

# Интерактивная компьютерная графика

Тема лекции:

- Понятие интерактивности в компьютерной графике
- Представление 3D графики в Web
- Введение в X3D и X3DOM

Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

Кафедра вычислительных систем и сетей (каф.44)

Доцент, к.т.н. Решетникова Н.Н.

E-mail: [reni\\_07@list.ru](mailto:reni_07@list.ru)

# Аннотация дисциплины

## «Интерактивная компьютерная графика»

Дисциплина «Интерактивная компьютерная графика» входит в образовательную программу высшего образования по направлению подготовки/ специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» направленности «Компьютерные технологии, системы и сети». Дисциплина реализуется кафедрой «№44».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен проектировать пользовательские интерфейсы по готовому образцу или концепции интерфейса»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием и разработкой трехмерных графических компьютерных приложений, а также методами и технологиями используемыми для создания и использования таких приложений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра (ВКРБ).

# Объем и трудоемкость дисциплины

## Интерактивная компьютерная графика

(кафедра вычислительных систем и сетей - №44)

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№6
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины,</b> ЗЕ/ (час)	3/108	3/ 108
<b>Аудиторные занятия,</b> всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа,</b> всего (час)	57	57
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф.Зачет	Дифф.Зачет

# Лабораторные работы

## Интерактивная компьютерная графика - 2023г.

№ пп	Название лабораторной работы	Кол - во часов	Рейтинг за работу
1	Разработка X3D-сцены, её представление в формате HTML-страницы и визуализация в Web-браузере	4	10
2	Создание динамической X3D-сцены в формате HTML-страницы и взаимодействие с её объектами в Web-браузере	6	10
3	Создание анимированной 3D сцены в редакторе Blender (LTS) v 3.4.1	8	15
4	Создание интерактивной 3D сцены при помощи фреймворка Verge3D	8	15
5	Создание интерактивного 3DWeb-приложения с HTML-интерфейсом	8	10
	Всего	34	60 + Приняты все отчеты в ЛК

## Рекомендуемая литература

1. А.В. Аксенов. «Интерактивная компьютерная графика». Учебно-методическое пособие. СПб.: ГУАП. 2020г. 89с.
2. Аксенов А.В. Каталог примеров по X3D.[Электронный ресурс] URL: <https://aksenov.in/guap/x3dom/> (дата обращения 31.08.2023 )
3. Официальная X3DOM документация. Fraunhofer [Электронный ресурс] URL: <https://www.x3dom.org/> (дата обращения 31.08.2023)
4. Web 3D Consortium (W3C) -[Электронный ресурс] URL: <https://www.web3d.org/standards/version/V3.3> (дата обращения 31.08.2023).
5. Справочное руководство Blender 3.4 – 4.0. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.blender.org/manual/ru/dev/index.html> (дата обращения 31.08.2023)
6. Руководство пользователя Verge3D. [Электронный ресурс] URL: <https://www.soft8soft.com/docs/manual/ru/index.html> (дата обращения 31.08.2023)
7. Версия Verge3D для Blender. [Электронный ресурс] URL: <https://www.soft8soft.com/get-verge3d/> (дата обращения 31.08.2023)

# Интерактивная Компьютерная Графика

## Определение 1.

**Интерактивная компьютерная графика (ИКГ)** - предполагает способность компьютерной системы создавать графику и вести диалог с пользователем.

Интерактивная графика представляет собой важный раздел компьютерной графики, когда пользователь имеет возможность динамически управлять содержанием изображения, его формой, размером и цветом на экране дисплея с помощью устройств управления.

В системе ИКГ пользователь воспринимает на экране изображение, представляющее некоторый сложный объект, и может вносить изменения в описание (модель) объекта, т.е. интерактивная графика позволяет пользователю в реальном масштабе времени влиять на процесс преобразования изображения при подготовке и визуализации графических данных.

Таковыми изменениями могут быть ввод и редактирование отдельных элементов, задание числовых значений для любых параметров, различные операции по вводу информации на основе восприятия изображений человеком. В настоящее время почти любую программу можно считать системой интерактивной компьютерной графики.

# Интерактивная Компьютерная Графика

## Определение 2.

В интерактивной компьютерной графике предполагается возможность работы с изображением в форме диалога в режиме реального времени. При этом пользователь может вносить изменения в изображение непосредственно в процессе его воспроизведения.

Например, построение графика функции может происходить в интерактивном режиме, если у пользователя есть возможность задавать границы промежутка, менять коэффициенты в уравнении или изменять функцию.

При создании интерактивной графики пользователь может выполнять следующие действия:

- задание значений для параметров формы, размера, цвета изображения;
- изменение масштаба изображения;
- повороты и сдвиги изображения;
- ввод и редактирование отдельных элементов изображения.

Диалог обычно осуществляется в виде ввода или выбора команд, содержащих числовые значения, имена, координаты, произвольный текст и т. п

# Интерактивность.

**Интерактивность** (взаимодействие) – свойство моделируемой среды, предоставляющее возможность человеку в реальном времени осуществлять навигацию в среде и взаимодействие с ее объектами с ощущением их ответных реакций, а также изменять среду.

Интерактивность характеризуется:

- скоростью и точностью отклика среды на действия пользователя,
- диапазоном возможных действий в среде в текущий момент времени,
- простотой использования и обучения,
- пользовательским комфортом, удобством работы,
- степенью удовлетворения целям системы и сосредоточения на задачах, а не на интерфейсе.



# Основные понятия ИКТ

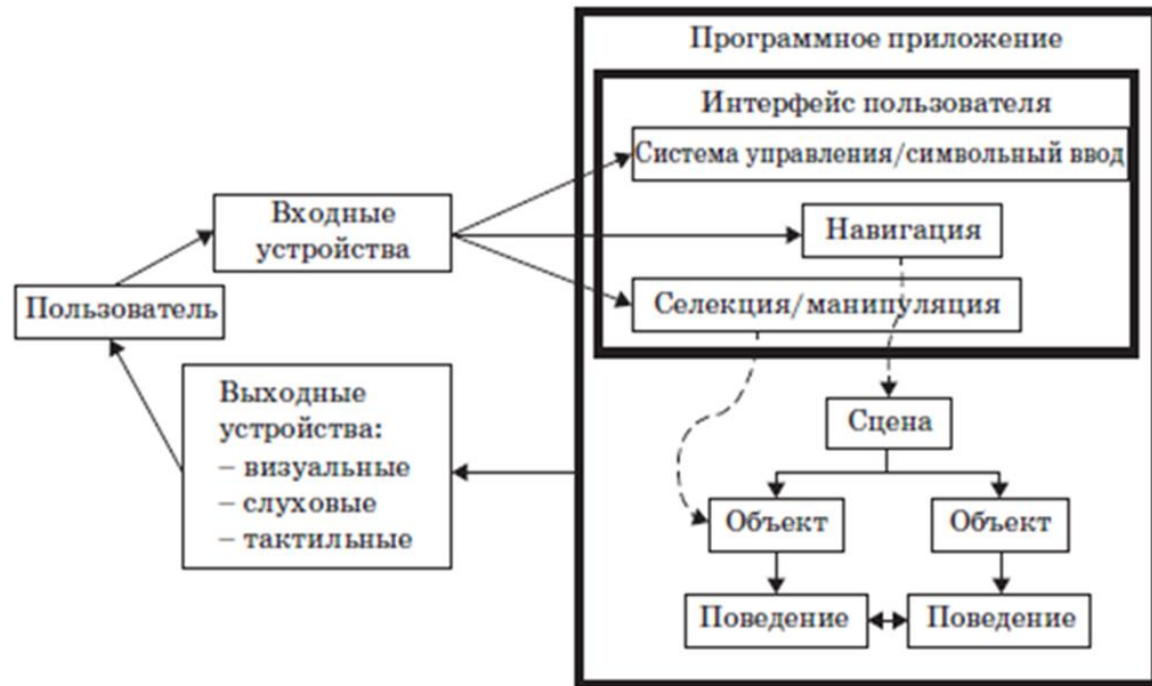
## 3D взаимодействие.

