

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Бондарева Александра Евгеньевича на диссертационную работу Рябина 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 темы**

Научная визуализация в настоящее время является неотъемлемой частью практически любых научных исследований. Качественные изображения, построенные на основе экспериментальных данных, позволяют учёным не только наглядно представить результаты своей работы, но и выполнить дополнительный анализ изучаемого материала, выявить скрытые закономерности, лучше и эффективнее его интерпретировать. В связи с этим большим спросом пользуются программные средства, автоматизирующие процесс получения таких изображений.

На сегодняшний день существует достаточно большое количество программ научной визуализации, например TecPlot, Avizo, VizIt, ParaView и др. Однако общим недостатком этого программного обеспечения является почти полное отсутствие версий, совместимых с мобильными устройствами, а также отсутствие мультиплатформенных решений. При этом, использование мобильных устройств в научно-исследовательской деятельности – это перспективное направление, так как данный класс ЭВМ может быть использован вне лабораторий: в условиях экспедиций, на конференциях, съездах и т. д.

Другой важной задачей при создании систем научной визуализации выступает обеспечение универсальности за счёт средств интеграции со сторонними решателями (программами, которые производят сам научный эксперимент). Большая часть современных систем научной визуализации ограничивается поддержкой стандартных форматов представления входных данных. Такой способ интеграции, однако, в ряде случаев может потребовать от пользователя создания конвертеров, которые будут преобразовывать данные из выходного формата решателя в поддерживаемое системой визуализации представление.

В диссертационной работе К.В. Рябина предлагается комплексный подход к созданию систем научной визуализации, эффективно работающих одновременно и на традиционных настольных компьютерах и ноутбуках, и на мобильных устройствах. Кроме того, предлагаются методы и средства, обеспечивающие автоматизированную интеграцию со сторонними решателями. При этом интеграция включает в себя не только автоматическую конвертацию данных из выходного формата решателя во входной формат системы визуализации, но и возможность отдавать команды решателю через высокоуровневый пользовательский интерфейс системы визуализации.

Таким образом, тема диссертационного исследования К.В. Рябина является актуальной, имеет научную значимость и прямое практическое приложение.

### **Структура и содержание работы**

Диссертация К.В. Рябина состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка терминов, списка литературы из 127 наименований и 8 приложений.

**Во введении** обосновывается актуальность темы, даётся характеристика научной визуализации как направления компьютерной графики, ставятся цель и задачи диссертационного исследования, описываются использованные научные методы.

**Первая глава** посвящена сравнительному анализу современных методов и средств научной визуализации и включает в себя описание наиболее популярных подходов к научной визуализации и программных решений в этой области. Выделяются их достоинства и недостатки, очерчиваются основные проблемы, обозначаются пути решения этих проблем.

**Во второй главе** раскрывается суть предлагаемых методов и средств для создания универсальных систем научной визуализации.

Приводится подробное описание концепции интеграции со сторонними решателями, базирующейся на использовании онтологического инжиниринга.

Автор предлагает в автоматическом режиме восстанавливать структуру входных и выходных данных решателя на основании его исходного кода, а затем автоматически генерировать по этой структуре графический интерфейс для управления решателем и шаблон сцены для визуализации результатов работы решателя. Синтаксический анализатор исходного кода решателя, выполняющий восстановление структуры входных и выходных данных, автоматически генерируется на основе прикладной онтологии, описывающей синтаксис конструкций ввода-вывода соответствующего языка программирования. Шаблон сцены генерируется с использованием онтологии, описывающей доступные для визуализации объекты с их атрибутами.

Раскрывается предлагаемая автором концепция организации мультиплатформенности. Для того чтобы сделать возможным выполнение системы визуализации одновременно и на настольных компьютерах, и на параллельных вычислительных комплексах, и на мобильных устройствах, автором, совместно с ИТ-компанией ООО «Ньюлана», был разработан ряд библиотек функций, обеспечивающих высокоуровневую прослойку между логикой конкретного приложения и программно-аппаратной платформой. На основе этих библиотек автором был создан модуль визуализации и модуль отображения графического интерфейса пользователя. При этом модуль графического интерфейса содержит в себе субмодули, отвечающее за внешний вид интерфейса на различных платформах. Особенностью разработанного автором модуля является возможность комбинирования двумерных элементов графического интерфейса с трёхмерными объектами сцены без снижения производительности визуализации.

Предлагается строить систему визуализации на принципах клиент-серверной архитектуры, описываются задачи клиента и сервера. Предлагается авторская концепция балансировки нагрузки между клиентом и сервером на основе ряда эвристических правил.

**В третьей главе** описывается решение проблемы обеспечения высокого визуального качества итоговых изображений. Акцентируется внимание на решении двух важных задач: задаче сглаживания границ объектов на изображении и задаче размещения объектов в заданной области экрана.

