

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
"ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ"**

**Е.А. Башков, С.А. Зори**

**РЕАЛИСТИЧНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ  
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТЕХНОЛОГИЙ ОБЪЕМНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ**

**МОНОГРАФИЯ**

Донецк  
ДВНЗ "ДонНТУ"  
2014

УДК 004.923

Б 33

Рекомендовано к печати Ученым советом Государственного высшего учебного заведения "Донецкий национальный технический университет" 20 июня 2014 г., протокол № 6.

**Авторы:**

**Башков Евгений Александрович**, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики ГВУЗ "ДонНТУ", доктор технических наук, профессор.

**Зори Сергей Анатольевич**, докторант кафедры прикладной математики и информатики ГВУЗ "ДонНТУ", кандидат технических наук, доцент.

**Рецензенты:**

**Аверин Г.В.**, заведующий кафедрой компьютерных систем мониторинга ГВУЗ "ДонНТУ", доктор технических наук, профессор.

**Каргин А.А.**, заведующий кафедрой компьютерных технологий ГВУЗ "ДонНУ", доктор технических наук, профессор.

**Башков Е.А.**

Б33 Реалистичная пространственная визуализация с использованием технологий объемного отображения: Монография / Е.А.Башков, С.А.Зори. - Донецк, ГВУЗ "ДонНТУ", 2014. - 150 с.: ил.

ISBN 978-966-377-192-2

Монография имеет своей целью ознакомление читателей с современным состоянием проблемы организации пространственной визуализации с использованием технологий объемного отображения, результатами разработки эффективных с точки зрения качества и быстродействия методов пространственной визуализации трехмерных сцен для устройств объемного отображения и построения на их основе аппаратно-программных систем реалистичной пространственной 3D-визуализации.

Книга может представлять интерес для исследователей в области построения систем отображения информации и визуализации окружающей обстановки в реальном времени. Монография предназначена для аспирантов и студентов старших курсов в области компьютерных наук, компьютерной и программной инженерии.

ISBN 978-966-377-192-2

© Башков Е.А., Зори С.А., 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                                                      | 5  |
| 1 ОРГАНИЗАЦИЯ РЕАЛИСТИЧНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С<br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЪЕМНОГО<br>ОТОБРАЖЕНИЯ.....                                               | 8  |
| 1.1 Устройства отображения и способы организации объемной 3D-<br>визуализации, основные тенденции их развития.....                                 | 8  |
| 1.1.1 Устройства отображения 3D- контекста.....                                                                                                    | 8  |
| 1.1.2 Основные способы организации систем 3D- визуализации.....                                                                                    | 13 |
| 1.2 Задача генерации графических 3D- примитивов для объемных<br>устройств отображения.....                                                         | 19 |
| 1.3 Методы генерации изображений на объемных 3D устройствах<br>визуализации.....                                                                   | 26 |
| 1.3.1 Методы и подходы генерации пространственных<br>графических примитивов в объемных 3D устройствах<br>отображения.....                          | 26 |
| 1.3.2 К оценке ошибки и временных затрат методов<br>воксельного разложения 3D графических примитивов.....                                          | 30 |
| 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ<br>ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ<br>ТЕХНОЛОГИЙ ОБЪЕМНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ.....                    | 33 |
| 2.1 Организация реалистичной стерео- визуализации трехмерных<br>сцен методом трассировки лучей.....                                                | 33 |
| 2.1.1 Методы трассировки лучей как основа реалистичного<br>компьютерного синтеза изображений.....                                                  | 33 |
| 2.1.2 Использование параллельных архитектур компьютерных<br>систем при решении задачи методом трассировки лучей.....                               | 39 |
| 2.1.3 Методы создания объёмного изображения из стереопар.....                                                                                      | 42 |
| 2.1.4 Использование параллельных архитектур<br>вычислительных систем для синтеза стереоизображений.....                                            | 48 |
| 2.2 Алгоритмические подходы к генерации воксельного<br>представления пространственных примитивов.....                                              | 50 |
| 2.2.1 Генерация воксельного представления примитивов,<br>образованных носителями второго порядка: пространственный<br>сферический треугольник..... | 50 |
| 2.2.2 Генерация воксельного представления примитивов,<br>образованных носителями второго порядка: отсек<br>пространственного параболоида.....      | 53 |
| 2.2.3 Генерация воксельного представления плоского<br>пространственного треугольника.....                                                          | 56 |

|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3 Алгоритмические подходы к генерации воксельного представления отрезка прямой в 3D пространстве.....                                                                                | 58  |
| 2.3.1 Базовый подход к воксельному разложению 3D отрезка. Минимизация расстояния до прямой.....                                                                                        | 60  |
| 2.3.2 Модификации базового подхода.....                                                                                                                                                | 66  |
| 2.3.3 Метод перпендикулярных плоскостей.....                                                                                                                                           | 69  |
| 2.3.4 Параметрический метод.....                                                                                                                                                       | 71  |
| 2.3.5 Метод больших вокселей.....                                                                                                                                                      | 73  |
| 2.3.6 Сравнительный анализ предложенных методов воксельного разложения прямой.....                                                                                                     | 75  |
| <br>3 АРХИТЕКТУРА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕАЛИСТИЧНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЪЕМНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ.....                                | 77  |
| 3.1 Использование возможностей современных вычислительных графических систем на базе платформы CUDA для организации высокопроизводительных специализированных параллельных систем..... | 77  |
| 3.2 Архитектура системы реалистичной стерео-визуализации трехмерных сцен методом трассировки лучей с применением технологии CUDA.....                                                  | 82  |
| 3.2.1 Организация программной системы стерео-визуализации на базе архитектуры CUDA.....                                                                                                | 82  |
| 3.2.2 Экспериментальное исследование системы визуализации методом трассировки лучей на базе архитектуры CUDA.....                                                                      | 92  |
| 3.3 Повышение производительности средств воксельного разложения 3D отрезков на базе технологии CUDA.....                                                                               | 104 |
| 3.3.1 Реализация на GPU метода перпендикулярных плоскостей.....                                                                                                                        | 107 |
| 3.3.2 Реализация на GPU параметрического метода.....                                                                                                                                   | 110 |
| 3.3.3 Реализация на GPU метода больших вокселей.....                                                                                                                                   | 111 |
| 3.3.4 Результаты численных экспериментов.....                                                                                                                                          | 113 |
| <br>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                                                                                                                                    | 121 |
| <br>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                                                                                                            | 122 |
| <br>Приложение А. Фрагменты листингов программной реализации основных модулей экспериментальной системы трассировки лучей .....                                                        | 133 |
| Приложение Б. Схемы алгоритмов воксельного разложения пространственных отрезков прямых на базе технологии CUDA.....                                                                    | 143 |