

## УТВЕРЖДАЮ

ВРИО директора Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки Института  
вычислительной математики и  
математической геофизики СО РАН

член-корр. РАН



С.И. Кабанихин  
17 марта 2015 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук о диссертационной работе Рябинина Константина Валентиновича «Методы и средства разработки адаптивных мультиплатформенных систем визуализации научных экспериментов», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – «математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

### Актуальность для науки и практики

Диссертационная работа Рябинина К.В. посвящена решению актуальных на сегодняшний день задач в области научной визуализации: задаче автоматизированной адаптации систем научной визуализации к специфике решателей (программных или программно-аппаратных комплексов, генерирующих подлежащие визуализации данные) и задаче переноса этих систем на мобильные устройства (смартфоны и планшетные компьютеры) с сохранением высокой производительности и высокого качества итогового изображения.

Научная визуализация как дисциплина развивается уже несколько десятилетий сначала как визуализация в научных вычислениях, затем она проникла почти во все научные дисциплины. В то же время шла и продолжает идти разработка новых устройств визуализации данных и взаимодействия с человеком. Накопился значительный опыт в виде алгоритмов, программ и программных систем для представления данных в визуальной форме и организации взаимодействия с этими данными – средств графического анализа научных данных. Перепроектирование существующих средств под новые устройства – это один из возможных путей дальнейшего развития научной визуализации. В этом случае пользователь-исследователь будет сталкиваться, как правило, с необходимостью тратить время на приобретение навыков при переходе на новые устройства. Естественно, появляется требование мультиплатформенности применяемых средств.

Таким образом, **актуальность темы** с практической точки зрения определяется, прежде всего, потребностью учёных-исследователей из различных научных областей при помощи эргономичного высокоуровневого графического интерфейса, без программирования, настраивать систему визуализации на специфику решаемых ими научных задач. Кроме того, ввиду распространённости мобильных устройств и тенденции на совершенствование их программно-аппаратных платформ представляется **весёлым** решением задачи обеспечения мультиплатформенности систем научной

визуализации. Это не только автоматизирует труд ученых-исследователей в плане предоставления им новых адаптивных средств визуализации для целей анализа результатов научных экспериментов, сократит затрачиваемые ресурсы (как временные, так и финансовые), но и развинет границы применимости систем визуализации научных экспериментов, сделав доступным их применение вне лабораторий, в том числе при работе в полевых условиях (например, в условиях геологических экспедиций).

С учетом вышесказанного исследование и разработка методов и средств разработки адаптивных мультиплатформенных систем визуализации научных экспериментов, является **актуальной задачей**, как с практической, так и с теоретической точек зрения.

## Структура работы

Диссертация на 207 страницах текста состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 127 наименований и восьми приложений.

Во *введении* обоснована актуальность и практическая значимость темы диссертации, поставлена цель и перечислены требуемые для её достижения задачи, введены необходимые определения. Даётся общая характеристика работы.

В *первой главе* диссертации проводится анализ современных методов и средств научной визуализации, выделяются основные проблемы в этой области и обосновывается их актуальность. Кроме того, описываются особенности мобильных устройств по сравнению с настольными компьютерами, производится анализ современных методов и средств организации мультиплатформенности, выделяются общие недостатки существующих подходов.

Во *второй главе* предлагаются методы и средства создания адаптивных мультиплатформенных систем научной визуализации, рассматривается применение этих методов и средств на практике на примере реализации программной системы SciVi. Описывается предлагаемый подход к разработке адаптивных систем научной визуализации: формальная модель адаптивных систем научной визуализации; концепция автоматизированной интеграции систем научной визуализации со сторонними решателями; концепция поддержки мультиплатформенности и концепция организации эффективной распределённой визуализации. Также описываются технические подробности практической реализации предложенных концепций.

В *третьей главе* описывается предлагаемый метод повышения визуального качества изображения путём адаптивного сглаживания границ объектов сцены и автоматического центрирования объектов сцены в заданной области. Приводится обзор наиболее популярных на сегодняшний день алгоритмов сглаживания, рассматриваются их недостатки в контексте соблюдения требования мультиплатформенности. Производится теоретическая оценка сложности разработанных алгоритмов, описывается тестирование реализованных на их основе компонент программной системы SciVi. Приводится сравнение предложенных методов с известными аналогами и обосновывается целесообразность их использования в создаваемой программной системе. По тексту видно, что автор всесторонне рассматривает вопросы реализации программ и глубоко понимает функционирование устройств, для которых он создает программы, например, см. стр. 113: "Для экономии энергии и предотвращения перегрева мобильного устройства визуализация производится только в моменты изменения сцены".

В *четвертой главе* приводится описание применения разработанной системы SciVi для решения задач научной визуализации из различных предметных областей (физики, биологии, медицины и др.). Демонстрируется практическая применимость предложенного подхода к созданию программного обеспечения для научной визуализации.

В *заключении* кратко излагаются основные результаты диссертационной работы и обозначаются возможные перспективы дальнейших исследований.

Каждая глава заканчивается выводом, подтверждающим проведённые исследования и обосновывающим принятые решения.

*В приложениях* приводится информация, раскрывающая технические детали выполненной разработки. Так, например, приводится документация языка описания трёхмерных сцен, языка описания графического интерфейса пользователя и документация разработанного формата хранения трёхмерных моделей.

