

УДК 004.9

# ГЕНЕРАЦИЯ ЛАНДШАФТА НА ОСНОВЕ ВОКСЕЛЕЙ

**КОМРАКОВА ЕВГЕНИЯ ВЛАДИМИРОВНА,**

старший преподаватель

**МОРОЗЬКО ИЛЬЯ ВАЛЕРЬЕВИЧ**

студент

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

**Аннотация:** целью работы является разработка технологии генерации ландшафта, который можно использовать для игровых приложений и симуляций. В статье рассмотрена технология построения вокселей и возникающие проблемы при работе с ними, приведено одно из возможных решений с разделением генерируемой поверхности ландшафта на отдельные области. Изложены результаты эксперимента, в ходе которого было разработано приложение, демонстрирующее простейшую реализацию генерации ландшафта на основе вокселей с разделением генерируемой поверхности на куски.

**Ключевые слова:** трехмерное моделирование, виртуальный ландшафт, карта высот, алгоритм математического «шума», воксель.

## VOXEL-BASED LANDSCAPE GENERATION

**Komrakova Evgenia Vladimirovna,**

**Marozka Ilya Valeryevich**

**Abstract:** The purpose of the paper is to develop landscape generation technology, which can be used for game applications and simulations. The article considers voxel generation technology and problems arising while working with it, one of the possible solutions with division of the generated landscape surface into separate areas is given. The results of an experiment, during which an application demonstrating the simplest implementation of voxel-based landscape generation with splitting the generated surface into chunks was developed, are given.

**Key words:** three-dimensional modeling, virtual landscape, elevation map, mathematical “noise” algorithm, voxel.

Одной из задач компьютерного моделирования является моделирование или генерация виртуального ландшафта, на которой строятся различные виртуальные сцены. В настоящее время такие виртуальные ландшафты используются в различных видах контента: видеоиграх, фильмах, мультфильмах, обучающих программах и симуляциях.

В случае с генерацией виртуального рельефа на основе вокселей генерируется поверхность, состоящая из вокселей, который является аналогом пикселя, но в трёхмерном пространстве.

Одним из алгоритмов генерации ландшафта может быть алгоритмом генерации шумов. Данные, генерируемые алгоритмами генерации шума, могут быть использованы напрямую для генерации виртуального ландшафта или для генерации карты высот [1, с. 94]. Карта высот – это изображение, которое может быть использовано для сохранения высоты каждой точки ландшафта в виде набора пикселей.

Модель виртуального ландшафта строится путём наложения нескольких уровней шума поверх друг друга, частота каждого из которых увеличивается, а амплитуда – уменьшается относительно

предыдущего уровня шума. Такая процедура позволяет создавать более детализированные и натурально выглядящие карты высот (рис. 1).

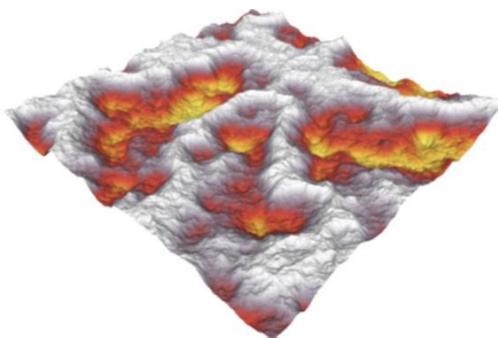


Рис. 1. Пример генерации ландшафта из карты высот

Применение методов вокселизации позволяет модифицировать ландшафт, создавая измененный или совершенно новый ландшафт из старого на основе генерации контента. Такая ускоренная модификация ландшафта приводит к значительному повышению адаптивности, интерактивности и скорости информационного взаимодействия объектов виртуального мира.

Одной из проблем, возникающей при использовании генерации ландшафта на основе вокселей, является объём памяти, необходимый для хранения данных о каждом вокселе. Решением данной проблемы может стать хранение не всех вокселей, а готового меша, который можно создать из сгенерированных вокселей, удаляя невидимые для пользователя полигоны.

Однако данный способ не подходит для процедурной генерации ландшафта, так как невозможно хранить теоретически бесконечный мир (или просто очень большой) в памяти компьютера. Решением данной проблемы может стать чанк. Чанк (англ. chunk – кусок) – ограниченная область бесконечного ландшафта, который генерируется отдельно. Если генерировать отдельные ограниченные участки бесконечного ландшафта, которые в данный момент может наблюдать пользователь, то можно избежать проблемы переполнения памяти. В данном случае в памяти компьютера будут храниться координаты чанка в мировом пространстве и созданный меш. Размеры чанков можно подобрать оптимальным образом, чтобы уменьшить их общее количество и вес одного чанка. Также для оптимизации меша необходимо смотреть расположение соседних вокселей в соседних чанках, чтобы убрать невидимые полигоны из генерируемого меша.

