实景三维精细建模优化方法探索

曹祥[1]　吴及[2]　李新亚[1]

1. 江苏省有色金属华东地质勘查局地球化学勘查与海洋地质调查研究院

2. 江苏省基础地理信息中心

摘　要：随着科技的不断进步，三维建模技术在众多领域中得到广泛应用，然而要实现高质量的实景三维建模仍然面临许多挑战，包括模型的精细度、自动化程度和效率。本文旨在探讨以实景三维精细建模为重点的优化方法，包括机器学习和深度学习技术的应用、多源数据融合策略、自动化建模工具的开发、高性能计算和云计算的利用，以及模型更新和维护策略等。通过这些研究，旨在为实景三维建模领域的进一步发展提供有价值的见解，并为改善模型的质量和效率提供新的思路和解决方案。

关键词：实景三维；精细建模；机器学习；多源数据

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.24.009

引言

实景三维建模的核心目标是模拟真实世界中的场景或对象，以便用于虚拟仿真、可视化分析、实时交互以及许多其他应用，这需要建模者捕捉到尽可能多的真实世界细节，包括地形、建筑物、植被、道路、交通、人物等等。然而，实际场景的复杂性和多样性使得建模过程变得异常复杂。在实景三维建模中，有许多挑战需要克服。首先，模型的精细度至关重要。模型的真实性和细节度直接影响了其在应用中的效用。其次，数据的采集和处理通常需要大量的时间和资源。从地面测量、卫星图像、激光扫描到无人机摄影，多种数据源的整合以及处理是一个繁琐而复杂的任务。此外，建模过程通常需要大量的人力投入，从而增加了成本。自动化建模方法的研究尤为重要，以提高效率和降低成本。计算资源需求也是一个挑战，特别是在处理大规模地理数据时。最后，实景三维模型通常需要不断更新和维护，以反映真实世界的变化，这需要有效的策略和工具来管理模型的演化。为了应对这些挑战，研究人员一直在不断探索和发展以实景三维精细建模为重点的优化方法。

一、实景三维精细建模概述

实景三维建模可以涵盖广泛的场景和对象，包括但不限于自然地形、城市景观、建筑物、交通系统、植被、人物、动物等，这些对象可能具有各种不同的尺度、复杂性和形状。为了创建真实世界的三维模型，需要从不同的数据源采集相关信息，这些数据源可以包括卫星图像、航拍摄影、激光扫描、地面测量、传感器数据等。数据采集通常是建模过程的第一步，其准确性和完整性对模型质量至关重要。采集的数据通常需要进行处理，以去除噪声、对齐不同数据源、融合数据以及提取关键信息，这个过程可能涉及图像处理、点云处理、地理信息系统（GIS）技术等。在建模阶段，建模者需要将采集的数据转化为三维模型，这包括地理信息系统中的地图制图、建筑物的建模、地形表面的建模等，模型的精细度和细节度对最终的模拟效果至关重要[1]。

实景三维精细建模可以是手动的，也可以是自动化或半自动化的。自动化方法包括使用计算机视觉和机器学习技术来自动识别和建模对象。半自动化方法通常涉及建模者在计算机辅助下手动编辑和改进模型。处理大规模数据和复杂的模型通常需要大量的计算资源，高性能计算和云计算平台的利用可以加速建模过程。实景三维模型需要不断更新，以反映真实世界的变化，这可能涉及新数据的整合、模型的演化和维护策略的制定。实景三维精细建模的应用非常广泛。例如，城市规划师可以使用这些模型来模拟城市发展，游戏开发者可以创建沉浸式的虚拟世界，文化遗产保护者可以记录历史遗迹的状态，工程师可以进行可视化设计和分析等。总之，实景三维精细建模是一项多学科交叉的任务，它融合了地理信息、计算机图形学、计算机视觉和机器学习等领域的知识和技术，以创造逼真的三维环境和对象模型，为各种应用领域提供支持。

