

基于深度学习的多源空间数据融合技术在实景三维建模中的应用研究

孙伟超

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]随着城市化进程的加快, 实景三维建模在城市管理、环境监测和基础设施管理等领域的应用日益广泛。深度学习技术支撑下, 多源空间数据的融合, 为实景三维建模带来了创新的解决方案。文中首先对多源空间数据的特性进行了详细分析, 并探讨了其在三维建模领域中的应用需求。随后, 重点讨论了深度学习技术在数据处理、特征抽取以及模型改进等方面的显著优势。探讨了多种深度学习模型在处理多源数据融合任务中的具体应用, 并通过具体案例分析, 展示了这些模型在实景三维建模领域的有效性和明显优势。最后, 针对目前技术应用所面临的难题, 文章提出了具体的优化措施及未来的研究路径。

[关键词]深度学习; 多源数据融合; 实景三维建模; 城市管理; 数据处理

DOI: 10.33142/ec.v7i11.14219

中图分类号: TP18

文献标识码: A

Research on the Application of Multi-source Spatial Data Fusion Technology Based on Deep Learning in Realistic 3D Modeling

SUN Weichao

Dalian Geotechnical Engineering and Mapping Institute Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the application of realistic 3D modeling in urban management, environmental monitoring, and infrastructure management is becoming increasingly widespread. Supported by deep learning technology, the fusion of multi-source spatial data has brought innovative solutions for realistic 3D modeling. The article first provides a detailed analysis of the characteristics of multi-source spatial data and explores its application requirements in the field of 3D modeling. Subsequently, the significant advantages of deep learning technology in data processing, feature extraction, and model improvement were discussed in detail. Explored the specific applications of various deep learning models in processing multi-source data fusion tasks, and demonstrated the effectiveness and obvious advantages of these models in the field of realistic 3D modeling through specific case analysis. Finally, in response to the challenges currently faced by technological applications, the article proposes specific optimization measures and future research paths.

Keywords: deep learning; multi-source data fusion; realistic 3D modeling; urban management; data processing

引言

在现代城市发展中, 实景三维建模技术作为一种重要的技术手段, 广泛应用于城市规划、环境监测、基础设施管理等领域。通过整合自各类传感器、卫星图像、无人机测量等多元空间数据后, 可以构建出精确的三维模型, 为决策过程提供助力。针对多源数据的处理, 传统的处理手段往往难以达到有效的整合^[1]。近年来, 深度学习技术在处理该问题上取得了新的进展, 自动化的深度学习方法能够从数据中抽取关键特征, 并实现高效率的模式辨识, 从而为多种数据来源的整合提供了坚实的后盾。本研究旨在深入分析基于深度学习的多源空间数据融合技术在实景三维建模领域的应用, 为该领域的研究者和实践者提供有价值的参考资料。

1 多源空间数据的特点与需求

多源空间数据指的是来自不同来源和传感器的数据, 这些数据在形式和内容上各不相同, 包括卫星遥感影像、无人机测绘数据、激光雷达点云、地理信息系统 (GIS) 数据以及传感器网络数据等。每种数据源都有其独特的空

间分辨率、时间频率和信息内容, 使得它们在获取城市和环境信息方面具有不可替代的优势。然而, 这些多源数据在实际应用中也面临着一系列挑战。由于数据的来源不同, 其采集方式和精度各异, 导致数据的兼容性和可比性降低, 从而增加了数据融合的难度。

在分析过程中, 及时性的数据资料占据着关键地位。在城市进程的背景下, 实时收集信息对于实时监控和策略制定是至关重要的。在数据整合过程中, 冗余数据及噪声的存在对准确度产生显著影响。针对多种来源的数据, 为了明晰其特性并满足使用方面的要求, 必须实施有效的整合过程, 信息中的各类数据通常在内容上呈现互补性, 通过精心设计的融合方法, 能够最大限度地发掘数据的价值, 从而提升三维建模的准确度和可信度^[2]。

在这一过程中, 深度学习技术起到了关键作用。它能够自动地从不同数据源中提取并学习特征, 为数据融合提供了强大的支撑, 满足了实景三维建模在精度、实时性和可靠性等方面的需求。在实际应用场景中, 针对多源空间数据的特性与需求, 必须运用前沿技术方法实现数据的有

效整合和深入分析,这样,我们才能获得对复杂城市环境全面、实时且精确的理解。

2 深度学习技术概述

深度学习技术是一种基于人工神经网络的机器学习方法,通过构建多层次的神经网络结构,模拟人脑的学习和认知过程,以处理和分析复杂的数据。深度学习的核心在于其能够自动提取特征,无需人工干预,大大简化了数据预处理和特征工程的过程。这一技术广泛应用于图像识别、语音识别、自然语言处理等领域,展现出卓越的性能。在深度学习模型中,常见的架构包括卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)及其变体等。

