

计算机图形学中三维模型重建技术问题与对策分析

蒋 禹

中国消防救援学院 北京昌平 102202

摘 要: 本研究论述了三维模型重建技术在计算机图形学领域的应用和发展现状,着重讨论了各种重建方法所面临的特点和挑战。通过对比以图像、激光扫描以及深度学习为驱动力的三维重建技术来揭示其优缺点。将具体仿真模型与数值模拟参数相结合,深入探究光照强度,网格分辨率等主要因素对仿真结果的影响规律。研究表明,准确的参数调节及优化算法对于提高仿真精度及计算效率具有重要意义。伴随着科技的进步,三维模型重建在很多领域都会起到更大的效果,特别是虚拟现实和机器人导航应用方面,前景十分看好。

关键词: 三维模型重建; 计算机图形学; 光照强度; 网格分辨率

三维模型重建技术广泛应用于计算机图形学,虚拟现实和机器人导航。在科技日益发展的今天,如何高效地获取并重构现实世界中对象或景物的三维数据已成为一个研究热点^[1]。三维重建既要建立高精度几何模型,又要对光照和材质进行处理以满足真实感。各种不同的图像重建技术,如基于图像的重建、激光扫描和深度学习驱动的重建方法,都有各自的优点和局限性。图像重建技术主要依靠多视角图像还原对象三维信息,激光扫描可以提供精度更高的点云数据,深度学习方法在复杂场景及动态对象处理中显示出极大潜力。但在实践中如何攻克数据采集精度,算法性能以及结果优化仍然是这一领域亟待解决的重点难题。伴随着科技的发展,三维模型重建精度和效率越来越高,在今后会为更多方面的革新和发展提供有力支撑。

1 三维模型重建技术概述

1.1 三维重建的定义与分类

三维重建是一种通过收集现实世界中的物体或场景的二维图像或其他信息,并运用计算机算法将这些信息转化为三维模型的技术过程^[2]。这项技术在计算机图形学,虚拟现实和机器人导航方面有着广泛的应用前景。三维重建按其数据来源和处理方式可分为很多类型。以图像为载体进行三维重建一般都是依靠多视角图像或者视频来实现的,它通过对不同视角下捕获的二维信息进行处理,并运用立体视觉原理以及计算机视觉算法来还原出对象的三维结构。激光扫描三维重建技术是通过激光扫描仪来获取物体表面的点云数据,这种方法具有很高的精度和分辨率,特别适合用于大规模或

复杂物体的重建工作。近年来以深度学习为驱动力的三维重建技术渐渐脱颖而出,该技术通过培训深度神经网络来实现原始数据对三维结构的自动学习,可以处理更复杂、更动态化的情景,并在某些应用方面有所突破。每一种重建技术均具有各自特有的优势和不足,在选择适当的重建方法时一般要综合考虑资料的获取条件,处理效率和最终应用需求等因素。伴随着科技的进步,三维重建精度与效率越来越高,对各领域应用都提供有力支撑。

1.2 三维模型重建的应用领域

三维模型重建技术在很多领域中都有着广泛的应用,促进着各行业的不断创新和发展。医学领域中三维重建主要应用于病理研究,手术规划及个性化医疗设备设计等方面,有助于医生对病人进行更加准确的诊治。游戏与影视行业借助三维重建技术创造出一个栩栩如生的虚拟世界来改善用户体验与视觉效果。在建筑与工程领域中,三维重建技术可以帮助设计师与工程师以数字化模型的方式实现建筑的虚拟建模、设计方案的优化以及施工效率的提升。在文化遗产保护中,三维重建技术能够准确地恢复古代文物、建筑的原貌,协助对它们的保护和复原。在机器人及自动驾驶方面,三维重建技术被应用于环境感知及路径规划中,增强了机器人自主性及可靠性。

1.3 现有技术的优缺点分析

已有三维重建技术各有利弊。基于影像的三维重建方法主要依靠多视角影像进行三维信息恢复,其灵活性强、代价小,但是在对复杂或者纹理少的对象进行处理时会出现精

度不高、易受光照变化、噪声干扰等问题。激光扫描技术为点云数据提供高精度，可以快速捕获物体表面的信息，适合大规模重建项目的实施，但设备造价昂贵，并且在复杂的环境中，对数据处理与存储要求很高。深度学习驱动三维重建技术尽管在动态场景、复杂结构等重建方面表现突出，但是该算法具有计算复杂度高、对训练数据要求高等特点，并且已有技术还存在实时性、精度等方面的挑战。

