

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
МГУ.012.2 по диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
Решение диссертационного совета от 05 июня 2025 г. №2

О присуждении Щербакову Александру Станиславовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка и исследование методов вычисления глобального освещения на графических процессорах» по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей принята к защите диссертационным советом 22 апреля 2025 г., протокол №1.

Соискатель Щербаков Александр Станиславович, 1995 года рождения.

С 01.10.2019 по 30.09.2023 гг. соискатель обучался в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре интеллектуальных информационных технологий.

С 13.11.2023 г. по настоящее время соискатель работает на факультете вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова на кафедре интеллектуальных информационных технологий в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре интеллектуальных информационных технологий факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

Научный руководитель — кандидат физико-математических наук, Фролов Владимир Александрович, старший научный сотрудник отдела компьютерной графики и вычислительной оптики института прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской Академии Наук.

Официальные оппоненты:

Михайлюк Михаил Васильевич — доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела программных средств визуализации Федерального научного центра Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,

Турлапов Вадим Евгеньевич — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры высокопроизводительных вычислений и системного программирования института информационных технологий, математики и механики Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского,

Сорокин Дмитрий Васильевич — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории математических методов обработки изображений кафедры математической физики факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами по теме диссертации, компетентны в области разработки математического и программного обеспечения вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных журналах и близки по теме исследованиям соискателя, что позволяет оппонентам дать всестороннюю глубокую оценку результатам, представленным в диссертационной работе. Один оппонент имеет учёную степень доктора физико-математических наук, один имеет учёную степень доктора технических наук, один имеет учёную степень кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 4 работы, из них 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей:

1. Shcherbakov A. S., Frolov V. A. Matrix transformations for effective implementation of radiosity algorithm using graphic processors // Light and Engineering. — 2019. — Vol. 27, no. 2. — P. 105—110. — (Scopus Q3, SJR: 0.297) [0.375/0.3125]
2. Shcherbakov A. S., Frolov V. A. Dynamic radiosity // Computer Science Research Notes 2901. — 2901. — University of West Bohemia, Pilsen, Czech Republic: 2019. — P. 83—90. — (Scopus Q4, SJR: 0.108) [0.5/0.375]

3. Щербаков А. С., Фролов В. А., Галактионов В. А. Виртуальные площадки в алгоритме излучательности // Труды Института системного программирования РАН (электронный журнал). — 2022. — Т. 34, № 3. — С. 47–60. – (RSCI, ИФ РИНЦ: 0.367) [0.875/0.75]
4. Щербаков А. С. Адаптация методов вычисления глобального освещения на основе алгоритма излучательности к архитектуре кадрового графа // Вычислительные методы и программирование. — 2025. — Т. 26, № 2. — С. 99–110. – (RSCI, ИФ РИНЦ: 0.576) [0.75/0.75]

Все основные результаты, приведенные в вышеуказанных статьях и использованные в диссертации, получены автором лично под научным руководством к.ф.-м.н. В. А. Фролова. В работе [1] автором была исследована проблема линейной зависимости сложности метода излучательности от количества учитываемых отражений и предложен метод предобработки сцены, позволяющий получать заранее заданное количество переотражений без дополнительных накладных расходов во время визуализации. В работе [2] автором был предложен метод локальной матрицы, позволяющий использовать потоковую загрузку данных форм-факторов для сцен большого масштаба, что позволяет снизить время работы алгоритма для таких сцен. В работе [3] автором был предложен и разработан метод виртуальных площадок, позволяющий избежать построения упрощенной геометрии для моделей с высокой детализацией, в то же время позволяющий контролировать баланс точности и скорости вычисления глобального освещения методами излучательности. В работе [4] автором был рассмотрен метод темпоральной излучательности, распределяющий вычисление глобального освещения между кадрами и была предложена адаптация разработанных методов для архитектуры кадрового графа, которая позволяет сократить потребление памяти за счёт её переиспользования на графических API, таких как DirectX 12 и Vulkan.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационный совет отмечает, что представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработано математическое и программное обеспечение для вычисления глобального освещения в различных графических приложениях.

Разработанный автором программный комплекс в виде библиотек и шейдерных программ с открытым исходным кодом позволяет генерировать дополнительные данные для 3D-сцены на этапе её предобработки и использовать полученные данные для визуализации на широком спектре устройств.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

4 разработанных метода позволяющих ускорить вычисление глобального освещения на графических процессорах:

- а) Разработанный метод матрицы нескольких отражений, позволяющий снизить вычислительную сложность решения уравнения излучательности, обеспечивая поддержку произвольного количества переотражений света без увеличения затрат на этапе визуализации. Предложенный алгоритм упаковки форм-факторов с блочным сжатием снижает потребление памяти до 10 раз. Метод частично перераспределяет вычислительные затраты на этап предобработки, увеличивая его время на 20–30%. Данный метод позволяет удовлетворить требование 3 (поддержка произвольного количества отражений света), так как сложность вычислений во время визуализации не зависит от количества переотражений света.
- б) Разработанный метод локальной матрицы, уменьшающий количество полигонов, для которых требуется хранение матрицы форм-факторов в видеопамяти. Предложенный подход к обновлению данных матрицы при движении камеры сокращает объем вычислений в 6–15 раз. Алгоритм обеспечивает выполнение требования 1 (поддержка сцен большого масштаба) за счёт потоковой обработки удалённых от камеры участков сцены.
- в) Разработанный метод виртуальных площадок, обеспечивающих применение метода излучательности и его вариаций к 3D-моделям с высокой детализацией. Алгоритм генерирует матрицу форм-факторов и другие данные для вычисления освещения без создания проксигеометрии, что повышает точность освещения по сравнению с вокселизацией. Предложенный метод удовлетворяет требованию 1 (поддержка сцен

высокой детализации).

- г) Разработанный метод темпоральной излучательности, позволяющий распределить вычислительную нагрузку между несколькими кадрами без видимых темпоральных артефактов. Алгоритм обеспечивает ускорение вычислений в 10–100 раз по сравнению с классическим методом излучательности без значительных потерь точности освещения. Предложенный метод удовлетворяет требованию 5 (распределение вычислений между кадрами без темпоральных артефактов).

Проведенное экспериментальное исследование предложенных методов на сценах различной сложности показывает, что предложенные методы обеспечивают более высокую точность при лучшей производительности, чем метод RTXGI (ведущий метод вычисления глобального освещения на основе полей освещенности).

На заседании «05» июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Щербакову А. С. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 10 докторов наук по специальности 2.3.5, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 11, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН

Воеводин В. В.

Учёный секретарь диссертационного совета
Кандидат физико-математических наук

Антонов А.С.

Декан факультета ВМК МГУ

Академик РАН

Соколов И. А.

«05» июня 2025 г.