**3D взаимодействие** - взаимодействие человека с компьютером, при котором задачи пользователя выполняются непосредственно в реальном или виртуальном трехмерном пространственном контексте.

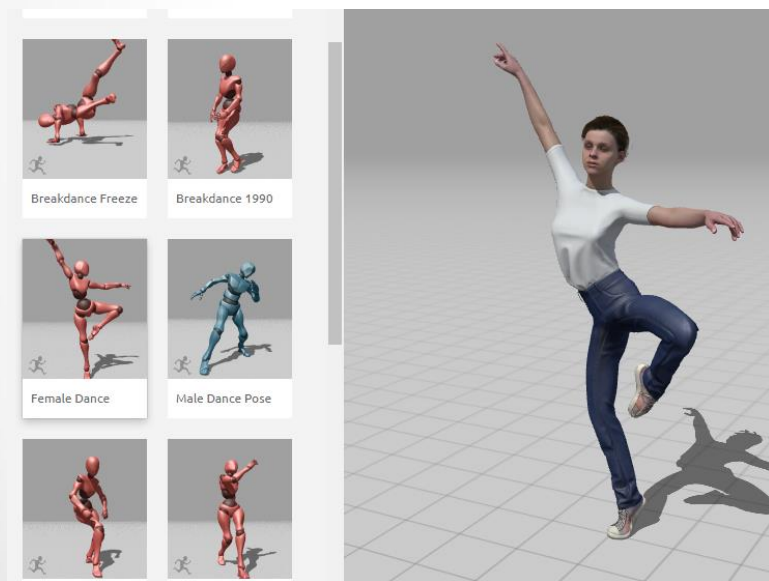
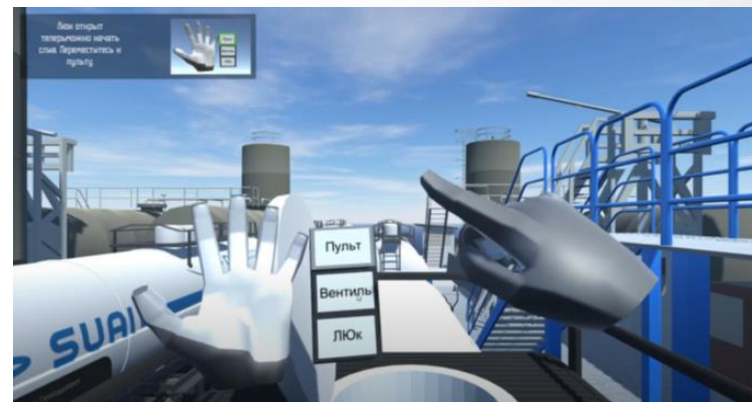
Типовые задачи взаимодействия

3D-средах:

- навигация (ориентация и перемещение);
- селекция и сбор – определяет один или более объектов из набора;
- манипуляции – изменение свойств объекта (позиции, ориентации, формы, масштаба, цвета, поведения, текстуры и т. п.);
- управление – изменение состояния системы или режима взаимодействия.



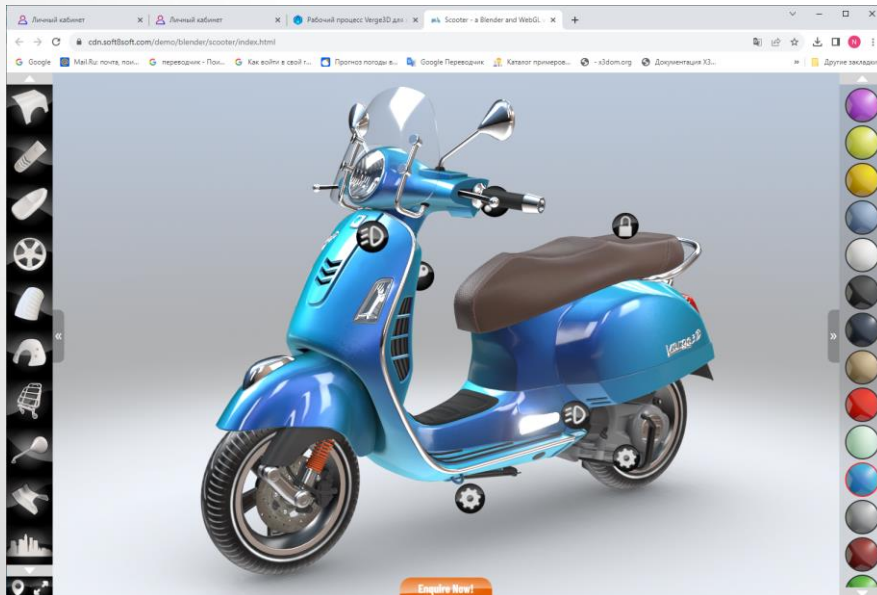
# Взаимодействие с интерактивной 3D сценой



## Взаимодействие с интерактивным Verge3D -приложением



[https://cdn.soft8soft.com/demo/max/teapot\\_heater/index.html](https://cdn.soft8soft.com/demo/max/teapot_heater/index.html)



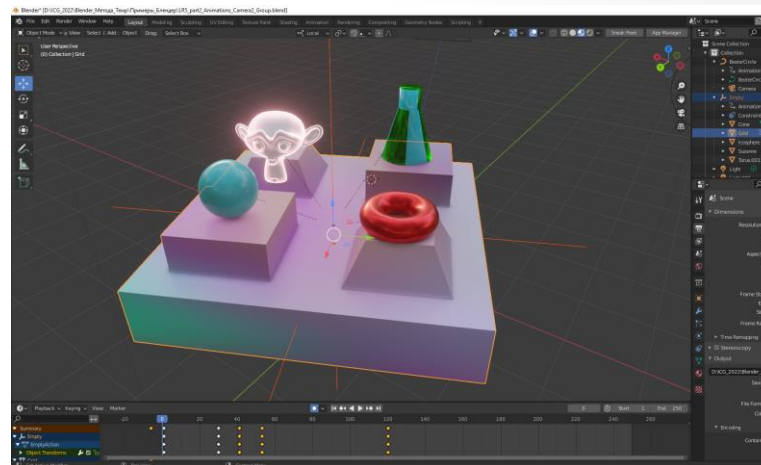
<https://cdn.soft8soft.com/demo/blender/scooter/index.html>

# Взаимодействие с интерактивной 3D сценой

[vrml](#)



[Blender3d](#)



[x3d](#)

142, Баканов Валерий. Лабораторная



<https://aksenov.in/guap/x3dom/studybaranov/dop.html>

Verge3D: <https://v3d.net/jr1>.