2 三维模型重建中的技术难题

2.1 数据采集的准确性问题

数据采集是否准确是三维模型重建的一个关键问题，它直接影响着重建结果是否准确可靠。实际工作中采集设备性能及环境因素往往会显著影响数据质量。对于以影像为基础的重建技术而言，二维影像的质与量关系到三维重建的效果，而影像中的模糊，噪声及光照变化等因素会造成重建误差^[3]。特别是低纹理或者纹理缺失表面上，传统算法很难得到精确的深度信息而影响了模型精度。激光扫描技术虽能提供高精度点云数据，但是其精度还受设备精度，扫描角度及距离等因素制约，特别是当物体几何形状比较复杂或者细节比较丰富时，扫描过程中可能存在数据遗漏或者不全等问题。环境因素如气候变化和遮挡物，也对数据采集精度产生干扰。如何从各种复杂的环境条件中获得高质量数据和降低这些干扰因素是促进三维重建技术有效应用的重点。

2.2 算法性能瓶颈

算法性能瓶颈问题是三维模型重建技术所面临的重要难题，特别是在大规模数据与复杂场景处理方面表现得尤为明显。传统三维重建算法一般都依赖大量计算与高效几何推理，然而随着数据量增大，其计算复杂度剧增，造成处理速度变慢。尤其在图像匹配，特征提取和优化等方面，面对海量点云数据，往往会出现计算负担过重的问题，从而制约实时重建概率。深度学习驱动重建方法虽能应对复杂场景及动态物体，但是对计算的要求较高，在训练时对标注数据有较多要求，对高性能硬件有较强支撑，推理速度通常达不到实时性。现有算法多数不能有效应对高精度要求的细节恢复问题，通常很难在精度和效率间寻求平衡，从而造成重建效果有限。在确保重建精度的前提下优化算法性能和增强计算效率是目前实现技术突破的关键。

2.3 重建结果的优化与精度控制

重建结果优化及精度控制作为三维模型重建技术的关

键问题之一，对最终模型质量及应用价值有着直接的影响。实际运行时模型是否准确不仅决定了数据采集是否准确，而且关系到后续算法的处理及优化。通常三维重建技术中最主要的挑战之一就是如何在计算效率和重建精度之间进行权衡。在数据量增大的情况下，精度通常需要更多地进行计算才能提高，这就增加了计算时间与存储成本。所以怎样在确保高精度前提下提高处理速度就成了急需解决的课题。为了解决这一问题，往往会采取多阶段优化的策略，例如通过优化点云配准算法来提高初步重建精度或通过细节恢复算法来弥补模型的缺漏部分。精度控制也需考虑误差传播，尤其对于复杂场景及动态物体重构时，如何降低误差积累与传递是促进模型精度提高的关键。近年来以深度学习为核心的优化方法渐成主流，它能自动地对数据进行特征提取，对重构过程进行优化，进一步提升重构精度与细节表现。

3 计算机图形学中三维模型模拟分析确定

3.1 仿真模型

在计算机图形学领域，对三维模型进行仿真与分析取决于选取适当的模型与仿真算法。本研究采用了基于多边形网格的三维建模技术，并与 Ray Tracing（光线追踪）渲染算法相结合，以进行场景仿真分析。以多边形网格为基本几何建模方式能够有效地表达复杂对象的形状，具有高度灵活性与适应性。Ray Tracing 技术模拟了光线在环境中的传递方式，从而达到了更接近真实的光线和阴影效果，它可以处理复杂的光线模型，并与材料和光源的互动更为精确。通过光线投射到物体表面，可以更加准确的体现光源和材质之间的相互影响，大大提高了渲染质量以及逼真度。

3.2 数值模拟参数

网格分辨率：网格分辨率作为三维模型模拟的关键参数，直接关系到模拟结果的准确性和计算效率。模拟时网格把空间分割成若干小单元并对各小单元内部物理属性及计算结果分别进行处理。网格分辨率越高意味着各单元尺寸越小，仿真模型对对象几何形状及物理特性的刻画越精细，模拟精度越高，特别是对于细节有更多要求的场景，精度提升特别明显。计算量随网格分辨率增加而成倍增加。每一个小网格单元都要分别进行计算，大大增加了计算资源与时间的消耗。特别是当模拟大范围三维场景时，高分辨率会使计算过程很慢，甚至会超过真正可以接受的计算能力。所以在网格分辨率的选取上需结合具体应用场景加以取舍，以保证精

