

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ

DIGITAL PROCESSING OF SIGNALS AND IMAGES

УДК 004.92

DOI: 10.17587/it.25.596-601

Т. О. Федорова, студент, e-mail: fedorovatiana@yandex.ru,
О. А. Соснина, канд. техн. наук, доц., e-mail: o.a.sosnina@mail.ru,
Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева

Оптимизация продолжительности визуализации сцен с Mental Ray

Рассматриваются способы оптимизации продолжительности визуализации сцен с использованием визуализатора Mental Ray. Проведен анализ особенностей Mental Ray, выявлены настройки, оказывающие наибольшее влияние на длительность визуализации. Выявлены особенности разработки виртуальной модели в целях сокращения продолжительности визуализации. Проведены эксперименты с настройками визуализации, влияющими в большей степени на продолжительность визуализации и фотореалистичность изображения.

Ключевые слова: оптимизация продолжительности визуализации, оптимальные настройки Mental Ray, особенности Mental Ray, оптимизация модели на начальных этапах моделирования

Введение

При стремлении достичь фотореалистичности создаваемого изображения в программах виртуального моделирования продолжительность визуализации может увеличиваться до неприемлемого значения. Вследствие этого перед пользователями встает вопрос об оптимизации продолжительности визуализации сцен. Данная проблема актуальна, поскольку вычислительные мощности современных компьютеров ограничены, а стремление к совершенству создаваемого изображения безгранично.

Целью данного исследования является нахождение способов оптимизации сцены и ее настроек для оптимальной скорости рендера с наименьшими потерями с точки зрения фотореалистичности получаемого изображения.

Продолжительность визуализации и особенности создания сцены зависят от конкретного визуализатора и программного продукта для 3D-моделирования. В данном исследовании будет идти речь об использовании программы 3ds MAX в комбинации с визуализатором Mental Ray.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1) рассмотреть особенности визуализатора Mental Ray. На базе результатов решения данной задачи проводятся дальнейшие эксперименты по оптимизации настроек рендера;

2) выявить особенности разработки виртуальной модели в целях сокращения продолжительности визуализации. Результаты решения данной задачи позволяют оптимизировать модель без ухудшения фотореалистичности итогового изображения;

3) определить экспериментальным путем настройки визуализатора, которые в комплексе позволяют сократить длительность визуализации при приемлемом для конкретных задач уровне фотореалистичности изображения. В ходе решения данной задачи проводится ряд тестовых визуализаций, позволяющих сравнить выигрыш в продолжительности визуализации при изменении определенных настроек визуализатора. Эксперименты проводились на базе сцены с виртуальными архитектурными объектами.

1. Особенности визуализатора Mental Ray

Выбранная система рендеринга оказывает значительное влияние на качество и продолжительность результирующей визуализации. Визуализатор влияет на общий внешний вид сцены, на свет, на материалы. В данном исследовании в качестве визуализатора рассматривается Mental Ray.

У данной системы рендеринга есть набор собственных текстур и источников света, а также имитация атмосферы. Есть возможность на-

стройки рассеянного и отражаемого света. Рендеринг осуществляется дольше, чем в Scanline (стандартном визуализаторе), так как у Mental Ray есть свои особенности расчета итоговой сцены. На продолжительность визуализации в Mental Ray оказывают влияние следующие факторы:

- суммарное число полигонов объектов в сцене;
- степень использования полупрозрачных, отражающих, глянцевых и рельефных текстур;
- используемые источники света (их число и качество);
- размеры создаваемого кадра;
- параметры системы рендеринга [1].

Визуализаторы в процессе визуализации ведут себя по-разному, поэтому принято их делить на предвзятые и непредвзятые. Отличие их состоит в том, что предвзятый метод (например, Mental Ray, V-Ray) позволяет указать допущения, которые визуализатор может делать в процессе вычисления пикселей, а непредвзятый (например, Maxwell, Iray) не предусматривает определение допущений [2].

Global Illumination — инструмент, моделирующий глобальное освещение. Он содержит настройки, отвечающие за принцип расчета освещения, который учитывает вторичные отскоки. Для такого расчета в системе визуализации есть множество настроек параметров, которые позволяют выбрать формулу, которая бы оптимально подходила для вычисления усредненных значений освещенности. Такое число настроек является следствием отсутствия единой стандартной формулы, которая смогла бы описать все возможные физические эффекты (первичное и вторичное освещение, каустику, отражения и т. д.).