# Интерактивная графика в Web.

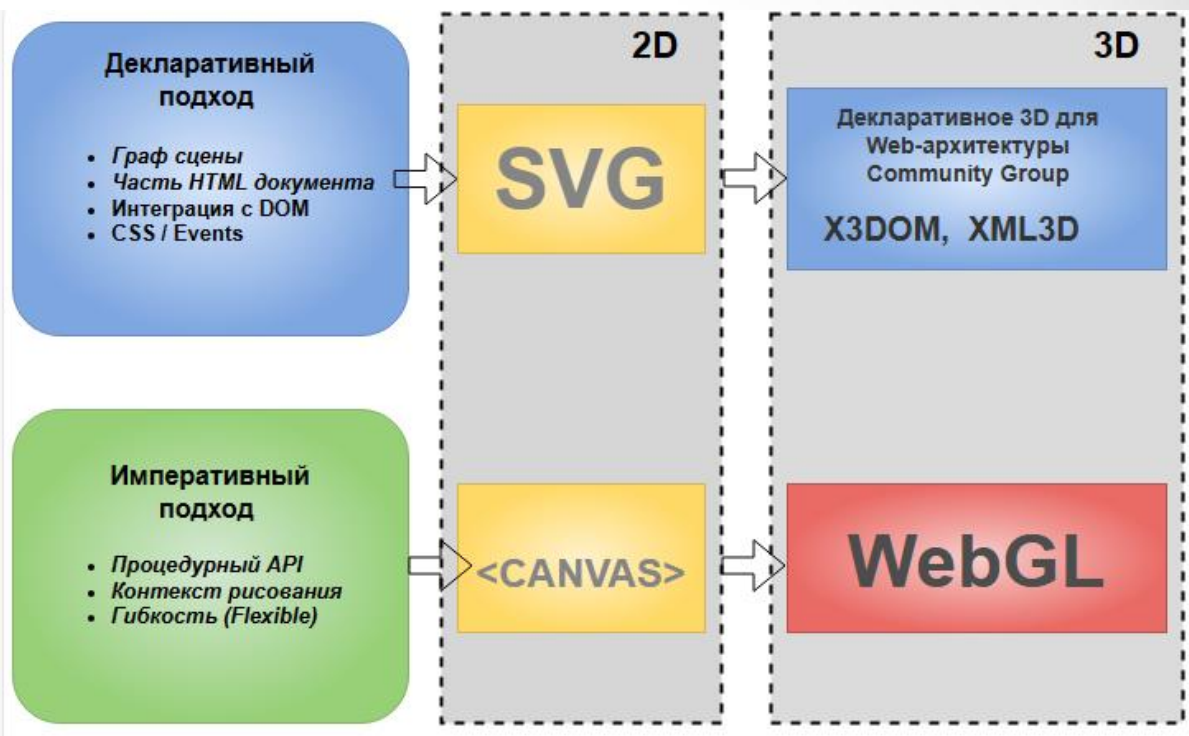
**HTML5**(англ. HyperText Markup Language, version 5) — язык для структурирования и представления содержимого всемирной паутины WWW. Хотя стандарт был разработан ранее, рекомендована версия к использованию только в 2014 году.

Стандарт, как и предыдущие его версии, находится в разработке при участии W3C (World Wide Web Consortium) и является существенным улучшением стандарта HTML 4.01, стандартизованного комитетом ISO в 2000 году.

В настоящий момент все ведущие браузеры Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera и Internet Explorer (начиная с версии 9) имеют поддержку **HTML5**.

# Интерактивная графика в Web.

В HTML5 реализовано множество новых синтаксических особенностей. Например, элементы `<video>`, `<audio>` и `<canvas>`, а также возможность использования SVG и математических формул. Эти новшества разработаны для упрощения создания и управления графическими и мультимедийными объектами в сети без необходимости использования сторонних API и плагинов.



В HTML5 регламентируется возможность как императивного описания графической сцены с использованием процедурного API на языке JavaScript, так и декларативного описания с использованием графа сцены и включением описания сцены напрямую в HTML-страницу с интеграцией в **DOM** (Document Object Model, объектная модель документа).

# Графическая библиотека WebGL и декларативный язык разметки - X3D

Средства для отображения трехмерных сцен не прошли процедуру включения в стандарт HTML5, но существуют их реализации:

- Императивное отображение графики представлено библиотекой **WebGL** (Web-based Graphics Library, графическая библиотека для Web), разрабатываемого Khronos Group, а также компаниями Mozilla, Google, Apple, Opera, AMD и Nvidia.
- WebGL представляет собой контекст элемента `<canvas>`, обеспечивающий выполнение кода JavaScript напрямую на GPU с использованием аппаратного ускорения, без использования плагинов. Технология WebGL начала разрабатываться в 2006 году, а первая спецификация была выпущена в 2011 году.
- Декларативное средство отображения 3D-графики представлено разрабатываемым институтом Fraunhofer проектом **X3DOM**. Проект начат в 2009 году.
- X3DOM – JavaScript-библиотека, использующая WebGL для рендеринга внутри Web-страницы трехмерных сцен, описанных в формате X3D, без использования плагинов.
- X3D – открытый, стандартизованный, основанный на XML (eXtensible Markup Language, расширяемый язык разметки) формат для представления интерактивных трехмерных сцен и объектов и обмена трехмерными данными между приложениями.
- X3D был разработан консорциумом Web3D и стандартизован комитетом ISO, в 2012 выпущена спецификация версии 3.3. 19775-1 ISO/IEC 19775-1:2013: <https://www.web3d.org/content/x3d-v33-abstract-specification>

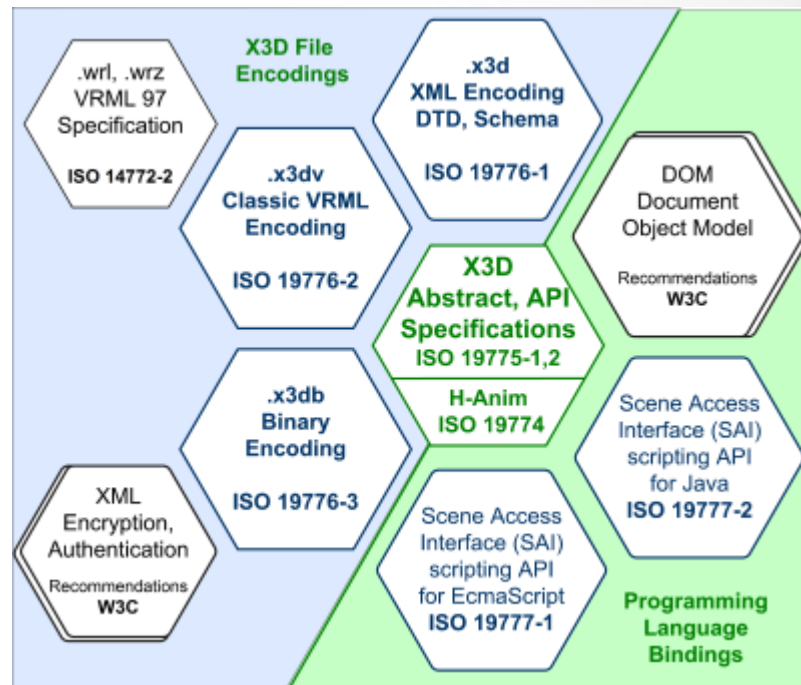




# Спецификации стандарта X3D

- X3D – открытый, стандартизованный, основанный на XML (eXtensible Markup Language, расширяемый язык разметки) формат для отображения интерактивной 3D-графики. X3DOM –использует WebGL для визуализации внутри Web-страницы 3D-сцен, описанных в формате X3D, без использования плагинов.
- X3D был разработан консорциумом Web3D и стандартизован комитетом ISO, в 2012 выпущена спецификация версии 3.3. 19775-1 ISO/IEC 19775-1:2013: <https://www.web3d.org/content/x3d-v33-abstract-specification>

Спецификация ISO 19777-1 X3D® Version 4 (X3Dv4) находятся в стадии реализации. Это обновление международного стандарта Extensible 3D (X3D) Graphics, обеспечивающее тесную поддержку рекомендации HTML5. Рабочий проект версии X3Dv4 в открытом доступе: <https://www.web3d.org/news-story/x3dv4-draft-specification-available-public-now>







# Введение в X3DOM

X3D был разработан для удовлетворения определенного набора рыночных и технических требований. Чтобы соответствовать этим требованиям, консорциум W3C поставил перед собой следующие цели:

- Поддержка различных форматов кодирования, включая Extensible Markup Language (XML);
- Обеспечить взаимодействие содержимого трехмерной сцены с пользователем;
- Возможность разрабатывать и поддерживать сложные интерактивные 3D-приложения с элементами мультимедиа для Web-ресурсов сети Интернет
- Возможность добавления новых графических, поведенческих и интерактивных объектов;
- Предоставлять альтернативные интерфейсы прикладного программирования (API) для 3D-сцены;
- Разрешить реализацию спецификации на различных уровнях сервисов.

