

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра вычислительных систем и сетей

ОТЧЁТ ПО ПРАКТИКЕ  
ЗАЩИЩЁН С ОЦЕНКОЙ

РУКОВОДИТЕЛЬ

К.Т.Н., доцент

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Н.В. Соловьев

инициалы, фамилия

ОТЧЁТ ПО ПРАКТИКЕ

вид практики производственная

тип практики преддипломная

на тему индивидуального задания Разработка программного обеспечения

визуализации 3D представления лица с использованием редактора Blender 3D

выполнен Щенниковым Глебом Олеговичем

фамилия, имя, отчество обучающегося в творительном падеже

по направлению подготовки

09.03.01

код

Информатика и вычислительная техника

наименование направления

направленности

02

код

Вычислительные машины, комплексы

наименование направленности

наименование направленности

Обучающийся группы №

4642

номер



подпись, дата

Г.О.Щенников

инициалы, фамилия

Санкт–Петербург 2020

## ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

на прохождение производственной преддипломной практики обучающегося направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Фамилия, имя, отчество обучающегося:

Щенников Глеб Олегович

Группа: 4642

Тема индивидуального задания:

Разработка программного обеспечения визуализации 3D представления лица с использованием редактора Blender 3D

Исходные данные: 1. Пакет для моделирования Blender3D.

2. Библиотеки компьютерного зрения OpenCV и Dlib.

3. Веб-камера

Содержание отчетной документации:

- индивидуальное задание;
- отчёт, включающий в себя:
- титульный лист;
- материалы о выполнении индивидуального задания (содержание определяется руководителем практики по согласованию с руководителем ВКРБ);
- выводы по результатам практики;
- список использованных источников.
- отзыв руководителя от профильной организации (при прохождении практики в профильной организации).

Срок представления отчета на кафедру: «\_\_»\_

2020

г. Руководитель практики

К.Т.Н. доцент

должность уч. степень, звание

подпись, дата

Н.В.Соловьев

инициалы, фамилия

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ВКРБ

доцент, К.Т.Н. доцент

должность уч. степень, звание

подпись, дата

Н.Н.Решетникова

инициалы, фамилия

Задание принял к  
исполнению: Студент

дата

подпись

Г.О.Щенников

инициалы, фамилия

## ВВЕДЕНИЕ

3D графика нашла своё применение в множестве областей нашей жизни. Она широко применяется в рекламе, в науке, в различных видах творчества, но особое место графика заняла в кинематографе, мультипликации и игровой индустрии.

Зачастую бывает недостаточно просто создать модель, наложить на нее текстуры, добавить света и отрендерить, а встаёт вопрос придания ей динамики. Созданную модель, ровно как и объекты в сцене, можно перемещать в пространстве, вращать, деформировать, налету менять текстуру или даже физические свойства. Отдельной от всех этих процессов частью стоит анимирование персонажей.

Анимирование персонажа, как человекоподобного, так и животного, достаточно трудоёмкий процесс, в который входят:

- создание модели;
- оснащение модели костями и их настройка;
- раскраска весов (weight painting);
- непосредственно сам процесс анимирования.

Обычно, процесс непосредственного анимирования можно условно поделить на крупное, например, движение рук, ног, туловища и головы, и более мелкое и кропотливое, например анимация пальцев на руках или лицевая анимация. И, если для получения хорошего результата в ”большом” анимировании не требуется серьезных затрат (если, конечно, не требуются сложные движения, например танцевальные), то мелкая моторика и лицевая анимация требуют уже больших усилий для достижения желаемого результата.

Чтобы лицо смотрелось живо и органично, необходимо чтобы каждая кость и каждая мышца, вели бы себя так, как и на реальном, живом образце. А так как зачастую таких мышц много, то процесс создания лицевой анимации становится одним из самых времязатратных процессов при анимировании.

Для того, чтобы уменьшить затраты на этот процесс, были созданы технологии захвата движения. Захват движений (по английски - motion capture) позволяет перенести движения реального человека на персонажа один к одному, что существенно упрощает процесс анимирования.