Приводится сравнительный анализ наиболее популярных алгоритмов сглаживания границ объектов на изображении. По критерию совместимости с мобильными платформами выбор сделан в пользу алгоритма сглаживания на основе увеличенного изображения (SSAA) и алгоритма быстрого аппроксимированного сглаживания (FXAA). Предлагаются модификации алгоритмов SSAA и FXAA с целью добавления в них адаптивного учёта особенностей программно-аппаратных платформ. Для организации сглаживания предлагается использовать суперпозицию выбранных модифицированных алгоритмов. Оценивается вычислительная сложность полученного решения, описываются технические особенности реализации и результаты практического тестирования.

Отмечается трёхкратное ускорение отклика системы визуализации на команды пользователя в случае использования предложенных алгоритмов взамен известных.

Описывается решение задачи размещения объектов трёхмерной сцены таким образом, чтобы их проекции попадали в заданную область экрана.

В **четвёртой** главе приводится отчёт об использовании системы научной визуализации, разработанной автором на основе предложенных им методов и средств. Система была применена для решения шести различных задач научной визуализации в физике, биологии, медицине, экономике и информатике. Экспериментальные данные генерировались сторонним программным обеспечением, а система научной визуализации настраивалась на специфику этих данных при помощи предложенных автором методов и средств.

В **заключении** формулируется вывод по проделанной научно-исследовательской работе.

### **Научная новизна и достоверность результатов**

Научная новизна результатов, полученных К.В. Рябининым в ходе диссертационного исследования, состоит в том, что предложены и реализованы на практике:

1. Концепция интеграции систем научной визуализации со сторонними респалателями. Впервые для такой интеграции использованы методы онтологического инжиниринга.
2. Методы и средства для организации мультиплатформенного графического интерфейса пользователя, в отличие от известных аналогов учитывающие решение проблемы двойного дизайна интерфейса и проблемы снижения производительности визуализации.
3. Методы и средства адаптивной балансировки нагрузки между клиентом и сервером системы научной визуализации, основанные на применении эвристических правил. В отличие от известных подходов, достигается возможность использования в качестве клиентов как настольных компьютеров, так и мобильных устройств.
4. Метод сглаживания границ объектов на изображении, в отличии от аналогов адаптивно учитывающий особенности программно-аппаратных платформ и обеспечивающий по сравнению с аналогами в три раза более быстрый отклик системы визуализации на команды пользователя.

Состоятельность предложенных методов подтверждена на практике путём создания на их основе системы научной визуализации, успешно применённой для решения реальных научных задач.

Работа прошла апробацию на ведущих всероссийских и международных конференциях. Основные её результаты опубликованы в крупных научных журналах, входящих в Перечень ВАК, базы данных Web Of Science и Scopus.

### **Практическая значимость**

Практическая значимость исследования вытекает из актуальности темы и востребованности программных средств, которые были разработаны автором. Так, например, разработанная К.В. Рябининым система научной визуализации внедрена в ИТ-компанию ООО «Ньюлана». Согласно представленным документам, отдельные составляющие этой системы были использованы в целом ряде продуктов компании, заказчиками которых выступают такие зарубежные фирмы, как Hewlett Packard, Thomson Reuters, Roche, Citi Bank и Институт генетических исследований Genomics Institute of the Novartis Research Foundation.

### Замечания к тексту диссертации

Изложение диссертационной работы выполнено грамотно, текст логично структурирован, принятые решения обоснованы, выводы аргументированы. При этом, однако, имеется ряд замечаний:

1. Одной из ключевых особенностей представленной в работе системы визуализации является возможность автоматизированной настройки на специфику внешнего решателя без построения специального конвертера данных для системы визуализации. Общие механизмы обеспечения подобной настройки описаны в тексте, однако подробного описания необходимых действий пользователя для реализации настройки не приведено.
2. В параграфе 2.7.3 второй главы диссертационной работы описана практическая реализация планирования организации рендеринга и упрощения сцены при визуальном представлении данных на различных устройствах клиента. При этом практически решается многопараметрическая оптимизационная задача. Реализованный на практике подход заслуживает более подробного математически формализованного описания.

### Заключение по работе

Указанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы К.В. Рябинина. Диссертация выполнена на высоком научном уровне, получены необходимые для практики и обладающие научной новизной результаты, достоверность которых не вызывает сомнений. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых журналах и сборниках, а также докладывались и обсуждались на научных конференциях и семинарах, как российских, так и международных. Представленная работа является целостным и законченным исследованием и удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям на основании Положения ВАК о порядке присуждения учёных степеней.

К.В. Рябинин заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – «математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент,  
старший научный сотрудник  
федерального государственного бюджетного учреждения науки  
«Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН»,

кандидат физ.-мат. наук

Александр Евгеньевич Бондарев

Подпись официального оппонента к.ф.-м.н. А.Е. Бондарева удостоверяю  
Ученый секретарь  
Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН  
д.ф.-м.н.

А.И. Маслов

« 17 » марта 2015 г.

