



Виртуальные
экскурсии с
Marzipano:
руководство

Михаил В. Шохирев

Шадринск

2022-2023

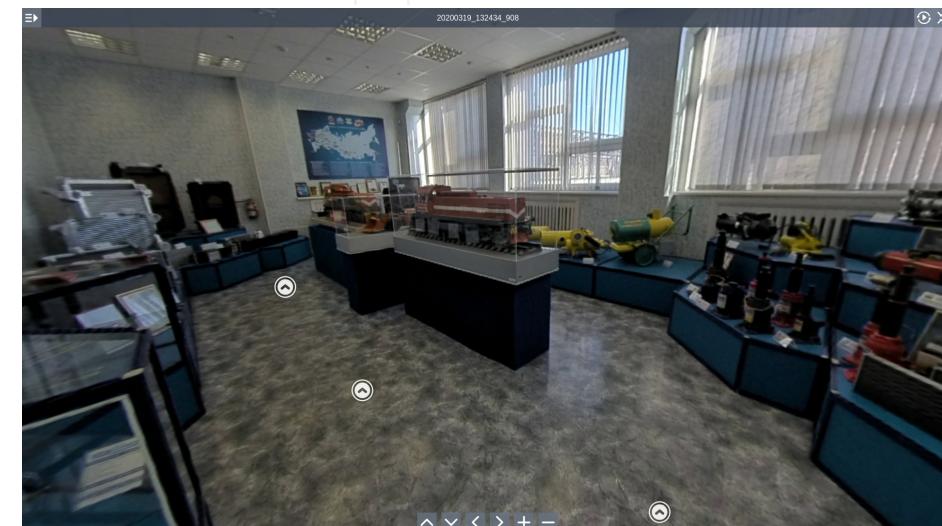
Содержание:

- Виртуальные экскурсии.
- Термины.
- Виды панорам.
- Проекции.
- Чем снимать сферические панорамы.
- Как снимать сферические панорамы.
- Создать виртуальную экскурсию в Marzipano.
- Структура проекта.
- Изменение локального проекта.
- Добавление панорам в сохранённый проект.
- Подключение внешних ресурсов к виртуальной экскурсии.

Виртуальные экскурсии (Virtual Tour)

Сферические фото-панорамы объектов, объединённые в последовательность. С помощью добавленных в панорамы интерактивных элементов можно получать дополнительную информацию и переходить между панорамами.

- Виртуальные экскурсии – эффективное и удобное **средство мультимедийного знакомства с различными сложными объектами**.
- **В панорамы можно внедрять интерактивные точки** (hotspots): надписи, метки, текстовые описания, фото-, аудио- и видео- материалы, ссылки на внешние ресурсы.
- **Виртуальное проведение экскурсий – часто единственный способ изучить объект дистанционно**, особенно, если доступ на него ограничен: санитарные ограничения, закрытая территория, требования промбезопасности и т. п.
- **Можно запрограммировать автоматический показ** (вращение, изменение ракурса, масштабирование) и переходы между панорамами, программное воспроизведение информации.



Как делаются виртуальные экскурсии

- Сначала в выбранном месте (в помещении или пейзаже) снимаются сферические панорамные фотографии. Каждая панорама – это точка обзора в будущей виртуальной экскурсии.
- При просмотре сферической панорамы зритель может из этой точки обзора направлять свой «взгляд» в разные стороны внутри сферы, приближать или удалять «поверхность» сферы.
- Сферические панорамы объединяются в последовательность, при этом добавляется возможность перемещаться между панорамами (переходить между сценами / точками обзора).
- Также в каждой сцене добавляются интерактивные точки (hot-spots), которые можно активировать. При активации такой точки выполняется определённое действие: возникает изображение, начинает проигрываться звуковой или видео-файл, запускается показ анимации и т. д.
- В результате получается «виртуальная экскурсия» – интерактивный мультимедийный просмотр с эффектом присутствия внутри объёмных панорам («иллюзией погружения в виртуальную реальность»), особенно при просмотре через Google Cardboard или VR-гарнитуру.

Термины

- **360° камера** = всенаправленная камера
- **интерактивные точки** (hot-spots) ~ элементы на сфера-фото для управления просмотром VT
- **виртуальная реальность** (virtual reality = VR) ~
- **виртуальная экскурсия** (virtual tour = VT) ~ тематический мультимедийный набор 360°-фото
- **всенаправленная камера** (omnidirectional camera) ~ снимает одномоментно всё окружение
- **дополненная реальность** (augmented reality = AR) ~
- **зенит** (zenith) ~ верхняя точка сферы, где могут возникать артефакты сшивания кадров
- **кубическая проекция** (cubic projection) панорама в виде 6 фото, представляющих грани куба
- **линия стыковки** (stitch line) 2-х полусфер, на которой могут возникать искажения
- **монопод-невидимка** = невидимая селфи-палка
- **надир** (nadir) ~ нижняя точка сферы, откуда нужно удалять изображение трипода
- **невидимая селфи-палка** (invisible selfie-stick) ~ эффект удаления монопода при сшивании
- **равнопромежуточная проекция** (equirectangular projection) ~ тип развёртки сферы на плоскости
- **рыбий глаз** (fish-eye) ~ очень широкоформатный объектив с охватом 180° и более
- **сшивание** (stitching) ~ стыковка 2-х полусфер в сферическое фото или видео

Виды панорам

CYLINDRICAL



SKYDOME



FULL SPHERE



QTVR CUBE



Горизонтальная
(цилиндр, 360°)

Полусферическая
(купол, 90° × 360°)

Сферическая
(шар, 180° × 360°)

Кубическая
(куб, 6 сторон =
QuickTime VR)

Сшивание N фото в панораму



12 **mega pixels** per image

stitch



11400 X 5700 = 65 **mega pixels** (56 mp effective)

5,700 px

Сшивание 2-х фото fish-eye в панораму



Преобразование снимка

Dual Fisheye



2 полусферических фото (плоские представления 2-х полусфер), обычно снятых одновременно всенаправленной камерой с 2-мя объективами «рыбий глаз». Часто сохраняются в камере в виде 2-х файлов в особом формате (например, INSP).

Equirectangular



Одно прямоугольное фото в равнопромежуточной проекции, полученное из 2-х полусферических фото в процессе их сшивания в плоское представление сферы. Обычно сохраняется в формате JPEG или DNG/RAW. Для просмотра его без искажения нужна специальная программа-просмотчик.