Две основные системы при захвате движений - маркерные и безмаркерные. В маркерных системах компьютер сводит полученные с камер данные о маркерах - отметках на человеке и передает их на трехмерную модель, когда как безмаркерные системы делают это без использования дополнительных ориентиров, с помощью технологий компьютерного зрения и распознавания образов.

Представленная в пакете Blender система захвата движений является маркерной, а также не позволяет создавать анимацию в режиме реального времени, поэтому задачей данной работы стало создание безмаркерной системы захвата движений реального времени, которая бы смогла упростить и ускорить процесс создания лицевой анимации.

# 1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ, СРАВНЕНИЕ С АНАЛОГАМИ

## 1.1 Обзор предметной области

Пакет 3D-моделирования Blender - свободное и открытое программное обеспечение, предназначенное для создания трехмерной компьютерной графики. В список возможностей пакета входит:

- моделирование
- скульптинг
- создание анимации
- симуляция
- рендеринг
- монтаж и обработка видео
- создание рисованной 2D-анимации
- встроенный редактор кода на языке Python, позволяющий взаимодействовать с пакетом Blender

На текущий момент Blender является одним из стандартов в области 3D-моделирования. Пакет широко применяется как в игровых студиях, таких как Ubisoft (серия "Assassin's Creed"), Epic (Unreal Engine, Fortnite), так и в телевизионных сериалах ("Человек в высоком замке", "Кремниевая долина", "Чужестранка") и полнометражных фильмах ("Хардкор", "Парк Юрского периода"). Широкое применение получил в науке в области визуализации различных процессов и явлений.

В Blender предустановлено два движка для рендера Cycles и Eevee. Первый предназначен для рендера физически достоверных и сложных сцен, в которых важен реализм, правильное поведение света и отражений, но вычислительно затратен и не поддерживает отображение финального результата в реальном времени.

Движок Eevee, наоборот, специально создавался для версий Blender 2.8x и новее с учетом необходимости поддержки рендера в реальном времени. Хотя и почти все настройки сцены из Cycles подходят для Eevee, их движок просчитывает совершенно по другому, в значительно упрощенной вариации. Фактически движок Eevee по своему принципу работы создавался аналогично игровым движкам и спокойно поддерживает рендер в реальном времени, и поэтому именно Eevee был выбран в качестве движка рендера в данной работе.

В области захвата движений существуют два основных вида систем. Маркерные системы и безмаркерные.

Маркерная система захвата движений. В такой системе несколько камер снимают человека, одетого в специальный костюм с маркерами – датчиками. Человек как бы отыгрывает за виртуального персонажа его роль по сценарию или заданию, а компьютер, получая данные о маркерах с камер – сводит все эти данные в единую 3Д-модель, повторяющую движения, мимику и черты актера. Данная система может работать как в реальном времени, так и просто быть основой для дальнейшей обработки.

Безмаркерные системы. В данных системах не требуется применение каких-либо специальных устройств, которые бы крепились на человека – безмаркерные системы основаны на применении средств компьютерного зрения и средств распознавания образов. Отсутствие «лишнего» на актере позволяет как ускорить процесс мокапа, так и записывать более сложные движения без риска травм актёров и повреждения дорогостоящего оборудования.

Маркерные системы можно разделить на:

- Пассивные оптические системы. В пассивных системах маркеры на актере лишь отражают посланный на них специальными стробоскопами камер инфракрасный свет, показывая тем самым свою позицию на костюме. Минусами данного подхода являются: Большие временные затраты на установку и крепление датчиков на актере, плохое различение датчиков при быстром их перемещении или близком расположении относительно друг друга.

