

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный  
университет»  
доктор технических наук, доцент

\_\_\_\_\_ И.С. Соболев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» о диссертации Гоначян Вячеслава Игоревича на тему: «**Адаптивная стратегия рендеринга динамических трехмерных сцен**», предоставленной на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

На отзыв ведущей организации представлены автореферат диссертации объемом 20 страниц и диссертационная работа общим объемом 150 страниц, включая введение, 5 глав, заключение и список литературы из 94 наименований.

**Актуальность** диссертационной работы обусловлена тем, что визуализация трехмерных динамических сцен является ключевой задачей компьютерной графики в широком классе индустриальных и научных приложений. Однако, при отображении сложных сцен, содержащих большое количество графических элементов и предполагающих использование сложных моделей материалов и освещения, современные видеокарты часто не справляются с большим объемом вычислений. Подобные ограничения сильно осложняют разработку и применение интерактивных графических приложений, предполагающих генерацию и вывод изображений с приемлемой скоростью реакции на пользовательские события. Исследование, направленное на разработку методов ускоренного рендеринга сцен

с количеством геометрических элементов на пределе возможностей современных видеокарт, обладает безусловной актуальностью.

**Научная новизна** состоит в:

- разработке модели производительности графического конвейера для однопроходной схемы рендеринга динамических трехмерных сцен;
- в адаптивной стратегии рендеринга динамических трехмерных сцен, реализующая выбор и настройку базовых методов удаления невидимых объектов, техник отложенных аппаратных проверок видимости и кэширования командных буферов на основе модели производительности графического конвейера непосредственно в процессе отображения сцены;
- в разработке метода генерации динамических трехмерных сцен, который позволяет синтезировать семейства сцен с разными характеристиками, определяемыми количеством и сложностью индивидуальных объектов, пространственной разреженностью сцены, интенсивностью событий и их пространственно-временной когерентностью.

**Практическая значимость** полученных результатов заключается в возможности применения предложенной стратегии и методов рендеринга для эффективного отображения широкого класса динамических трехмерных сцен, что чрезвычайно важно для интерактивных графических приложений в таких областях как научная визуализация, автоматизация проектирования, инженерии и производства, компьютерные игры и анимация, виртуальная и дополненная реальность.

Разработанная стратегия и методы реализованы в составе системы визуального пространственно-временного (4D) моделирования и планирования промышленных проектов, обеспечивая прирост производительности при отображении больших динамических сцен в 2–9 раз.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 2 статьи в реферируемых научных журналах из списка изданий, рекомендованных ВАК РФ, 3 работы входят в международные наукометрические базы данных Web of Science и Scopus.

## **Основное содержание диссертации.**

**Во введении** обоснована актуальность темы, дана краткая характеристика научных задач, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** приведен обзор основных методов, которые используются для реализации эффективного рендеринга на GPU. В данной работе рассматривается выполнение рендеринга с использованием аппаратных возможностей современных видеокарт. Видеокарты состоят из потоковых процессоров, выполняющих поточно-параллельную обработку команд, разделяемой памяти и общей памяти, блоков вывода для объединения результатов и записи в кадровый буфер. В результате работы графического конвейера по полигональному представлению трехмерной сцены создается двухмерное изображение. Приведены выводы, которые позволили определить дальнейшее направление исследований.

**Во второй главе** описана модель производительности графического конвейера, которая расширяет существующие модели, описанные в работах Funkhouser T., Wimmer M. Новизна заключается в том, что учитываются некоторые важные аспекты рендеринга. Рассматривается прямая однопроходная схема рендеринга динамических трехмерных сцен. В рамках этой схемы записывается одна команда рендеринга для каждого объекта сцены, командный буфер составляется на центральном процессоре, осуществляется один проход по графическим элементам для генерации кадрового буфера.

**Третьей главой** посвящена адаптивной стратегии рендеринга динамических трехмерных сцен, а также технике составления командных буферов с использованием окто дерева. Использование этой техники позволяет сократить время записи командных буферов, когда происходят локальные изменения в процессе анимации динамической сцены. Описан разработанный метод генерации сцен, который позволяет синтезировать семейства сцен с разными характеристиками, определяемыми количеством и сложностью индивидуальных объектов, пространственной разреженностью сцены, интенсивностью событий и их пространственно-временной когерентностью. Время вывода объектов

рассчитывается с помощью кривых, заполняющих пространство. Это позволяет воспроизвести процесс постепенного возведения сложных строительных объектов.

**В четвертой главе** рассмотрены основные программные модули, используемые в реализации модели производительности и стратегии рендеринга. Описаны функции разработанной графической библиотеки в составе системы для пространственно-временного моделирования и планирования. Поддерживается вывод на экран динамической сцены, навигация по сцене с использованием мыши, запись проектной анимации в видеофайл.

