



# Определение

Текстура (texture) — массив данных (одномерный или многомерный). Элементом текстуры (texture element) является тексел (texel). При рендеринге 3D-объекта тексели из текстуры преобразуются в пиксели на экране. Например, текстура может содержать характеристики цвета (RGB).

2024-12-16

Слайны

Определение

Определение

Текстура (texture) — массив данных (одномерный или многомерный). Элементом текстуры (texture element) является тексел (texel). При рендеринге 3D-объекта тексели из текстуры преобразуются в пиксели на экране. Например, текстура может содержать характеристики цвета (RGB).

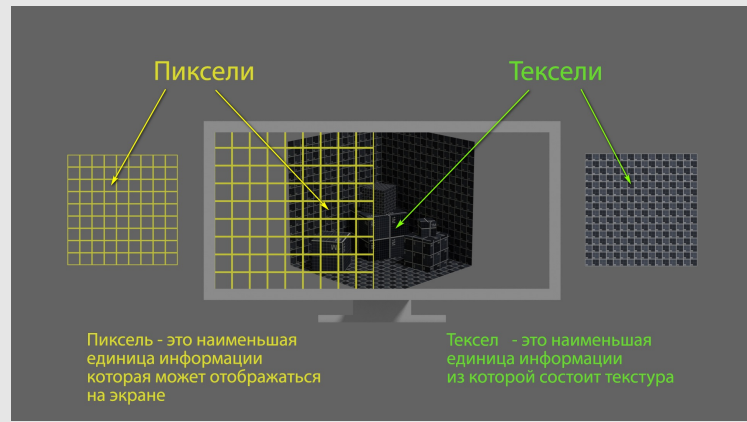


Рис. 1: Процесс преобразования текселей в пиксели на экране

# Текстурное отображение (Texture Mapping)

Texture Mapping (текстурное отображение) — процесс проецирования текстуры (2D-изображения) на поверхность 3D-объекта. Этот процесс устанавливает связь между координатами объекта (в 3D-пространстве) и координатами текстуры (в 2D-пространстве) посредством определения соответствия участков текстуры для каждой точки поверхности объекта.

В качестве дополнительного атрибута для каждой вершины объекта, имеющей координаты, указывается текстурные координаты (или UV-координаты).

Примечание.

Генерацию UV-развертки для объекта можно выполнить автоматически, например, с помощью редактора blender.

2024-12-16

Слайны

└─ Текстурное отображение (Texture Mapping)

Текстурное отображение (Texture Mapping)

Texture Mapping (текстурное отображение) — процесс проецирования текстуры (2D-изображения) на поверхность 3D-объекта. Этот процесс устанавливает связь между координатами объекта (в 3D-пространстве) и координатами текстуры (в 2D-пространстве) посредством определения соответствия участков текстуры для каждой точки поверхности объекта. В качестве дополнительного атрибута для каждой вершины объекта, имеющей координаты, указывается текстурные координаты (или UV-координаты).  
Примечание.  
Генерацию UV-развертки для объекта можно выполнить автоматически, например, с помощью редактора Blender.

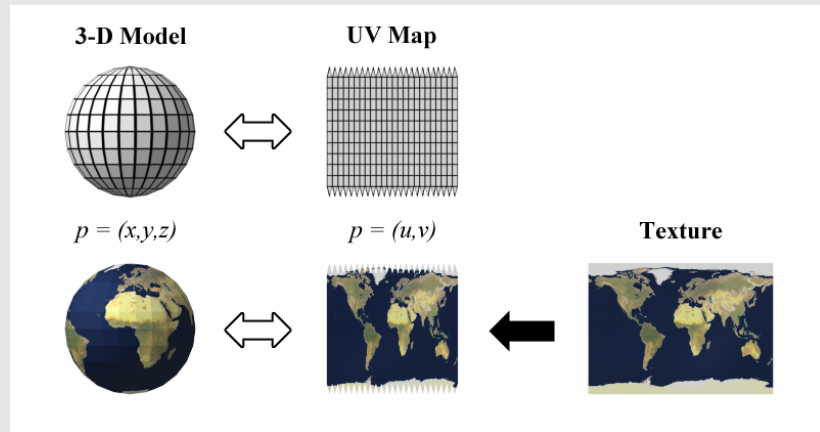


Рис. 2: uv-развертка (uv-mapping)