Проекции панорам



180° image from a fisheye lens



Stitched 360° equirectangular image



Standard rectilinear image



Equirectangular.tif



Sinusoidal.tif

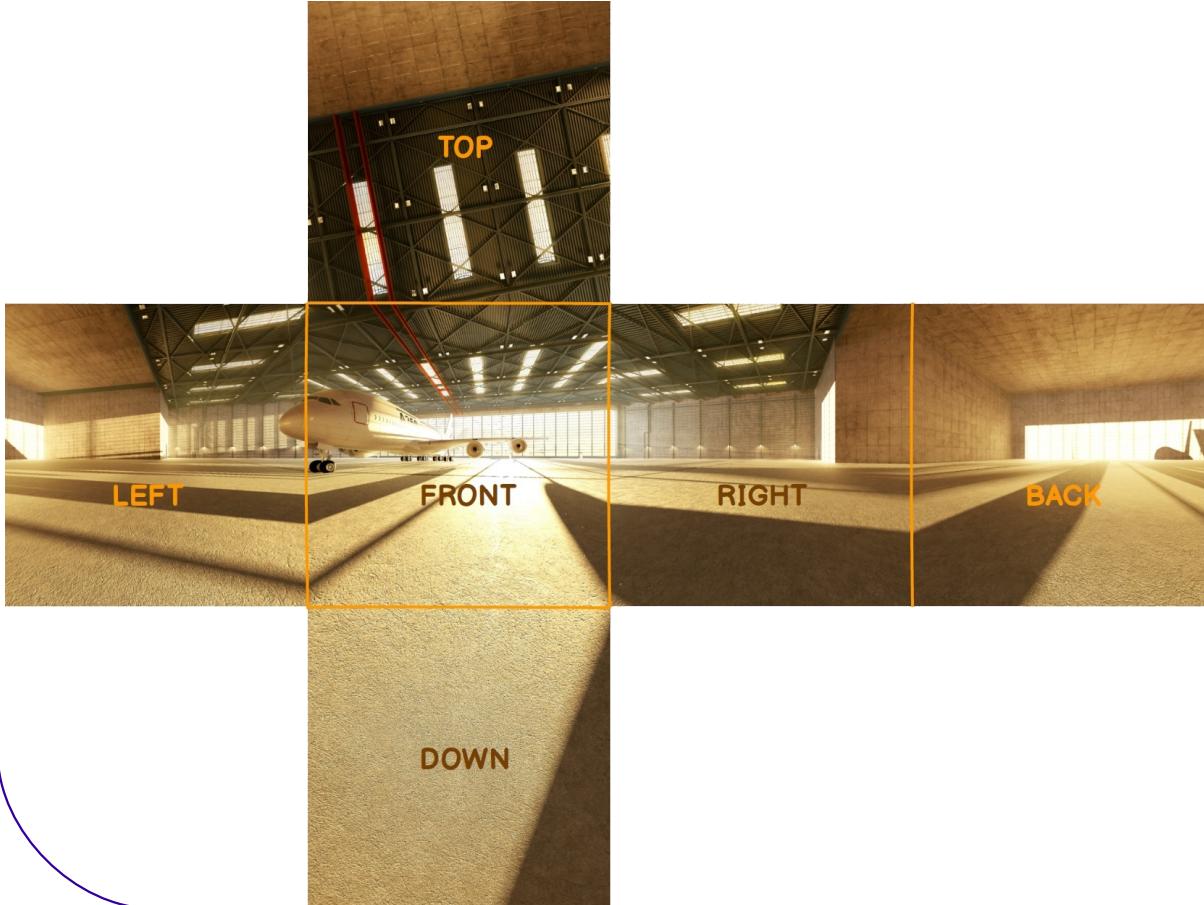


Mercator.tif



Rectilinear.tif

Снимки для кубической панорамы



6 квадратных фото, которые представляют направления съёмки обычной камерой (вверх, влево, вперёд, вправо, назад, вниз). Они сохраняются в виде файлов в формате JPEG или RAW/DNG.

Из них составляется кубическое представление 360°-й панорамы в виде кубической проекции (cubic projection), разновидности прямолинейной проекции (rectilinear projection).

6 изображений для куба можно получить, преобразовав сферическую панораму.

Чем снимать сферические панорамы

- Снять фото можно на обычный фотоаппарат или смартфон, а затем сшить (stitch) их в сферическую панораму в программе для редактирования панорамных фото.
- Снять сферическую панораму с применением специальных механических приспособлений (ротаторов) для фотокамеры (DSLR) или смартфона.
- Снять сферическую панораму с использованием квадрокоптера: режим Pano 360.
- Панорамы наилучшего качества снимаются профессиональными камерами с несколькими объективами.
- Удобнее всего снимать 360°-панорамы специальной сферической камерой с двумя объективами (Insta360 One X / R / RS / X2 / X3 или подобной).



Как снимать сферические панорамы

- Съёмка панорамных фото делается со стационарного штатива (монопода / трипода / крепления).
- Съёмка со штатива позволяет делать длительную выдержку при слабом освещении.
- Монопод-невидимка автоматически вырезается из кадра при обработке снятого материала.
- Для дистанционного управления съёмкой используется смартфон или пульт ДУ, когда не нужно, чтобы оператор попал в кадр — съёмка безлюдного пространства.



Как снимать сферические панорамы

- Для съёмки большого помещения камеру переставляют в разные его места (будущие точки обзора): в каждый угол, посередине, у каждого входа.
- При съёмке нужно повернуть камеру с 2-мя объективами боком к источнику света, чтобы свет попадал равномерно в каждый из объективов.
- В снятых фото желательно отредактировать надир, чтобы убрать со снимков треногу от штатива или заменить её логотипом.



Online-редактор «Marzipano Tool»



digisfera



Marzipano Tool

Marzipano создали Antonio Cabral и его сын Manuel Cabral. В 2011 году они основали компанию Digsifera. Эта португальская компания выпустила Marzipano для визуализации 360°-ных панорам. Antonio интересовался панорамной фотографией и разработал Marzipano, чтобы создавать эффектные виртуальные экскурсии (virtual tours = VT).