X3D обладает большим набором функций для поддержки таких приложений, как:

- инженерная и научная визуализация,
- мультимедийные презентации,
- развлекательные и образовательные издания,
- веб-страницы и виртуальные миры.



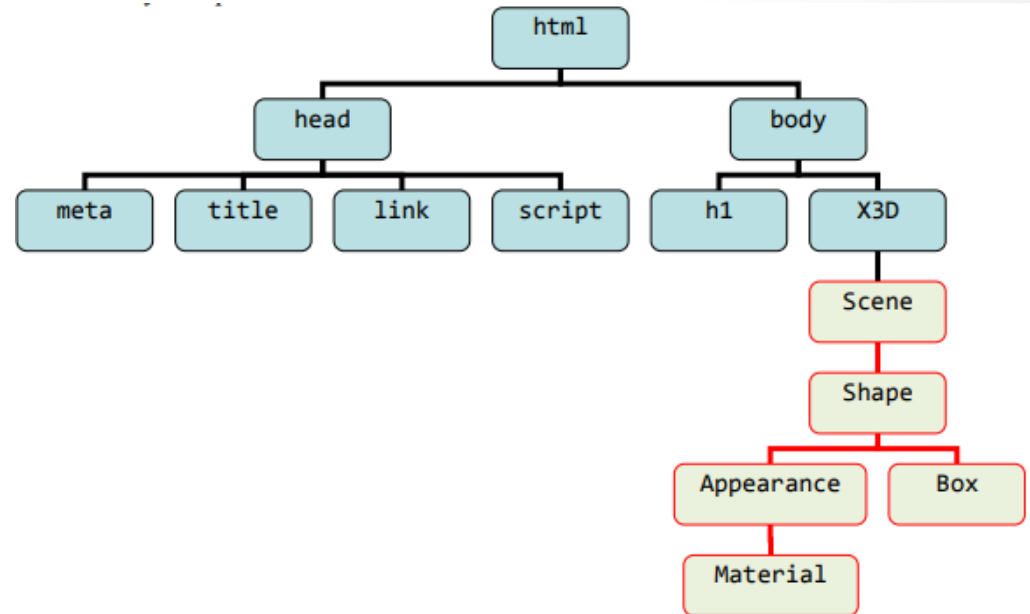
Сцена X3DOM представляет собой встроенный напрямую в код HTML-страницы элемент, в котором размещен XML-код, описывающий граф сцены.

Граф сцены встроен в DOM.

DOM – древовидное представление HTML-документа.

