

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,**  
**МЕХАНИКИ И ОПТИКИ»**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**RENDERING ATMOSPHERIC CLOUDS USING NEURAL NETWORKS**

Автор: Панин Михаил Иванович \_\_\_\_\_

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная  
математика и информатика

Квалификация: Бакалавр

Руководитель: Ковалёв А.С., доцент \_\_\_\_\_

**К защите допустить**

Руководитель ОП Парфенов В.Г., проф., д.т.н. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Санкт-Петербург, 2019 г.

Студент Панин М.И.

Группа М3436 Факультет ИТиП

Направленность (профиль), специализация

Математические модели и алгоритмы в разработке программного обеспечения

Консультанты:

а) Николенко С.И., канд. физ.-мат. наук, зав. Лаб. искусственного интеллекта ПОМИ РАН \_\_\_\_\_

ВКР принята «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Оригинальность ВКР \_\_\_\_\_%

ВКР выполнена с оценкой \_\_\_\_\_

Дата защиты «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Секретарь ГЭК Павлова О.Н. \_\_\_\_\_

Листов хранения \_\_\_\_\_

Демонстрационных материалов/Чертежей хранения \_\_\_\_\_

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,**  
**МЕХАНИКИ И ОПТИКИ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель ОП  
проф., д.т.н. Парфенов В.Г. \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Студент Панин М.И.

Группа М3436 Факультет ИТиП

Руководитель Ковалёв А.С., доцент, ФИТиП

**1 Наименование темы:** Rendering atmospheric clouds using neural networks

**Направление подготовки (специальность):** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Направленность (профиль):** Математические модели и алгоритмы в разработке программного обеспечения

**Квалификация:** Бакалавр

**2 Срок сдачи студентом законченной работы:** «31» мая 2019 г.

**3 Техническое задание и исходные данные к работе**

Требуется реализовать метод рендеринга облаков "Deep Scattering" от Disney. На основании него разработать более производительный метод. Провести сравнительный анализ производительности и качества рендеринга.

**4 Содержание выпускной работы (перечень подлежащих разработке вопросов)**

Изучить метод рендеринга облаков "Deep Scattering". Реализовать рендеринг облаков с помощью метода Монте-Карло для контроля результатов и сбора датасета. Собрать датасет из 15 млн элементов. Реализовать метод "Deep Scattering". Протестировать с архитектурами нейронной сети и найти более производительный вариант, выдающий качественный результат.

**5 Перечень графического материала (с указанием обязательного материала)**

Графические материалы и чертежи работой не предусмотрены

**6 Исходные материалы и пособия**

Графические материалы и чертежи работой не предусмотрены

**7 Дата выдачи задания** «01» сентября 2018 г.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

«01» сентября 2018 г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,**  
**МЕХАНИКИ И ОПТИКИ»**

**АННОТАЦИЯ**  
**ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

**Студент:** Панин Михаил Иванович

**Наименование темы ВКР:** Rendering atmospheric clouds using neural networks

**Наименование организации, где выполнена ВКР:** Университет ИТМО

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

1 Цель исследования: Раработка нового, более эффективного метода рендеринга облаков.

2 Задачи, решаемые в ВКР:

- а) Реализовать рендеринг облаков с помощью метода Монте-Карло;
- б) Собрать датасет из 15 млн элементов;
- в) Реализовать метод рендеринга "Deep Scattering";
- г) Разработать более производительный метод, выдающий фотореалистичный результат;

3 Число источников, использованных при составлении обзора: 0

4 Полное число источников, использованных в работе: 0

5 В том числе источников по годам:

Отечественных			Иностраннх		
Последние 5 лет	От 5 до 10 лет	Более 10 лет	Последние 5 лет	От 5 до 10 лет	Более 10 лет
0	0	0	0	0	0

6 Использование информационных ресурсов Internet: нет

7 Использование современных пакетов компьютерных программ и технологий:

