

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Савельева Владимира Валентиновича «МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АВТОСТЕРЕОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

На отзыв представлена диссертационная работа, содержащая 168 страниц машинописного текста, 6 разделов, 56 рисунков, 10 таблиц, библиографический список из 183 наименований и автореферат. Объем и структура диссертации и автореферата соответствуют рекомендациям ВАК и ГОСТ Р 7.011-2011.

Актуальность задачи формирования 3D изображений и оценки их визуального качества вызывается значительным интересом, проявленным со стороны ведущих мировых компаний - производителей 3D дисплеев. Актуальность темы исследования обусловлена также: 1) недостаточным уровнем развития технических устройств 3-D отображения 2) низким качеством изображения 3D дисплеев; 3) искажением изображения из-за паразитных (нежелательных) эффектов, 4) необходимостью обеспечения возможности свободного перемещения наблюдателя. В связи с этим необходимо проведение комплексного исследования причин, оказывающих основное влияние на качество, методами математического моделирования. Автор диссертационной работы ставит своей задачей разработать методы и средства формирования высококачественных трехмерных изображений.

Исходя из этого, считаю, что актуальность диссертации не вызывает сомнений.

В первой главе автором выполнена разработка метода последовательного послойного формирования 3D изображений в x , y , z -объеме пространства и разработка программ для вычислительного эксперимента.

Вычислительный эксперимент в трёхмерном пространстве основан на ис-

пользовании нового метода формирования трёхмерного изображения. В главе описана разработка макета объёмного 3D дисплея с подвижным рассеивающим экраном и реализация программных средств. Автором разработаны, в частности, средства тестирования и управления, компьютерные программы для вычислительного эксперимента в реальном времени, в том числе расширяемый алгоритм генерации пространственных линий. Листинги алгоритма и программ реального времени приведены в приложениях. Реализовано две версии программ для вычислительного эксперимента: первая – с предварительной обработкой графической информации и непосредственным доступом прикладной программы к устройству, вторая – с обработкой информации в реальном времени и доступом прикладной программы к устройству через драйвер. Первая версия оформлена как компилятор простого языка описания 3D сцен (и потому требует компиляции графических файлов), вторая – как комплекс программ, включающий интерпретатор файлов DXF, т.е. работающий полностью в реальном времени. Такой проблемно-ориентированный комплекс предоставляет возможность моделирования разнообразных трёхмерных структур и наблюдения в пространстве несколькими наблюдателями одновременно.

Во второй главе на основе выявленных автором характерных структурных элементов (образцов вокселей для дискретных расстояний) представлены новые методы формирования и обработки многокурсных изображений, предназначенные для режима реального времени. Устройства, созданные по описанным в этой главе принципам, заявлены и запатентованы в нескольких странах. На основе детального анализа смешивания ракурсов в области наблюдения автором предложена система оценки визуального качества многокурсных изображений по обратной величине количества смешанных ракурсов. Такая оценка подтверждена в экспериментах. Выбор параметров и система оценки качества позволяют исключить неперспективные в практическом отношении варианты методов формирования многокурсных изображений. Для этого автором предложено единое аналитическое описание мно-

горакурсных изображений на основе типичной структуры автостереоскопических дисплеев. Таким образом, автором созданы новые способы формирования и обработки изображений, в частности предложено использовать образцы вокселей для генерации многокурсных изображений на основе векторного описания объекта по плоскостям. По результатам данной главы также решены следующие задачи: синтез и анализ многокурсного изображения, поведение функции качества, смешивание ракурсов. Решена проблема неравномерности разбиения областей на участки, сокращения числа необходимых образцов вокселей (до дискретных плоскостей).

В третьей главе описана система математического имитационного моделирования эффекта муара, построена теория минимизации, представлены результаты комплексного исследования эффекта муара в многокурсных автостереоскопических 3D дисплеях, а также продемонстрирован новый принцип построения оптической системы 3D дисплея. были выполнены исследования эффекта муара на конечном расстоянии при ненулевом зазоре между решётками, в отличие от классического подхода к эффекту муара. Показано, что и в этом случае эффект муара также может быть представлен спектральными траекториями в комплексной плоскости. Автором построена теория минимизации эффекта муара и вытекающая из неё возможность создания дисплеев, лишенных муара, подтверждена моделированием и экспериментально. Выполнена аналитическая минимизация эффекта муара в синусоидальном случае. Подтверждена возможность геометрической минимизации эффекта муара в спектральной области с использованием спектральных траекторий. Рассмотрение траекторий в спектральной области создаёт прочную основу для минимизации муара в диапазоне параметров, что необходимо для автостереоскопических дисплеев. На практике минимизация подтверждена в экспериментальных устройствах. Расстояние наблюдения составляют от 1 до 2 м.