В 2015 году компания Google вдохновилась их разработками, и Digsifera присоединилась к команде проекта Street View в Google. Google приобрела Marzipano, который предоставляет простые средства разработки виртуальных экскурсий, комбинируя несколько сферических панорам. Среди богатых возможностей Marzipano команду Google больше всего привлекло то, что виртуальные туры можно удобно и просто размещать на сервере в виде web-приложения.

Тогда в 2011 году, Marzipano ещё не был средством разработки с открытым кодом, что препятствовало пользователям легко им пользоваться и применять его замечательные возможности. Когда Google приобрела Marzipano, она сделала его общедоступным, чтобы все могли воспользоваться его возможностями. Теперь любители фотографии и всё сообщество панорамных фотографов могут извлекать выгоду от применения Marzipano.



Открытые исходники

Для изучения всех примеров можно скачать исходники проекта с GitHub:

```
git clone https://github.com/google/marzipano
```

Демонстрационные панорамы будут в подкаталогах каталога `demos/`. Каждый пример запускается файлом `index.html`.

Для просмотра примеров нужен локально работающий web-сервер. Рекомендуется на компьютере установить систему программирования Ruby (и пакет rack), тогда для просмотра примеров из каталога `marzipano/` можно запустить локальный web-сервер командой

```
rackup -o localhost -p 8888 -q web_server.ru
```

В этот каталог нужно поместить файл настроек `web_server.ru`, с одной строчкой - описанием корня web-сервера:

```
run Rack::Directory.new('..')
```

Таким же образом можно запускать web-сервер для просмотра на рабочем компьютере своей виртуальной экскурсии, указав в качестве корня подкаталог `app-files/`:

```
run Rack::Directory.new('app-files')
```

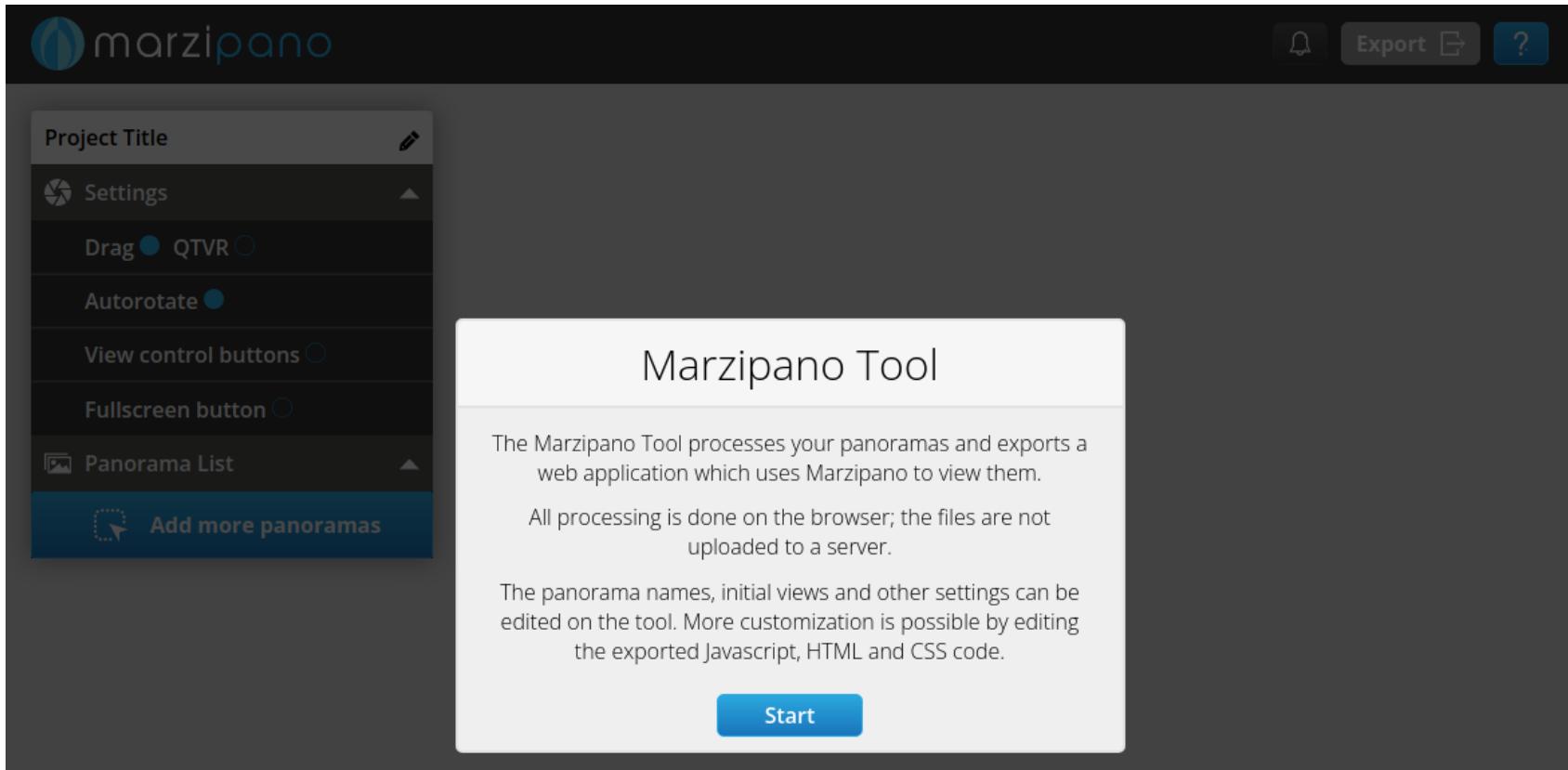
Фото для Marzipano Tool

Marzipano Tool умеет обрабатывать такие виды панорамных фото:

- Сферические панорамы в равнопромежуточной проекции (equirectangular projection)
 - с соотношением сторон 2:1;
 - и максимальным размером сферы 23000 x 11500 px.
- Кубические панорамы в виде граней куба (cubefaces)
 - с суффиксами в именах файлах (_b, _d, _f, _r, _l, _u) для обозначения сторон (Back = задняя, Down = нижняя, Front = передняя, Right = правая, Left = левая, Up = верхняя);
 - и максимальным размером куба 16000 x 16000 px.
- Изображения в формате JPEG или TIFF.

I. Создать проект.

- Открыть ссылку <https://www.marzipano.net/tool/> (запустить online-редактор).
- Начать работу: нажать "Start".