Texture Sampling (сэмплирование) — процесс извлечения данных из текстуры (например, цвета или других атрибутов) в заданной точке на основе интерполированных UV-координат, которые были рассчитаны автоматически на этапе растеризации.



Рис. 3: Схема наложения текстуры на поверхность объекта

## Эффект ступенчатости

## Aliasing

Термин "aliasing" (ступенчатость) происходит от слова "alias" в английском языке, которое означает "псевдоним" или "иное имя".

В компьютерной графике, ступенчатость возникает, когда высокочастотные детали изображения (например, тонкие линии или края) не могут быть правильно представлены на низкочастотной сетке пикселей. Это приводит к появлению артефактов в виде ступенчатости или "псевдонимов" вдоль краев объектов.

Antialiasing (сглаживание) — техника в компьютерной графике, направленная на уменьшение ступенчатости (или зубчатости) на изображениях, особенно заметной на краях объектов или диагоналях.

Ступенчатость возникает из-за ограниченного числа пикселей, используемых для представления изображения, что может создавать впечатление неровных и недостаточно гладких линий. Антиалиасинг достигается путем размытия переходов между цветами на краях объектов. Это может быть выполнено различными методами, включая сглаживание, суперсэмплирование и другие.

## Сплайны

## Эффект ступенчатости

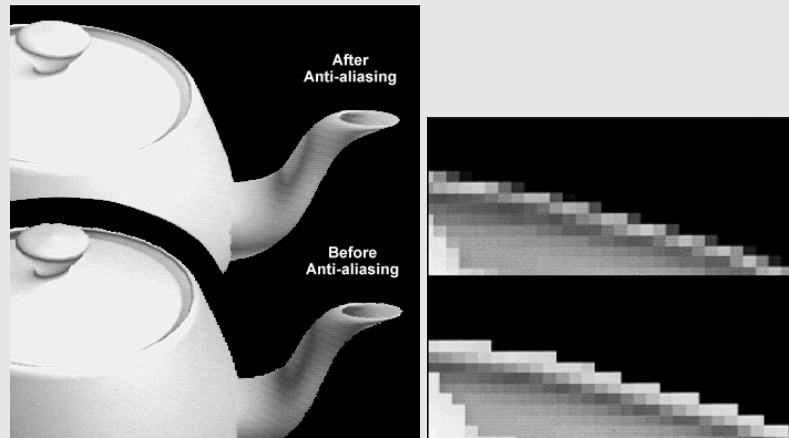


Рис. 4: Пример эффекта ступенчатости

# Способы наложения текстур

- 1 Метод ближайшего соседа (Nearest-Neighbour Method) (без фильтрации)
- 2 билинейная фильтрация (Bilinear Filtering)
- 3 бикубическая фильтрация
- 4 трилинейная фильтрация (Trilinear Filtering)
- 5 анизотропная фильтрация (Anisotropic Filtering)

Примечание.  
Используется аппаратно-программная поддержка.

2024-12-16

Слайны

## Способы наложения текстур

Способы наложения текстур

- 1 Метод ближайшего соседа (Nearest-Neighbour Method) (без фильтрации)
- 2 билинейная фильтрация (Bilinear Filtering)
- 3 бикубическая фильтрация
- 4 трилинейная фильтрация (Trilinear Filtering)
- 5 анизотропная фильтрация (Anisotropic Filtering)

Примечание.  
Используется аппаратно-программная поддержка.