二、实景三维精细建模的挑战

首先，实景三维精细建模的首要挑战在于数据的获取和处理。采集现实世界的三维信息涉及卫星图像、航拍摄影、激光扫描和地面测量等多源数据，这些数据具有不同的分辨率、格式和精度。因此，首先需要进行数据整合和预处理，以去除噪声、对齐不同数据源，确保数据的一致性和准确性[2]。其次，建模的挑战在于模型的精细度和细节度。真实世界中的场景和对象通常具有复杂的几何形状和丰富的纹理细节，如建筑物的立体结构、植被的多样性和地形的变化。因此，建模者需要精确捕捉这些细节，以创建逼真的模型，这需要高度专业的建模技巧和精密的工具，以确保模型与真实世界尽可能一致。

第三，自动化建模的不足也是一个挑战。尽管自动化方法在某些情况下能够提高建模效率，但自动化建模在处理复杂场景和对象时仍然面临困难。例如，自动识别建筑物的类型和特征，或者对不规则地形进行准确建模，都需要深度学习和计算机视觉技术的进一步发展。与此同时，计算资源需求也是一个重要挑战。处理大规模地理数据和复杂的模型需要大量的计算资源，包括高

性能计算和存储资源。这可能会导致成本上升，并限制了一些研究和应用的可行性。最后，实景三维模型的更新和维护是一个长期的挑战。因为真实世界不断变化，模型需要不断更新以反映这些变化。这包括新数据的整合、模型的演化以及维护策略的制定，以确保模型的时效性和准确性。

三、实景三维精细建模优化方法

（一）机器学习和深度学习技术

为了应对实景三维精细建模中的挑战，研究人员已经开始探索使用机器学习和深度学习技术来优化建模过程，这一领域的发展正在改变建模的方式，提高了建模的效率和精确度。首先，机器学习和深度学习技术在数据处理和特征提取方面发挥着关键作用。通过使用卷积神经网络（CNN）等深度学习方法，研究人员能够自动识别和提取从不同数据源中获得的信息，如建筑物、道路、植被等，这大大减轻了建模者手动提取特征的工作负担，并提高了数据处理的效率[3]。其次，机器学习和深度学习技术在建模的自动化方面具有潜力。研究人员正在研发自动化建模工具，这些工具能够根据输入的数据和目标自动生成三维模型。例如，使用生成对抗网络，可以生成逼真的建筑物和景观模型，这些自动生成的模型可以在后续的编辑过程中进一步细化，从而提高了建模的效率。

此外，机器学习和深度学习技术也可以用于模型的细节增强。通过训练模型来识别和增强模型中的细节特征，建模者可以更容易地捕捉到真实世界中的细微变化，如建筑物的纹理、植被的分布等，这进一步提高了模型的逼真度。最后，深度学习技术还可用于改进模型的渲染和可视化，使模型更加逼真和沉浸。这包括使用深度学习来改进光照和阴影效果，以及实现更真实的虚拟现实体验。

（二）多源数据融合

多源数据融合是实景三维精细建模中的关键技术之一，旨在将来自不同数据源的信息整合到一个一致的三维模型中，这有助于提高建模的准确性、精度和完整性。首先，现实世界的三维建模通常涉及多种数据源，例如卫星图像、航拍摄影、激光扫描、地面测量等。每种数据源都有其独特的优势和限制。卫星图像可以提供大范围的覆盖，但分辨率相对较低。航拍摄影可以提供高分辨率的图像，但覆盖范围有限。激光扫描可以提供准确的地形数据，但对于建筑物等立体对象的建模较为困难。因此，多源数据融合的需求就在于将这些不同来源的数据有机地结合在一起，以创建一个全面的三维模型[4]。

其次，多源数据融合通常需要考虑数据的配准和对齐。不同数据源的坐标系统和参考框架可能不同，因此需要进行配准，以确保数据在相同的坐标空间中对齐，这可以通过地理信息系统（GIS）技术、全球定位系统（GPS）数据、地标识别等方法来实现。进一步，数据融合的过程包括数据集成和特征提取。数据集成涉及将来自不同数据源的信息整合到一个一致的数据集中。这可能包括影像融合、点云融合、地形数据融合等。特征提取是指从融合后的数据中识别和提取出有用的特征信息，如建筑物轮廓、道路网格、植被分布等。