Работа в online-редакторе

В online-редакторе **Marzipano Tool** можно создать виртуальную экскурсию и сохранить её для просмотра на локальном компьютере или сервере.

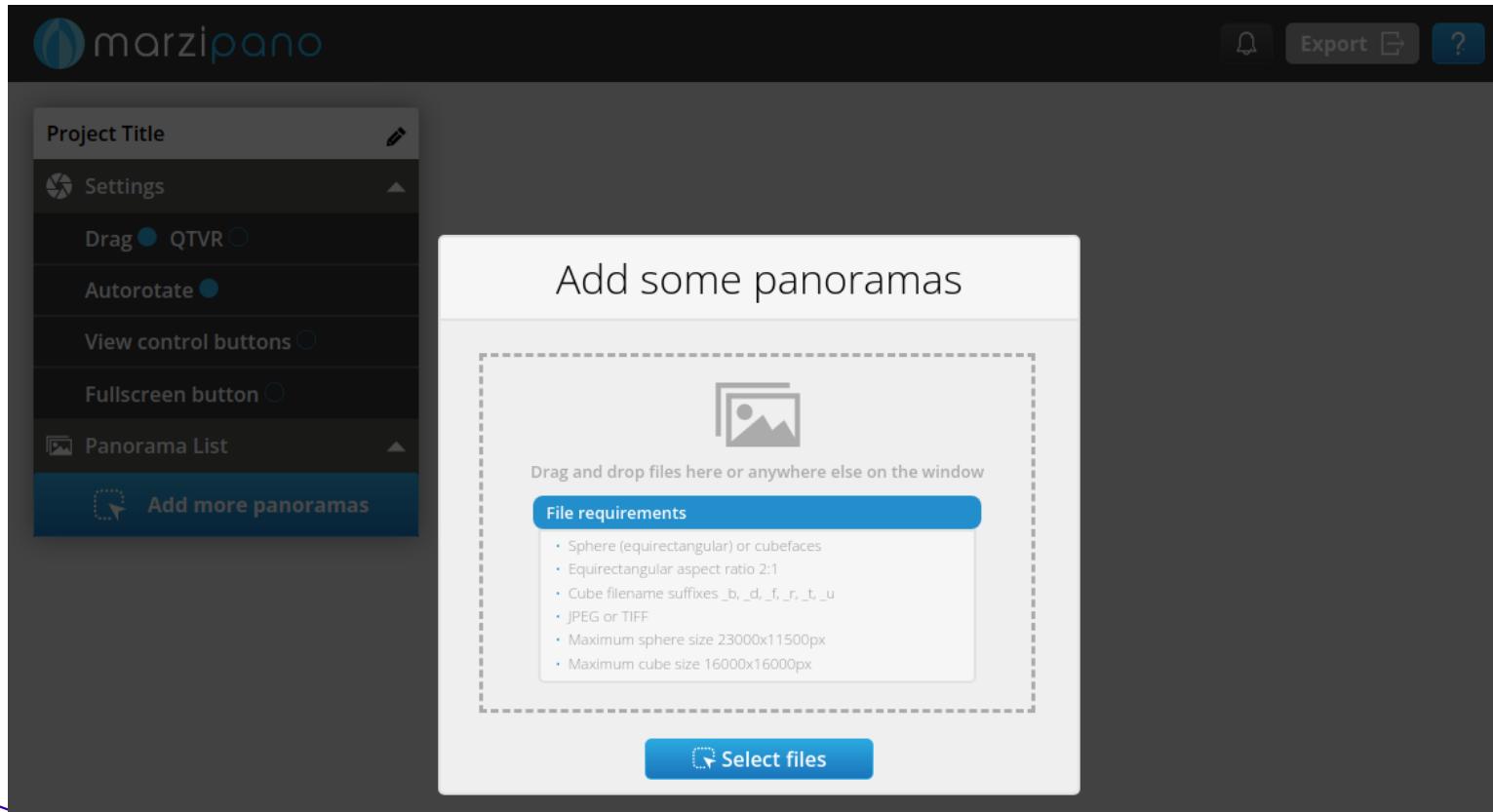
Она не сохраняется на сервере, её нельзя будет отредактировать повторно в online-редакторе.

Дальнейшие изменения в локально сохранённой экскурсии нужно будет вносить, изменяя исходные файлы HTML, CSS, JavaScript. А это не очень удобно.

Поэтому нужно как можно больше настроек сделать при создании экскурсии online. Например, добавить побольше информационных активных точек (Info hotspot). Их потом можно преобразовать в точки активации визуальных эффектов, а лишние просто удалить.

Загрузить панорамы

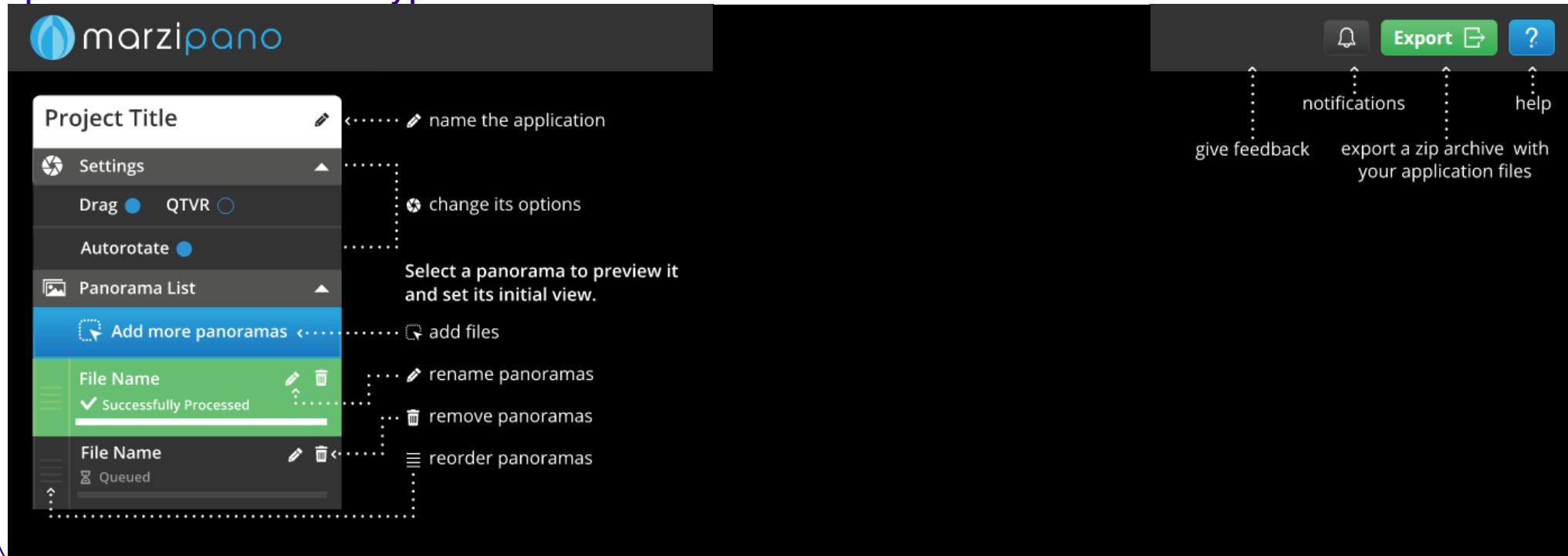
- Загрузить на сервер панорамные фото с компьютера: нажать "Select files" или перетащить файлы в область загрузки.



