

ФРАКТАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ

*Исакова Полина Сергеевна, студентка 1-го курса
кафедры «Инженерная экология»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Кузнецова А.А., старший преподаватель)*

Идея фракталов возникла в 1960-х годах у математика Бенуа Мандельброта, который исследовал сложные и нерегулярные формы в природе и экономике. В 1975 году Мандельброт ввел термин "фрактал" и опубликовал свою книгу "Фрактальная геометрия природы", которая стала классикой в этой области.

Фракталы были впервые применены в экологии в 1980-х годах для анализа структуры и динамики экосистем. Одним из первых исследований было исследование лесных пожаров в Калифорнии, где было обнаружено, что форма границы пожара имеет фрактальную структуру.

Фракталы хорошо изучены и имеют многочисленные применения в жизни. Однако в основе этого явления лежит очень простая идея: бесконечное по красоте и разнообразию множество фигур можно получить из относительно простых конструкций при помощи всего двух операций – копирования и масштабирования.

Фракталы – это геометрические фигуры, которые имеют самоподобие на разных масштабах. Они применяются в экологии для анализа и моделирования различных экологических процессов.

1. Одним из применений фракталов в экологии является анализ структуры леса. С помощью фрактального анализа можно определить степень разветвленности деревьев, плотность и распределение лесной растительности. Это позволяет лучше понимать экосистему леса и ее изменения под воздействием различных факторов.

2. Фрактальный анализ также применяется для изучения динамики популяций животных. Например, с помощью фрактальных методов можно определить, как изменяется плотность населения животных в зависимости от времени и местности. Это помогает установить связь между изменениями экосистемы и популяцией животных.

3. Еще одним применением фракталов в экологии является моделирование процессов эрозии почвы. С помощью фрактального анализа можно определить, как изменяется структура почвы в зависимости от ее состава и условий

окружающей среды. Это позволяет прогнозировать и предотвращать эрозионные процессы, которые могут привести к деградации почвы и ухудшению экологической ситуации.

Для проведения фрактального анализа структуры леса необходимо сделать фотографии лесного участка с различных высот и углов. Затем изображения обрабатываются с помощью специальных программ, которые позволяют определить фрактальную размерность объекта.

Полученные данные могут быть использованы для анализа экосистемы леса и ее изменений под воздействием различных факторов, таких как климатические условия, загрязнение окружающей среды и деятельность человека.

В фрактальном анализе широко используется такое понятие, как фрактальная размерность.

Впервые понятие фрактальная размерность ввел Бенуа, при расчете береговой линии.

Фрактальная размерность – это показатель, который характеризует самоподобие объекта на разных масштабах. Для леса этот показатель может быть использован для определения его структуры и свойств. Чем выше фрактальная размерность, тем более разветвленной и сложной является структура леса.

Существуют математические формулы, с помощью которых можно определить фрактальную размерность.

1. Метод ящиков (Box-counting method) $D = \ln(N) / \ln(1/r)$,

D – фрактальная размерность, N – количество ящиков, необходимых для покрытия объекта, r -размер ящика

2. Метод Фурье (Fourier method): $D = -\ln(|F(k)|N) / \ln(k)$

D – фрактальная размерность, $F(k)$ – преобразование Фурье объекта, k -волновой вектор.

3. Метод растущего линейного отрезка (Growing linear segment method):

$D = \ln(L) / \ln(1/r)$

D – фрактальная размерность, L – длина линейного отрезка, необходимого для покрытия объекта, r -размер шага увеличения линейного отрезка.

Метод ящиков (Box-counting method) - это один из методов определения фрактальной размерности объекта. Он основан на том, что объект покрывается ящиками определенного размера, и считается количество ящиков, необходимых для покрытия объекта. Затем строится график зависимости $\ln(N)$ от $\ln(1/r)$, где N - количество ящиков, а r - размер ящика. Фрактальная размерность определяется как наклон этой прямой.

Определение фрактальной размерности леса может быть полезным для изучения его структуры и оценки его экологической важности.

Пример использования фрактальной размерности для сравнения различных лесных участков может быть следующим:

Исследователи изучили два лесных участка, один из которых был здоровым, а другой – подвергался деградации из-за воздействия антропогенных факторов. Используя методы фрактальной геометрии, они определили фрактальную размерность каждого лесного участка. Результаты показали, что здоровый лес имел более высокую фрактальную размерность, что указывает на его более сложную структуру и более высокую биоразнообразность. В то же время, деградировавший лес имел более низкую фрактальную размерность, что свидетельствует о его менее сложной структуре и более низкой биоразнообразности. Эти результаты могут быть использованы для оценки состояния и потенциала восстановления каждого лесного участка, а также для разработки стратегий по сохранению и восстановлению здоровых лесов.

Таким образом, фракталы играют важную роль в экологии, помогая установить связь между различными экологическими процессами и предсказать их изменения в будущем.

Литература:

1. <https://3dnews.ru/754657>.
2. <http://314159.ru/de/hurst.htm>.
3. https://scask.ru/a_book_fract.php?id=6.