

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО»
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ФИЗИКИ

Отчет о прохождении преддипломной практики
на тему: «Генерация реалистичной водной поверхности»

Сон Артёма Игоревича, гр. 5030102/00201

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Место прохождения практики: СПбПУ, ФизМех, ВШПМиВФ.

Сроки практики: с 03.05.2024 по 31.05.2024.

Руководитель практики от ФГАОУ ВО «СПбПУ»: Чуканов Вячеслав Сергеевич,

:

Консультант практики от ФГАОУ ВО «СПбПУ»: Васильев Антон Аркадьевич,
ведущий программист компьютерной графики компании "Saber Interactive".

Оценка: _____

Руководитель практики
от ФГАОУ ВО «СПбПУ»

В.С. Чуканов

Консультант практики
от ФГАОУ ВО «СПбПУ»

А.А. Васильев

Обучающийся

А.И. Сон

Дата: 31.05.2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Постановка задачи	4
1.1. Техническое задание	4
1.2. Ожидаемый результат	4
Глава 2. Обзор существующих решений	4
2.1. Теоретические основы SPH.....	5
2.2. Моделирование жидкости частицами	5
Глава 3. Название третьей главы: разработка программного обеспечения..	6
3.1. Название параграфа	6
3.2. Название параграфа	6
3.3. Выводы	6
Глава 4. Название четвёртой главы. Апробация результатов исследования, а именно: метода, алгоритма, модели исследования	7
4.1. Название параграфа	7
4.2. Название параграфа	7
4.3. Выводы	7
Заключение	8
Словарь терминов.....	9
Список использованных источников.....	10
Приложение 1. Краткие инструкции по настройке издательской системы L ^A T _E X	11
Приложение 2. Некоторые дополнительные примеры	13

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1. Техническое задание

Требуется разработать и реализовать алгоритмы для визуализации водной поверхности:

- Алгоритм симуляции жидкости
- Алгоритм извлечения поверхности жидкости
- Алгоритм инициализации пены

1.2. Ожидаемый результат

Ожидаемым результатом работы является проект, осуществляющий физически корректную симуляцию воды в реальном времени. Помимо этого, ожидаемым результатом работы является отчёт о производительности демонстрируемых алгоритмов.

ГЛАВА 2. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Среди самых распространенных подходов к симуляции жидкости можно выделить три подхода:

- Подход Эйлера
Область симуляции делится на сетку, в каждом элементе считается векторное поле скоростей
- Подход Лагранжа
Жидкость представляется множеством частиц со своей массой, плотностью, скоростью
- Heightfield
Высота поверхности воды представляется некоторой функцией, что уменьшает размерность задачи

В предложенном алгоритме предлагается использовать подход Лагранжа, так как область симуляции не ограничена сеткой, в отличие от подхода Эйлера. А также симуляция позволяет моделировать брызги, которые невозможны, если уменьшить размерность задачи, как в heightfield подходе.

2.1. Теоретические основы SPH

Для симуляции частиц был выбран метод Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH).

SPH - метод интерполяции для системы частиц, в котором векторное поле, определенное только в конечном количестве точек, может быть вычислено в любой точке пространства путем аппроксимации.

Скалярная величина A может быть интерполирована в точке r как взвешенная сумма вклада всех остальных частиц.

$$A_s(r) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} W(r - r_j, h) \quad (2.1)$$

Здесь j итерирует по всем частицам, m_j - масса частицы j , r_j - положение частицы j , ρ_j - плотность, A_j - значение поля в точке r_j . Функция $W(r, h)$ называется сглаживающей ядерной функцией с радиусом h .

Массы каждой частицы постоянны и одинаковы на протяжении всей симуляции, в то время как плотность необходимо аппроксимировать на каждом шаге. Получим выражение для плотности частицы в точке r подстановкой в уравнение (2.1).

$$\rho_s(r) = \sum_j m_j \frac{\rho_j}{\rho_j} W(r - r_j, h) = \sum_j m_j W(r - r_j, h) \quad (2.2)$$

Вычисление производных затрагивает только сглаживающую функцию, поэтому:

$$\nabla A_s(r) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} \nabla W(r - r_j, h) \quad (2.3)$$

$$\nabla^2 A_s(r) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} \nabla^2 W(r - r_j, h) \quad (2.4)$$

2.2. Моделирование жидкости частицами

Поведение жидкости описывается векторным полем скоростей v , полем плотностей ρ и полем давлений p . Изменение этих величин со временем описывается двумя уравнениями. Первое уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \quad (2.5)$$