# Метод ближайшего соседа

## Nearest-Neighbour Method

Метод ближайшего соседа — основан на ступенчатой интерполяции. Этот метод использует значения самого близкого пикселя для вычисления нового значения после масштабирования. Когда изображение масштабируется в больший размер, каждый новый пиксель получает значение из ближайшего пикселя в оригинальном изображении. Аналогично, при уменьшении размера каждый новый пиксель получает значение из ближайшего пикселя, что может быть менее точным представлением данных. Вот примеры использования:

- 1 Приложения с низкими требованиями к производительности.

2024-12-16

### Слайны

#### └ Метод ближайшего соседа

Метод ближайшего соседа — основан на ступенчатой интерполяции. Этот метод использует значения самого близкого пикселя для вычисления нового значения после масштабирования. Когда изображение масштабируется в больший размер, каждый новый пиксель получает значение из ближайшего пикселя в оригинальном изображении. Аналогично, при уменьшении размера каждый новый пиксель получает значение из ближайшего пикселя, что может быть менее точным представлением данных. Вот примеры использования:

- Приложения с низкими требованиями к производительности.

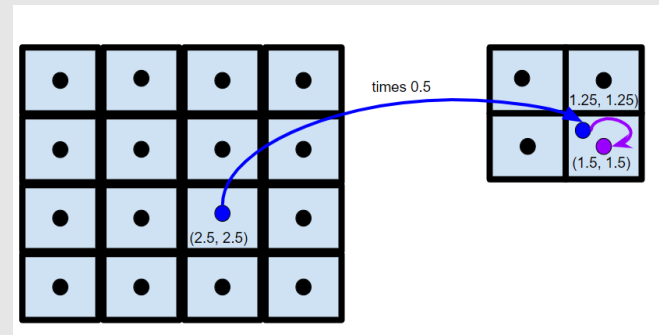


Рис. 5: Пример текстуры

# Текстурная фильтрация

## Texture Filtering

Фильтрации основаны на интерполяции

Билинейная фильтрация — метод фильтрации текстур в компьютерной графике, используемый для улучшения качества отображения текстур при масштабировании. Этот метод предназначен для устранения ступенчатости и артефактов, которые могут возникнуть при изменении размера текстур.

Бикубическая фильтрация — метод фильтрации, используемый в компьютерной графике, который обеспечивает более точное и качественное увеличение изображений и текстур по сравнению с билинейной фильтрацией. Этот метод часто применяется при изменении размера изображений.

Основная идея бикубической фильтрации заключается в том, чтобы использовать значения не только ближайших пикселей, как в билинейной фильтрации, но и значения соседних пикселей, чтобы создать более гладкие и точные результаты.

Алгоритм использует кубические полиномы для интерполяции значений пикселей.

2024-12-16

Слайны

Текстурная фильтрация

Текстурная фильтрация  
Texture Filtering

Фильтрация основана на интерполяции. Билинейная фильтрация — метод фильтрации текстур в компьютерной графике, используемый для улучшения качества отображения текстур при масштабировании. Этот метод предназначен для устранения ступенчатости и артефактов, которые могут возникнуть при изменении размера текстур. Бикубическая фильтрация — метод фильтрации, используемый в компьютерной графике, который обеспечивает более точное и качественное увеличение изображений и текстур по сравнению с билинейной фильтрацией. Этот метод часто применяется при изменении размера изображений. Основная идея бикубической фильтрации заключается в том, чтобы использовать значения не только ближайших пикселей, как в билинейной фильтрации, но и значения соседних пикселей, чтобы создать более гладкие и точные результаты. Алгоритм использует кубические полиномы для интерполяции значений пикселей.



Рис. 6: Сравнение фильтраций: метод ближайшего соседа (слева) и билинейная фильтрация (справа)



Mipmap (Multum In Parvo, т.е. многое в малом) представляет собой предварительно созданный набор изображений с разными разрешениями исходной текстуры. Каждое последующее изображение в этом наборе имеет размер в половину (или в другой пропорции) меньший, чем предыдущее. Таким образом, создается иерархия текстур, где каждый уровень представляет собой изображение с определенным уровнем детализации. Использование такой текстуры позволяет избежать артефактов, таких как мерцание и дрожание текстур на дальних объектах, и в то же время повысить производительность при рендеринге.