**Глава пять** посвящена результатам вычислительных экспериментов для подтверждения эффективности разработанных методов и модели производительности графического конвейера. В среднем за счет адаптивного управления графическим конвейером, предусматривающего выбор и настройку альтернативных базовых методов и техник, достигается прирост производительности в 1.3–2.5 раза на рассмотренных тестовых сценах. Приводится сравнение производительности разработанной и текущей коммерческой графических библиотек, которые используются в составе системы визуального пространственно-временного (4D) моделирования и планирования индустриальных проектов

**В Заключении** перечислены основные результаты, достигнутые в результате диссертационного исследования и сделаны выводы.

Все рассуждения, предложения и рекомендации, как по главам, так и по работе в целом обоснованы аналитическими зависимостями, а также использованием фактического материала и иллюстраций.

Вместе с тем по работе имеется ряд **замечаний**:

1. Цель исследования сформулирована слишком длинно и расплывчато, в три предложения. К тому же, использование в формулировке цели термина «исследование» неуместно, поскольку исследование как процесс целью являться не может. Цель следовало бы сформулировать более конкретно и четко.

2. Задач, сформулированных для достижения поставленной цели, слишком много для диссертационного исследования кандидатского уровня. Следовало бы среди перечисленных в диссертации задач выбрать самые главные.
3. При формулировке научной новизны следовало указать конкретно, чем разработанные автором методы и подходы отличаются от известных. В противном случае сформулированная научная новизна неочевидна, это, во-первых. Во-вторых, перечисленные пункты научной новизны слабо коррелируют с поставленными автором задачами.
4. Положения, выносимые на защиту, в целом соответствуют признакам научной новизны, сформулированным автором, но также не соответствуют поставленным им задачам.
5. В списке публикаций автора на стр. 20 автореферата обнаружено две работы [3] и [4], опубликованные им в соавторстве с другими учеными. В то же время, в автореферате на стр. 7 в пункте «Личный вклад автора» им утверждается, что все представленные в работе результаты получены лично им. Возникает вопрос, а какая же роль при этом отводится его соавторам. Следовало бы определить личный вклад автора более четко.
6. Во введении (стр. 6 автореферата и стр. 8 диссертации) в разделе «Практическая ценность» имеется следующее утверждение: «В настоящее время данная система (примечание: *разработанная автором*) успешно применяется в более чем трех сотнях ведущих индустриальных компаний в тридцати шести странах мира, в том числе, и в Российской Федерации». В то же время, в диссертационной работе не удалось найти ни одного документа, сертификата или акта, подтверждающего данное заявление.
7. В диссертационном исследовании автором используется понятие «большие динамические сцены». В то же время, нигде не поясняется, что значит «большие», каковы критерии их выделения в отдельный класс «сцен», и какое отличие «большие динамические сцены» имеют от просто «больших сцены». Все эти пояснения следовало бы сделать в самом начале работы.
8. В Главах 2-4 диссертации представлено большое количество листингов программных процедур в псевдокоде, разработанных автором. Данную

информацию следовало поместить в отдельное приложение, снабдив соответствующими ссылками из текста, в целях экономии объема основного текста работы.

9. В Главе 5 диссертации на стр. 109 при формулировке тестовых сцен широко используются понятия «большая плоскость», «большое количество объектов», «большое количество треугольников» и др., но нигде не поясняется, что по мнению автора означает понятие «большой», что, в свою очередь, приводит к расплывчатому, нестрогому характеру формулировок. Ниже, на стр. 110 работы в табл. 1 приводятся характеристики тестовых наборов сцен, но это не вносит ясности, почему, например, количество треугольников 5012582 является «большим».
10. Во всех Главах диссертационной работы, кроме Главы 1, отсутствуют выводы по Главам. Причем, в выводах к Главе 1 перечисляются методы и подходы, которые автор проанализировал, но совершенно отсутствует вывод, а что же автор со всей этой информацией намерен дальше делать.

В целом сформулированные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Гонахчян Вячеслава Игоревича «Адаптивная стратегия рендеринга динамических трехмерных сцен» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» в части требований к кандидатским диссертациям, а ее автор Гонахчян Вячеслав Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Отзыв составлен д.т.н. , профессором Поповым Е.В., обсужден и утвержден на заседании кафедры «Инженерная геометрия, компьютерная графика и

автоматизированное проектирование» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Присутствовало на заседании 10 человек. Результаты голосования: за – 10, против – 0, воздержалось – 0. Протокол заседания №9 от 17 мая 2021 года.

Профессор кафедры инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования, доктор технических наук, профессор

---

Попов  
Евгений Владимирович

Зам. Заведующего кафедрой инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования, доктор педагогических наук, профессор

---

Лагунова  
Марина Викторовна

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)

Адрес: 603950, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Телефон: +7 (831) 280-84-01, E-mail: srec@nngasu.ru, WWW-сервер: <http://www.nngasu.ru>

Подписавший согласен на обработку персональных данных и представление в сети Интернет

---

Е.В. Попов

---

М.В. Лагунова

С публикациями сотрудников ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» можно ознакомиться на сайте: <https://www.elibrary.ru>