Каждый файл с панорамой представляет одну сцену в виртуальной экскурсии.

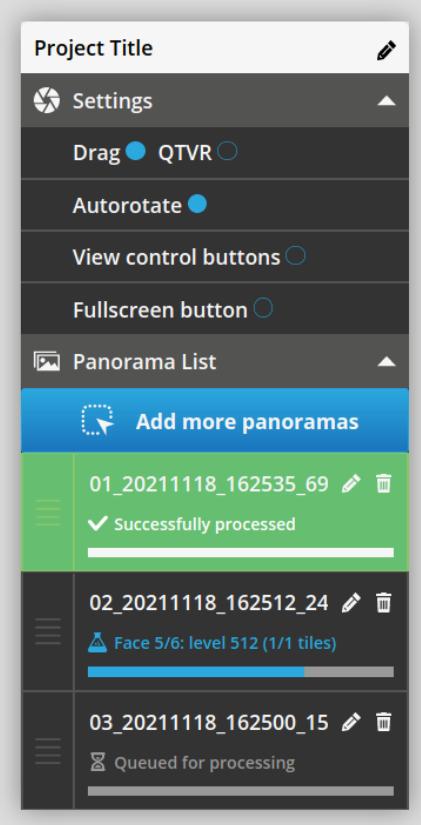
Управление редактором

В левой части страницы – меню управления списком панорамных снимков и просмотром виртуальной экскурсии. Справа вверху – кнопки справки и сохранения архива с готовой экскурсией.



Упорядочить панорамы

- Изменить порядок сцен в списке, если нужно: передвигать сцены вверх или вниз, перемещая мышкой значок  слева от названия сцены.



- Изменить название проекта (Project Title).
- Дать сценам в списке осмысленные названия (русский язык поддерживается): нажать на значок «карандаш».
- Удалить ненужные панорамы: нажать на значок «корзины».

Добавить активные точки

Выбрать из списка по очереди панорамы и в каждой панораме:

- Добавить активные информационные точки (Info hotspot), к которым будут привязаны текстовые описания, фото и видео.
- Добавить переходы между сценами (Link hotspot) для переходов между точками обзора.
- Задать для каждой сцены начальную точку зрения (Set initial view), то есть перспективу по умолчанию.
- Если нужно, добавить информационные точки в те места сцен, где будут hotspots с автоматическими эффектами (чтобы потом отредактировать их, а не размещать вручную).