Пакеты компьютерных программ и технологий	Раздел работы
NVIDIA® OptiX™ для трассировки лучей на видеокарте	TODO: ref
Компилятор NVIDIA CUDA для вычислений на видеокарте	TODO: ref
Библиотека protobuf для эффективной сериализации датасета	TODO: ref
База данных LMDB для хранения датасета	TODO: ref
Фреймворк PyTorch для обучения и экспорта нейронной сети	TODO: ref
Среда разработки Microsoft Visual Studio для разработки на C++	TODO: ref
Среда разработки PyCharm для разработки на Python	TODO: ref

8 Краткая характеристика полученных результатов

Собран датасет облаков. Представлен новый метод рендеринга, превосходящий по производительности "Deep Scattering".

9 Гранты, полученные при выполнении работы

Грантов получено не было

10 Наличие публикаций и выступлений на конференциях по теме работы

Публикаций не было

Студент            Панин М.И.            \_\_\_\_\_

Руководитель    Ковалёв А.С.            \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. Motivation .....	6
2. Related Work .....	7
2.1. Monte Carlo Rendering .....	7
2.2. Custom heuristics .....	7
2.3. Neural Networks .....	7
3. Model .....	9
3.1. Light Rendering Equation .....	9
3.2. Predicting radiance with a neural network .....	9
3.3. Key Idea .....	9
3.4. Network Architecture .....	9
3.5. Baking .....	9
3.6. Rendering .....	9
3.7. Dataset Generation .....	9
3.8. Training .....	9
4. Evaluation .....	10
5. Conclusion .....	11

## ВВЕДЕНИЕ

Physically correct rendering of atmospheric clouds was always a difficult task to solve. Even with today's computing power, rendering a 1920x1080 image of a cloud using monte-carlo path tracing, takes a day or two to complete.

Various optimizations are employed to achieve a better performance. From more basic like limiting the light scattering count, to sophisticated like approximating the propagation of light using stochastically created graphs. But all of them produce artifacts or inaccuracies in the resulting image, making it distinguishable from reality.

But recently Disney's research group has released a paper, describing a new approach of rendering clouds by approximating the light propagation using neural networks. It was a breakthrough. It allowed for achieving results visually indistinguishable from the ground truth in a matter of minutes. And when a new technique of rendering arises, it often offers an opportunity to use the oldest trick in the book — fixing the light source in place and precalculating the lighting data. And this is exactly what we are going to do.

**ГЛАВА 1. MOTIVATION**

TODO: write something about motivation:)



## **ГЛАВА 2. RELATED WORK**

### **2.1. Monte Carlo Rendering**

TODO: Describe history of Monte Carlo rendering of heterogeneous volumetric media. Show that the latest results are either non-photorealistic or non-realtime.



Рисунок 1 – Raytraced Cloud

### **2.2. Custom heuristics**

TODO: Describe heuristics currently used in games. Show that because of the hard time limits, the quality suffers greatly. Key articles: "Horizon Zero Dawn" "Battlefield"

### **2.3. Neural Networks**

TODO: explain the approach and technique of "Deep Scattering"



Рисунок 2 – Clouds of Horizon: Zero Dawn

## **FIABA 3. MODEL**

### **3.1. Light Rendering Equation**

TODO: derive the light rendering equation and explain the exponentially increasing time with each bounce for clouds rendering

### **3.2. Predicting radiance with a neural network**

TODO: describe how to use neural networks to mitigate the exponentially increasing rendering time.

### **3.3. Key Idea**

TODO: describe the general idea of light baking and its problems

### **3.4. Network Architecture**

TODO: describe the network architecture

### **3.5. Baking**

TODO: describe the baking process

### **3.6. Rendering**

TODO: describe the rendering process

### **3.7. Dataset Generation**

TODO: describe how the dataset is generated

### **3.8. Training**

TODO: describe how the NN was trained: parameters, loss function, ...

**ГЛАВА 4. EVALUATION**

TODO: compare new results with old ones (performance and quality)

**ГЛАВА 5. CONCLUSION**