Global Illumination учитывает все особенности освещения, такие как падение лучей, отражение, преломление объектами света. Ray Tracing выполняет трассировку лучей, Radiosity моделирует диффузное отражение (перенос излучения). Комбинация Direct Illumination и Indirect Illumination формирует результирующее освещение: Direct Illumination — прямое освещение — от источника света; Indirect Illumination — не прямое освещение после одного или нескольких отражений от других поверхностей. Инструменты Photon Map (фотонная карта) и Final Gather (окончательный сбор) также используются в Global Illumination. Принципиальное отличие данных методов состоит в том, что лучи, которые используются для Final Gather, испускаются от самого объекта визуализации, а не от источников света или камеры. Данный метод превосходит метод Photon Map по производительности и качеству получаемой визуализации.

Отражения и преломления в системе визуализации Mental Ray имитируются на базе Ray Tracing. Лучи испускаются из источников света, затем отскакивают от объектов (соответственно физическим законам) и в результате попадают в объектив камеры. Весь их путь записывается в файл. Параметр Trace Depth (глубина трассировки) контролирует скорость расчета отражений и теней. Он ограничивает число отражений, преломлений светового потока. Такой принцип работы визуализатора является причиной появления на итоговой визуализации шумов, пятен и артефактов. Это происходит вследствие ограниченности вычислительных ресурсов, невозможности испускать бесконечное число фотонов. Для решения данной проблемы применяются специальные формулы для усреднения значения освещенности между точками, куда были пущены несколько лучей, указанные пользователем в настройках.

Стандартный визуализатор выводит в окно результат работы в виде строк пикселей сверху вниз, а Mental Ray визуализирует кадр прямоугольными блоками пикселей (buckets — сегменты). Порядок визуализации сегментов изображения может различаться. По умолчанию система визуализации выбирает порядок обработки, минимизирующий при переходе к следующему сегменту затраты оперативной памяти [3].

Особенности Mental Ray:

- позволяет использовать любые типы материалов, но предпочтительнее использовать специализированные материалы (Arch&Design). Данный материал оптимизирован под Mental Ray, поэтому позволяет достичь лучшего качества визуализации поверхностей и более высокой скорости обработки;
- критически важно использование реальных физических размеров объектов. Моделирование физически корректного освещения сцены невозможно при несоблюдении данного условия, поскольку сила света затухает пропорционально квадрату расстояния между источником света и освещаемой поверхностью;
- в архитектурных визуализациях при имитации искусственного освещения предпочтительнее использовать Photometric Lights (фотометрические источники света). Для имитации прямого солнечного и рассеянного дневного света предпочтительно использовать mrSun и mrSky;
- рекомендуется использовать Ray Traced Shadow в настройках расчета падающих теней. Он гарантирует быстрые вычисления при малых затратах оперативной памяти;

- рекомендуется применять режим *mr Photographic Exposure Control* (фотографический контроль экспозиции). При использовании в корректно смоделированной сцене позволяет точно воспроизводить настройки реальных съемочных камер.

Таким образом, на результирующую скорость визуализации значительное влияние оказывают: настройки *Global Illumination* (необходимо обратить внимание на *Trace Depth*), общее число полигонов в сцене, число и качество источников света. Рекомендуется внимательно относиться к используемым в сцене материалам, использовать *Ray Traced Shadow* (в настройках падающих теней) и *mr Photographic Exposure Control*.

2. Особенности разработки виртуальной модели в целях сокращения продолжительности визуализации

Чтобы сократить время визуализации, необходимо на протяжении всей работы с моделью придерживаться ряда правил, представленных ниже.

1. При копировании объектов, которые не будут в дальнейшем редактироваться, следует использовать метод *Instance*.

При использовании метода *Copy* в *3ds max* создается точно такой же объект, а следовательно, увеличивается число полигонов и вес сцены. *Instance*, в отличие от *Copy*, не копирует объект полностью, а лишь хранит информацию, что в сцене располагается копия объекта.

2. Необходимо контролировать число полигонов.

Данный пункт включает в себя следующие рекомендации:

- отказаться от моделирования незначительных деталей, которые не входят в круг задач, стоящих перед итоговой визуализацией моделируемой сцены;
- использовать операции, сильно усложняющие полигональную сетку (такие как *TurboSmooth* и *MeshSmooth*), только в тех случаях, когда это действительно необходимо для решения задачи;
- вывести статистику числа полигонов во *Viewport* и контролировать их рост;
- перед рендером отсортировать объекты по числу полигонов и проверить первые позиции данного списка (оправдано ли использование такого огромного числа полигонов для конкретного объекта).

3. Необходимо проводить оптимизацию объектов сцены.