Все узлы документа образуют древовидную иерархическую структуру, при этом вложенные узлы являются дочерними по отношению к узлу, в который они вложены.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="ru">
  <head>
    <meta charset="utf-8" />
    <title>Пример 1</title>
    <link rel="stylesheet" href="x3dom.css" />
    <script src="x3dom.js"></script>
  </head>
  <body>
    <h1>Пример 1</h1>
    <X3D>
      <Scene>
        <Shape>
          <Appearance>
            <Material></Material>
          </Appearance>
          <Box size="1 2 3"></Box>
        </Shape>
      </Scene>
    </X3D>
  </body>
</html>
```





# Спецификация узлов в X3DOM

X3D интегрирован с XML (Extensible Markup Language), как и все XML-документы он имеет модульную конструкцию, предполагающую определенную иерархию.

**Граф сцены**, используемый в X3D способ задания трехмерных моделей, нацеленный на логическое и пространственное структурирование компонентов сцены. Граф сцены имеет древовидную структуру, которая иерархически определяет геометрию объектов сцены, их внешний вид, позицию в пространстве, ориентацию и т.д. Узлы содержат количественные и качественные параметры, выраженные в значениях атрибутов.

Полную информацию о формате X3D можно получить в пополняемых спецификациях стандарта X3D, по адресу <http://www.web3d.org/files/specifications/19775-1/V3.3/Part01/Architecture.html>

При описании узла в спецификации указывается следующая информация:

1. Имя узла
2. Абстрактные типы узлов, от которых наследуется данный узел
3. Список спецификаций полей данного узла, включает в себя:
  - Тип поля (SFFloat, MFInt32...);
  - Тип доступа к полю ([], [in], [out], [in,out]);
  - Значение поля по умолчанию;
  - Допустимые значения поля.

В X3D, узлы графа сцены описываются в виде элементов XML (парных тегов), а поля – в виде атрибутов узла (наборов ключ="значение" в открывающем теге элемента).

При задании значения атрибута могут использоваться как двойные, так и одинарные кавычки.

При этом вид открывающей и закрывающей кавычек должен совпадать. Между открывающим и закрывающим тегами узла могут быть определены дочерние узлы графа сцены.



# X3D - функции

**В набор функций X3D входят:**

**3D-графика** — параметрическая геометрия, полигональная геометрия, иерархические преобразования, освещение, материалы и наложение текстур.

**2D-графика** — текст, 2D-вектор и плоские формы, отображаемые в иерархии 3D-преобразования.

**Анимация** — таймеры и интерполяторы для непрерывной анимации; гуманоидная анимация и морфинг.

**Аудио и видео** — аудиовизуальные источники отображаются на геометрию 3D-сцены.

**Взаимодействие с пользователем(интерактивность)** — выбор и перетаскивание мышью; ввод с клавиатуры.

**Навигация** - Камеры; движение пользователя в 3D-сцене; обнаружение столкновения, близости и видимости

**Пользовательские объекты(User-defined object)** - Возможность расширять встроенную в браузер функциональность путем создания пользовательских типов данных

**Сценарии (Scripting)** — возможность динамически изменять сцену с помощью сценариев.

**Сеть** —возможность объединять в одной 3D-сцене материалы, расположенные в сети, через гиперссылки на другие сцены и объекты;

**Физическая симуляция** - Гуманоидная анимация; наборы геопространственных данных; геопространственное позиционирование.

**Геометрия САПР(CAD geometry)** - возможность представлять модели, сопоставленные с системами САПР.

**Поддержка программируемых шейдеров** — например, возможность замены модели освещения X3D пользовательскими программами шейдеров.

**Системы частиц** — возможность генерировать системы частиц, которые могут представлять огонь, дым и другие атмосферные эффекты.



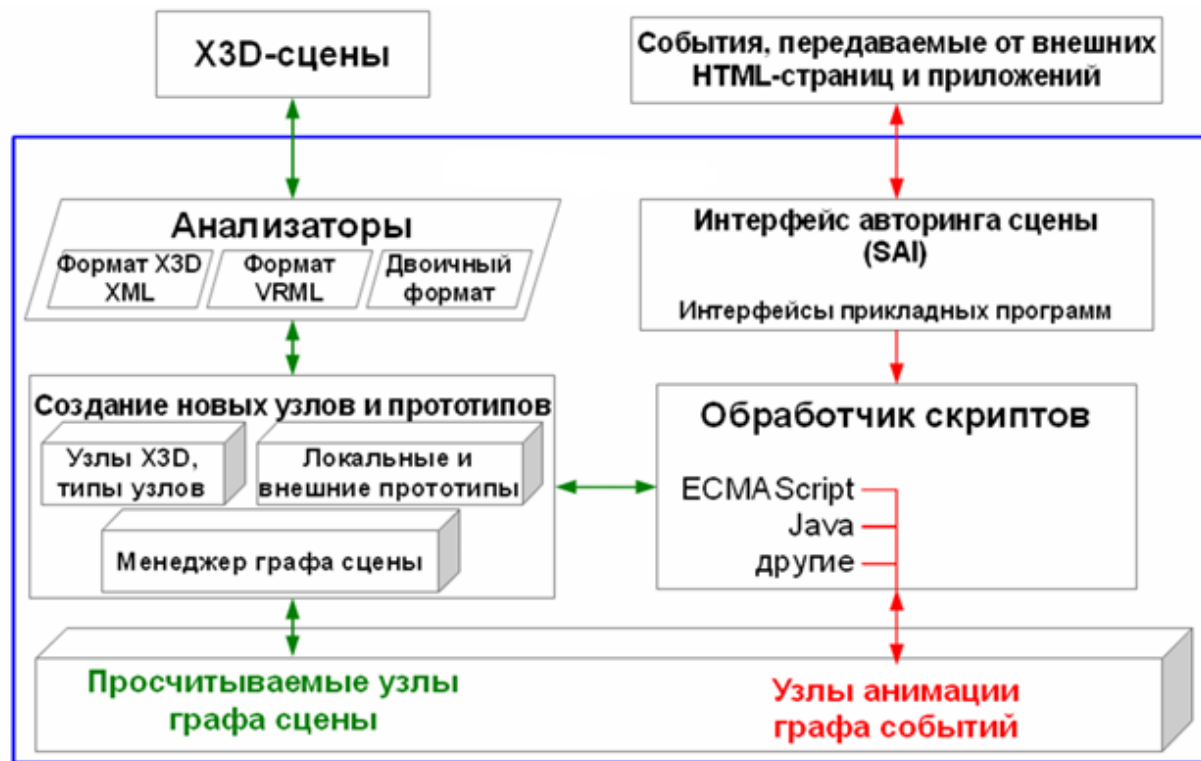
# Архитектура программного обеспечения для X3D

HTML-страницы и внешние приложения используются для встраивания плагина X3D, который читается браузером и позволяет пользователю взаимодействовать с 3D-сценой на Web-странице.

Анализаторы (Parsers) используются для чтения файлов различных форматов кодировки: X3D, XML, классический VRML или двоичный код.

Затем создаются узлы (Nodes) и отправляются менеджеру (конструктору) **графа сцены**, который следит за определением геометрических объектов, внешним видом, расположением и ориентацией.

Менеджер графа сцены неоднократно обходит узлы, рассчитывая кадры изображения. Этот процесс быстро перерисовывает точно рассчитанные изображения на основе перспективы по мере того как меняется точка зрения пользователя и объекты.



**Обработчик графа событий** также отслеживает все узлы анимации, которые вычисляют изменение событий и передает значение в **граф сцены**. События, полученные графом сцены, могут изменять положение или свойства геометрических узлов.

Дальнейшее расширение узлов анимации реализовано **скриптами**, которые могут отправлять и получать события, а также создавать (или удалить) геометрические объекты в сцене. Скрипты включают в себя программный код, как правило, на JavaScript или Java.



# ПО для выполнения лабораторных работ - X3D

*Для написания X3D-кода* – текстовый редактор для программирования, с подсветкой синтаксиса кода.

Например, **Visual Studio Code** (кросс-платформенный, бесплатный), **Notepad++** (Windows, бесплатный).

**Sublime Text** (кросс-платформенный, shareware), **Atom** (кросс-платформенный, бесплатный) или др.

*Для визуализации HTML-страницы* - Web-браузер.

Например, **Google Chrome**, **Firefox**, **Microsoft Internet Explorer** и **Edge**, **Opera** или др



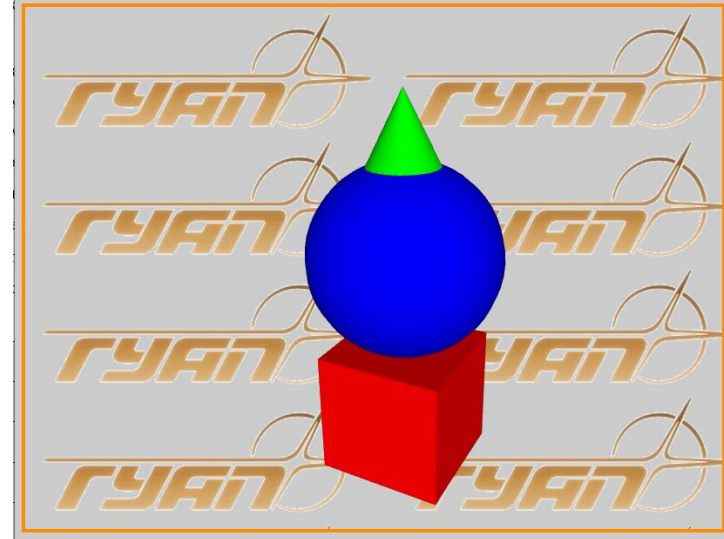


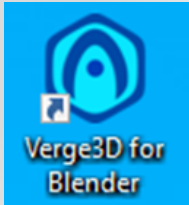
# Пример X3DOM