- В оптических активных системах, напротив, используются системы посылающих сигнал светодиодов и контроллеров, синхронизирующих светодиоды друг с другом, а всю систему с сервером. В остальном работа оптической активной системы схожа с работой оптической пассивной. Из минусов можно выделить невозможность захвата лицевой анимации, необходимость крепления к актеру дополнительного оборудования – контроллера, хрупкость и высокая стоимость.
- Магнитные системы. Здесь в качестве маркеров используются магниты, а в качестве «камер» - уловители магнитного потока, которые определяют положения датчиков по изменению ЭМ-поля. Из минусов – подверженность внешнему электрическому воздействию, меньшая зона работы по сравнению с оптическими системами. Остальные минусы схожи с минусами оптических активных систем.
- Механические системы используют специальный костюм-скелет, который напрямую отслеживает положение каждого сгиба и вращений суставов. Минусы: сам скелет, различные контроллеры и провода сильно сковывают актера в движениях, нет возможности захвата анимаций лица, возможности определять взаимодействия нескольких актеров в одной сцене.
- Гироскопические и инерциальные системы. Здесь данные с сенсоров (например его положение, угол наклона) передаются в компьютер, где уже непосредственно происходит запись этих данных и их обработка. Минусы – нет захвата мимики, высокая стоимость, все равно необходимо наличие оптической или магнитной системы для определения положения актера в сцене.

Преимущества систем захвата движений:

- результат работы получаем в реальном времени, что значительно снижает затраты относительно покадровой анимации.
- объём работы не зависит от сложности или длины задачи, как если бы применялся традиционный покадровый подход. Motion capture позволяет

снимать большое количество дублей одной и той же сцены, но в разных стилях и с разной подачей

- сложные движения и реалистичные физические взаимодействия, как например вес или столкновения могут быть легко записаны, при этом будучи физически корректными.
- количество анимационных данных, которые могут быть записаны за короткий срок огромны, если сравнивать с традиционными техниками в анимации. Это экономически эффективно, а также позволяет легче укладываться в сроки проекта.
- стоимость варьируется от нуля до бесконечности, что позволяет достаточно легко подобрать тот вариант, который качественно и количественно лучше всех подойдет для проекта.

Недостатки:

- необходимость в дополнительном ПО, зачастую не входящем в основные пакеты, в которых создаётся анимация
- для некоторых систем мокапа могут существовать требования к размерам помещения и его электромагнитным свойствам.
- при возникновении проблемы в процессе записи анимации становится проще переснять дубль полностью, чем его редактировать, но не все системы позволяют отсматривать результат в реальном времени, чтобы определить, необходимо ли переснять дубль.
- трансформации объекта ограничены возможностями объекта мокапа, поэтому все дополнительные преобразования всё равно будет необходимо делать позднее.
- несовпадение параметров компьютерной модели и объекта съёмки могут привести к различным артефактам.

## 1.2 Сравнение с аналогами

Существует несколько распространенных программных продуктов, которые являются аналогами данной работы.



Первый и основной - инструмент Tracking раздела Movie Clip editor, встроенный в пакет Blender.

Данный инструмент можно отнести к виду пассивных оптических систем. Для корректной работы необходимо нанести на лицо специальные маркеры, каждый из которых затем вручную выделяется специальными рамками-трекерами, которые и будут отслеживать изменение координат маркеров на лице и записывать их путь.(рис. 1.1).

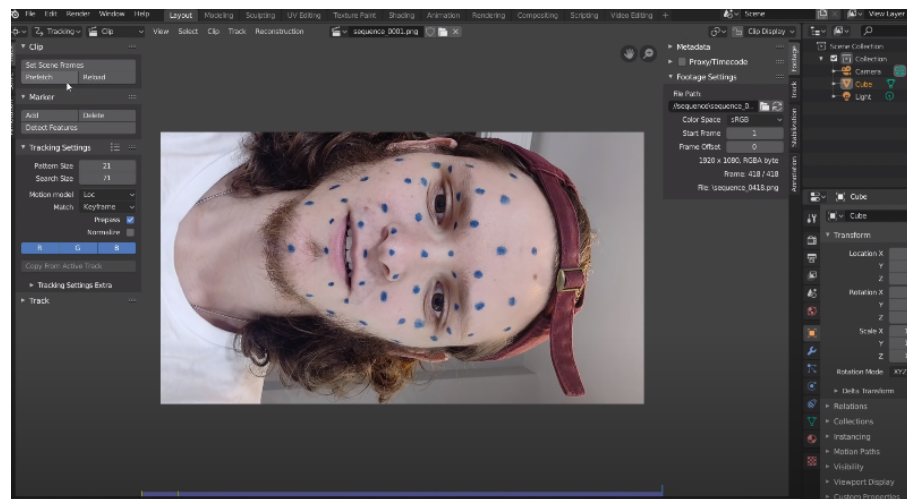


Рис. 1.1 – Интерфейс Blender в режиме трекинга маркеров

Далее, инструментом Link empty to track точки привязываются к камере уже в 3Д пространстве, после чего необходимо вручную привязать соответствующие точки к соответствующим костям (рис. 1.2).

