

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММ ВОРОНОГО И ТРИАНГУЛЯЦИИ ДЕЛОНЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ ИГРОВЫХ ЛАНДШАФТОВ

Рассматривается применение диаграммы Вороного и триангуляции Делоне для процедурной генерации трёхмерных игровых ландшафтов.

ВВЕДЕНИЕ

Процедурная генерация ландшафтов с использованием диаграммы Вороного и триангуляции Делоне позволяет создавать структурно обоснованные игровые сцены с реалистичным рельефом. В работе описан подход к их применению и демонстрируется его реализация в среде Blender. Цель статьи — показать, как с помощью этих геометрических структур можно построить трёхмерную игровую сцену.

I. ДИАГРАММА ВОРОНОГО

Диаграмма Вороного конечного множества точек S на плоскости представляет такое разбиение плоскости, при котором каждая область этого разбиения образует множество точек, более близких к одному из элементов множества S , чем к любому другому элементу множества [1].

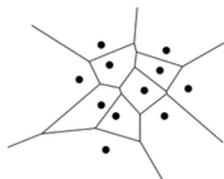


Рис. 1 – Диаграмма Вороного

Существуют различные способы построения диаграммы Вороного. Самым простейшим считается алгоритм, основанный на построении серединных перпендикуляров, его вычислительная сложность оценивается как $O(n^4)$. Однако оптимальным временем для построения диаграммы Вороного для множества из N точек считается $O(N \log N)$ с помощью алгоритма Форчуна [Алгоритм заметающей прямой для диаграмм Вороного, С. Форчун, 1986] или рекурсивного метода.

Область применения диаграммы Вороного весьма широка. В вычислительной геометрии она используется прежде всего для решения задачи близости точек, отсюда вытекает и её значимость в картографии и геолокации. В игровой индустрии, например, было найдено её применение как основы для системы навигации игрового движка [2].

II. ТРИАНГУЛЯЦИЯ ДЕЛОНЕ

Триангуляцией называется планарное разбиение плоскости на M фигур, из которых одна является внешней бесконечной, а остальные — треугольниками. Говорят, что триангуляция удовлетворяет

условию Делоне, если внутри окружности, описанной вокруг любого построенного треугольника, не попадает ни одна из заданных точек триангуляции. Такая триангуляция называется триангуляцией Делоне [3].

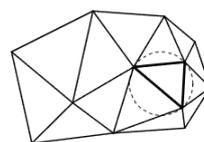


Рис. 2 – Триангуляция Делоне

Триангуляция Делоне и диаграмма Вороного являются двойственными структурами: каждая область или «ячейка» диаграммы соответствует вершине триангуляции Делоне. Если две ячейки соседствуют по стороне, то в триангуляции обязательно есть отрезок между двумя соответствующими точками [4].

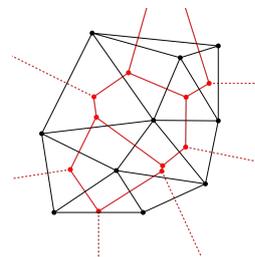


Рис. 3 – Связь диаграммы Вороного и триангуляции Делоне

Это свойство можно использовать для создания реалистичных игровых ландшафтов, например, использовать сетку Вороного как полигональную меш-основу, а с помощью графов Делоне генерировать реки, прокладывая дороги или долины [5].

III. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕРАЦИИ ИГРОВОГО ЛАНДШАФТА НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ ВОРОНОГО

Рассмотрим задачу создания трёхмерного ландшафта на основе диаграммы Вороного. Для выполнения поставленной задачи была использована система трёхмерного моделирования и визуализации Blender, а также её встроенный инструмент процедурного моделирования Geometry Nodes. Выбор Blender обусловлен его широкими возможностями по работе с геометрическими структурами,

поддержкой нодового моделирования и наличием встроенной текстуры Voronoi, позволяющей легко реализовать визуальное разбиение пространства на полигоны.

1. Создание полигональной сетки на основе диаграммы Вороного.

На первом этапе создаётся двумерная полигональная сетка, соответствующая диаграмме Вороного. Для этого применяется узел Voronoi Texture, накладываемый на исходную плоскость. Визуализация текстуры позволяет получить уникальные границы ячеек, ассоциированных с семенными точками.

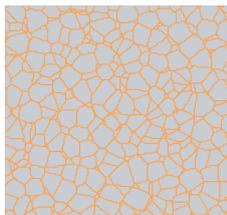


Рис. 4 – Наложение текстуры Вороного

2. Определение суши и воды.

Для разделения ландшафта на сушу и воду используется процедурная маска в форме окружности. Все точки, расположенные внутри окружности, считаются сушей, вне её — водой. С целью повышения реалистичности контура материка к форме маски добавляется шум Перлина, что позволяет получить неровные береговые линии.

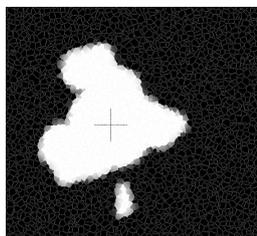


Рис. 5 – Выборка суши по окружности с шумом

3. Формирование рельефа.

На области, отнесённые к суше, накладывается дополнительный шум, модифицирующий координату по оси Z. Таким образом создаётся рельеф: возвышенности, низменности и другие топографические элементы.

Корытко Злата Сергеевна, студент 3 курса факультета информационных технологий и управления БГУИР, korytkozlata@mail.ru

Кушель Ксения Олеговна, студент 3 курса факультета информационных технологий и управления БГУИР, ksusha.kushel@gmail.com

Научный руководитель: Кукин Дмитрий Петрович, заведующий кафедрой вычислительных методов и программирования БГУИР, кандидат технических наук, доцент, kukin@bsuir.by.

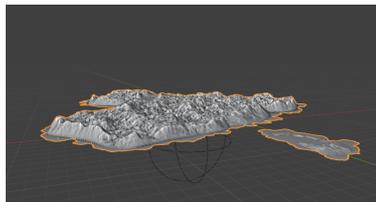


Рис. 6 – Генерация рельефа с использованием шума

4. Наложение цвета и текстур.

Финальный этап заключается в визуальном оформлении сцены. Полигоны, граничащие с водой, окрашены в жёлтый цвет (песчаный берег), внутренние области суши — в зелёный (растительность), а водные участки — в синий. Цветовая дифференциация облегчает восприятие структуры ландшафта.

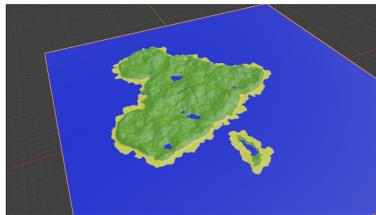


Рис. 7 – Визуализация с наложением текстур и цвета

IV. ВЫВОДЫ

В статье представлен способ генерации трёхмерного ландшафта на основе диаграммы Вороного с последующим формированием рельефа, реализованный средствами Blender. Полученный результат подтверждает применимость описанного метода для визуального моделирования игрового пространства.

1. Препарта Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение. — М.: Мир, 1989. — С. 295.
2. Диаграмма Вороного и её применения [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/309252/#Part3>
3. Скворцов А.В. Обзор алгоритмов построения триангуляции Делоне // Вычислительные методы и программирование. — 2002. — Т. 3, № 1. — С. 16.
4. Об одном интересном свойстве триангуляции Делоне [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/828610/>
5. Polygonal Map Generation for Games [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www-cs-students.stanford.edu/~amitp/game-programming/polygon-map-generation/>