深度学习的成功还得益于大数据和高性能计算的普及,使得训练复杂模型成为可能。数据量的持续增长促进了深度学习技术性能的提高,进一步加速了多个领域向智能化的转变。在处理空间数据方面,深度学习技术的融入为多源数据融合及分析开辟了新颖途径,通过挖掘不同数据源的独特特征,该技术显著提高了数据融合的准确度和效率。实际运用中,深度学习遭遇众多考验,例如大规模标注数据的依赖性、模型解释性的局限,以及较高的计算资源需求等问题。研究者们持续寻求解决,探索包括迁移学习、生成对抗网络等创新技术,目的是在维持性能的同时,减少数据与计算资源的需求^[3]。

3 基于深度学习的多源空间数据融合方法

3.1 数据预处理与特征提取

数据预处理与特征提取是多源空间数据融合中的重要环节,直接影响到后续深度学习模型的性能和效果。数据预处理的主要任务是对原始数据进行清洗、格式化和标准化,以消除噪声、填补缺失值和统一数据格式。对于多源数据而言,由于数据来源的多样性和复杂性,预处理阶段尤其重要。具体而言,针对不同类型的数据,预处理方法可能包括去除异常值、对图像进行裁剪和缩放、对点云数据进行滤波等。这些操作不仅提高了数据的质量,还为特征提取奠定了基础。

原始数据处理中,深度学习模型能够自主学习有效特征,然而,在特定场合,手动提取特征依旧发挥着不可或缺的作用。在图像数据处理的领域内,传统计算机视觉技术如边缘检测与角点检测的应用,有助于提取关键特征,从而优化模型的训练过程,提升整体的效果表现。借助卷积操作处理图像,卷积神经网络能够自主辨识图像的细节特征,通过叠加多个卷积层,该网络进一步抓取深层的语义信息,这显著提高了它在图像识别与分类任务上的精确度^[4]。

在进行地理空间数据的处理过程中,特征的抽取工作需同时顾及空间关联性、与属性数据的融合。利用空间数据的图形和属性特性进行整合,从而达到对数据更为完整的表达,城市规划涉及对建筑物的形状、位置及其周边环境与基础设施的分布进行分析,借助于精心设计的特征表示,

深度学习模型能够更深入地解析数据间的本质联系,由此促进了来自多个源的数据的有效整合。

3.2 模型训练与优化

模型训练与优化是基于深度学习的多源空间数据融合技术中至关重要的环节,它直接决定了模型的性能和最终的融合效果。在模型训练阶段,首先需要选择合适的网络架构,以便能够有效处理多源空间数据的复杂性。常见的深度学习模型包括卷积神经网络(CNN)、递归神经网络(RNN)和图神经网络(GNN)等,选择何种模型取决于数据的特点和应用的需求。例如,对于处理图像数据的任务,CNN通常被广泛应用,而在处理序列数据时,RNN则更为有效。

在模型训练过程中,高质量的标注数据量和精确性是决定其性能的关键要素。在处理涉及多种信息类型的多源空间数据时,标注任务通常会遭遇高成本及复杂性的挑战,运用数据增强技术,能显著增加训练数据集的多样性,从而提高模型的稳健性。常见的数据增强技术涉及随机裁剪、图像旋转、对称翻转以及色彩调整等,这些方法无需额外的标注成本,便能有效提升模型适应多样场景的能力。

在训练过程中,恰当的损失函数和优化算法的制定是必不可少的。在任务的具体性质指导下,损失函数的选择应当紧贴任务需求,例如,分类作业通常选用交叉熵作为损失函数,回归任务则倾向于使用均方误差损失函数。在模型训练阶段完成后,需对模型的表现进行细致评价,并进一步调优以提升其效能,利用交叉验证、混淆矩阵以及ROC曲线等手段,能够对模型在不同数据集上的性能进行精确评估,并据此对模型进行优化。在优化过程中,超参数的最佳组合寻求是关键任务,这往往通过网格搜索或随机搜索等策略来实现,经过多次试验与微调,能够在精确度与计算效率的权衡上达到最优化状态^[5]。

在实际运用中,经过训练的模型应关注其能否及时响应变化。随着数据的不断更新,模型可能会面临老化的问题。因此,定期对模型进行再训练和更新,确保其能够持续适应新的数据特征,是提升模型长期有效性的关键措施。模型训练与优化是基于深度学习的多源空间数据融合技术中不可或缺的一部分,合理的模型选择、有效的数据增强、科学的损失函数与优化算法,以及持续的模型评估与更新,均是实现高效融合的基础。这些都是实现高效数据融合的根本,深度学习这一技术,通过多源空间数据的融合,能够借助不断的优化与创新,推动相关领域的发展。

3.3 数据融合策略

在实践场合,涉及到的数据融合手段多样,如整合各类传感器所收集的数据、结合图像与文本信息,以及处理跨越不同时间与空间尺度的数据,这些手段极大地优化了数据的准确性与可靠性,并有助于挖掘数据之间深藏的联系。