Рис. 7: Mip-текстура

# Трилинейная фильтрация

## Trilinear Filter

Трилинейная фильтрация — техника фильтрации текстур в компьютерной графике, предназначенная для улучшения качества отображения при масштабировании текстур на различных расстояниях и углах обзора.

Трилинейная фильтрация включает в себя два этапа фильтрации:

- 1 Мipтар фильтрация. Выбор подходящего уровня mipmap в зависимости от расстояния до объекта.
- 2 Билинейная фильтрация. Интерполяция значений внутри выбранного уровня mipmap.

Трилинейная фильтрация обеспечивает более гладкое и качественное отображение текстур, особенно при масштабировании, так как она учитывает как изменения масштаба, так и углы обзора.

Недостаток такой техники заключается в том, что все цвета вдалеке сильно смешиваются.

## Слайны

2024-12-16

## Трилинейная фильтрация

### Трилинейная фильтрация

Trilinear Filter

Трилинейная фильтрация — техника фильтрации текстур в компьютерной графике, предназначенная для улучшения качества отображения при масштабировании текстур на различных расстояниях и углах обзора.

Трилинейная фильтрация включает в себя два этапа фильтрации:

- 1 Мipтар фильтрация. Выбор подходящего уровня mipmap в зависимости от расстояния до объекта.
- 2 Билинейная фильтрация. Интерполяция значений внутри выбранного уровня mipmap.

Трилинейная фильтрация обеспечивает более гладкое и качественное отображение текстур, особенно при масштабировании, так как она учитывает как изменения масштаба, так и углы обзора. Недостаток такой техники заключается в том, что все цвета вдалеке сильно смешиваются.

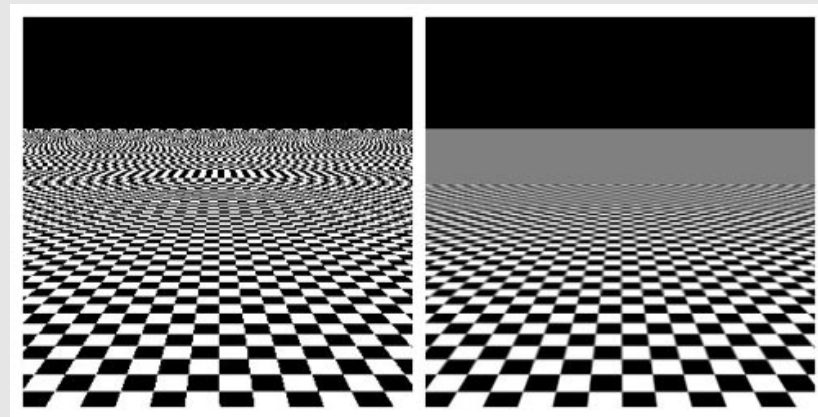


Рис. 8: Сравнение методов фильтрации: билинейной (слева) и трилинейной (справа)

# Анизотропная фильтрация

## Anisotropic Filtering (with Mipmaps)

Анизотропная фильтрация — техника в компьютерной графике, применяемая к текстурам для улучшения качества отображения при различных углах обзора. Эта техника особенно полезна при работе с текстурами, которые наклонены под разными углами или отображаются под разными ракурсами. Фактически убирает размытие при смешивании за счет того, что работает в трех измерениях.

2024-12-16

Слайны

└ Анизотропная фильтрация

Анизотропная фильтрация  
Anisotropic Filtering (with Mipmaps)

Анизотропная фильтрация — техника в компьютерной графике, применяемая к текстуре для улучшения качества отображения при различных углах обзора. Эта техника особенно полезна при работе с текстурами, которые наклонены под разными углами или отображаются под разными ракурсами. Фактически убирает размытие при смешивании за счет того, что работает в трех измерениях.

