

基于神经网络的三维实时图形引擎技术在工业仿真领域的前沿实践与挑战

唐 虓 郑晓杨 仇 勇

深圳艾迪普信息技术有限公司 广东深圳 518000

摘要: 随着科技领域的腾飞发展,基于神经网络的三维实时图形引擎技术在工业仿真领域展现出巨大潜力。该技术通过结合神经网络的强大学习与三维实时图形引擎的高效渲染和交互功能,能够创建高度逼真、实时响应的工业仿真环境。在前沿实践中,已实现高精度的设备模型构建、复杂场景的快速渲染以及智能交互模拟等。然而,其发展也面临诸多挑战,如计算资源需求高、模型训练难度大、数据安全问题突出等。为应对这些挑战,可采取优化算法、采用分布式计算、加强数据治理等策略。深入研究该技术在工业仿真领域的应用,对于提升工业生产效率、降低成本、保障生产安全具有重要意义。

关键词: 神经网络; 三维实时图形引擎; 工业仿真; 前沿实践与挑战

引言

随着工业生产规模的不断扩张、产品复杂度的持续攀升以及市场竞争的日益激烈,企业对工业生产过程的精准把控、产品研发周期的缩短以及生产成本的降低有着强烈诉求。传统工业仿真技术受限于模型构建的复杂性、计算资源的瓶颈以及对复杂动态系统模拟的局限性,在应对现代工业生产中多样化、高复杂度的需求时,逐渐力不从心。

与此同时,神经网络与三维实时图形引擎技术历经多年发展,取得了突破性进展。神经网络凭借其强大的自学习、自适应以及模式识别能力,能够对海量、复杂且具有不确定性的工业数据进行深度挖掘与高效处理,精准捕捉工业过程中的潜在规律与复杂模式。三维实时图形引擎则在图形渲染、场景构建以及交互体验方面展现出卓越性能,能够以高帧率生成逼真的三维图形,为用户打造沉浸式的虚拟环境。将二者有机融合形成的基于神经网络的三维实时图形引擎技术,为工业仿真领域带来了全新的发展契机,有望突破传统工业仿真的诸多瓶颈,实现工业仿真从基于预设规则向数据驱动、从静态模拟向实时动态模拟、从低沉浸度向高沉浸度交互的跨越式发展,从而为工业企业在产品设计优化、生产流程仿真、设备运维预测、员工培训等核心业务环节提供

更为精准、高效且直观的解决方案。

一、基于神经网络的三维实时图形引擎技术在工业仿真领域的前沿实践

(一) 高精度设备模型构建

在工业生产中,设备种类繁多且结构复杂,精确模拟设备外观与内部结构对工业仿真至关重要。基于神经网络的技术能够对设备的设计图纸、实物扫描数据等多源信息进行深度学习。通过卷积神经网络(CNN)对设备的二维图纸特征进行提取和识别,再结合循环神经网络(RNN)处理序列数据的能力,对设备的三维结构进行推理和构建。例如,在汽车发动机模型构建中,利用大量发动机不同角度的高清图片和详细的结构参数作为训练数据,神经网络可以学习到发动机各部件的形状、位置关系以及装配逻辑,从而生成高度还原真实发动机的三维模型。该模型不仅具备精确的几何形状,还能根据内部结构模拟流体流动、热量传递等物理过程,为发动机性能优化和故障诊断提供了有力支持。这种高精度设备模型构建方法,相比传统手工建模,效率大幅提高,且模型精度更高,能更好地满足工业仿真对模型真实性的严格要求。

(二) 复杂场景快速渲染

工业场景往往包含大量的物体、复杂的光照条件以及动态变化的环境因素,实现实时且高质量的场景渲染一直是工业仿真的难题。基于神经网络的光线追踪技术为此提供了创新解决方案。传统光线追踪算法计算

作者简介: 唐虓,男(1986.04—),男,汉族,黑龙江,本科,大数据分析师(高级),研究方向:数字孪生应用技术及基于原生3d大模型的实时渲染技术。

复杂度高，渲染速度慢，但借助神经网络，可对光线传播路径进行智能预测和优化。例如，使用生成对抗网络（GAN），生成器通过学习大量真实场景的渲染数据，生成初步的光线传播模式，判别器则对生成结果与真实数据进行对比和反馈，促使生成器不断优化。这样，在渲染工业场景时，能够快速确定主要光线传播方向，减少不必要的光线计算，同时保持渲染图像的高分辨率和真实感。在大型工厂仿真场景中，包含众多机器设备、货架、运输车辆等，基于神经网络的渲染技术可在保证场景细节的前提下，将渲染帧率提高数倍，使操作人员能够实时观察场景变化，如设备运行状态、物流运输路径等，为生产调度和决策提供直观、实时的依据。