```
1 <html>
2 <head>
3   <title> Lab X3DOM </title>
4   <script type='text/javascript' src='https://www.x3dom.org/download/x3dom.js'> </script>
5   <link rel='stylesheet' type='text/css' href='https://www.x3dom.org/download/x3dom.css'>
6   <script>
7     function changeColor()
8     {
9       if(document.getElementById("color").getAttribute('diffuseColor')== "1 0 0")
10        document.getElementById("color").setAttribute('diffuseColor', '0 1 0');
11      else
12        document.getElementById("color").setAttribute('diffuseColor', '1 0 0');
13    }
14  </script>
15  <style>
16    x3d {
17      border: 4px solid darkorange;
18      background-image: url('GUAP_SUAI.png');
19    }
20
21    body {
22      font-size: 110%;
23      font-family: verdana, sans-serif;
24      background: rgba(128, 128, 128, 0.4);
25      color: darkred;
26    }
27
28    h1
29    {
30      color: darkred;
31    }
32  </style>
33 </head>
34 <body>
35
36 <h1> кафедра 44 </h1>
37 <p>
38   Это html-страница с 3d-объектами.
39 </p>
40 <x3d width='800px' height='600px' >
41   <scene>
42     <shape onclick="changeColor();">
43       <appearance>
44         <material id ="color" diffuseColor='1 0 0'></material>
45       </appearance>
46     </shape>
47     <transform translation='0 4.5 0'>
48       <shape>
49         <appearance>
```

## Кафедра 44

Это html-страница с 3d-объектами.





# Фреймворк

**Фре́ймворк** (анг. *framework* — каркас, рама, структура) — программная платформа, определяющая структуру программной системы, облегчающее разработку и объединение разных компонентов программного проекта.

Употребляется также слово «каркас», а некоторые авторы используют его в качестве основного, в том числе не базируясь вообще на англоязычном аналоге. Можно также говорить о каркасном подходе, как о подходе к построению программ.

**Каркасный подход** — подход к построению программного обеспечения (ПО), где любая конкретная конфигурация программы строится из двух частей:

Первая, постоянная часть — **каркас (фреймворк)**, не меняющийся от конфигурации к конфигурации и несущий в себе гнезда, в которых размещается вторая, переменная часть — **сменные модули**. Сменный модуль, в свою очередь, может содержать гнезда. В этом случае, наряду с каркасом программы в целом, можно говорить и о каркасе сменного модуля.

Если нужно, чтобы отдельные части алгоритма можно было применять в дальнейшем при построении новых программ, то единственный реальный путь к этому — вычленив претендующие на многократное использование функциональные компоненты программы и оформить их в виде модулей.