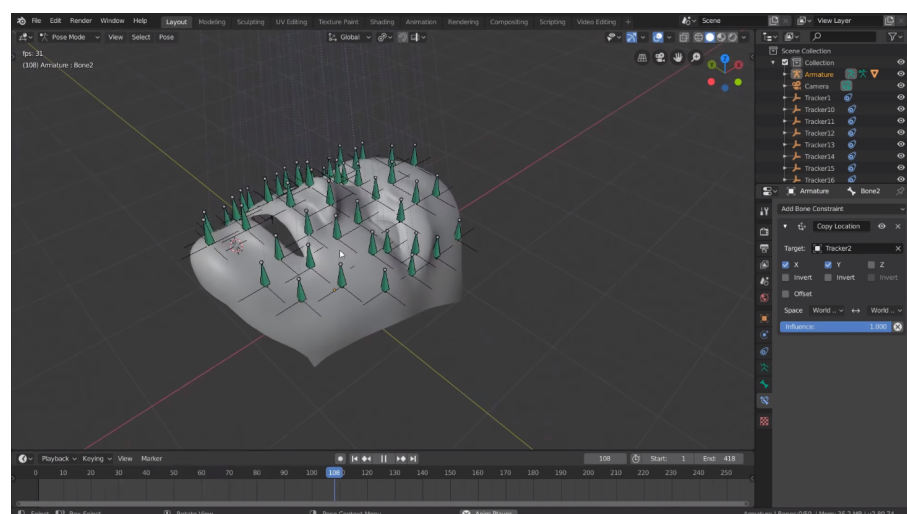


Рис. 1.2 – Модель с привязанными к трекерам костями

Плюсами данного метода являются:

- данный инструмент является стандартным для Блендера
- много настроек для повышения качества отслеживания маркеров
- может работать как с видеофайлами, так и с последовательностями картинок
- прост и понятен в использовании

Минусы данного метода:

- не реального времени
- необходимо использовать маркеры для трекинга
- для лучшего качества отслеживания желательно перевести видео в секвенцию кадров
- связать точки не с моделью лица, с которого делался трекинг можно, но придется пожертвовать ”красивым” расположением костей

Второй инструмент - программа FaceCap от niels jansson.

Используя TrueDepth сенсор устройства поддерживаемого устройства на iOS, можно записывать и экспортировать FBX файлы включающие в себя меш, ключи формы (shape keys, blend shapes) и данные об изменениях модели. Также можно экспортировать отдельно данные об анимации в текстовый файл.

Плюсы:

- основной функционал бесплатен
- используется безмаркерная оптическая система для захвата движений
- можно в реальном времени следить за захватом лица на базовой модели

Минусы:

- только iOS
- полный функционал открывается за 60 долларов
- нет возможности переносить анимацию в реальном времени на модель в Блендере

В качестве третьего аналога рассмотрим десктопное проприетарное приложение iClone7.

Данное ПО позволяет загрузить готовую модель из Blender со всеми материалами и уже её анимировать в реальном времени с помощью вебкамеры компьютера или ноутбука.

Плюсы iClone7:

- захват анимации в реальном времени
- возможность использования готовых моделей из различных пакетов компьютерной графики.