### **Достоверность и новизна результатов**

Автором диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Предложены методы и средства для автоматизированной интеграции систем научной визуализации со сторонними решателями. Впервые для такого рода интеграции использован онтологический инжиниринг.
2. Предложены методы организации мультиплатформенных систем научной визуализации. Разработаны программные средства для абстрагирования от особенностей операционной системы и графического оборудования, а также для автоматической генерации графического интерфейса пользователя. В отличие от аналогов, предложенные средства унифицируют разработку пользовательских интерфейсов для настольных компьютеров и мобильных устройств, а также обеспечивают высокую эффективность визуализации трёхмерных сцен на мобильных устройствах.
3. Предложены методы и средства адаптивной распределённой визуализации, обеспечивающие синтез высококачественных изображений на основе больших объёмов данных с сохранением интерактивности сцены на мобильных устройствах.
4. Предложен метод адаптивного сглаживания границ объектов на изображении, повышающий визуальное качество. В отличие от аналогов, этот метод допускает эффективную реализацию на мобильных устройствах, обеспечивая в 3 раза более быстрый отклик системы на команды пользователя.
5. На основе предложенных методов и средств реализована программная система научной визуализации SciVi.

Предложенные в работе Рябинина К.В. методы и средства являются новыми, целесообразность их использования подтверждена на практике путём решения задач научной визуализации из различных предметных областей. Основные результаты проведённых исследований известны специалистам, они опубликованы в научных журналах (включая журналы с международным индексом цитирования Scopus и Web Of Science) и прошли апробацию на ведущих научных конференциях, включая международные.

### **Ценность диссертационной работы для науки и практики**

- Исследования и разработки, выполненные в рамках диссертационного исследования, являются весьма перспективными с учётом всё увеличивающейся популярности мобильных устройств как альтернативы настольным компьютерам.
- Предложенные в диссертационной работе методы и средства могут быть использованы как методологическая база для создания адаптивных мультиплатформенных систем научной визуализации.
- Авторская модификация алгоритма сглаживания границ объектов на изображении и система научной визуализации SciVi внедрены в ИТ-компании ООО «Ньюлана». Программы SciVi, NChart3D и NGraphics зарегистрированы в Государственном Реестре программ для ЭВМ.

- Благодаря механизмам адаптации к специфике разнородных задач и поддержке различных типов ЭВМ, разработанная система SciVi способна повысить производительность труда учёных исследователей, предоставляя им эргономичный инструмент для научной визуализации в различных условиях (полевых и лабораторных) и различных предметных областях.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Продолжение исследований в выбранной области и дальнейшее развитие предложенных методов и средств является перспективным как в академическом, так и в практическом плане.

Целесообразно применить разработанную систему в большем количестве разнородных задач из различных предметных областей. Возможно, следует изучить вопрос применимости системы в качестве инструмента для создания наглядных пособий в образовательных программах по различным учебным дисциплинам. Перспективным является также исследование применимости предложенных методов в проблематике Больших Данных (Big Data).

### **Общие замечания**

Диссертация написана грамотным понятным языком, хорошо структурирована и иллюстрирована. Уместно используются профессиональные термины. Значения узкоспециализированных терминов объяснены в глоссарии, входящем в состав работы. Вместе с тем, имеется ряд замечаний по тексту:

- Стр. 89: "Вращение осуществляется при помощи задания углов Эйлера". Использование углов Эйлера для создания ключевых анимаций в общем случае приводит к "рваной" анимации. Почему не кватернионы? Ведь на стр. 131 говорится, что "Для воспроизведения плавной анимации промежуточные ориентации вычисляются в динамике методом сферической интерполяции кватернионов", т.е. автор владеет методом, но применяет его только в прикладной программе.
- Очень мало информативен рис. 19, т.к. читателю предлагается оценить качественную разницу результатов на глаз. Как правило, для этой цели применяются разности изображений, к которым применяются какие-либо усиливающие различающиеся детали приемы типа нормализации или contrast stretching.
- Удивительно мало, но есть ограхи текста: стр. 63 "Для организации платформенно-независимую абстракцию"; используются то *OpenGL ES* (стр. 66, 76), то *OpenGL(ES)* – стр. 32, 67, 82; стр. 77 "разбиение представлен на рис. 11" и "трёхменного сканера"; стр. 131 "Тесла ПГУ, расположенному в пермского Государственного национального исследовательского университета".

### **Заключение**

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации. Диссертационная работа Рябинина К.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой была решена новая важная задача, имеющая существенное значение в области научной визуализации. Она посвящена решению актуальной научной проблемы, соответствует специальности 05.13.11, выполнена на должном профессиональном уровне, имеет высокую теоретическую и практическую значимость. Основные результаты диссертации опубликованы в научной печати и доложены на всероссийских и международных конференциях. Автореферат правильно и полно отражает её содержание.

Работа отвечает критериям Положения ВАК о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Рябинин К.В. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – «математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Отзыв составил

д.т.н. Дебелов Виктор Алексеевич

690090, г. Новосибирск, пр-кт Лаврентьева, 6, ИВМиМГ СО РАН

телефон: +7 (383) 330-6557

E-mail: debelov@oapmg.sccc.ru

Федеральное государственное бюджетное

учреждение науки Институт

вычислительной математики и

математической геофизики

Сибирского отделения Российской академии наук,

Лаборатория численного анализа и машинной графики,

ведущий научный сотрудник

В.А. Дебелов

Отзыв обсужден и утвержден на семинаре Лаборатории численного анализа и машинной графики Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМиМГ СО РАН), протокол № 4 от 13 марта 2015 года.

Председатель семинара

Заведующий лабораторией

д.ф.-м.н., доцент

А.М. Мацокин

Подписи д.т.н. В.А. Дебелова и д.ф.-м.н. А.М. Мацокина заверяю

ученый секретарь ИВМиМГ СО РАН

к.ф.-м.н.

М.А. Марченко

16 марта 2015 г.