（三）智能交互模拟

工业仿真中的人机交互对于员工培训、远程操作等应用至关重要。基于神经网络的技术能够实现更加智能、自然的交互模拟。利用深度强化学习算法，使虚拟环境中的智能体能够根据操作人员的动作、语音指令等输入，做出合理的响应。例如，在虚拟装配培训场景中，学员通过手势或语音下达装配指令，系统中的神经网络模型会对指令进行理解和分析，结合装配工艺知识和虚拟环境中的实时状态，控制虚拟装配机器人准确执行装配动作。同时，模型还能对学员的操作进行实时评估，如装配顺序是否正确、操作力度是否合适等，并给予及时反馈和指导。此外，通过情感分析神经网络，系统可根据学员的面部表情、语音语调等信息，判断其学习状态和情绪，进一步优化教学策略，提高培训效果。这种智能交互模拟为工业操作人员提供了更接近真实工作环境的体验，有效提升了培训效率和实际操作能力。

二、基于神经网络的三维实时图形引擎技术在工业仿真领域面临的挑战

（一）计算资源需求高

基于神经网络的三维实时图形引擎技术在运行过程中需要处理大量数据和复杂运算，对计算资源的需求极为庞大。神经网络模型的训练需要高性能的计算设备，如GPU集群，以加速矩阵运算和反向传播算法。在工业仿真应用中，模型规模不断增大，参数数量呈指数级增长，使得训练时间大幅延长，成本显著增加。例如，构建一个大型工厂的高精度三维仿真模型，包含数以百万计的多边形和复杂的物理模拟，同时运行多个神经网络进行渲染优化、交互控制等，普通的工作站难以满足实时计算需求。即使采用云计算平台，也面临高昂的计算费用和网络传输延迟问题。此外，在实时渲染过程中，

为保证高帧率和图形质量，需要实时处理大量的图形数据，对图形处理单元（GPU）的性能要求极高，这进一步加剧了计算资源的紧张局面。

（二）模型训练难度大

工业数据具有复杂性、多样性和不确定性等特点，给神经网络模型的训练带来诸多困难。工业数据往往包含大量噪声，如传感器测量误差、设备故障导致的异常数据等，这些噪声数据可能误导神经网络的学习过程，降低模型的准确性和泛化能力。同时，工业过程中的数据分布不均衡，某些故障状态或特殊工况下的数据样本数量稀少，使得模型在学习过程中难以充分捕捉这些罕见但重要的模式。例如，在工业设备故障预测中，正常运行状态的数据量远大于故障状态数据，模型容易过度拟合正常数据，而对故障数据的预测能力不足。此外，工业系统的动态特性使得数据具有时变性，模型需要不断更新以适应新的数据分布和工况变化，这增加了模型训练的复杂性和维护成本。而且，不同工业场景和任务对模型的要求各异，难以开发出通用的模型架构，需要针对具体应用进行定制化开发和训练，进一步加大了模型训练的难度。

（三）数据安全问题突出

在工业仿真中，涉及大量企业核心数据，如产品设计图纸、生产工艺参数、设备运行数据等，数据安全至关重要。基于神经网络的技术在数据收集、存储、传输和使用过程中存在诸多安全风险。在数据收集阶段，若收集设备被恶意攻击，可能导致数据被篡改或窃取。在数据存储环节，集中式的数据存储方式易成为黑客攻击的目标，一旦数据泄露，将给企业带来巨大损失。在数据传输过程中，网络通信的不安全性使得数据可能被监听、拦截和篡改。此外，神经网络模型本身也可能受到攻击，如对抗样本攻击，攻击者通过精心设计输入数据，使模型产生错误的输出，从而干扰工业仿真的正常运行。例如，在工业自动化控制系统的仿真中，若模型受到攻击，可能导致对设备运行状态的错误判断，引发生产事故。而且，随着工业互联网的发展，工业数据在不同企业和系统之间的共享和交互日益频繁，进一步增加了数据安全管理的难度。