Info hotspot

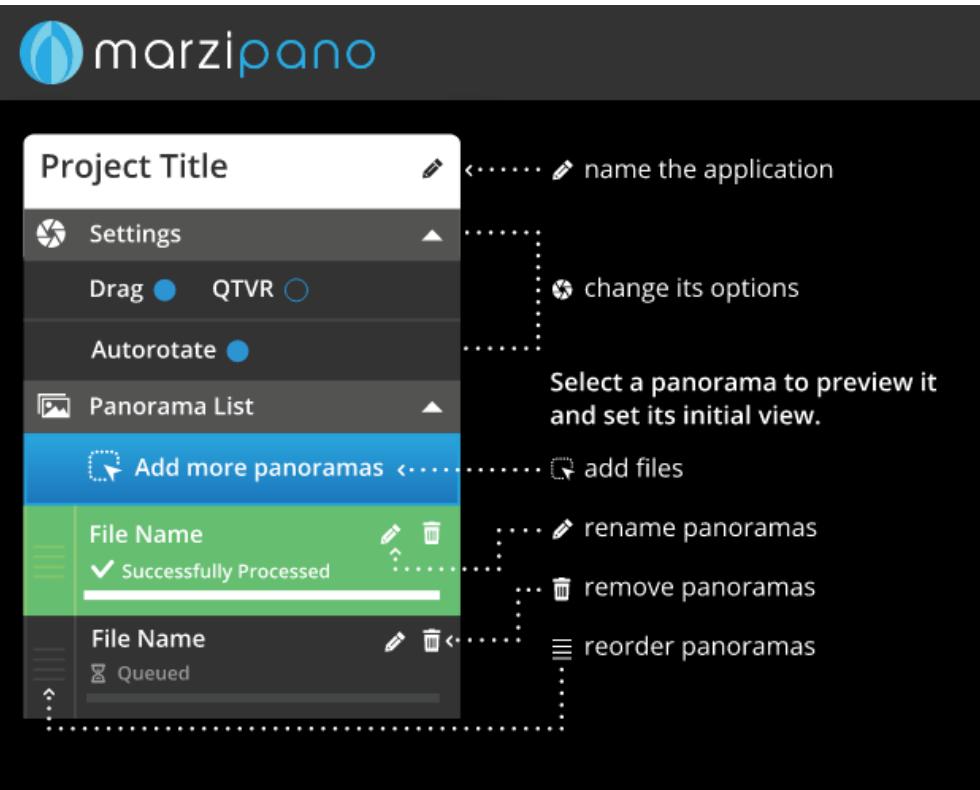


Link hotspot



Set initial view

Настроить показ экскурсии

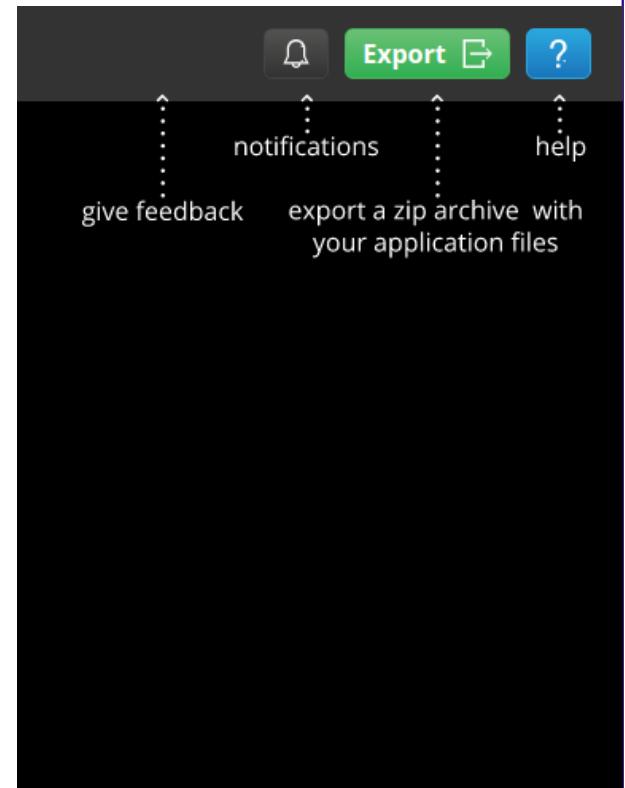


- Включить / выключить анимацию автоматического вращения (Autorotate) сцен, если нужно.
- Включить / выключить панель управления просмотром (View Control Buttons), если нужно.
- Включить / выключить кнопки переключения в полноэкранный режим (Fullscreen Button), если нужно.
- Выбрать режим управления просмотром с помощью мыши: Drag (удерживать и протягивать изображение в нужную сторону; выбрано по умолчанию) или QTVR (удержание и перемещение включает вращение в эту сторону с увеличивающейся скоростью).
- Можно попробовать оба режима и выбрать подходящий. Эти параметры можно будет изменить, редактируя файл данных проекта.

Сохранить проект

- Сохранить (Export) готовую виртуальную экскурсию в виде архива (например, с именем **VIRTUAL_TOUR.zip**) с сервера на локальный компьютер (в любую папку).

В архиве находится готовый web-сайт с виртуальной экскурсией. Это папка с подкаталогами, где находится всё необходимое для просмотра виртуальной экскурсии.



II. Развернуть проект

Извлечь файлы проекта из сохранённого архива в каталог, который будет размещён на web-сервере (например, `VIRTUAL_TOUR/`).

Просмотреть локально сохранённый проект можно с помощью web-сервера, запущенного на этом компьютере.

После редактирования содержимое каталога проекта нужно загрузить на web-сервер провайдера для доступа из сети Internet.

Проект: структура

Структура проекта:

```
LICENSE.txt          # лицензионные соглашения
README.txt          # как разместить проект на web-сервере
app-files/
    data.js        # каталог данных проекта
    index.html      # описание сцен, активных точек, переходов
    index.js        # главный файл VT
    style.css       # программа показа VT
    img/            # стилевая таблица для VT
    close.png,      # иконки для элементов управления просмотром:
    fullscreen.png,
    windowed.png,
    minus.png,      # иконки для элементов управления просмотром:
    plus.png,       # close.png, fullscreen.png, windowed.png,
    collapse.png,   # иконки для элементов управления просмотром:
    expand.png,     # minus.png, plus.png, collapse.png, expand.png,
    info.png,       # иконки для элементов управления просмотром:
    link.png,       # info.png, link.png, play.png, pause.png,
    play.png,       # down.png, left.png, right.png, up.png
    pause.png,      # down.png, left.png, right.png, up.png
    vendor/          # иконки для элементов управления просмотром:
    bowser.min.js    # программы для отображения VT:
    marzipano.js     # https://github.com/lancedikson/bowser
    reset.min.css    # просмотрищик
    screenfull.min.js # #
tiles/           # изображения для сцен VT
```

Проект: изменения и дополнения

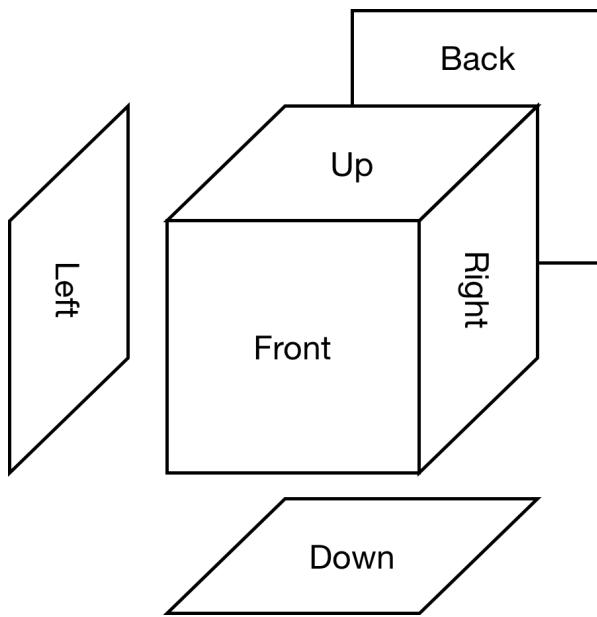
- Общие стилевые параметры (цвета, шрифты, ...) для всего проекта можно менять в файле `style.css`.
- Дополнительные стилевые таблицы (для отдельных сцен, элементов, эффектов) лучше располагать в подкаталоге `css/` и подключать их в `index.html`.
- Дополнительные программы на JavaScript лучше располагать в подкаталоге `js/` и подключать их в `index.html`.
- Дополнительные картинки и видео лучше располагать в подкаталогах `images/` и `video/`.

