

- 研究计划书_契合方向
 - 研究课题
 - 研究背景
 - 研究方法
 - 研究计划
- 研究计划书_不契合方向(其他三维方向)
 - 研究课题
 - 研究背景
 - 研究方法
 - 重光照领域
 - 可编辑领域
 - 研究计划
- 研究计划书_不契合方向(VR)
 - 研究课题
 - 研究背景
 - 研究方法

研究计划书_契合方向

研究课题

基于前馈神经网络的三维高斯溅射方法研究。本研究不仅旨在降低传统3DGS对多视角图像与逐场景优化的依赖，还希望通过引入大模型与神经网络结构提升三维重建的**效率、鲁棒性与泛化能力**。最终目标是探索在复杂光照、动态场景等更具挑战性的条件下，仍能实现**高质量、实时的三维重建与渲染**。

研究背景

近年来，随着三维高斯溅射（3D Gaussian Splatting, 3DGS）等技术的发展，可微分渲染的质量和效率得到了显著提升。3DGS以传统体渲染为基础，利用其可微分特性，通过梯度下降对场景点云进行优化，从而实现高质量的实时三维重建。与此同时，人工智能的快速发展也推动了图像和图形领域中3DGS与神经网络的结合。现有研究通常采用神经网络学习额外的特征，将其嵌入点云属性或引入全局特征，再借助基于高斯溅射的渲染器作为后端，利用反向传播不断优化渲染结果。

然而，传统3DGS方法往往需要针对每个场景进行点云优化，并依赖较多不同视角的图像才能获得理想的重建效果。在此背景下，基于前馈神经网络的3DGS方法逐渐出现。例如，**PixelSplat**仅需两张不同视角的图像即可完成点云重建，并将3DGS完全集成到端到端（end-to-end）系统中。此外，随着如**VGGT**等三维大模型的出现，**AnySplat**等工作进一步结合了具备先验知识的预训练模型，使得在缺乏位姿信息的情况下也能实现高质量三维重建。

尽管现有方法已在实时性和重建精度方面取得重要成果，但在某些特殊场景下仍存在不足，例如强反射表面、动态场景以及复杂光照条件下的重建质量仍有待提升。

研究方法

- 1. 结合大模型与注意力机制的高效三维重建** 本研究计划基于类似**VGGT**的三维预训练大模型，将其嵌入3DGS的训练与推理管线，探索如何在保证实时性的同时提升三维重建质量。在点云表示中引入注意力机制，以增强点云的特征表达能力，使其能够更好地兼顾局部与全局信息。针对无位姿图像或稀疏图像的场景，将尝试利用预训练模型直接预测位姿参数，以减少对多视角图像的依赖。
- 2. 结合图形学方法的渲染优化与加速** 本研究计划引入传统图形学方法，以更精确地建模复杂场景下的光线传播过程。例如，采用基于物理渲染（PBR）的方式学习点云的物理属性。同时，利用八叉树或BVH等空间加速结构对高斯分布进行压缩与组织，以提升查询效率并加速渲染过程。进一步地，还将探索基于点云分割与层次化的方法，将点云按物体类别进行分组，对不同类别采用差异化的光照与渲染模型，例如针对反射性物体与非反射性物体采用不同的渲染策略，从而提高最终效果。

研究计划

修士一年级第一学期：按照研究方法所说的内容，先调查领域内最新进展，然后将试验用的代码框架搭起来开始做试验。

修士一年级第二学期：根据试验结果，尝试不同的方法进行试验，以求达到更好的结果。并且开始撰写论文。

修士M2第一学期：开始投学术会议或者期刊，根据反馈结果再对论文和试验方法进行改进。

修士M2第二学期：开始编写毕业论文。

研究计划书_不契合方向(其他三维方向)

研究课题

本研究旨在将三维高斯溅射（3D Gaussian Splatting, 3DGS）应用于**三维重照明/可编辑性**，结合3DGS的高性能优势，提升算法效率与可扩展性。

研究背景

近年来，3DGS 等可微分渲染技术快速发展，借助体渲染框架与可微分特性，通过梯度下降对场景点云进行优化，实现了高质量的**实时三维重建**。同时，随着人工智能的进步，3DGS 与神经网络的融合日益深入：一方面，网络可学习并嵌入点云的附加属性或全局特征；另一方面，基于高斯溅射的渲染器作为后端，通过反向传播闭环不断优化渲染结果，从而在质量与效率间取得良好平衡。

在**重照明**方向，传统 3DGS 容易出现**光照属性与颜色（外观）耦合**的问题。为此，Relightable 3D Gaussian 通过**BRDF 分解与光线追踪**，将光照从点云属性中分离，并以**PBR 渲染方程**建模渲染过程，分别学习场景的**光照与材质**。该路线兼顾了物理可信度与实时性能。另如 RNG（Relightable Neural Gaussians）将 3DGS 拓展至更广的对象范畴，对毛发、绒面等复杂外观有更好的重建能力。

尽管上述方法取得了显著进展，但在**大规模场景、强反射/次表面散射**等复杂条件下，仍会出现质量退化、闪烁以及计算成本偏高等问题，限制了其在实际应用中的全面落地。

研究方法

重光照领域

1. 物理一致的建模与属性解耦

计划将传统渲染中的 PBR 方法与 3DGS 相结合，对渲染过程进行物理一致的建模，显式学习独立的物理属性，从而实现光照与颜色的解耦，避免光照信息直接被学习到点云的球谐系数中。