三、应对基于神经网络的三维实时图形引擎技术在工业仿真领域挑战的策略

（一）优化算法与采用分布式计算

为降低计算资源需求，一方面需对神经网络算法和图形渲染算法进行优化。在神经网络算法方面，采用模

型压缩技术，如剪枝和量化，去除神经网络中冗余的连接和参数，减少模型存储需求和计算量，同时保持模型性能基本不变。在图形渲染算法方面，利用层次化细节（LOD）技术，根据物体与视点的距离动态调整模型的细节程度，在远处物体采用低精度模型，减少渲染计算量，而在近处物体则使用高精度模型，保证视觉效果。另一方面，采用分布式计算架构。将计算任务分配到多个计算节点上并行处理，如利用云计算平台的弹性计算资源，通过分布式深度学习框架将神经网络训练任务分布到多个GPU服务器上，加速训练过程。在实时渲染中，采用分布式渲染技术，将场景的不同部分分配到多个渲染节点进行渲染，最后再进行合成，提高渲染速度。通过算法优化和分布式计算的结合，能够在有限的计算资源下，实现基于神经网络的三维实时图形引擎技术在工业仿真中的高效运行。

（二）改进数据处理与模型训练方法

针对模型训练难度大的问题，需要改进数据处理和模型训练方法。在数据处理方面，首先要进行数据清洗，利用数据过滤、异常检测等技术去除噪声数据和异常值，提高数据质量。然后采用数据增强技术，对少量样本数据进行变换和扩充，如对图像数据进行旋转、缩放、裁剪等操作，增加数据的多样性，缓解数据分布不均衡问题。在模型训练方法上，采用迁移学习技术，利用在大规模通用数据集上预训练的模型作为基础，针对特定工业任务进行微调，减少对大量特定数据的依赖，加快模型收敛速度。同时，结合在线学习和增量学习算法，使模型能够实时更新，适应工业数据的时变性。例如，在工业设备故障预测中，模型可以根据新产生的设备运行数据不断更新参数，提高对设备状态变化的预测能力。此外，开发自适应的模型架构搜索算法，根据不同工业场景和任务的特点，自动搜索最优的模型架构，降低定制化开发的难度。

（三）强化数据安全管控

为保障数据安全，企业需建立完善的数据安全管理体系。在数据收集环节，对收集设备进行严格的安全认证和加密通信设置，防止数据被非法获取和篡改。在数据存储方面，采用分布式加密存储技术，将数据分片存储在多个安全节点，并对数据进行加密处理，确保即使部分数据泄露，也无法被轻易解读。在数据传输过程中，使用虚拟专用网络（VPN）等加密通信技术，对传输的数据进行加密，防止数据被监听和拦截。针对神经网络

模型的安全防护，采用对抗训练技术，在模型训练过程中加入对抗样本，使模型学习识别和抵御攻击，提高模型的鲁棒性。同时，加强网络安全监控，利用入侵检测系统（IDS）和防火墙等技术，实时监测网络流量，及时发现和阻止潜在的攻击行为。此外，制定严格的数据访问权限管理制度，根据员工的工作职责和需求，分配最小化的数据访问权限，防止内部人员滥用数据。通过多层次的数据安全管理措施，为基于神经网络的三维实时图形引擎技术在工业仿真中的应用提供坚实的数据安全保障。

总结

基于神经网络的三维实时图形引擎技术为工业仿真领域带来了前所未有的发展机遇，在高精度设备模型构建、复杂场景快速渲染以及智能交互模拟等方面取得了显著的前沿实践成果。然而，该技术在发展过程中也面临着计算资源需求高、模型训练难度大、数据安全问题突出等严峻挑战。通过优化算法与采用分布式计算、改进数据处理与模型训练方法、强化数据安全管控等一系列针对性策略，能够有效应对这些挑战，推动该技术在工业仿真领域的进一步应用和发展。展望未来，随着技术的不断进步和创新，基于神经网络的三维实时图形引擎技术将在工业领域发挥更为重要的作用，助力企业实现智能化转型，提升工业生产的整体水平，为工业发展注入新的活力，创造更大的经济价值和社会效益。在实际应用推广过程中，企业、科研机构和政府部门应加强合作，共同攻克技术难题，完善技术标准和规范，为该技术的广泛应用营造良好的环境，推动工业仿真技术向更高水平迈进。

参考文献

- [1] 詹曙. 基于三维实时成像的三维人脸识别的复数域神经网络系统研发. 安徽省, 合肥工业大学, 2023-02-02.
- [2] 姚程. 基于自动编码和自适应八叉树神经网络的三维重建方法研究[D]. 中国科学院大学(中国科学院西安光学精密机械研究所), 2022.
- [3] 刘明超. 基于三维卷积神经网络的实时动态手势识别[D]. 华中科技大学, 2022.
- [4] 于明理. 基于三维卷积神经网络的实时视频动作分类关键技术研究[D]. 北京邮电大学, 2019.