# Важные характеристики фреймворка

**Размер.** При выборе фреймворка управления содержимым стоит обращать внимание на такие факторы, как его размер. Если он слишком велик и фреймворк не имеет легко разделяемой модульной архитектуры, это может неоправданно увеличить размер приложения. Компактность фреймворка может вступить в противоречие с широтой возможностей, которые он предоставляет.


**Производительность** — другая важная на практике характеристика веб-фреймворка. Она может косвенно зависеть от размера, особенно для интерпретируемых языков подобным РНР. Следует оценивать производительность фреймворка в таких единицах, как количество обрабатываемых в секунду запросов.

Процесс создания фреймворка заключается в выборе подмножества задач проблемы и их реализаций.

В ходе реализаций общие средства решения задач заключаются в конкретных классах, а изменяемые средства — выносятся в точки расширения.




# Фреймворки для редактора Blender для создания интерактивной 3D-графики в Web

- Verge3D  - 3D рендерер реального времени и программный инструментарий, предназначенный для создания и отображения интерактивной трёхмерной графики в браузерах. Verge3D можно использовать для создания интерактивных анимаций, конфигураторов продуктов, интернет-магазинов, обучающих материалов, 3D-портфолио и браузерных игр.

Версия Blender v.2.80 и выше.

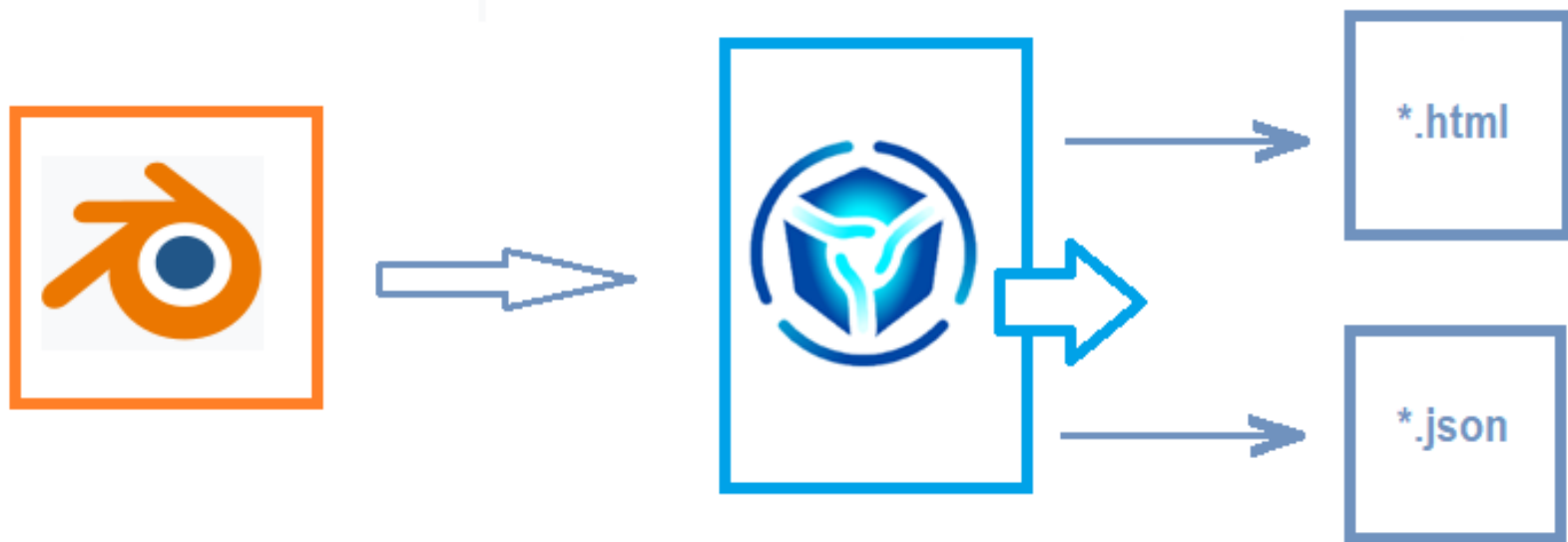
- <https://www.soft8soft.com/docs/manual/ru/index.html>

- ~~• Blend4Web  — это программная среда для подготовки и интерактивного отображения трехмерного аудиовизуального контента в браузерах, т.е. трехмерный «движок».~~

Версия Blender не выше v.2.79.

- ~~• <https://www.blend4web.com/doc/ru/about.html>~~

# Экспорт 3D-сцен из Blender в HTML



Экспорт может осуществляться в два формата: JSON и HTML.

Формат HTML применяется для простых, самодостаточных проектов, в которых вся геометрия и медиа ресурсы упакованы в один файл. Полученный файл можно разместить на Web-странице.

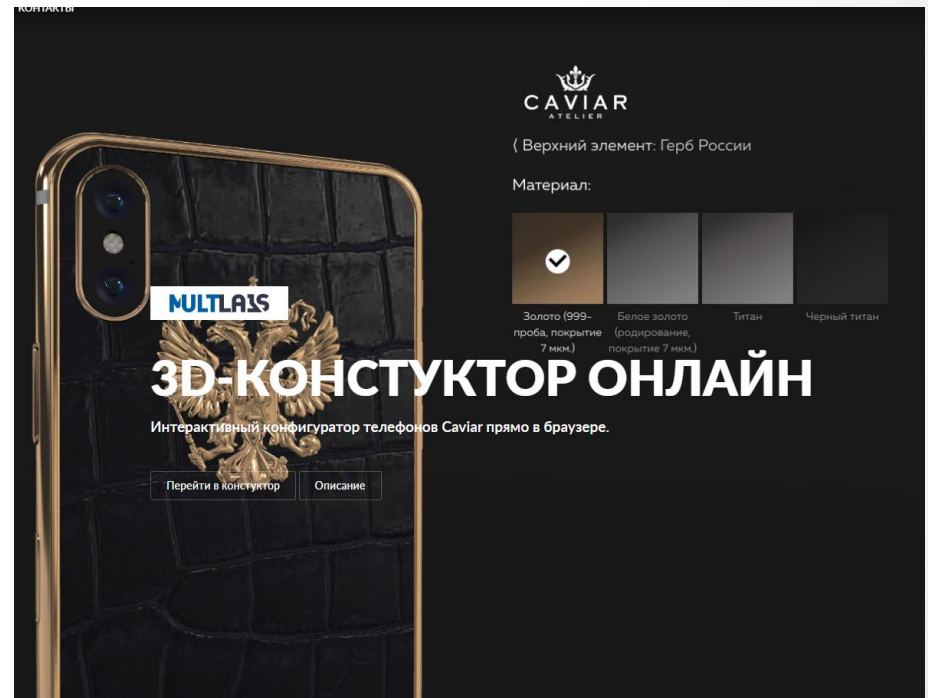
Формат JSON также может применяться для создания подобных приложений, но кроме этого он предлагает множество дополнительных возможностей для создания сложных проектов, требующих программирования.

Для экспорта 3D-сцены, нужно выбрать в меню Blender:

File > Export опцию Blend4Web (.json) или Blend4Web (.html).

# Примеры разработки на Blend4Web

[https://www.blend4web.com/ru/demo/dairy\\_plant/](https://www.blend4web.com/ru/demo/dairy_plant/) , <https://multlabs.ru/portfolio/3d-konstruktor-onlain>

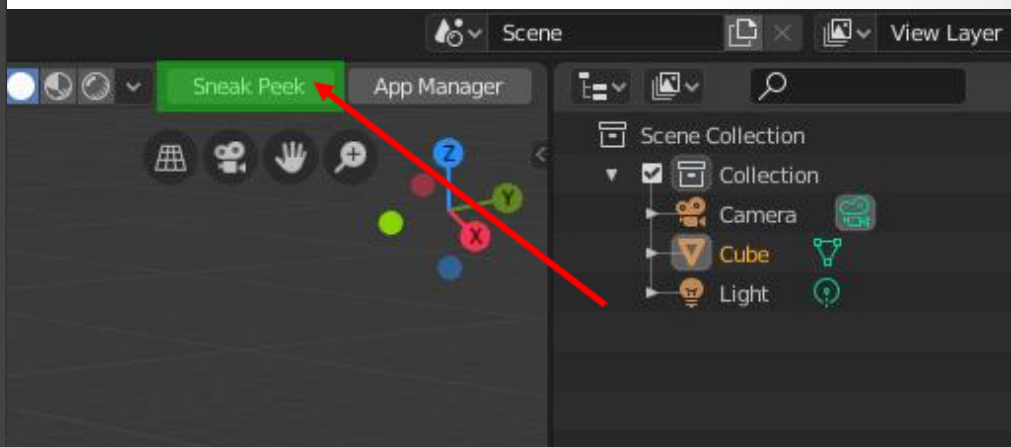
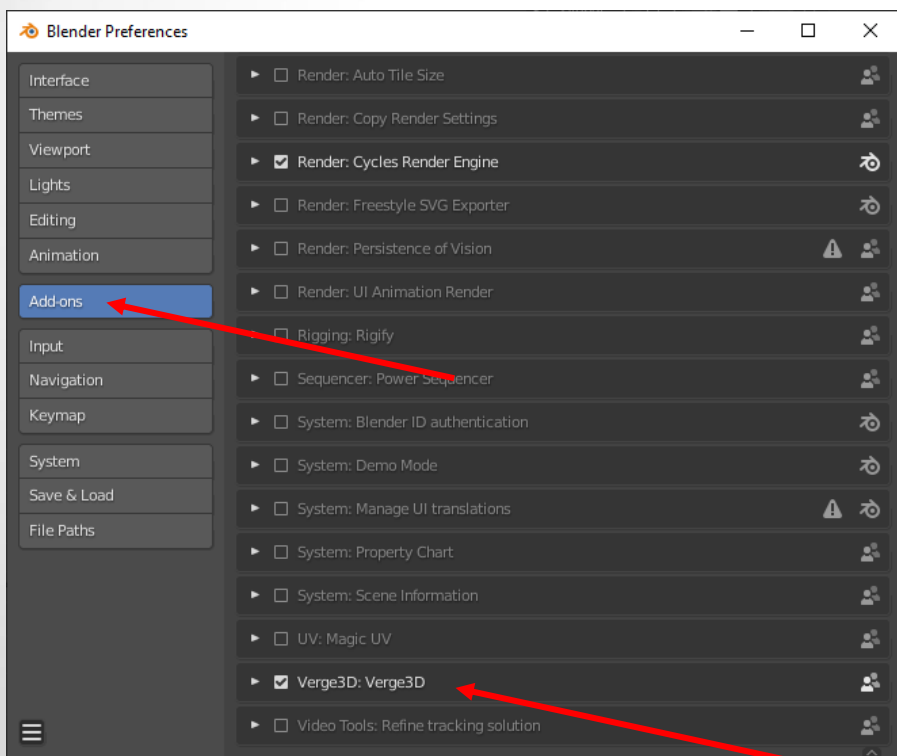




# Verge3D встраивается в Blender в форме Add-ons

Verge3D может работать поверх Blender, который необходимо установить заранее (версии 2.83 и выше).

Verge3D для Blender - установщик .exe для Windows или архив XZ для macOS/Linux). Чтобы убедиться, что Verge3D установлен правильно, можно визуализировать базовую модель Blender в веб-браузере с помощью кнопки **Sneak Peek**. Эта функция выполнит экспорт 3D модели во временную папку и запустит веб-браузер.