Для уменьшения числа полигонов можно использовать следующие модификаторы (лучше применять на отдаленных и высокополигональных объектах):

- *Optimize* упрощает геометрию и ускоряет рендеринг при сохранении приемлемого качества изображения за счет уменьшения числа граней и вершин в объекте;
- *MultiRes* снижает расход оперативной памяти при визуализации, уменьшая число вершин и полигонов. *MultiRes* в отличие от *Optimize* обеспечивает более быструю работу и указывает процент снижения и число вершин;
- *ProOptimizer* сохраняет внешний вид объекта (материал и карты) при уменьшении числа вершин (а также числа граней) в объекте.

4. Оптимизация материалов:

- предпочтительнее использовать текстуры в формате *JPEG*. Такие форматы, как *TIFF* и *PNG*, потребляют значительно больше памяти, и, как следствие, снижают общую производительность;
- оптимизировать разрешение текстуры в соответствии с решаемыми задачами (не использовать текстуры в большом разрешении без необходимости). Если в сцене все же присутствуют такие текстуры, то можно воспользоваться настройками вкладки *Common* группы параметров *Bitmap Performance and Memory Options*, что увеличит производительность и уменьшит нагрузку на оперативную память;
- избегать использования файлов *PSD*, так как при обработке рендера требуется больше ОЗУ (данная проблема ощутимо видна при визуализации с *Mental Ray*);
- использовать карту *Displacement* (смещение) только в том случае, если с помощью *Bump* не получается достичь необходимого результата. *Displacement* значительно увеличивает время рендеринга.

5. Удаление скрытой геометрии.

Если из-за скрытой геометрии файл приобретает значительный размер, то перед рендером следует удалить ее (или перед удалением сохранить в отдельный файл, чтобы потом добавить эти объекты позже) [4].

6. Объект со сложной геометрией (например, кованое ограждение) можно заменить текстурой.

Таким образом, для обеспечения условий для оптимального времени визуализации необходимо при копировании объектов по воз-

возможности использовать Instance, контролировать число полигонов, проводить оптимизацию объектов сцены и материалов, при необходимости удалять скрытую геометрию, заменять объекты со сложной геометрией текстурами (там, где это возможно). Данные операции помогут сократить число объектов (как следствие, уменьшить размер файла сцены), полигонов и оптимизировать карты текстур (как следствие, будет требоваться меньше ОЗУ). Размер файла (для большого файла требуется больше ресурсов оперативной памяти), число полигонов, используемые карты для текстур оказывают значительное влияние на продолжительность визуализации.

3. Оптимизация настроек визуализации

Был проведен анализ целевого назначения всех настроек визуализатора Mental Ray с использованием материалов сайта knowledge.autodesk.com и других интернет-ресурсов. В результате были выявлены настройки, которые могут оказать ощутимое влияние на время рендера.

Тесты проводили на компьютере со следующими характеристиками:

- операционная система Windows 10 (64-разрядная);
- процессор Intel Core i7-8700 CPU 3.20 GHz 3.19 GHz 12 ядер;
- оперативная память 16 Гбайт;
- видеокарта NVIDIA GeForce GTX 1060 3GB;
- дисковая система SSD-диск для системы и программ + отдельный диск для проектов и данных.

Сцена, на которой проводили тестовые визуализации, представляет собой виртуальную модель дворца Берли-хаус, построенную в соответствии с особенностями разработки, описанными в данной статье. Из источников света в сцене присутствует система освещения Daylight. Для создания растительности использовали плагин Forest Pack.

Изначально все настройки рендера соответствуют параметрам по умолчанию, за исключением нескольких из них.

1. Включен метод Photon Mapping. К его преимуществам относится: расчет Global Illumination, хорошее соотношение качество/скорость.

2. Выбран mr Photographic Exposure Control, так как он дает наилучшие результаты при рендеринге с Mental Ray.

От Output Size (размера) итогового изображения значительно зависит время рендеринга

(для примера: рендер с Output Size = 1080 × 1920 занял 11 мин 52 с, рендер с Output Size = 480 × 854 занял 3 мин 12 с, что в процентном соотношении соответствует уменьшению времени на 81 %) для тестовых визуализаций выбран размер 720 × 1280 (5 мин 56 с).

Результат визуализации сцены с данными настройками представлен на рис. 1 (см. третью сторону обложки).

Далее проводили тестовые визуализации, и итоговый результат оценивали по двум параметрам: длительность визуализации и качество итоговой визуализации (см. таблицу).

Оценку проводили по шкале от 1 до 5. Значения менее 3 считаются неудовлетворительными. За эталон, соответствующий 5 по всем критериям, принимается визуализация на рис. 1.