Проект: изображения панорам

```
app-files/                                # каталог данных проекта
...
tiles/                                    # изображения для сцен VT (панорам)
СЦЕНА/                                      # изображения для каждой сцены
    preview.jpg                               на сторону куба
    1/                                         # Z = уровни масштабирования: 1 = 1x512 px = 512x512
    2/                                         2 = 4 x 512 px = 1024 x 1024
    3/                                         3 = 16 x 512 px = 2048 x 2048
    b/                                         # F = стороны куба:
    d/                                         # Back - задняя
    f/                                         # Down - нижняя
    l/                                         # Front - передняя
    r/                                         # Left - левая
    u/                                         # Right - правая
    0/                                         # Up - верхняя
    1/                                         # Y = плитки
    2/                                         #
    3/0.jpg                                    # X = плитки
    1.jpg
    2.jpg
    3.jpg
```

Представление панорам

Marzipano Tool преобразует каждую сферическую панораму (равнопромежуточная проекция) в кубическую (набор фото с гранями куба). Это кубическая проекция (cubic projection) панорамы, разновидность прямолинейной проекции (rectilinear projection).



Панорамы хранятся в виде кубических сцен переменного масштаба (multi-resolution cube scene).

Изображения для сцен хранятся в подкаталоге `tiles/` в виде "плиток" в файлах с именами:

`СЦЕНА/{Z}/{F}/{Y}/{X}.jpg`

`{Z}` – уровень масштабирования (Zoom level)

`{F}` – грань куба (cube Face):

`f=front, b=back, u=up, b=bottom, l=left, r=right`

`{Y}, {X}` – координаты на грани куба:

каждая грань разделена на области ("плитки"),
в которых отсчёт ведётся с верхнего левого угла
с координатами `x=0, y=0`

При необходимости можно преобразовать грани кубической панорамы (cubefaces) обратно в равнопромежуточную проекцию с помощью программ для редактирования панорамных снимков (PTgui, hugin или в online-конверторе).

III. Редактировать проект

В файле `data.js` хранится описание данных для виртуальной экскурсии в виде структуры (ассоциативного массива) **APP_DATA**:

```
var APP_DATA = {
    "scenes": [
        {
            "id": "0-20210421_142840_403", // идентификатор сцены
            "name": "Комната", // заголовок сцены
            "levels": [ ... ], // описание уровней масштабирования
            "faceSize": 1520, // размер граней
            "initialViewParameters": { ... }, // параметры начальной точки зрения
            "linkHotspots": [ ... ], // список точек переходов
            "infoHotspots": [ ... ] // список активных точек
        },
    ],
    "name": "Project Title", // название проекта
    "settings": { // свойства проекта:
        "mouseViewMode": "drag", // режим управления просмотром: drag или qtvr
        "autorotateEnabled": false, // авто-вращение сцен
        "fullscreenButton": false, // включение полноэкранного режима
        "viewControlButtons": true // кнопки управления просмотром
    }
};
```

Проект: активные точки

Можно добавлять новые активные точки (информационные, навигационные), а также менять точку начального взгляда на сцену (initial view). Для этого можно добавлять (или изменять) описания для каждой сцены в файле `data.js`:

```
"infoHotspots": [ // массив информационных активных точек
    { "yaw": 3.0792640548351304, "pitch": -0.04789536550282136, "title": "Forward", "text": "0" },
    { "yaw": -0.0725504137903954, "pitch": 0.15641731276723014, "title": "Backward", "text": "+-180" },
    { "yaw": 1.714122673423165, "pitch": -0.08363468835215215, "title": "Left", "text": "-90" },
    { "yaw": -1.5557253922896628, "pitch": -0.03494268864912797, "title": "Right", "text": "+90" },
    { "yaw": -1.6111639177515258, "pitch": -1.2557055901147134, "title": "Up", "text": "+90" },
    { "yaw": -1.1958566668226602, "pitch": 1.5162814631504489, "title": "Down", "text": "-90" }
],
"linkHotspots": [ // массив активных точек для переходов между сценами
    { "yaw": -1.9208958271893906, "pitch": 0.22920280610912158, "rotation": 0, "target": "ID-другой-сцены" },
],
"initialViewParameters": { // исходная точка взгляда на сцену
    "yaw": 3.0792640548351304,
    "pitch": -0.04789536550282136,
    "fov": 1.2931748685762743
},
```

Проект: координаты

Координаты:

"**yaw**" = координата X, горизонталь (меньше = левее)

"**pitch**" = координата Y, вертикаль (меньше = выше)

Значения параметров "**yaw**", "**pitch**" и "**fov**" задаются в радианах.

Чтобы узнавать координаты точек, указывая их на экране при просмотре сцены, можно временно вставить в файл **index.js** обработку события (нажатия на кнопку мыши) для объекта **pano**:

```
//+++++++
document.getElementById('pano').addEventListener('click', function(e) {
  console.log(view.screenToCoordinates({ x: e.clientX, y: e.clientY }));
});
//++++++
```

перед исходным текстом:

```
  return { data: data, scene: scene, view: view };
});
```

тогда в консоль браузера будут выводиться координаты указанной мышью точки с максимальной точностью.

Проект: переходы

Чтобы в ссылках на виртуальную экскурсию делать переход сразу на нужную сцену, например, на № 8 (начиная с 0)

 Комната

нужно в самый конец файла **index.js** добавить извлечение номера сцены из URL и переключение на сцену с этим номером. Код должен выглядеть так:

```
//+++++
var paNo = parseInt(window.location.href.split("#")[1]);
if (paNo === undefined || isNaN(paNo) || paNo < 0 || paNo >= scenes.length)
{ paNo = 0; }
//++++

// Display the initial scene.
switchScene(scenes[paNo]); // было: switchScene(scenes[0]);

})();
```

Так можно перейти на внешнюю страницу, а потом вернуться на нужную сцену в виртуальной экскурсии.

IV. Эффекты, трансформации

Эффекты делаются при помощи функций на JavaScript и трансформаций, описанных в CSS, в таком порядке:

1. Добавить описание новой активной точки (например, `reveal`) в `index.html` в виде `<div>`:

```
<!-- Показать содержимое при наведении указателя мыши. -->
<div id="reveal">
  
  <div class="reveal-content">
    
    <p>Текстовое описание, которое появится.</p>
  </div>
</div>
```

2. Подключить стилевую таблицу с описанием трансформаций в `index.html`:

```
<link rel="stylesheet" href="css/reveal.css">
```

Проект: эффекты, трансформации

3. Добавить новую активную точку для конкретной сцены в `index.js`:

```
//+++++  
if (data.id == '5-4-20210421_135836_826') { // ид.сцены, куда добавить hotspot  
    scene.hotspotContainer().createHotspot()  
document.querySelector("#reveal"), { yaw: 0.75, pitch: 0.002 });  
}  
//+++++
```

перед исходным текстом:

```
    return { data: data, scene: scene, view: view };  
});
```

4. При необходимости подключить вспомогательные функции для этой активной точки в `index.html`:

```
<script src="js/reveal.js"></script>
```

Стилевую таблицу для эффекта "`reveal`" (появление картинки и текста при активации точки с иконкой фотокамеры) можно взять из примера

marzipano/demos/hotspot-styles/css/reveal.css.