度和计算效率兼顾。一般情况下可采用局部高分辨率区域与低分辨率区域相结合等合适的网格划分策略对模拟效果进行优选。

光照强度：在计算机图形学领域光照强度作为一个核心参数，对物体渲染效果有着重要的影响。其决定着光源照射在物体表面的亮度和光影效果，进而直接影响着最终渲染图像视觉效果。进行三维渲染时，光源强度越大、物体表面亮度越强，阴影部分就越清晰，表现出高度真实感。光照强度还会与物体的材质属性（如反射率、透明度等）相互作用，产生不同的渲染效果。光照强度一般和物体离光源的远近有密切关系，从光照衰减规律来看，离光源越远物体所受光照就越弱，所以光照强度也就随着距离远逐渐衰减。除距离之外光照强度调节也会影响到整体景物的气氛与可视效果。合理地设置光照强度对产生真实感较强的三维场景具有重要意义，特别是模拟环境中，准确地调节光照强度可以显著提高渲染效果。

3.3 数值模拟分析

在采用仿真软件 Blender 和 Autodesk Maya 进行三维模型仿真，在 Windows 10 操作系统上进行，使用配备 NVIDIA RTX 3080 显卡的高性能工作站。模拟的关键指标包括物体的位置变化和光照强度。通过不断更新物体在场景中的位置和调整光源的强度，能够观察到不同参数设置对仿真结果的影响。基于上述模型的仿真数据如表 1、图 1 所示，物体位置和光照强度随时间的变化呈现出一定的规律。在仿真开始时，物体的位置为原点 (0, 0, 0)，光照强度为 100 Lux。随着时间的推移，物体的位置逐渐发生变化，例如在第 1 秒时，物体的位置变为 (0.01, 0, 0)，光照强度随之增大至 110 Lux，这表明随着物体位置的改变，光照的强度在一定程度上发生了变化。到了第 3 秒，物体的位置进一步变化为 (0.03, 0.01, 0.01)，光照强度也达到 130 Lux，显示出随着物体在场景中移动，光源对其的照射强度逐渐增强。在渲染时间上随着物体位置的不断改变，渲染所需的时间也呈现出逐渐增大的趋势。比如在第 0 秒，渲染时间为 2.5 秒，而到了第 3 秒，渲染时间增加到 3.3 秒。这表明，随着场景的复杂度增加，渲染所需的计算时间也在增加。随着仿真进行误差逐渐减小，从 0.1 像素减少到 0.07 像素，表明在模拟过程中，模型的精度得到了逐步的提升。这可能与优化算法的逐步收敛以及数据处理精度的提升有关。数据表明随着仿真时间的推移，物

体的运动、光照强度以及渲染时间等指标都呈现出一定的规律性变化，符合三维仿真模型的预期。

表 1 数据模拟结果

时间（秒）	物体位置（X, Y, Z）	光照强度（Lux）	渲染时间（秒）	误差（像素）
0	(0, 0, 0)	100	2.5	0.1
1	(0.01, 0, 0)	110	2.7	0.09
2	(0.02, 0.01, 0)	120	3	0.08
3	(0.03, 0.01, 0.01)	130	3.3	0.07

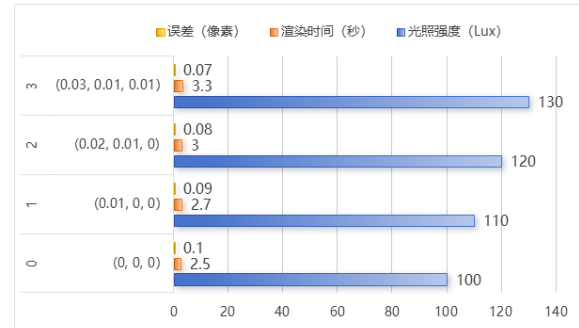


图 1 数据模拟结果对比

4 结论

光照强度与网格分辨率对仿真精度与渲染效果有着至关重要的影响。光照强度的大小决定着物体表面亮度和阴影的呈现，对于最终渲染结果是否逼真起到关键作用。合理地调节光照强度既可以优化视觉效果又可以有效地增强景物的空间感与层次感。网格分辨率选取直接影响模型细节呈现和计算效率。高分辨率可以改善模拟精细度，但是伴随而来的计算量也会增大，这可能会使处理时间变长甚至超过实际应用的需要。通过合理参数调节及优化算法可以寻求精度与效率的平衡。今后研究可以此为基础进一步探讨如何在维持高模拟精度的前提下增强大规模场景渲染效率以促进三维建模与渲染技术深入发展。

参考文献：

- [1] 董佳, 张轶哲. 艺术类院校计算机图形图像基础课虚实融合实践 [J]. 大众文艺, 2025, (04): 192-195.
- [2] 郭琼. 计算机图形学与数字可视化技术的融合分析 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(12): 166-167.
- [3] 吴文玲. 新工科背景下以学促学的计算机图形学课程教学创新 [J]. 中国教育技术装备, 2025, (02): 99-103+110.

作者简介：

蒋禹（1987—），男，汉族，讲师，硕士研究生，研究方向为计算机网络、计算机图形学。