Минусы:

- стоимость программы iClone7 - 200 долларов
- стоимость аддона 3DXchange 7 для экспортирования заанимированной модели в блендер - 500 долларов

### 1.3 Решаемые задачи

Решаемыми задачами в данной работе являются:

- изучение доступных средств пакета Blender и библиотек компьютерного зрения
- проектирование структуры плагина
- изучение API Блендера и функций библиотек
- написание плагина с графическим интерфейсом, работающего внутри пакета Blender

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЛАГИНА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ

Проектирование плагина захвата движений предполагает разработку в несколько этапов:

- изучение доступных средств Блендера
- выбор библиотек компьютерного зрения
- создание объекта с которым будет взаимодействовать плагин
- определение алгоритмов, по которым будет работать плагин
- написание и отладка плагина

Целью выпускной квалификационной бакалаврской работы является разработка плагина захвата движений для записи лицевой анимации в реальном времени внутри пакета Blender, целью практической работы является изучение доступных средств Блендера и проектирование структуры плагина.

### 2.1 Изучение доступных средств Блендера

Кроме стандартных для трехмерных графических пакетов функций, в Блендере стандартно поставляется текстовый редактор и интерпретатор языка Python 3.

Главной частью выполнения скриптов является модуль bpy, позволяющий любое действие, которое можно было бы произвести при помощи интерфейса, выполнить программно.

### 2.2 Интерфейс

Интерфейс для скриптинга (рис. 2.1) состоит из:

- текстового редактора
- интерактивной консоли
- лога команд

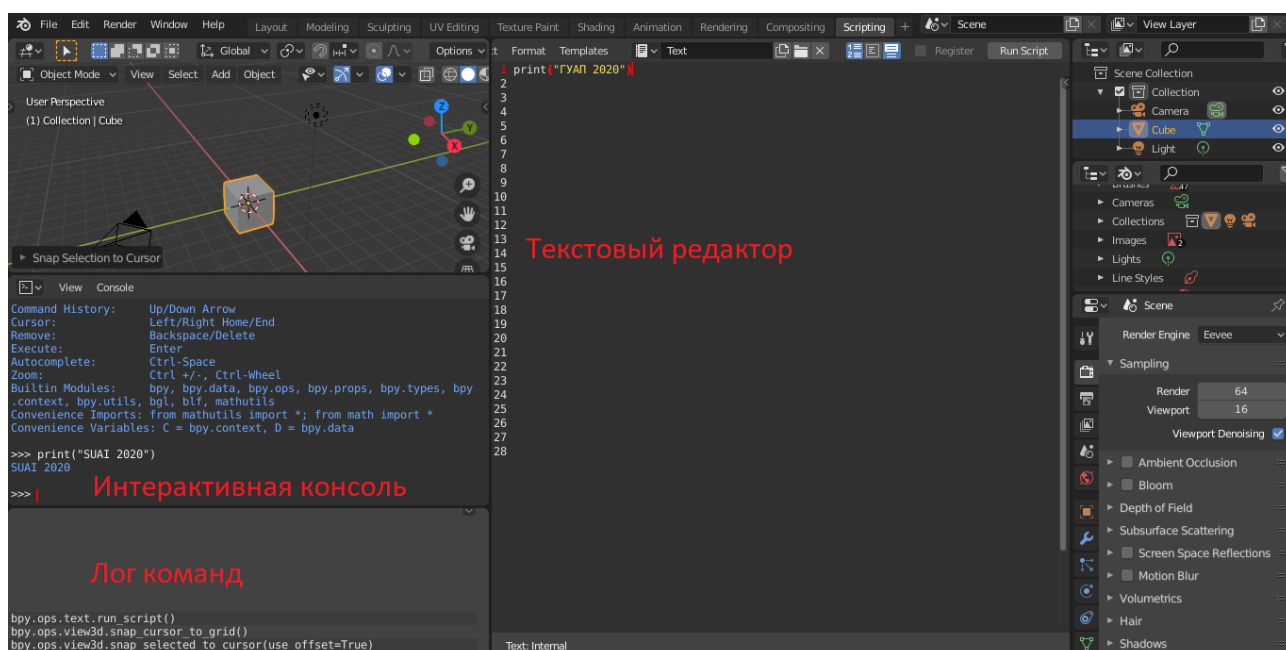


Рис. 2.1 – Интерфейс панели скриптинга

Текстовый редактор позволяет создавать и редактировать как скрипты на языке python, так и любые другие текстовые файлы

Интерактивная консоль представляет собой окружение, схожее с интерактивной консолью python. Консоль никак не связана с кодом, запускаемым из текстового редактора, но и консоль, и редактор имеют полный доступ к глобальным данным Блендера, содержащимся в модуле bpy и его подмодулях.