# App Manager (менеджер приложений)

Можно сначала начать работу с графикой в редакторе Blender, а позже создать проект Verge3D, но рекомендуется с самого начала привыкнуть к менеджеру приложений, чтобы убедиться, что файлы правильно организованы и хранятся в одной папке, что важно для целостности проекта.

Еще одним преимуществом использования менеджера приложений является то, что создается работающее веб-приложение, которое можно запускать / перезагружать в браузере без необходимости сначала переходить к файлам сцены.

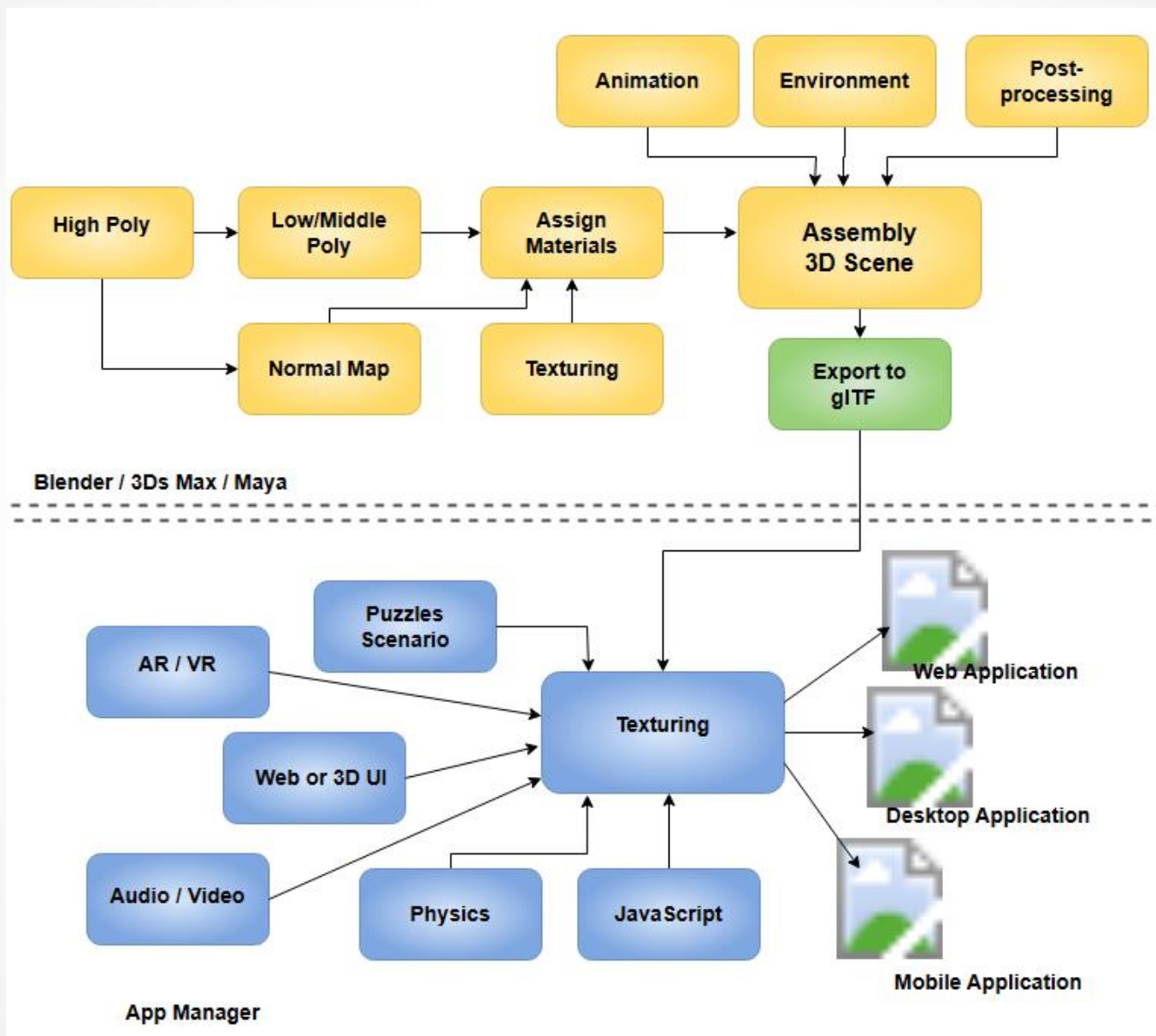


**Verge3D App Manager**

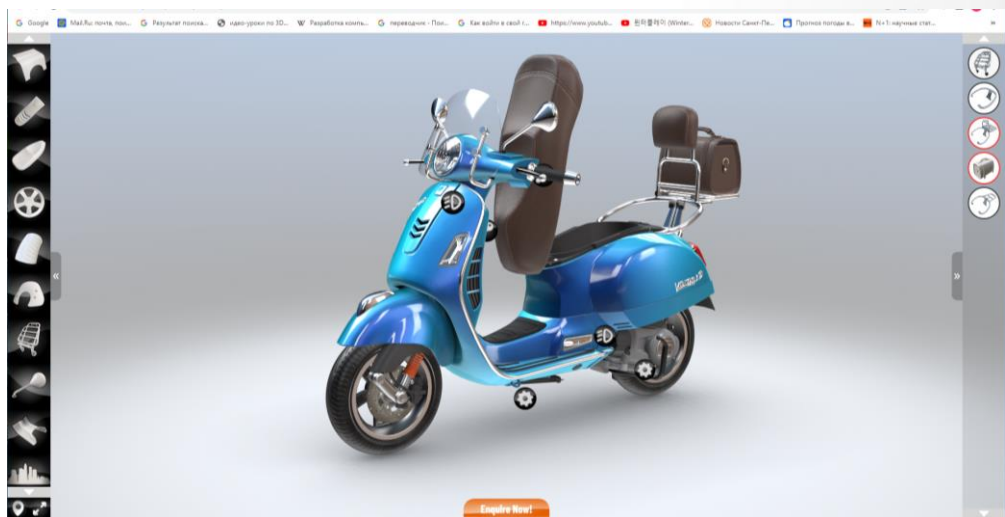
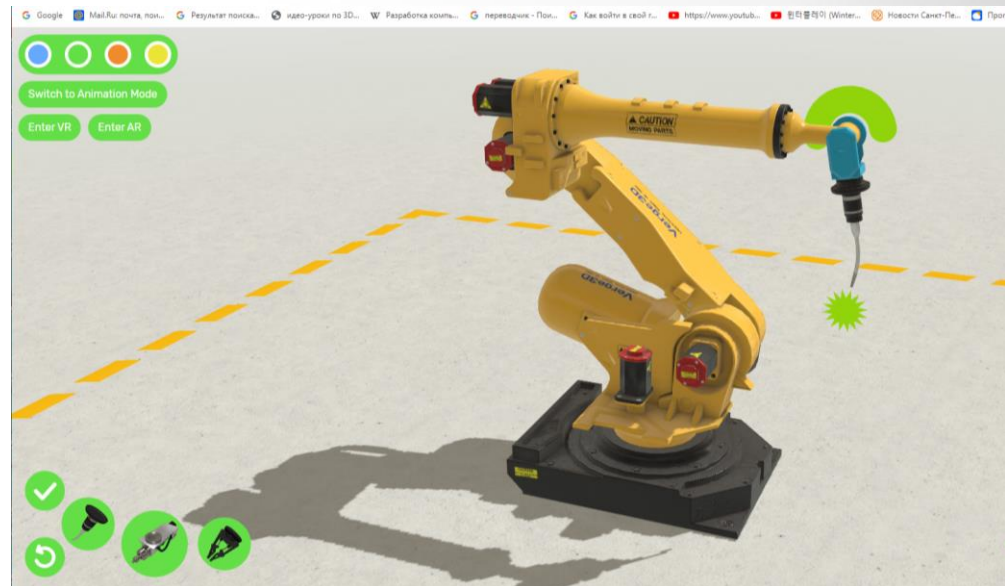
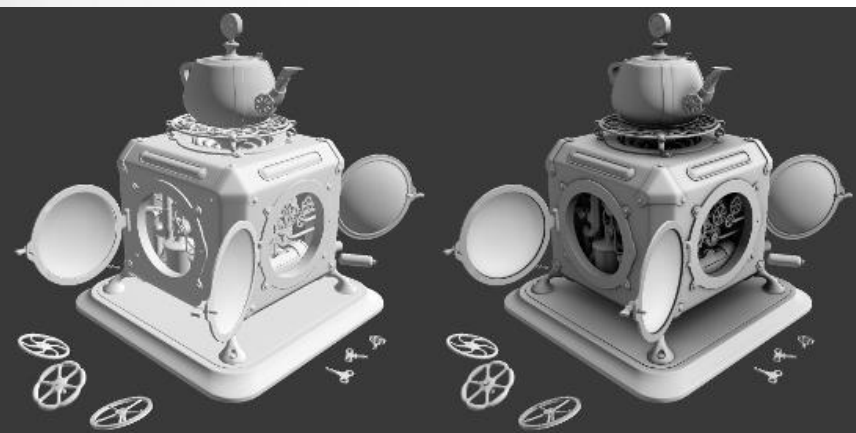
app name	runnables	scenes	operations
1 Augmented Reality			
2 Cube			
3 Custom Image			
4 E-Learning			
5 Farmers Journey			
6 Industrial Robot			
7 Jewelry Configurator			
8 Lines			
9 Load Unload			
10 Parametric Models			
11 Pbr			
12 Physics			
13 Recliner			
14 Ring			
15 Scooter			
16 Simple Configurator			
17 Spinner			
18 Teapot Heater			

© Soft8Soft LLC

# Основные компоненты Verge3D Web-приложения





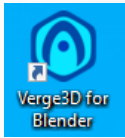
# Примеры Verge3D-приложений





# Рекомендуемая литература

## Основная:

1. А.В. Аксенов. «Интерактивная компьютерная графика». Учебно-методическое пособие. СПб.: ГУАП. 2020г. 89с.
2. Аксенов А.В. Каталог примеров по X3D.[Электронный ресурс] URL: <https://aksenov.in/guap/x3dom/> (дата обращения 31.08.2023 )
3. Официальная X3DOM документация. Fraunhofer [Электронный ресурс] URL: <https://www.x3dom.org/> (дата обращения 31.08.2023)
4. Web 3D Consortium (W3C) -[Электронный ресурс] URL: <https://www.web3d.org/standards/version/V3.3> (дата обращения 31.08.2023). 
5. Справочное руководство Blender 3.4 – 4.0. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.blender.org/manual/ru/dev/index.html> (дата обращения 31.08.2023) 
6. Руководство пользователя Verge3D. [Электронный ресурс] URL: <https://www.soft8soft.com/docs/manual/ru/index.html> (дата обращения 31.08.2023)
7. Версия Verge3D для Blender. [Электронный ресурс] URL: <https://www.soft8soft.com/get-verge3d/> (дата обращения 31.08.2023) 

## Дополнительная:

1. Web 3D Consortium (W3C) -[Электронный ресурс] URL: <https://www.web3d.org/standards/version/V3.3> (дата обращения 31.08.2023).
2. Blend4Web –это программная среда для подготовки и интерактивного отображения трехмерного аудиовизуального контента в браузерах. <https://www.blend4web.com/doc/ru/about.html> (дата обращения 31.08.2023)
3. Parallel Graphics Ltd\Cortona3D – 3D-графика для разработки ИЭТР по обслуживанию и ремонту, интерактивных 3D и 2D каталогов запасных частей. В основе решения лежит повторное использование уже имеющихся на предприятии 3D-моделей, CAD- и PDM- и ERP-данных. <https://www.cortona3d.com/en/rapidmanual> (дата обращения 31.08.2023)