2. 全局光照与间接光建模

在全局光照方面，参考 Relightable 3DGS 的做法，将环境光信息映射到环境贴图中；在间接光方面，尝试利用小型神经网络为点云学习间接光特征，并借鉴 Neural Radiance Cache 的思路，将间接光缓存为可快速查询的网络近似结果。在渲染阶段，可直接通过该网络得到高质量间接光估计。同时，计划使用 Instant-NGP 中 NVIDIA 提供的高性能 MLP 框架以加速训练与推理。

3. 复杂场景下的混合渲染策略

对于复杂或特殊场景，如强反射、次表面散射或大规模场景，将探索将路径追踪、光子映射等传统全局光照方法与 3DGS 相结合，以形成混合渲染管线，在保证实时性的同时进一步提升重照明的质量与稳定性。

可编辑领域

- 1. 点云分割与基础编辑** 在完成 3DGS 对场景点云的初步重建后，计划对点云进行语义分割，将场景划分为不同部分，再针对各部分进行独立编辑。对于简单物体，可以直接对点云执行平移、旋转、缩放等几何操作，以实现高效的可编辑性。
- 2. 高效点云分割方法** 在分割方法上，参考 Point Transformer 的自注意力机制，构建适用于点云的高质量分割网络架构。同时，为兼顾实时性能，将探索采用轻量级 MLP 或基于点云属性的聚类方法，为点云进行快速分组，从而降低计算开销并提升编辑效率。
- 3. 复杂对象的形变与编辑** 对于复杂可形变物体，如人体，将结合 DualGS 方法，通过 joint 高斯引导蒙皮区域的高斯移动。在编辑人物动作时，可直接修改 joint 高斯的属性，从而驱动皮肤区域的高斯发生一致性变形，实现自然流畅的可编辑效果。

研究计划

修士一年级第一学期：按照研究方法所说的内容，先调查领域内最新进展，然后将试验用的代码框架搭起来开始做试验。

修士一年级第二学期：根据试验结果，尝试不同的方法进行试验，以求达到更好的结果。并且开始撰写论文。

修士M2第一学期：开始投学术会议或者期刊，根据反馈结果再对论文和试验方法进行改进。

研究计划书_不契合方向(VR)

研究课题

本研究希望将3DGS与虚拟现实（VR）领域深度结合，探索高效且高保真的虚拟现实场景表示与渲染方法，从而推动沉浸式交互体验的发展。研究目标不仅在于提高VR场景中3DGS的实时渲染性能，还包括实现点云的可编辑性与动态交互，使用户能够在虚拟环境中自然地操作和修改三维对象。通过这一方向的研究，力求突破当前VR场景中存在的闪烁与高计算成本瓶颈，推动3DGS在沉浸式应用中的大规模落地。

研究背景

近年来，随着3DGS等新兴技术的发展，可微分渲染的质量与效率得到了显著提升。3DGS以传统体渲染为基础，利用其可微分特性和梯度下降方法对场景点云进行优化，从而实现高质量的实时三维重建。同时，人工智能的快速进步也加速了3DGS与神经网络的结合。相关研究通常通过神经网络学习额外的特征，将其嵌入点云属性或引入全局特征，再利用基于高斯溅射的渲染器作为后端，通过反向传播持续优化结果。

与此同时，VR技术也在迅速发展，为用户在虚拟环境中提供以人为主的三维交互体验。一些研究已尝试将3DGS与VR相结合。例如，**VRGS**通过引入XPBD与3DGS，在VR中构建了可编辑、动态交互的渲染管线，使用户能够在虚拟空间中直接操控并修改3DGS对象。另一方面，**VRsplat**等工作则专注于提升VR场景下的实时渲染质量，提出了针对VR环境优化的高质量3DGS渲染方案。

尽管现有研究已取得了初步成果，但在复杂场景中，现有方法仍面临如闪烁现象和计算成本过高等问题，这限制了3DGS在VR环境中的大规模应用。

研究方法

本研究计划探讨如何将3DGS与现有VR技术相融合，重点突破**实时性、可编辑性与沉浸感**三个方向。具体方案如下：

1. 可编辑的3DGS-VR管线

借鉴VRGS的思路，构建一套在VR环境中可交互的实时3DGS渲染管线。首先，利用类似VGGT的预训练三维大模型生成初始点云，并对点云进行分割。随后，在每个点云上引入可学习的嵌入向量（embedding），用于表示纹理、材质等属性。再通过基于编解码架构或点云Transformer的网络，对点云进行训练与优化，从而实现可编辑与动态交互。

2. VR环境下的投影优化

由于VR通常具有大于90°的视场角（Field of View, FOV），佩戴者在边界区域常会感受到3DGS渲染的失真或衰减。为解决此问题，本研究计划探索新的高斯投影方法，以提升在宽视角条件下的边缘成像质量。

3. 高效可微分渲染管线

为保证佩戴者在VR中获得舒适的体验，需要维持高帧率。本研究将探索结合图形学中的层次细节（LOD）与剔除算法（如UE5的Nanite）的策略，减少实时渲染中参与计算的高斯数量，从而在保证画质的同时显著降低计算成本。

修士一年级第一学期：按照研究方法所说的内容，先调查领域内最新进展，然后将试验用的代码框架搭起来开始做试验。

修士一年级第二学期：根据试验结果，尝试不同的方法进行试验，以求达到更好的结果。并且开始撰写论文。

修士M2第一学期：开始投学术会议或者期刊，根据反馈结果再对论文和试验方法进行改进。

修士M2第二学期：开始编写毕业论文。