Лог команд показывает, какие вызовы были сделаны интерфейсом Блендера во время использования. Просмотр вывода этого окна сильно упрощает изучение API и эксперименты с ним.

### 2.2.1 Модуль bpy

Главным модулем в Блендере является bpy. Данный модуль позволяет взаимодействовать со всеми данными Блендера, его классами и функциями.

Подмодуль bpy.ops содержит операторы. Операторы это основные функции для взаимодействия с объектами, подобно тому как художник в Блендере манипулирует объектами через интерфейс. Два самых важных класса в этом модуле - bpy.ops.object и bpy.ops.mesh. Класс object содержит функции для

управления объектами в целом, а также общие функции. Класс `mesh` содержит непосредственно функции для редактирования точек, граней, фейсов, обычно в режиме `Edit Mode`.

Подмодуль `bpy.context` используется для доступа к объектам и областям блендера по различным их статусам.

Подмодуль `bpy.data` даёт доступ к внутренним данным Блендера. Так например `bpy.data.objects` содержит все данные, определяющие форму объекта и его положение в пространстве.

Подмодуль `bpy.props` содержит как стандартные свойства (типы данных), которые можно использовать в блендере, так и даёт возможность определять свои собственные.

Подмодуль `bpy.utils` содержит функции Блендера, не связанные с его объектами и данными, как например функции для загрузки модулей и регистрации их в системе.

## 2.3 Проектирование структуры плагина

Представляемый пайплайн работы системы представлен на рис. 2.2. Плагин должен захватывать поток с вебкамеры, обрабатывать его с помощью библиотек компьютерного зрения и по полученным данным управлять мимикой модели в сцене.



Рис. 2.2 – Пайплайн системы анимирования в реальном времени

Для удобства плагин должен состоять из двух файлов - файла, добавляющего пользовательский интерфейс и файла оператора, вызываемого и настраиваемого через кнопки интерфейса. Планируется, что оператор будет работать по таймеру или через функцию `handlers`, встроенную в Блендер.

Интерфейс для удобства его использования должен находиться в N-меню рядом с интерфейсом данных об объекте.

Версия Blender, под которую создаётся плагин должна быть не менее версии 2.8 или новее, что позволит использовать последние наработки и возможности Блендера.

Операционная система любая, удовлетворяющая условиям запуска пакета Blender и установки библиотек OpenCV и DLib.

## ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРАКТИКИ

В соответствии с индивидуальным заданием и поставленными в практической работе целями был проведен анализ предметной области разработки, выявлены аналоги. Спроектирована структура плагина. реконструкции. Изучены доступные средства пакета Blender, в частности его интерфейс, доступные возможности при программировании и API - модуль bpy. Спроектирован предполагаемый пайплайн работы плагина и его структура.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Blender 2.8 Facial motion capture tutorial [Электронный ресурс] // Youtube, user CGMatter. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=uNK8S19OSmA>
2. Blender used at VFX studio [Электронный ресурс] // Youtube, user Blender Guru. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ZpfUJDxEfz4>
3. Chris Conlan The Blender Python API: Precision 3D Modeling and Add-on Development. Изд-во Apress, 2017. – 150с.
4. How To Use Facial Motion Capture With Blender 2.8 [Электронный ресурс] // actionvfx. URL: <https://www.actionvfx.com/blog/how-to-use-facial-motion-capture-with-blender-2-8>
5. Blender 2.8 API reference [Электронный ресурс] // Blender Foundation. URL: <https://docs.blender.org/api/current/>
6. iClone7 [Электронный ресурс] // Reallusion. <https://www.reallusion.com/iclone/>
7. FaceCap [Электронный ресурс] // niels jansson. URL: <https://apps.apple.com/us/app/face-cap-motion-capture/id1373155478>