Для генерации ландшафта необходимо создать карту высот на основе математического шума. Для примера создания ландшафта был использован шум Перлина [2].

Цвет полученных пикселей интерпретировался как максимальная высота вокселя в данном участке трёхмерного пространства по координате Y. Далее для каждого участка создаваемой поверхности была построена трёхмерная матрица, индекс которой соотносится с конкретным вокселем в трёхмерном пространстве данного участка. Полученная матрица вокселей далее использовалась для создания меша для каждого участка. В список вершин и индексов для отрисовки полигонов участка рельефа заносили только те, что будут видны для пользователя при отрисовке.

На основе проведённых исследований и выбранного алгоритма был разработано приложение, отвечающее следующим критериям:

- генерация ландшафта с использованием карт высот, созданных на основе математического шума;
- разделение ландшафта на участки для возможности динамической генерации ландшафта в реальном времени и экономии памяти компьютера;
- использование высокопроизводительных алгоритмов для генерации ландшафтов в реальном времени.

Алгоритм имеет 3 стадии выполнения:

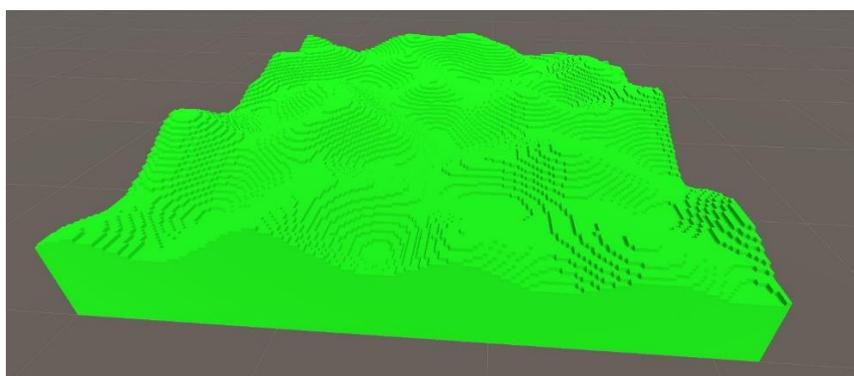
- 1) разбиение поверхности на участки прямоугольной формы (чанки);

2) генерация карты высот для каждого участка (чанка);

3) создание меша на основе карты высот для каждого участка, учитывая тип ближайших соседей-вокселей из соседних участков (чанков).

Для реализации генерации карты в реальном времени и оптимизации генерируемая виртуальная поверхность была разбита на участки (чанки).

В качестве источника данных для построения поверхностей на каждом участке была создана матрица, соотносящая координаты данного участка с вокселем, который будет сгенерирован в данном случае. Для генерации полигонов каждого вокселя учитывается наличие соседей этого вокселя. Для генерации нормалей был использован метод RecalculateNormals() движка Unity, который на основании имеющихся данных о вершинах и треугольниках генерирует нормали поверхностей, использующиеся для физического взаимодействия и корректного освещения поверхности. Пример сформированной процедурной поверхности представлен на рисунке 2.



**Рис. 2. Пример простейшей генерации рельефа**

Стоит отметить, что в зависимости от заданного сиду (точки раздачи) результат может существенно различаться. Изменяя параметры алгоритма (высоту низин и вершин гор, частоту перехода от низин к вершинам) можно сгенерировать различные типы рельефа: от равнин до горных массивов.

Предложенная технология генерации виртуальных ландшафтов может использоваться как в низкополигональных видеоиграх, так и в простейших моделях симуляциях, однако не отличается высокой детализацией и реалистичностью.

### Список источников

1. Цветков В.Я. Образовательные ресурсы и технологии / Цветков В.Я., // канд. техн. наук, профессор / Мордвинов В.А., // д-р техн. наук, профессор, / Матчин В.Т. – 2023. – № 1 (42). – С. 91–99.
2. Шум Перлина [Электронный ресурс]: Свободная энциклопедия. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/> – Дата доступа: 02.02.2024.

© И.В. Морозько, Е.В. Комракова, 2024