另外，多源数据融合通常需要考虑数据的质量和一致性。不同数据源可能具有不同的误差和精度水平，因此需要进行质量控制和误差分析。此外，数据一致性也是一个关键问题，融合后的数据应该在几何、拓扑和语义上保持一致，以确保模型的完整性和可靠性。最后，多源数据融合是一个迭代的过程，需要不断优化和改进。随着新数据的可用性和建模需求的变化，模型需要进行更新和维护，这可能涉及新数据的融合、模型的重建以及维护策略的制定。

（三）自动化建模工具的开发

自动化建模工具的开发是实景三维精细建模领域的重要趋势，旨在通过计算机算法和人工智能技术来自动生成三维模型，以提高建模的效率和降低人力成本。首先，自动化建模工具的开发始于对建模过程的全面理解，研究人员需要深入研究建模的流程、数据源和建模任务的复杂性，这包括数据采集、数据处理、特征提取、建模技术、模型渲染等方面的环节，以确定可以自动化的部分[5]。其次，自动化建模工具通常基于机器学习和计算机视觉技术构建，这包括使用深度学习模型如卷积神经网络（CNN）和生成对抗网络（GAN）等来自动识别和提取场景或对象的特征。例如，CNN可以用于自动识别建筑物轮廓，GAN可以用于生成逼真的模型细节。

开发自动化建模工具需要大规模的数据集来进行训练和测试，这些数据集通常包括来自不同地理区域和不同场景的数据，以确保工具的通用性和适用性。数据集的质量和多样性对工具的性能至关重要。此外，自动化建模工具的开发还需要考虑工具的用户界面和易用性。这包括设计直观的用户界面、提供用户友好的输入和输出方式，以及支持用户的反馈和交互，以满足不同用户群体的需求。最后，工具的开发是一个迭代的过程，需要不断优化和改进。随着新的研究成果和技术的出现，工具可以进行更新和升级，以提供更高效、更准确的自动化建模功能。

（四）高性能计算和云计算的利用

首先，实景三维精细建模通常涉及大量数据的处理和计算，例如激光扫描、高分辨率影像、地理信息数据等，这些数据的处理需要大量的计算资源，包括CPU、GPU和内存等。高性能计算集群提供了大规模并行计算能力，能够在短时间内完成复杂的计算任务，通过利用高性能计算资源，建模者可以加速数据处理、模型构建和优化过程，从而提高建模的效率[6]。

其次，云计算平台为实景三维建模提供了灵活性和可伸缩性。建模项目的计算需求可能会波动，云计算允许建模者根据需要动态分配计算资源，避免了不必要的资源浪费。此外，云计算还可以提供存储、备份和协作工具，使建模团队能够更好地管理和共享数据，促进协作和信息共享。高性能计算和云计算还支持分布式计算和协作。建模项目通常需要处理大规模数据集，这可能需要分布式计算框架来加速数据处理和分析。高性能计算集群和云计算平台允许建模者在多个计算节点上并行处理数据，从而提高了处理速度。此外，分布式计算还支持多用户协作，不同团队可以在云上共享数据和计算资源，促进了跨领域合作。

最后，云计算还提供了弹性计算和灾备恢复功能。在建模项目中，数据安全和可用性非常重要。云计算平台通常提供了弹性计算功能，能够自动调整计算资源以应对突发的计算需求。此外，云计算还具备数据备份和灾备恢复功能，确保数据的安全性和可恢复性。高性能计算和云计算的利用还有助于降低建模项目的成本。传统的建模方法可能需要昂贵的硬件设备和数据中心来支持大规模计算。云计算平台可以根据实际使用进行计费，避免了高额的固定成本。这使得小型研究项目和初创企业也能够利用强大的计算资源来进行实景三维精细建模。

