

Введение

За последние 20 лет генерация текстур не перестала быть актуальной задачей компьютерной графики и упоминалась в [?][?][?]. Процедурный шум является одним из инструментов, используемых для решения данной задачи [?].

Процедурным шумом называют генерацию случайной и неструктурированной текстуры с помощью программного кода [?]. Существует несколько видов реализаций процедурных шумов, одним из которых являются методы генерации шумов на решетке (*lattice noises*).

Решеточные шумовые функции генерируют шум путем интерполяции или свертки случайных значений и/или градиентов, определенных в точках целочисленной решетки [?]. Типичным примером шума на решетке является шум Перлина [?].

1 Шум Перлина

В [?][?][?] метод генерации шума Перлина описан следующим образом:

- 1) задать целочисленную решетку, то есть множество всех точек в пространстве, координаты которых являются целыми числами;
- 2) задать массив P , содержащий псевдослучайную перестановку, и массив G , содержащий псевдослучайный набор градиентов единичной длины;
- 3) с помощью хэш-функции $g = H(x, y, z)$, использующей массивы P и G , связать с каждой точкой куба целочисленной решетки псевдослучайный градиент;
- 4) выполнить интерполяцию по трем направлениям восьми скалярных произведений $g_{i,j,k} \cdot (x - i, y - j, z - k)$, где i, j, k — координаты точек куба целочисленной решетки, а $g_{i,j,k}$ — градиент в точке (i, j, k) .

В [?] уточняется, что в оригинальной версии алгоритма генерации шума Перлина для интерполяции по трем направлениям была выбрана функция сглаживания

$$s(t) = 3t^2 - 2t^3, \quad (1.1)$$

где t — это значение координаты точки. Вторая производная функции (1.1) $6 - 12t$ не равна нулю при $t = 0$ и $t = 1$. Это ненулевое значение создает на выровненных по координатам гранях соседних кубических ячеек разрывы второго рода [?], влияние которых на внешний вид полученной текстуры отображено на рисунке 1.1.

Для решения этой проблемы функция (1.1) заменяется на

$$6t^5 - 15t^4 + 10t^3, \quad (1.2)$$

так как ее первая и вторая производные равны нулю при $t = 0$ и $t = 1$ [?]. На рисунке 1.2 из [?] приведен результат замены функции сглаживания.

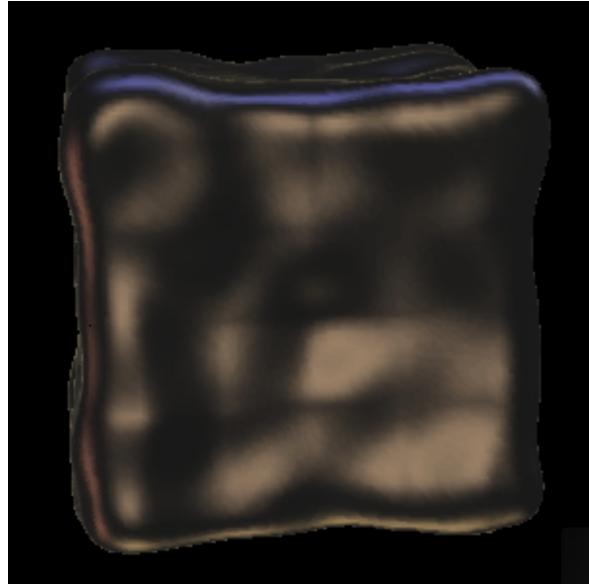


Рисунок 1.1 – Шум Перлина, полученный с использованием функции
сглаживания (1.1), рисунок Кена Перлина [?]



Рисунок 1.2 – Шум Перлина, полученный с использованием функции
сглаживания (1.2), рисунок Кена Перлина [?]

Следующей проблемой, описанной в [?], является то, что в массиве G содержатся градиенты единичной длины, но в кубической решетке расстояния от центра куба до его ребер укорочены вдоль осей и удлинены вдоль диагоналей между противоположными углами куба. Это приводит к тому, что близлежащие градиенты сливаются друг с другом, из-за чего шумовая функция принимает аномально высокие значения в этих областях [?], что отображено на рисунке 1.3 из [?].

Для решения данной проблемы массив G заменяют набором из 12 векторов, определяющих направления от центра куба до его ребер. Чтобы избежать затрат на деление на 12, Перлином предложено увеличить набор до 16 градиентов, добавляя в него дополнительные $(1, 1, 0)$, $(-1, 1, 0)$, $(0, -1, 1)$ и $(0, -1, -1)$ [?]. На рисунке 1.4 из [?] приведен результат замены массива градиентов G .

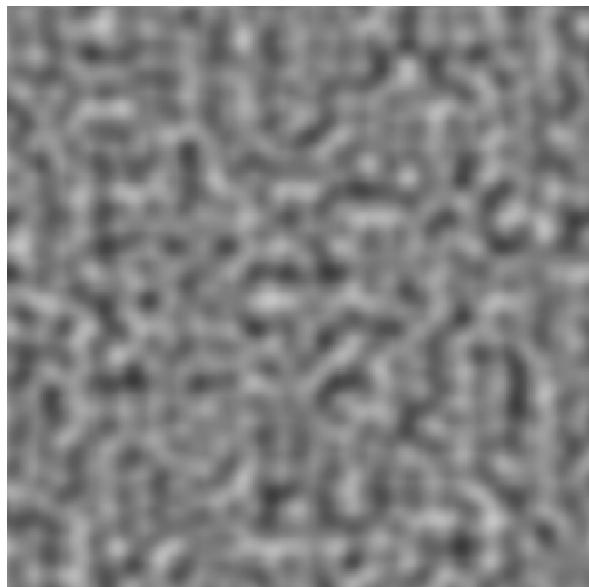


Рисунок 1.3 – Шум Перлина, полученный с использованием старого массива градиентов G , рисунок Кена Перлина [?]

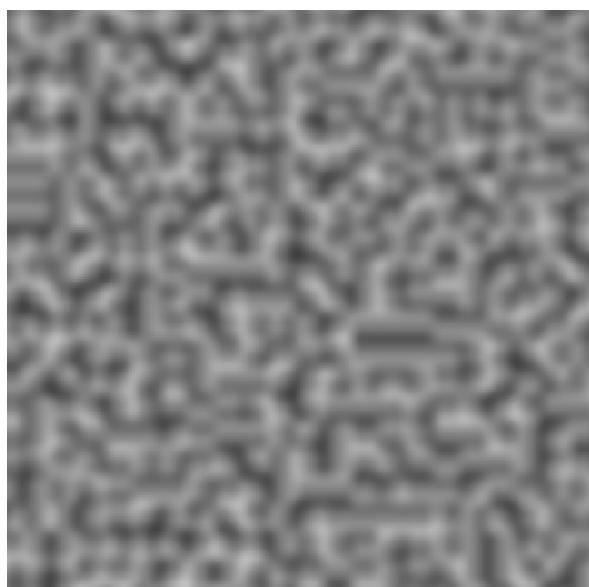


Рисунок 1.4 – Шум Перлина, полученный с использованием нового массива градиентов G , рисунок Кена Перлина [?]