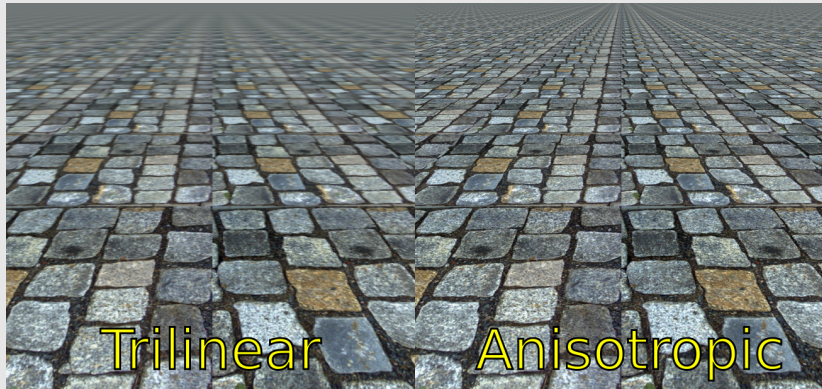


Рис. 9: Сравнение методов фильтрации: трилинейной (слева) и анизотропной (справа)

# Классификация

## Основные виды

- 1 Исходные изображения;
- 2 MIP-текстуры;
- 3 Процедурные текстуры.

## Специализированные

- 1 Карта нормалей (Normal Map);
- 2 Карта высот (Height Map);
- 3 Карта окклюзии (Ambient Occlusion Map);
- 4 Карта тени (Shadow Map);
- 5 Карта смешивания (Blend Map);

2024-12-16

Слайны

## Классификация

Эффект наложения текстур на полигональные модели привел к большому прорыву.

До сих пор использование текстур является основой для построения реалистичного изображения.

Классификация

Основные виды

- Исходные изображения;
- MIP-текстуры;
- Процедурные текстуры.

Специализированные

- Карта нормалей (Normal Map);
- Карта высот (Height Map);
- Карта окклюзии (Ambient Occlusion Map);
- Карта тени (Shadow Map);
- Карта смешивания (Blend Map);

# Процедурные текстуры

Процедурные текстуры — текстуры, которые генерируются алгоритмически, а не создаются вручную или с помощью изображений. Они используют математические функции и алгоритмы для создания деталей, шумов, узоров и других характеристик текстуры. Этот подход позволяет создавать бесконечные и вариативные текстуры, которые могут быть адаптированы под различные условия и среды.

Примеры процедурных текстур:

- 1 Шум Перлина (Perlin Noise)
- 2 Фрактальные текстуры
- 3 Текстуры шероховатости
- 4 Марблинг и деревообразные текстуры

Преимущество процедурных текстур заключается в их гибкости, возможности легкой настройки и создания уникальных вариантов текстур без необходимости хранения больших файлов изображений.

2024-12-16

Слайны

## Процедурные текстуры

### Процедурные текстуры

Процедурные текстуры — текстуры, которые генерируются алгоритмически, а не создаются вручную или с помощью изображений. Они используют математические функции и алгоритмы для создания деталей, шумов, узоров и других характеристик текстуры. Этот подход позволяет создавать бесконечные и вариативные текстуры, которые могут быть адаптированы под различные условия и среды.

Примеры процедурных текстур:

- 1 Шум Перлина (Perlin Noise)
- 2 Фрактальные текстуры
- 3 Текстуры шероховатости
- 4 Марблинг и деревообразные текстуры

Преимущество процедурных текстур заключается в их гибкости, возможности легкой настройки и создания уникальных вариантов текстур без необходимости хранения больших файлов изображений.