（五）模型更新和维护策略

首先，实景三维模型需要不断更新以反映真实世界的变化。城市景观、建筑物、植被和地形等都可能随时间而变化。因此，建模者需要建立定期更新模型的策略，这可以包括定期的数据采集，以获取最新的地理信息、影像数据和激光扫描数据。其次，模型更新涉及新数据的整合和集成，这可能需要开发自动化流程，以将新数据与旧数据融合在一起，并确保一致性。新数据可能涉及新建筑物、道路的扩建、植被的生长等。因此，更新策略需要能够自动识别这些变化，并相应地更新模型。

维护策略包括对模型的定期检查和修复。在更新模型时，可能会出现数据不一致、拓扑错误或建模错误。因此，建模者需要开发维护工具，以识别和修复这些问题，这可以涉及手动编辑、自动化检测和修复算法的应用。另外，模型的版本控制也是维护策略的一部分，每次更新模型时，应该记录更新的时间、数据源和变化，以便进行版本追踪和回溯，这有助于保持模型的历史记录，以及在出现问题时进行故障排除。最后，建模者需要与利益相关者和用户进行沟通，以了解他们的需求和反馈。用户可能会提出改进建模的建议或报告模型中的错误。因此，建立有效的反馈机制和沟通渠道是维护策略的一部分，有助于不断改进和优化模型。

四、案例研究

例如，某城市规划中的实景三维精细建模，该城市是一座快速发展的城市，城市规划部门需要进行全面的城市规划和交通优化，他们需要一个高度准确和详细的城市三维模型，以支持规划和可视化分析。团队使用卫星图像、航拍摄影和激光扫描来采集城市的地理信息数据，这些数据包括城市的地形、建筑物、道路、绿地、水体等。采集的数据需要进行处理，包括去噪、数据对齐和融合，这个过程使用地理信息系统（GIS）和数据处理软件来完成。建模者使用自动化建模工具，如深度学习算法，对建筑物和其他城市要素进行自动建模，这些算法可以从航拍摄影和激光扫描数据中提取建筑物的形状和纹理，以及道路和绿地的特征。该城市规划部门可以使用这个实景三维模型来模拟城市发展方案，评估交通流量、环境影响和土地利用。制定政策决策和项目规划时，政府和发展商可以使用模型进行可视化分析，他们可以在模型中模拟不同的城市场景，以便更好地了解潜在影响和解决方案。在自然灾害或紧急情况下，城市三维模型可以帮助紧急服务部门规划救援和应对措施。这个案例研究突显了实景三维精细建模在城市规划和管理中的关键作用。

结语

文章深入探讨了实景三维精细建模以及与之相关的优化方法、数据融合、自动化建模、高性能计算、模型更新和维护策略等关键领域。实景三维建模是一个多层次、复杂而令人兴奋的领域，展望未来，随着机器学习和深度学习技术的不断发展，实景三维建模的模型变得更加精确和逼真，这将提供更多应用领域，如虚拟现实、增强现实和仿真训练。数据融合将继续成为研究和应用的关键，更多创新的方法来整合各种数据源，包括卫星、飞行器、传感器网络和移动设备等。总之，实景三维精细建模是一个不断发展和创新的领域，未来充满了机遇和挑战。

参考文献

[1]沈吉宝.空地融合精细化实景三维重建方法[J].地理空间信息，2023，21（08）：114-117.

[2]杨继星.实时三维建模技术：快速实景建模 满足实战需求[J].中国应急管理，2023（08）：77.

[3]文政兵，李冰峰.基于实景三维模型的地形图质量检验方法[J].测绘通报，2023（08）：167-171+177.

[4]姚巍，王谱佐.实景三维技术发展态势——XXIV ISPRS Congress报告[J].时空信息学报，2023，30（02）：167-176.

[5]黄晓芳.加快实景三维中国建设[N].经济日报，2023-08-25（006）.

[6]吴昌.实景三维精细建模优化方法探索与实践[J].测绘与空间地理信息，2022，45（02）：130-131+134.