

**Исследование баланса
визуального качества и производительности при автоматической ретопологии 3D
моделей**

Кудрявцева С. С.¹, Смолин А. А.¹

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Смолин А. А.¹

¹Университет ИТМО
frisby.sofa519@yandex.ru

Введение

Постановка научной проблемы, описание существующего положения, анализ отечественного и зарубежного опыта в решении данной проблемы и т. д. С развитием интерактивных приложений, игровых движков и виртуальной реальности остро стоит задача оптимизировать трёмерные модели без серьёзной потери визуального качества. Высокополигональные модели, применяемые в скульптинге и визуализации, непрактичны для реального времени из-за огромной вычислительной нагрузки. Автоматическая ретопология emerges как перспективный инструмент снижения сложности геометрии, сохраняя форму и структуру объекта. Цель работы — экспериментально оценить влияние методов автоматической ретопологии на визуальное качество 3D-моделей и технические параметры сцены, а также выяснить взаимосвязи между субъективными оценками и объективными метриками.

Основная часть

Исследование состояло из двух этапов.

Этап пилотного эксперимента: применяли несколько методов автоматической ретопологии к набору предметов интерьера. Степень упрощения фиксировали на примерно 50% от исходной геометрии, чтобы сравнение было корректным.

Оценка результатов включала субъективную экспертизу (корректность топологии, выраженность артефактов) и объективные метрики (время ретопологии, нагрузка на видеопамять). Был удалён ряд неинформативных показателей, например общий визуальный рейтинг и изменение FPS, которые оказались слишком зависимыми от внешних факторов.

После анализа пилотных данных выбрали два наиболее надёжных метода, демонстрирующих чёткие различия по ключевым метрикам, и двинулись к основному эксперименту.

Основной эксперимент включал около 40 3D-моделей и 70 респондентов. Для каждой модели формировали пары оценок двумя методами. Данные обрабатывались дескриптивно, проверялись гипотезы с помощью непараметрических тестов, выполнялся корреляционный анализ. Также рассчитывались коэффициенты влияния, доверительные интервалы и мощность тестов.

Выводы

Результаты показывают: выбор метода автоматической ретопологии заметно влияет на корректность топологии и уровень артефактности при сопоставимой степени упрощения геометрии. Один из методов дал более высокие субъективные оценки качества без существенного роста нагрузки на видеопамять. Корреляционный анализ подтвердил сильную связь между корректностью топологии и артефактами, что делает эти показатели ключевыми критериями при оценке качества ретопологии.

Полученные данные полезны при выборе инструментов оптимизации 3D-моделей в VR/AR и интерактивном контенте, а также для планирования будущих экспериментальных исследований в компьютерной графике.

Литература

1. “3D Model Occlusion Culling Optimization Method Based on WebGPU Computing Pipeline”/Liming Ye, Gang Liu, Genshen Chen, Kang Li, Qiyu Chen, Wenyao Fan, Junjie Zhang// Computer Systems Science and Engineering, 2023 <https://www.tech-science.com/csse/v47n2/53678/html>
2. “ДЕТАЛИЗАЦИЯ ТЕКСТУРОЙ. КАРТЫ НОРМАЛЕЙ В ИГРОВОМ 3D - МОДЕЛИРОВАНИИ.”/ Канаев Данила Константинович, Чернова Светлана Владимировна// elibrary, 2021, https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44745581_32650735.pdf
3. 14. “When a tree model meets texture baking: an approach for quality-preserving lightweight visualization in virtual 3D scene construction”/ Chen Zhang, Biao He, Renzhong Guo, Ding Mab//International Journal of Digital Earth, 2022, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2023.2177758#d1e332>
4. Level Of Detail (LOD)”/ Habbs// gamedev, 2001 <https://gamedev.ru/art/articles/Level Of Detail>
5. ” Neural Geometric Level of Detail: Real-time Rendering with Implicit 3D Shapes”/Towaki Takikawa, Joey Litalien, Kangxue Yin1 Karsten Kreis, Charles Loop, Derek Nowrouzezahrai, Alec Jacobson, Morgan McGuire, Sanja Fidler, NVIDIA, University of Toronto, McGill University, Vector Institute// 2021, https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2021/papers/Takikawa_Neural_Geometric_Level_of_Detail_Real-Time_Rendering_With_Implicit_3D_CVPR_2021_paper.pdf
6. “Occlusion Culling Methods”/Heinrich Hey, Werner Purgathofer//EUROGRAPHICS 2001, <https://diglib.eg.org/server/api/core/bitstreams/44ecd645-7e00-4333-ad67-035d11c004b5/content>