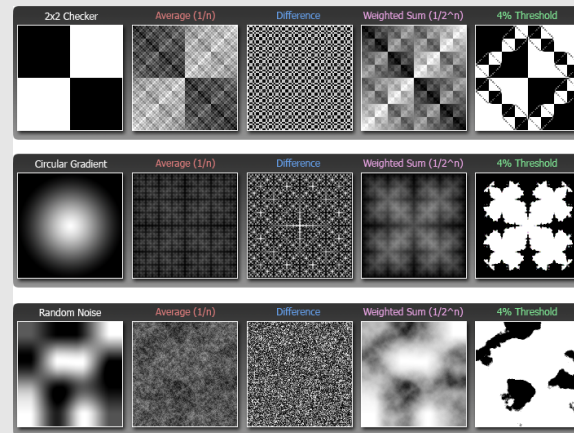


Рис. 10: Процедурные текстуры

# Специализированные текстуры

## 1 Карта нормалей (Normal Map)

Используется для добавления деталей к поверхности объекта, не увеличивая количество полигонов. Цвет каждого пикселя карты нормалей представляет собой вектор, указывающий направление нормали к поверхности в данной точке.

## 2 Карта высот (Height Map)

Используется для создания рельефности поверхности. Значения яркости пикселей определяют высоту соответствующих точек на поверхности объекта.

### Этапы запекания (baking) текстур

- 1 Создание из исходной (высокополигональной) модели низкополигональную модель путем отбрасывания вершин, сохраняя общие очертания модели.
- 2 Создание uv-развертки для низкополигональной модели.
- 3 Выбор тип карты для запекания и создание текстуры, куда будет сохранять результат.
- 4 Выполнить запекание, указав нужные параметры.

2024-12-16

## Слайны

### Специализированные текстуры

Специализированные текстуры

- 1 Карта нормалей (Normal Map)  
Используется для добавления деталей к поверхности объекта, не увеличивая количество полигонов. Цвет каждого пикселя карты нормалей представляет собой вектор, указывающий направление нормали к поверхности в данной точке.
- 2 Карта высот (Height Map)  
Используется для создания рельефности поверхности. Значения яркости пикселей определяют высоту соответствующих точек на поверхности объекта.

Этапы запекания (baking) текстур

- 1 Создание из исходной (высокополигональной) модели низкополигональную модель путем отбрасывания вершин, сохраняя общие очертания модели.
- 2 Создание uv-развертки для низкополигональной модели.
- 3 Выбор тип карты для запекания и создание текстуры, куда будет сохранять результат.
- 4 Выполнить запекание, указав нужные параметры.

Примечание. Позволяет сохранить высокую детализацию, минимизируя вычислительные затраты

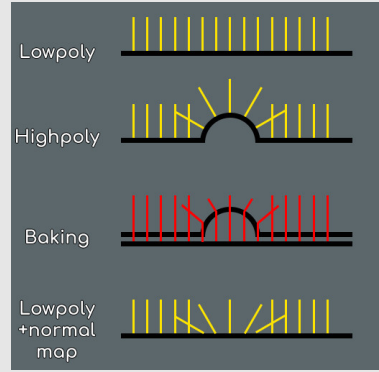


Рис. 11: Схема процесса запекания текстур

# Специализированные текстуры

связанные с тенями

- 1 Карта окружающего затенения (Ambient Occlusion Map)  
Описывает, насколько освещен каждый пиксель, учитывая его окружение. Темные области могут указывать на близость объектов или узкие пространства, где освещение ограничено.
- 2 Карта теней (Shadow Map)  
Используется для определения областей, находящихся в тени.

Примечание.

Текстура, в которой хранятся тени от рассеянного света, содержит оттенки серого.

Подходит для сцены с неподвижными источниками света.

Разделение необходимо в случае изменения степени освещенности сцены.

2024-12-16

Слайны

## Специализированные текстуры

Специализированные текстуры  
связанные с тенями

- 1 Карта окружающего затенения (Ambient Occlusion Map)  
Описывает, насколько освещен каждый пиксель, учитывая его окружение. Темные области могут указывать на близость объектов или узкие пространства, где освещение ограничено.
- 2 Карта теней (Shadow Map)  
Используется для определения областей, находящихся в тени.