И уравнение Навье-Стокса, описывающее движение:

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\nabla p + \rho g + \mu \nabla^2 v, \quad (2.6)$$

где g - внешние силы, μ - коэффициент вязкости

Использование частиц вместо стационарной сетки упрощает эти два уравнения. Во-первых, так как число частиц не изменяется и каждая частица имеет постоянную массу, то сохранение массы гарантировано, и уравнение (2.5) может быть опущено. Во-вторых, выражение $\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v$ в (2.6) может быть заменено на $\frac{dv}{dt}$. Так как частицы двигаются вместе с жидкостью, то частная производная векторного поля скоростей просто производная скоростей частиц по времени, а конвективное слагаемое $v \cdot \nabla v$ не нужно.

Справа в (2.6) остаются три слагаемых моделирующих поле плотностей сил

ГЛАВА 3. НАЗВАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЫ: РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Хорошим стилем является наличие введения к главе. Во введении может быть описана цель написания главы, а также приведена краткая структура главы.

3.1. Название параграфа

3.2. Название параграфа

3.3. Выводы

Текст выводов по главе 3.

ГЛАВА 4. НАЗВАНИЕ ЧЕТВЁРТОЙ ГЛАВЫ. АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ, А ИМЕННО: МЕТОДА, АЛГОРИТМА, МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хорошим стилем является наличие введения к главе. Во введении может быть описана цель написания главы, а также приведена краткая структура главы.

4.1. Название параграфа

4.2. Название параграфа

Пример ссылки на литературу [0].

4.3. Выводы

Текст выводов по главе 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение (2 – 5 страниц) обязательно содержит выводы по теме работы, *конкретные предложения и рекомендации* по исследуемым вопросам. Количество общих выводов должно вытекать из количества задач, сформулированных во введении выпускной квалификационной работы.

Предложения и рекомендации должны быть органически увязаны с выводами и направлены на улучшение функционирования исследуемого объекта. При разработке предложений и рекомендаций обращается внимание на их обоснованность, реальность и практическую приемлемость.

Заключение не должно содержать новой информации, положений, выводов и т. д., которые до этого не рассматривались в выпускной квалификационной работе. Рекомендуются писать заключение в виде тезисов.

Последним абзацем в заключении можно выразить благодарность всем людям, которые помогали автору в написании ВКР.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

TeX — язык вёрстки текста и издательская система, разработанные Дональдом Кнутом.

LaTeX — язык вёрстки текста и издательская система, разработанные Лэсли Лампортом как надстройка над TeX.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

0. Автономова Н. С. Философский язык Жака Деррида. — М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2011. — 510 с. — (Сер.: Российские Пропилеи).

0. Котельников И. А., Чеботаев П. З. LaTeX по-русски. — 3-е изд. — Новосибирск: Сибирский Хронограф, 2004. — 496 с. — URL: <http://www.tex.uniyar.ac.ru/doc/kotelnikovchebotaev2004b.pdf> (дата обращения: 06.03.2019).

0. Песков Н. В. Поиск информативных фрагментов описаний объектов в задачах распознавания: дис. . . . канд. канд. физ.-мат. наук: 05.13.17 / Песков Николай Владимирович. — М., 2004. — 102 с.

0. Положение о порядке проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры (в редакции приказа от 03.05.2018 № 946). — 2018. — URL: https://dep.spbstu.ru/userfiles/files/prev/docs/for_students/gia_03_05_2018.pdf (дата обращения: 06.03.2019).

0. Руководство студента СПбПУ по подготовке выпускной квалификационной работы и сопутствующих документов с помощью LaTeX / В. А. Пархоменко [и др.]. — 2018. — URL: https://github.com/ParkhomenkoV/SPbPU-student-thesis-template/blob/master/Author_guide_SPbPU-student-thesis.pdf (дата обращения: 06.03.2019).

0. Kotelnikov I. A., Chebotaev P. Z. LaTeX in Russian. — 3rd ed. — Novosibirsk: Sibiskiy Hronograph, 2004. — 496 p. — URL: <http://www.tex.uniyar.ac.ru/doc/kotelnikovchebotaev2004b.pdf> (visited on 06.03.2019); (in Russian).

0. SPbPU-student-thesis-template. — URL: <https://github.com/ParkhomenkoV/SPbPU-student-thesis-template> (visited on 06.03.2019).

Приложение 1**Краткие инструкции по настройке издательской системы \LaTeX**

Приложение 2**Некоторые дополнительные примеры**