Критерии оценки качества использовались следующие:

1) отсутствие шума (5 — шум отсутствует, 1 — уровень шума наивысший);

2) качество отражения/преломления (5 — наилучшее, 1 — наихудшее);

3) качество теней (5 — наилучшее, 1 — наихудшее).

Изменение данных параметров (длительность визуализации и качество итоговой визуализации) ускоряет визуализацию, но влияет на фотореалистичность итогового изображения. Каждый параметр отвечает за свои определенные функции, которые описаны ниже:

1) параметр Quality устанавливает качество рендеринга. Более низкие значения отображаются быстрее, но дают более зернистые изображения. Более высокие значения дают более гладкие изображения, но занимают больше времени;

2) группа параметров Reflections/Refractions (Отражения/Преломления) отвечает за настройку параметров трассировки лучей. Глубина трассировки контролирует число отражений или преломления светового луча;

3) Soft Shadows Precision задает качество проработки мягких теней от фотометрических и Mental Ray источников света;

4) Glossy Reflections Precision регулирует качество проработки отражений на материалах Arch&Design;

5) Glossy Refractions Precision определяет качество проработки прохождения преломленного света в специализированных материалах (Arch&Design);

6) Shadow Mode настраивает тип используемых теней. Transparent (More Accurate) — тени прозрачны и точны, но визуализация займет

Результаты проведенных тестов

Вкладка	Свиток	Группа параметров	Параметры	Значение по умолчанию	№ теста	Новое значение	Время	Качество		
Renderer	Sampling Quality	Samples per Pixel	Quality	0,25	1.1	0,1	2 мин 50 с	На изображении появились артефакты (зашумленность), заметные невооруженным глазом Отсутствие шума = 2		
					1.2	0,18	4 мин 24 с	Отсутствие шума = 3		
					1.3	0,22	5 мин 14 с	Отсутствие шума = 4		
	Rendering Algorithms	Reflections / Refractions	1) Max Trace Depth 2) Max. Reflections 3) Max. Refractions	1) 6 2) 4 3) 6	2.1	1) 1 2) 1 3) 1	5 мин 44 с	Качество отражения / преломления = 3		
	Global Tuning Parameters	—	Soft Shadows Precision	1	3.1	0,25	3 мин 30 с	Качество теней = 4		
3.2					0,125	2 мин 51 с	Качество теней = 3			
3.3					1) 0,1 2) 0,1	5 мин 46 с	Видимые изменения отсутствуют			
Global Illumination	Skylights & Environment Lighting (IBL)	Skylight Mode	Shadow Mode	Transparent (More Accurate)	4.1	Opaque (Faster)	4 мин 8 с	Видимые изменения отсутствуют		
					Shadow Quality	0,5	4.2	0,25	3 мин 28 с	Видимые изменения отсутствуют
							4.3	0,12	2 мин 51 с	Отсутствие шума = 3
	Caustics & Photon Mapping (GI)	Photon Mapping (GI)	Maximum Num. Photons per Sample	500	5.1	250	5 мин 46 с	Видимые изменения отсутствуют		
					5.2	125	5 мин 43 с	Видимые изменения отсутствуют		

больше времени. Opaque (Faster) — тени непрозрачны, они менее точны, но визуализация займет меньше времени;

7) Shadow Quality устанавливает качество теней. При более низких значениях тени становятся более зернистыми. Более качественные тени занимают больше времени;

8) Maximum Num. Photons per Sample устанавливает, сколько фотонов используется для вычисления интенсивности Global Illumination. Чем больше это значение, тем менее шумным, но более размытым становится глобальное освещение. Уменьшение этого значения делает глобальное освещение более шумным, но менее размытым. Чем выше значение "Образцы", тем продолжительнее рендеринг [5].

Согласно проведенным тестам были выбраны следующие настройки:

- Quality = 0,22;
- Max Trace Depth = 1;
- Max. Reflections = 1;
- Max. Refractions = 1;
- Glossy Reflections Precision = 0,1;
- Glossy Refractions Precision = 0,1;
- Shadow Mode = Opaque (Faster);

- Shadow Quality = 0,25;
- Maximum Num. Photons per Sample = 125.

Результат визуализации сцены с измененными настройками представлен на рис. 2 (см. третью сторону обложки).

В результате удалось сократить время визуализации (с 5 мин 56 с до 2 мин 30 с) на 58 %.

В данной статье приведен пример без использования дополнительных эффектов визуализации. Если в сцене будут настроены дополнительные эффекты, то скорость рендера можно будет увеличить за счет грамотной настройки их параметров, которые в данной статье не рассматриваются. Настройки, рассмотренные в данной статье, могут помочь ускорить рендеринг в любой сцене, но их вклад будет отличаться в зависимости от свойств использованных материалов, числа объектов с определенными материалами.