Примечание.  
Текстура, в которой хранятся тени от рассеянного света, содержит оттенки серого.  
Подходит для сцены с неподвижными источниками света.  
Разделение необходимо в случае изменения степени освещенности сцены.

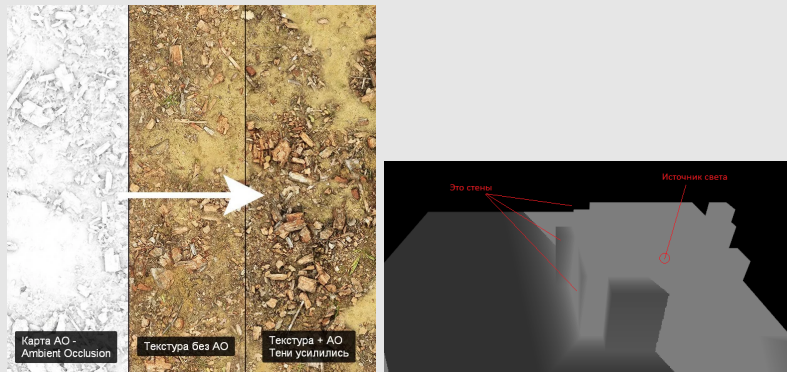


Рис. 12: Специализированные текстуры: Карта окружающего затенения (слева) и карта теней (справа)

# Специализированные текстуры

- 1 Карта смешивания (Blend Map)  
Применяется для смешивания нескольких текстур в зависимости от определенных условий. Например, можно использовать карту смешивания для определения, где на объекте применять текстуру травы, а где текстуру камня.



Рис. 13: Проблема при смешивании

2024-12-16  
Слайны

## Специализированные текстуры

Специализированные текстуры

Карта смешивания (Blend Map)  
Применяется для смешивания нескольких текстур в зависимости от определенных условий. Например, можно использовать карту смешивания для определения, где на объекте применять текстуру травы, а где текстуру камня.




Рис. 13 Проблема при смешивании

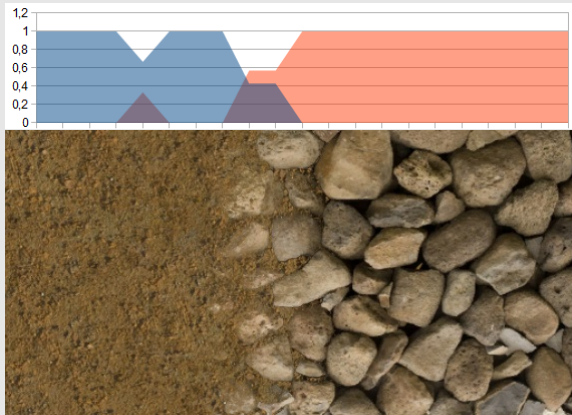


Рис. 14: Карта смешивания и результат



## Литература

- 1 Procedural Textures
- 2 Displaying Textures on the Screen
- 3 Texture Coordinates
- 4 Anti-Aliasing
- 5 Nearest Neighbour Interpolation
- 6 Viewport Texturing Filtering
- 7 Normal and Displacement Mapping
- 8 Baking Normal Maps
- 9 Что такое Ambient Occlusion
- 10 Shadow Mapping
- 11 Смешивание текстур ландшафта

- 1 Procedural Textures
- 2 Displaying Textures on the Screen
- 3 Texture Coordinates
- 4 Anti-Aliasing
- 5 Nearest Neighbour Interpolation
- 6 Viewport Texturing Filtering
- 7 Normal and Displacement Mapping
- 8 Baking Normal Maps
- 9 Что такое Ambient Occlusion
- 10 Shadow Mapping
- 11 Смешивание текстур ландшафта