Схожим образом можно добавлять любые другие эффекты, обрабатывая события в функциях на JavaScript.

V. Добавить внешний ресурс к VT

Иногда нужно временно выйти из виртуальной экскурсии, перейти к другим ресурсам, а потом вернуться обратно в виртуальную экскурсию.

Например, пройти тест или выполнить задание в виде простой компьютерной игры.

0. Игру, сделанную на Unity, можно экспортировать как проект на WebGL: это будет каталог (например, `js/`), в котором находятся:

```
js/
    index.html
    Build/
        js.loader.js          # потом переименуем его в unity/
        js.data.br            # страница с контейнером для игры
        js.framework.js.br   # игра на WebGL
        js.wasm.br            # загрузчик игры на JavaScript
        js.data.br            # данные для игры, сжатые архиватором brotli
        js.framework.js.br   # движок игры, сжатый архиватором brotli
        js.wasm.br            # код на WebAssembly, сжатый архиватором brotli
    TemplateData/
        style.css             # стилевая таблица и изображения
        favicon.ico, fullscreen-button.png
        progress-bar-empty-dark.png, progress-bar-empty-light.png,
        progress-bar-full-dark.png, progress-bar-full-light.png,
        unity-logo-dark.png, unity-logo-light.png, webgl-logo.png
```

Проект: добавить hot-point для ресурса

1. Чтобы добавить экспортированную игру на WebGL в виртуальную экскурсию, нужно в каталог виртуальной экскурсии `VIRTUAL_TOUR/` поместить подкаталог с этой игрой, переименовав его, например, в из `js/` в `unity/`

Вызов игры из виртуальной экскурсии делается через добавление ещё одной активной точки.

2. Сначала нужно создать элемент для активной точки в `index.html` у виртуальной экскурсии. Например, гиперссылку с изображением, нажатие на которую, активирует переход на страницу загрузки игры:

```
<div id="unity">
<a href="#" onclick="unity_load();">
  
</a>
</div>
```

Проект: обратиться к внешнему ресурсу

3. Функцию на JavaScript, в которой происходит вызов игры лучше разместить отдельном файле (и подключить его в `index.html`):

```
function unity_load() {  
    // подготовительные действия, если нужно  
    document.location = "unity/index.html";  
}
```

4. Добавить активную точку в определённое место нужной сцены, отредактировав файл `index.js`

```
if (data.id == 'ИДЕНТИФИКАТОР СЦЕНЫ') {  
    scene.hotspotContainer().  
    createHotspot(document.querySelector("#unity"), { yaw: 4.1, pitch: -0.2 });  
}
```

5. Чтобы организовать возврат игры в виртуальную экскурсию нужно добавить ссылку на файл `index.html` с указанием номера сцены, в который нужно вернуться: #0 - это 1-я сцена по порядку:

```
<a href="../index.html#0">Вернуться к экскурсии</a>
```

Изменения стиля у страницы загрузки игры можно делать в `unity/TemplateData/style.css` или подключить свою стилевую таблицу в `unity/index.html`.

Ссылки:

Программы для VT

- The Best 10 Free and Open-Source Virtual Tour Software Solutions
- The Best Virtual Tour Software for Beginners (FULL Tutorial) (русские субтитры)
- Build Virtual Tours of Houses and Parks with Open Source Software
- Virtual Tour Software: > 70 products
- Обзор программ для просмотра панорамного видео 360° на компьютере
- 360° JavaScript Viewers – сравнение: описание и примеры

Панорамы

- Примеры панорам @ marzipano.net
- 3 примера @ marzipano.net + демо активных элементов с исходниками
- Marzipano: HotSpots
- Jeffrey Martin - Founder of Mosaic, 360 Cities and Sphericam
- Гигапиксельные панорамы знаменитых городов
- Панорамы городов мира @ 360cities.net

Теория и практика

- Кубическая проекция (на английском)
- Кубическое представление (на английском)
- Кубическая текстура (на русском)
- Прямолинейная проекция (на английском)
- Сферические проекции видео (на английском)
- Равнопромежуточная проекция (на русском)
-
- Демонстрация плоскостей куба, координат, масштабирования в Marzipano
- Пример панорамы с огромным масштабированием в Marzipano
- Обратное преобразование кубической панорамы в сферическую online

Съёмка и работа в Marzipano

- Как сделать видео 360 градусов: пошаговая инструкция
- How to Create a Virtual Tour with Any 360 Camera: Full Guide (русские субтитры)
- High-Quality Virtual Tours With FREE Software (английские субтитры)
- Hugin – отличная бесплатная программа для создания панорам
- Редактор панорам PTgui
- **Online-редактор "Marzipano Tool"**
- Marzipano: A New 360° Viewer | Manuel Cabral @ IVRPA Prague 2015 Conference
- Документация (на английском, краткая)
- Исходники
- Справочник для программиста (на английском)
- Краткая пошаговая инструкция по Marzipano (на английском)
- Marzipano 360 Workflow (видео-инструкция на английском)
- Форум по Marzipano в Google.Groups
- Запросы к разработчикам на GitHub
- Вопросы и ответы на StackOverflow

Изменение проекта

- Как применить 360 изображения с Marzipano и Insta360 (на английском)
- Как изменить стили и свойства активных точек
- Styling Marzipano hotspot container? #307
- Adding Hotspot Styles to Tours with multiple panoramas
- how to add hotspotcontainers in different scenes #359
- Panorama integrated hotspots/interactions possible? #974
- Switch a scene from the index.html file
- Dynamically add a new hotspot to a scene
- Activation of a hotspot staring at it
- Adding Social Media Buttons to a Marzipano Tour
- Примеры стилей активных точек @ marzipano.net
- Примеры переходов между сценами @ marzipano.net
- Встроенное плоское видео @ marzipano.net
- Трансформации в учебнике по CSS (на русском)

Спасибо всем, кто
создавал и дорабатывал
Marzipano,
применял его и
документировал
работу с ним.