持。

2.5 正射影像生成技术

正射影像是地形图绘制的重要数据源,其生成技术主要包

括数字微分纠正和影像镶嵌两个步骤。数字微分纠正基于DEM数据,对原始影像进行几何校正,消除地形起伏和相机畸变对影像的影响,生成无畸变的正射影像;影像镶嵌则通过拼接多幅正射影像,生成覆盖整个目标区域的无缝影像。正射影像生成技术的高效实施,为地形图要素提取和符号化提供了高精度的影像数据支持。

3 水利工程地形图要素快速提取技术

3.1 水利工程地形图要素分类

水利工程地形图要素是地形图的核心内容,其分类是要素提取的基础。根据水利工程的特点和地形图制图规范,水利工程地形图要素可分为自然要素和人工要素两大类。自然要素包括河流、湖泊、水库、地形等高线等,反映了区域的自然地理特征;人工要素包括堤坝、渠道、闸门、道路、建筑物等,体现了人类水利工程建设活动的成果。这些要素在空间分布、几何形态和光谱特征上具有显著差异,为要素提取提供了依据。通过对水利工程地形图要素的科学分类,可以为后续的自动化和半自动化提取技术提供明确的目标和方向。

3.2 基于深度学习的要素自动提取技术

基于深度学习的要素自动提取技术是近年来地理信息科学领域的研究热点,其核心是利用深度神经网络模型从影像数据中自动识别和提取目标要素。在水利工程地形图要素提取中,首先需要构建高质量的样本数据集,包括正射影像和对应的要素标签数据;然后选择合适的深度学习模型(如U-Net、DeepLab等),通过训练和优化,使模型能够学习要素的特征表达;最后利用训练好的模型对新的影像数据进行预测,实现要素的自动提取。基于深度学习的要素自动提取技术具有精度高、适应性强等优点,能够显著提高要素提取的效率和自动化水平,但也面临样本数据需求量大、模型训练成本高等挑战。

3.3 基于规则引擎的要素半自动提取技术

基于规则引擎的要素半自动提取技术是一种结合专家知识和计算机算法的要素提取方法,其核心是通过定义规则库和推理机制,实现对目标要素的半自动化提取。在水利工程地形图要素提取中,首先需要根据要素的空间分布、几何形态和光谱特征,构建规则库,例如“河流通常呈线状分布且光谱特征与水体一

致”;然后利用规则引擎对影像数据进行推理和判断,提取符合规则的要素;最后通过人工交互对提取结果进行修正和优化。基于规则引擎的要素半自动提取技术具有灵活性强、可解释性高等优点,能够有效处理复杂场景下的要素提取问题,但也存在规则库构建复杂、自动化程度有限等不足。通过结合基于深度学习的自动提取技术和基于规则引擎的半自动提取技术,水利工程地形图要素快速提取技术能够在保证精度的同时,显著提高要素提取的效率和自动化水平,为水利工程地形图的快速绘制提供强有力的技术支持。

4 结论

本研究围绕基于无人机的水利工程地形图快速绘制技术,构建了一套涵盖数据获取、数据处理和地形图绘制的技术体系。通过无人机影像快速处理技术,实现了基础地理信息的高效转化,提升了数据处理效率。同时,结合深度学习和规则引擎的要素提取技术,解决了复杂场景下要素提取的难题,提高了自动化和精度。研究还设计并实现了水利工程地形图快速绘制系统,为地形图绘制提供全流程自动化支持。本研究的创新在于构建高效技术体系,提出融合深度学习和规则引擎的要素提取方法,并开发功能完善的系统。未来研究可结合人工智能和多源数据融合技术,优化算法,拓展应用场景,为水利工程建设提供精准、高效的地形数据支持,推动其智能化、现代化发展。

[参考文献]

- [1]林艺伟.无人机低空摄影测量技术在水利划界测量中的运用[J].水利科技,2024,(04):53-56.
- [2]刘怡清.基于无人机倾斜摄影测量技术的大坝地形图测绘方法[J].河南水利与南水北调,2023,52(11):108-110.
- [3]王振宇.以无人机航测及水下地形测绘技术为主的水利工程DEM构建研究[J].科技与创新,2023,(22):113-115.
- [4]王小力.水利工程测量中无人机航空摄影测量技术运用分析[J].工程与建设,2022,36(02):314-315.

作者简介:

木拉提汗·哈吉汗(1974—),男,哈萨克族,新疆哈密市人,本科,中级,研究方向:工程测量。