传感器所收集的数据通过融合技术,能够实现与其他多种空间数据的整合,这一过程对于提升数据处理的准确

性和有效性至关重要。如，采用激光雷达、相机、GPS 等多样化传感器，实现数据的同时采集，进而为环境信息提供更为详细的描绘。在信息集成领域，传感器融合技术涉及三个级别，分别是基础、中层及高级融合，此分类基于融合复杂性逐步提升。在数据收集过程中，实施初步的数据整合，将来自各类传感器的最初数据予以结合，例如，将多角度捕获的图像资料融合成单张的全景视图；在特征提取阶段完成后，进行中级融合，例如整合图像边缘信息与传感器深度数据，共同构建更为全面的三维模型；在决策层面，高级融合涉及对信息的综合处理，它通过合并不同模型的输出，达到更深层次的理解和更准确的判断。在网络空间中，伴随着社交工具和互联网平台的兴起，融合文本与图像的数据传达变得尤为关键^[6]。

在多样化的时间与空间维度上，数据的整合协作是增强信息价值的关键举措。科技的演化带来了数据的广泛搜集，这些数据覆盖了多样化的时间与空间维度，在环境监控和城市规划等多个领域，结合不同时空坐标的数据显示了时空变化的规则性。在城市交通的管理过程中，通过融合实时交通流量数据和历史数据，可以更准确地预见交通拥堵的发生，并据此制订有效的缓解策略。在数据融合的过程中，源数据的信赖度、内容的全面性、结构的一致性对成果的适用性起到决定性作用。在数据融合过程中，对多个数据来源进行预处理是必不可少的步骤，目的是保证数据的有效性和统一性。

4 深度学习在实景三维建模中的应用

深度学习在实景三维建模中的应用已经成为近年来计算机视觉和地理信息科学领域的一项重要研究方向。随着深度学习算法的不断进步，尤其是卷积神经网络(CNN)、生成对抗网络(GAN)和深度强化学习等技术的成熟，实景三维建模的效率和精度显著提升。深度学习能够有效处理大量的高维数据，这为三维建模提供了强大的数据处理能力。通过对来自不同传感器(如激光雷达、RGB-D 摄像头等)的数据进行训练，深度学习模型能够自动提取特征，识别物体，进而生成高精度的三维模型^[7]。

在图像数据处理领域，深度学习技术已显示出其显著优势。在三维建模领域，图像信息经常被用来补充修正点云数据，研究人员借助卷积神经网络这一工具，从二维图像中成功提取出深层特征，并进一步将这些特征与三维信息相结合，最终实现了图像至三维模型的转换过程。利用该技术，可以显著提高城市建模和虚拟现实的视觉效果，生成更加逼真的三维场景，从而优化用户体验。生成对抗网络(GAN)在三维建模领域的应用，已引起人们关注，

生成对抗网络(GAN)通过搭建一对网络结构，即生成器和判别器，实现了三维模型的高效生成。

在实景三维建模领域，深度学习技术虽然贡献显著，却遭遇了多种考验。在对深度学习模型进行训练时，大规模的标注数据是必不可少的，然而在现实应用场景中，高品质标注数据的获取往往充满挑战。在广泛应用的背景下，模型的复杂性及与之相关的计算成本，或许会构成显著的限制因素，降低对于预先标记数据的依赖性，研究人员正在积极寻求探索半监督与无监督学习的新途径。在实景三维建模领域，深度学习的应用揭示了显著的潜力和拥有广泛的发展前景。在深入分析点云和图像数据的基础上，利用先进的深度学习技术，实景三维建模的效率和精确度得以显著提高^[8]。

5 结语

综上所述，基于深度学习的多源空间数据融合技术在实景三维建模中的应用研究，推动了三维建模技术的进步，提高了模型生成的效率和精度。随着技术的不断进步，这一领域的研究将为城市规划、环境监测、文化遗产保护等多个领域提供更加精准和高效的解决方案。

【参考文献】

- [1] 邱新忠, 汤赛, 徐晓红, 等. 多源异构三维空间数据融合关键技术研究及应用[J]. 浙江国土资源, 2024(9): 38-40.
- [2] 周保兴, 王兵, 张航帆, 等. 融合多源空间数据的复杂场景真三维模型构建方法[J]. 测绘通报, 2024(4): 13-17.
- [3] 刘昭阁, 李向阳, 朱晓寒. 融合多源空间数据的城市暴雨级联灾害情景态势转化推演方法[J]. 地球信息科学学报, 2023, 25(12): 2329-2339.
- [4] 易茹兰, 赵生兵, 熊一. 多源空间数据构建地理实体数据库研究[J]. 江西测绘, 2022(3): 53-56.
- [5] 王峰, 滕俊利, 王希秀. 多源数据融合实景三维建模关键技术研究[J]. 山东国土资源, 2022, 38(1): 70-73.
- [6] 何洁, 王悦, 董恺. 多源数据融合的城市三维实景建模技术应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(12): 121-124.
- [7] 张小宏, 马立华, 陈丰田, 等. 基于多源数据融合的高精细实景三维建模技术[J]. 测绘工程, 2019, 28(4): 68-71.
- [8] 曹晋奎. 多源数据融合的三维实景建模与可视化技术研究及应用[D]. 西安: 西安工业大学, 2019.

作者简介: 孙伟超(1988.6—), 毕业院校: 武汉大学, 所学专业: 大地测量学与测量工程, 当前就职单位: 大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 职务: 质监与技术支持中心主任, 职称级别: 高级工程师。