Таким образом, для ускорения визуализации необходимо настроить в зависимости от сцены следующие параметры: Quality (группа параметров Samples per Pixel); Max Trace Depth, Max. Reflections, Max. Refractions (группа параметров Reflections/Refractions); Soft Shadows

Precision, Glossy Reflections Precision, Glossy Refractions Precision (свиток Global Tuning Parameters); Shadow Mode, Shadow Quality (группа параметров Skylight Mode); Maximum Num. Photons per Sample (группа параметров Photon Mapping (GI)). В проведенном тесте за счет изменения данных параметров удалось сократить время визуализации на 58 %.

Заключение

Таким образом, для оптимизации продолжительности визуализации необходимо проводить ряд действий на протяжении всего процесса работы со сценой, начиная с самых ранних этапов. Ускорить визуализацию без ухудшения фотореалистичности возможно за счет применения методов, описанных в разделе "Особенности разработки виртуальной модели в целях сокращения продолжительности визуализации". Если данных методов оказалось недостаточно, то можно применить методы из раздела "Оптимизация настроек визуализации", поэк-

периментировав с предложенными настройками, учитывая особенности смоделированной сцены. Методы из данного раздела влияют на итоговое качество визуализации, поэтому необходимо оптимизировать данные настройки в соответствии с поставленными задачами.

Список литературы

1. Тимофеев С. М. Приемы создания интерьеров различных стилей. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 380 с.
2. Выбор оптимального движка рендеринга для ваших задач. URL: <http://www.cad.dp.ua/sovets/optima-render.php> (дата обращения: 05.03.19).
3. Петров И. Б. Учебно-методическое пособие по изучению образовательного модуля Архитектурная визуализация с использованием Autodesk 3ds Max Design и mental ray. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. 56 с.
4. Способ оптимизации производительности очень больших сцен 3ds Max. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/3ds-max/troubleshooting/caas/sfdarticles/sfdarticles/RUS/How-to-optimize-performance-in-very-large-3ds-Max-scenes.html> (дата обращения: 05.03.19).
5. 3ds Max Help. URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-3C86B3A9-D670-4152-832E-3E1B37B89AC2-htm.html> (дата обращения: 05.03.19).

T. O. Fedorova, student, e-mail: fedorovatatiano@yandex.ru,

O. A. Sosnina, Associate Professor, PhD in Engineering sciences, e-mail: o.a.sosnina@mail.ru,

R. E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, 603000, Russian Federation

Optimization Duration of Scenes Visualization with Mental Ray

The present article examines ways to optimize the duration of scene visualization with Mental Ray. 3ds MAX software was selected for research of Mental ray. The analysis of the features of Mental ray was performed. It helped to identify settings that have the greatest impact on the duration of visualization. The connection between features of the development of a virtual model and reducing the duration of visualization was identified. It has been revealed that a special optimization should be carried out at each stage of the development of the scene for achieving the best results. All settings for Mental ray were analyzed. It was concluded about the settings that can have a significant impact in the rendering time. The theoretical results were proved by test renders. Experiments were carried out with each of these settings of the visualization. As a result, the settings that have a greater effect on the duration of the visualization, and the effect on the photorealism of the resulting image were identified. The goal was achieved. The final test showed that changing of these settings can help to reduce time of visualization. Reduction of the visualization time by 58 % was achieved. The visualization time will reduce in any scene with the help of the results of this research. The degree of success will depend on the individual characteristics of the scene.

Keywords: visualization duration optimization; optimal mental ray settings; features mental ray; model optimization at the initial stages of modeling

DOI: 10.17587/it.25.596-601

References

1. Timofeev S. M. Techniques for creating interiors of various styles, SPb.: BHV-Petersburg, 2010, pp. 380 (in Russian).
2. Choosing the best visualizer for your tasks, available at: <http://www.cad.dp.ua/sovets/optima-render.php> (date of access: 05.03.19).
3. Petrov I. B. Study Guide for the study of the educational module Architectural Visualization using Autodesk 3ds Max Design and mental ray, SPb., SPbSU ITMO, 2012, pp. 56 (in Russian).

4. A way to optimize the performance of very large scenes 3ds Max, available at: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/3ds-max/troubleshooting/caas/sfdarticles/sfdarticles/RUS/How-to-optimize-performance-in-very-large-3ds-Max-scenes.html> (date of access: 05.03.19).
5. 3ds Max Help, available at: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-3C86B3A9-D670-4152-832E-3E1B37B89AC2-htm.html> (date of access: 05.03.19).