

УДК 004.021:519.142.6

АНАЛИЗ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АДАМАРА*Казимирчик М.А.**Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь**Научный руководитель: Ролич О.Ч. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ПИКС*

Аннотация. Быстрое преобразование Адамара является эффективным алгоритмом для быстрого вычисления преобразования Адамара, который применяется в обработке сигналов, кодировании изображений, оптимизации и машинном обучении.

Ключевые слова: преобразование, оптимизация, обработка, кодирование.

Введение. Быстрое преобразование Адамара (*Fast Hadamard Transform, FHT*) – это алгоритм для быстрого вычисления преобразования Адамара, который находит широкое применение в различных областях, таких как обработка сигналов, кодирование изображений, оптимизация и машинное обучение. Он является вариантом преобразования Фурье для бинарных последовательностей и может быть реализован с помощью быстрой преобразования Барретта-Джонсона-Винограда, что позволяет дополнительно ускорить вычисления. В этом контексте, анализ *FHT* играет важную роль в оптимизации вычислительных задач, а также в развитии современных технологий обработки данных.

Основная часть. Быстрое преобразование Адамара (*Fast Hadamard Transform, FHT*) – это алгоритм для быстрого вычисления дискретного преобразования Адамара, которое является вариантом преобразования Фурье для бинарных последовательностей. Сложность алгоритма *FHT* составляет $O(n \log_2 n)$, что делает алгоритм эффективным для обработки больших наборов данных. Алгоритм также является более устойчивым к шуму, чем прямое вычисление, так как разделение на блоки позволяет более эффективно устранять шум. В преобразовании Адамара, каждое значение выходной последовательности вычисляется путем суммирования или вычитания значений входной последовательности в различных комбинациях. Например, для последовательности [1, 2, 3, 4], преобразование Адамара может быть вычислено следующим образом:

$$[1, 2, 3, 4] = [10, -2, 0, -2]$$

Здесь каждое значение выходной последовательности вычисляется путем суммирования или вычитания значений входной последовательности в различных комбинациях.

Однако вычисление преобразования Адамара в таком виде может быть ресурсоемким при больших размерах входных данных. Алгоритм *FHT* решает эту проблему, разделяя преобразование Адамара на две части, которые можно вычислить быстрее, чем исходное преобразование. Конкретнее, каждый элемент входной последовательности разделяется на две части, и каждая часть используется для вычисления двух соответствующих значений выходной последовательности. Затем значения объединяются для создания окончательного результата. Данный процесс повторяется рекурсивно, пока не будет вычислено полное преобразование Адамара.

Для примера, описанного выше, каждый элемент разделяется на две части, чтобы получить последовательность [0.5, 1, 1.5, 2], которая используется для вычисления первых двух значений выходной последовательности:

$$[0.5 + 1, 1.5 - 2] = [1.5, -0.5].$$

Затем процесс рекурсивно повторяется для двух полученных значений, пока не будет вычислено полное преобразование Адамара.

Один из важных примеров применения *FHT* – это кодирование изображений. В данном случае, каждый пиксель изображения представляется в двоичном формате, на котором при-

меняется *FHT*. Результат преобразования затем используется для кодирования изображения, чтобы уменьшить размер файла и ускорить процесс передачи данных.

Также *FHT* полезный инструмент для задач оптимизации, целью которых является нахождение минимального или максимального значения функции. Преобразовав функцию в частотную область с помощью *FHT*, можно эффективно определить местоположение минимального или максимального значения с меньшим количеством вычислений, чем прямой поиск.

FHT широко используется в приложениях обработки сигналов для анализа и преобразования сигналов. Одним из примеров является обработка звука и речи, где *FHT* можно использовать для анализа частотных составляющих сигнала и выполнения таких задач, как уменьшение шума, усиление сигнала и сжатие. Другое приложение относится к обработке изображений, где *FHT* можно использовать для преобразования изображений в частотную область и выполнения таких операций, как фильтрация и извлечение признаков. Скорость и эффективность *FHT* делают популярным выбором для приложений обработки сигналов, поскольку можно быстро и точно обрабатывать большие объемы данных.

Также *FHT* является полезным инструментом для различных задач машинного обучения, таких как извлечение признаков, уменьшение размерности и классификация. При извлечении признаков *FHT* можно использовать для преобразования необработанных данных в представление в частотной области, которое фиксирует важные закономерности и отношения в данных. При уменьшении размерности *FHT* можно использовать для уменьшения количества функций при сохранении важной информации. В задачах классификации *FHT* можно использовать для извлечения отличительных признаков из данных и повышения точности модели классификации. Скорость и эффективность *FHT* делают его популярным выбором для приложений машинного обучения, особенно при работе с многомерными данными [1].

Заключение. Быстрое преобразование Адамара (*FHT*) – это мощный инструмент для преобразования и анализа сигналов, изображений и данных в различных приложениях. По сравнению с другими преобразованиями, такими как дискретное преобразование Фурье, *FHT* более эффективен с точки зрения вычислительной сложности, что делает его популярным выбором для задач, требующих быстрой и точной обработки больших объемов данных. В целом, *FHT* – это мощный математический инструмент, который продолжает играть важную роль в современном анализе и обработке данных.

Список литературы

1. Лосев В. В. Микропроцессорные устройства обработки информации / В. В. Лосев, В. В. Лосев. – 1990. – С. 57 – 109. – Режим доступа: https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_85470.pdf – Дата доступа: 21.03.2023.

UDC 004.021:519.142.6

FAST HADAMARD TRANSFORM ANALYSIS

Kazimirchik M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Rolich O.Ch. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ICSD

Annotation. The fast Hadamard transform is an efficient algorithm for fast computation of the Hadamard Transform, which is used in signal processing, image coding, optimization, and machine learning.

Keywords: transformation, optimization, processing, coding.