

БЫСТРОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ: РОЛЬ В ОБНАРУЖЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

*Дедюля Илья Игоревич, Кривулец Павел Андреевич,
студенты 2-го курса кафедры «Технология и методика преподавания»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Коваленок Н.В., старший преподаватель
кафедры «математические методы в строительстве»)*

В 20-м веке две ведущие ядерные державы, США и СССР, проводили масштабные ядерные испытания, каждая израсходовав по 10 триллионов долларов, скорректированных на инфляцию. Однако, если бы ученые начала 60-х годов уверенно знали, что они смогут обнаруживать ядерные испытания на расстоянии, возможно, это стало бы основой для полного запрета на ядерные испытания и предотвратило бы гонку в ядерном вооружении. Ричард Гарвин, один из ученых того времени, обсудил этот сценарий, выразив свое восхищение такой возможностью, но подчеркнул, что это оставалось всего лишь теоретической перспективой.

Однако стоит отметить, что идея об обнаружении ядерных испытаний с помощью сейсмометров не была новой. Уже в 1963 году американские и советские исследователи, встретившись в Женеве, объединили усилия, чтобы разработать способ определения подземных испытаний. Сложности возникали из-за необходимости обширных вычислений для расшифровки данных, получаемых с сейсмометров. Здесь вступает в игру преобразование Фурье.

Преобразование Фурье - это метод, позволяющий разложить сложные сигналы на составляющие частоты. В контексте поиска подземных испытаний сейсмометры регистрировали вибрации, и чтобы отличить их от обычных землетрясений, ученым нужно было анализировать частотный спектр. Преобразование Фурье позволяет представить сигнал в виде суммы синусоид разных частот, что упрощает определение частот, присутствующих в сигнале.

Основной проблемой было не только количество данных, но и необходимость определения глубины и мощности подземных взрывов. Сейсмометры регистрируют вибрации, исходящие от разных глубин, и для точного определения характеристик взрывов требовалось более глубокое исследование частотного спектра.

Здесь в решение проблемы вступает дискретное преобразование Фурье, которое работает с конечными данными, состоящими из отдельных точек. Этот

метод позволяет эффективно анализировать данные и выявлять характеристики подземных взрывов.

Быстрое Преобразование Фурье (БПФ) представляет собой эффективный метод вычисления дискретного преобразования Фурье. Для последовательности данных X_n длиной N (Рис. 1).

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n * e^{-\frac{2\pi i}{N}kn}, k = 0, 1, \dots, N - 1$$

Где:

- X_k - комплексные амплитуды частотных компонент,
- x_n - значения временного сигнала,
- $e^{-\frac{2\pi i}{N}kn}$ - т.н. “базисные” функции, представляющие различные частоты.

БПФ существенно ускоряет вычисления, особенно когда N является степенью двойки, что делает его важным инструментом в обработке сигналов.

Быстрое преобразование Фурье (БПФ) стало ключевым в обработке данных и анализе сигналов. Главной заслугой в разработке БПФ стали усилия математиков Джеймса Кули и Коузи Тьюки. Алгоритм БПФ позволяет существенно сократить количество вычислений, необходимых для преобразования Фурье, и был применен в различных областях, включая сжатие данных, обработку изображений и радиосвязь.

Необычайным фактом становится открытие, что Карл Фридрих Гаусс в 1805 году проводил исследования астероидов, разрабатывая подход к гармоническому анализу, который, вероятно, предвосхитил дискретное преобразование Фурье. Это открытие осталось без должного внимания из-за отсутствия публикаций со стороны Гаусса, а его работы стали известными лишь после его смерти.

Следует отметить, что быстрое преобразование Фурье не только нашло применение в обнаружении подземных ядерных испытаний, но и стало фундаментальным алгоритмом в обработке данных и технологических приложениях.

Один из широко используемых примеров применения быстрого преобразования Фурье (БПФ) в обработке данных и технологических приложениях — это обработка сигналов и аудио.

Применение БПФ в аудиообработке обеспечивает возможность анализа и сжатия звуковых сигналов, а также решения различных задач, таких как фильтрация шума, распознавание речи, сжатие аудиоданных и многое другое.

Предположим, у нас есть набор данных, представленный функцией $f(t)$, где t - это время. Мы хотим преобразовать этот сигнал в частотное пространство с помощью БПФ.

Математическая формула для БПФ выглядит следующим образом:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-i2\pi kn/N}$$

где:

$X(k)$ - это значение БПФ на частоте k ,

$x(n)$ - это значение сигнала в момент времени n ,

N - общее количество отсчетов в сигнале,

i - мнимая единица.

Эта формула описывает преобразование сигнала из временной области в частотную. Применение БПФ позволяет нам анализировать, какие частоты присутствуют в сигнале, и в какой степени.

Эти примеры подчеркивают универсальность математических методов в решении проблем различных областей, от научных исследований до вопросов безопасности. Математика, включая такие мощные инструменты, как БПФ, не только предоставляет эффективные средства анализа данных, но и играет ключевую роль в развитии технологий и научных подходов к сложным проблемам и их решениям.

Литература:

1. История создания алгоритма Быстрого Преобразования Фурье [Электронный ресурс] / История создания алгоритма Быстрого Преобразования Фурье – Режим доступа: <http://mydebianblog.blogspot.com/2014/07/blog-post.html> – Дата доступа: 02.12.2023.
2. Понимание алгоритма БПФ [Электронный ресурс] / Понимание алгоритма БПФ. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/449996/> – Дата доступа: 02.12.2023.