

Р.В. Ибрагимов, Л.Ю. Фадеева

(г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

INHOMOGENEOUS SURFACES SIMULATION FOR RADIO APPLICATIONS

Проведено моделирование фрактальных поверхностей. Был произведен расчет фрактальной размерности и площади фрактальных поверхностей. Проанализирован характер изменения формы и площади поверхности от значения фрактальной размерности.

In this paper, the fractal surfaces modeling was carried out. Fractal dimension and surfaces area were calculated. The surface shape and area dependence of the fractal dimension value was analyzed.

Ключевые слова: фрактальная размерность, фрактальные поверхности, моделирование поверхностей.

Keywords: fractal dimension, fractal surfaces, surface simulation.

Фрактальная поверхность – поверхность, сгенерированная с использованием определенного алгоритма, который имитирует внешний вид природной местности. Фрактальную поверхность можно получить путем сложения простейших фрактальных поверхностей, которые, в свою очередь, строятся на основе однозначных фрактальных кривых путем операций трансляции, масштабирования и поворота. Параметр D , характеризующий фрактальную поверхность, дает исчерпывающую информацию о поверхности, в частности о её форме и нерегулярности.

В данной работе была смоделирована фрактальная поверхность с использованием графической среды NI LabVIEW. На рис. 1 представлена простейшая фрактальная поверхность, построенная по функции Вейерштрасса путем трансляции ее значений вдоль направления Y . Функция Вейерштрасса задается на всей вещественной прямой единым аналитическим выражением:

$$w(x) = \sum_{n=0}^{\infty} b^n \cos(a^n \pi x).$$

На основе данной простейшей поверхности была смоделирована результирующая поверхность, имитирующая рельеф местности, 3D-модель которой изображена на рис. 2.

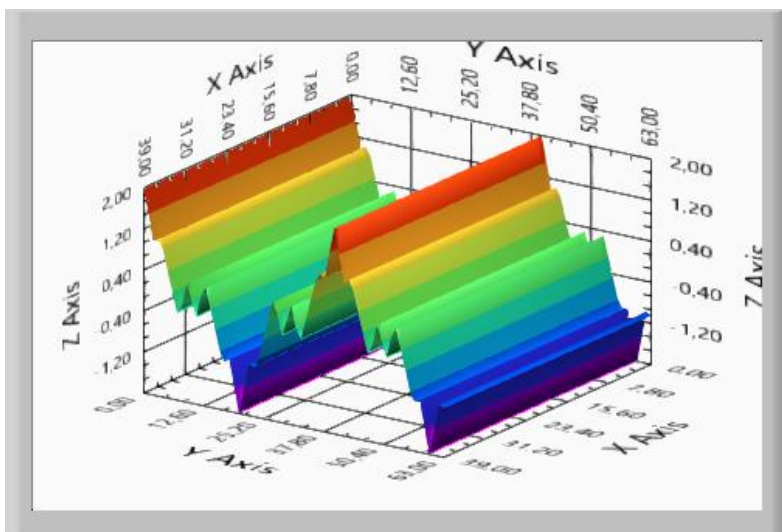


Рис. 1. Простейшая фрактальная поверхность по функции Вейерштрасса

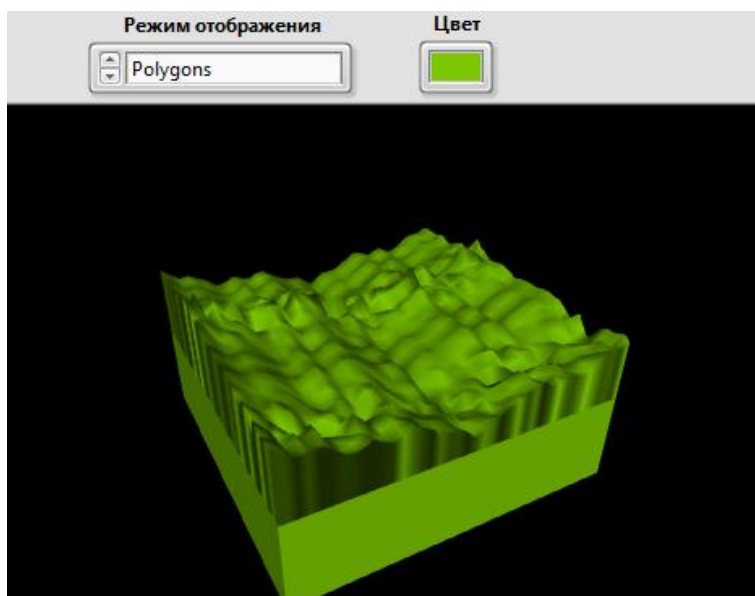


Рис. 2. 3D-модель фрактальной поверхности

В ходе работы для определения фрактальной размерности D исследуемой поверхности был использован метод Расса. Он заключается в построении

зависимости размаха R от величины r . Размахом R называется максимальный перепад высоты z поверхности в пределах расстояния r в плоскости XY .

$$R(r) = \max(x, y, r) - \min(x, y, r) .$$

Линейная аппроксимация зависимости $\lg R(\lg r)$ позволяет определить тангенс угла наклона β , равный коэффициенту Херста $H = \beta$, и фрактальную размерность $D = 3 - H$.

Определение фрактальной размерности D даёт возможность рассчитать площадь данной поверхности:

$$S = S_0 \lim_{\delta \rightarrow 0} \alpha^{2-D},$$

где величина δ - линейный масштаб, соответствующий высотам неоднородностей, α - масштабный безразмерный множитель, $\alpha < 1$, S_0 - проекция поверхности на плоскость.

Определенному значению площади S соответствует значение коэффициента измерительного масштаба α . В работе использовано значение $\alpha = 1/256$, характеризующее размер накладываемой сетки, практически соответствует наименьшему значению, которое может быть использовано для программной обработки изображений.

Варьируя параметры a и b функции Вейерштрасса, были получены различные значения фрактальной размерности D и площади поверхности S .

Из полученных значений видно, что с увеличением фрактальной размерности поверхности растет и значение её площади. Таким образом, чем более «изрезана» и нерегулярна поверхность, тем больше будут значения её фрактальной размерности и площади.

Список литературы

1. *Евдокимов, Ю.К.* Высокоточные измерения положения механической руки робота в субмикронных и наномикронных перемещениях с использованием емкостного датчика/ Ю.К. Евдокимов, Р.К. Сагдиев, Л.Ю. Фадеева // Использование цифровых средств обучения и робототехники в общем и профессиональном образовании: опыт, проблемы, перспективы: сб. науч. статей III Междунар. науч. – практ. конф., Барнаул, 2-3 ноября 2017 г. – Барнаул: Изд – во Алт. Ун-та, 2017. – С. 52-54.

2. *Евдокимов, Ю.К.* Характеристика преобразования емкостного датчика субмикронных и наноразмерных перемещений с учетом шероховатости поверхности электродов/ Ю.К. Евдокимов, Р.К. Сагдиев, Л.Ю. Фадеева // Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации: I Междунар. науч. – техн. конф. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2017. – С. 102 – 104.

Материал поступил в редколлегию 13.10.20.