Научная новизна полученных результатов

- 1) Решена задача формирования 3D изображений в реальном времени новым методом на основе последовательного послойного сканирования объёма при помощи высокоскоростной КАОЭМ системы отклонения лазерного пучка с параллельным перемещением экрана в объёме $10 \times 10 \times 5$ см³. На основе реализованных численных алгоритмов разработан комплекс компьютерных программ для вычислительного эксперимента с использованием ОИВТ. Экспериментально доказана возможность отображения в трёхмерном пространстве объёмных сцен, содержащих до нескольких тысяч рёбер при частоте регенерации 25 Гц.
- 2) На основе выявленных автором структурных элементов предложены ОВ. Методы формирования и обработки МИ предложены автором впервые. Реализованные эффективные алгоритмы формирования и обработки МИ практически применимы в системах реального времени. Оценка визуального качества подтверждена в численном эксперименте при количестве точечных источников света до 60. Экспериментально продемонстрированы синтез и анализ векторных объектов, содержащих до 150 вокселей, в области общим объёмом более 10 тысяч вокселей. В вычислительных экспериментах по анализу ошибка определения дискретной дальности наблюдалась не более чем в 3% случаев.
- 3) На базе предложенной автором теории минимизации эффекта муара разработан комплекс программ имитационного моделирования. Моделирование и минимизация выполняются с использованием СТКП, что предложено и реализовано автором впервые. Построена система компьютерного моделирования и выполнено математическое моделирование эффекта муара с количеством решеток более 4, что позволяет создавать высококачественные дисплеи, свободные от эффекта муара. Проведено комплексное исследование эффекта муара. Минимизация эффекта муара выполнена по 4 параметрам в диапазоне расстояний от 1 до 2 м и углов от 0 до 90°. Разработанные математические методы компьютерного моделирования и минимизации подтвер-

ждены экспериментально (соответствие экспериментальных и теоретических данных в пределах 3 - 5%). Предложен новый принцип построения системы формирования 3D изображений на основе эффекта муара.

Таким образом, при работе над диссертацией решены важные научно-технические задачи по разработке системы имитационного компьютерного моделирования, по выполнению научных исследований с использованием математического компьютерного моделирования, а также по созданию и развитию новых методов формирования и обработки многокурсных изображений, новых принципов построения систем отображения информации. Полученные результаты составляют научную основу для усовершенствования существующих и создания новых эффективных методов формирования и обработки 3D изображений реального времени, а также для развития систем компьютерного моделирования. Подтверждённая экспериментально возможность формирования объемных изображений указывает один из путей построения 3D дисплея с экраном небольших размеров. Предложены два метода формирования изображений с автоматическим перекрытием дальних объектов, реализованы алгоритмы реального времени. Теория минимизации и система компьютерного моделирования открывают новые возможности для стабильного улучшения визуального качества. Результаты комплексного исследования эффекта муара позволяют формировать 3D изображения на основе эффекта муара – физическом принципе, ранее не использованном в системах отображения 3D информации.

Значение выводов и рекомендаций для науки и практики

Полученные результаты составляют научную основу для усовершенствования существующих и создания новых эффективных методов формирования и обработки 3D изображений реального времени, а также для развития систем компьютерного моделирования. Подтвержденная экспериментально возможность формирования объемных изображений волнометрического типа указывает один из путей построения 3D дисплеев с экранами небольших

размеров, которые в последнее время пользуются увеличивающимся спросом.

Отдельное внимание в работе уделено моделированию эффекта муара в 3D дисплеях, для чего создана система компьютерного моделирования. Она работает в двух режимах, обзорном и детальном, а также распознает в изображениях плоские волны с целью полуавтоматического измерения их численных характеристик. Новый подход к минимизации эффекта муара в автостереоскопических дисплеях, предложенный автором, выглядит весьма в определенной степени перспективно, поскольку минимизация в нем выполняется в спектральной области, но вычисление спектров не требуется. С практической точки зрения такой подход предоставляет своеобразную быструю и наглядную графическую минимизацию. Автором разработаны средства моделирования, управления и тестирования для всех рассматриваемых дисплеев и видов автостереоскопических изображений, в том числе программные средства для моделирования эффекту муара и для вычислительного эксперимента с использованием объемного дисплея волнометрического типа.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата отражает текстовый материал диссертационной работы и выводы по ней.

Соответствие содержания диссертации содержанию и качеству опубликованных работ

Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 15 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в том числе 7 статей в рецензируемых журналах с индексом цитирования SCI (такие издания как Optics Express и Applied Optics) и 7 статей – в журналах SCI-E. Отдельные статьи автора цитируются в литературе многократно. Часть результатов опубликована в монографии издательства Springer. Содержание опубликованного материала соответствует результатам научных исследований, изложенным в тексте диссертационной работы.

Соответствие темы диссертации заявленной научной специальности

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности **01.13.18** – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

п.1. Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

п.2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

п.3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

п.4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

п.12. Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации.

Замечания по работе:

1. В автореферате недостаточно четко описаны положения выносимые на защиту.
2. На рис.1 не описаны основные элементы устройства формирования объемного изображения, из-за чего сложно понять его работу.
3. Рис.2 (в диссертации Рис.3) изображение недостаточного качества.
4. Во второй главе описана система разработки 1995-96 гг., программные средства работают при поддержке устаревшей операционной системы MSDOS. Интересно, что нового получено за последние 20 лет?
5. Недостаточное внимание уделено оптимизации разработанных алгоритмов с точки зрения параллельного программирования, что позволяет существенно повысить быстродействие при генерации изображений.

Замечания по работе не являются основой для принципиальных возражений по рассматриваемой диссертации, и поэтому не снижают значимости полученных результатов и не влияют на ее положительную оценку.

4

Заключение по работе

Диссертационная работа Савельева Владимира Валентиновича «МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АВТОСТЕРЕОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему.

Считаю, что диссертационная работа отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Савельев Владимир Валентинович достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор кафедры «Системы сбора и обработки данных»
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»,

доктор технических наук _____ Гужов Владимир Иванович

e-mail: vigguzhov@gmail.com

Телефон: +79139253924

Почтовый адрес:

Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет»

« 19 » 11 2014 г.

Подпись профессора Гужова В.И. заверяю:

