

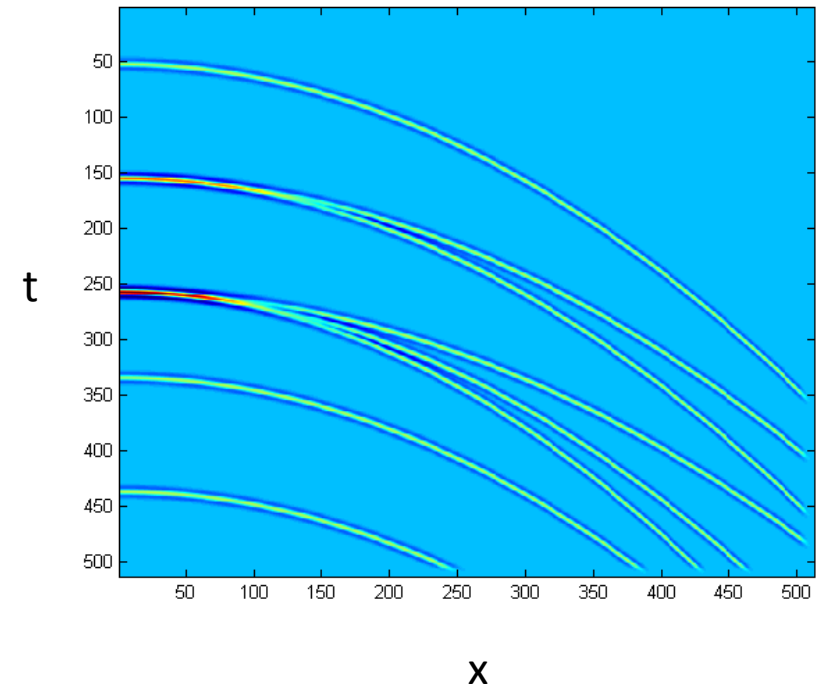
Разработка программного модуля для  
подавления кратных волн в сейсмических  
данных на основе быстрого параболического  
преобразования Радона

Выполнил: Матвеев Алексей, 2 курс магистратуры ФИТ НГУ

Руководители: Дучков А. А., к.ф.-м.н., Романенко А. А. к.т.н.

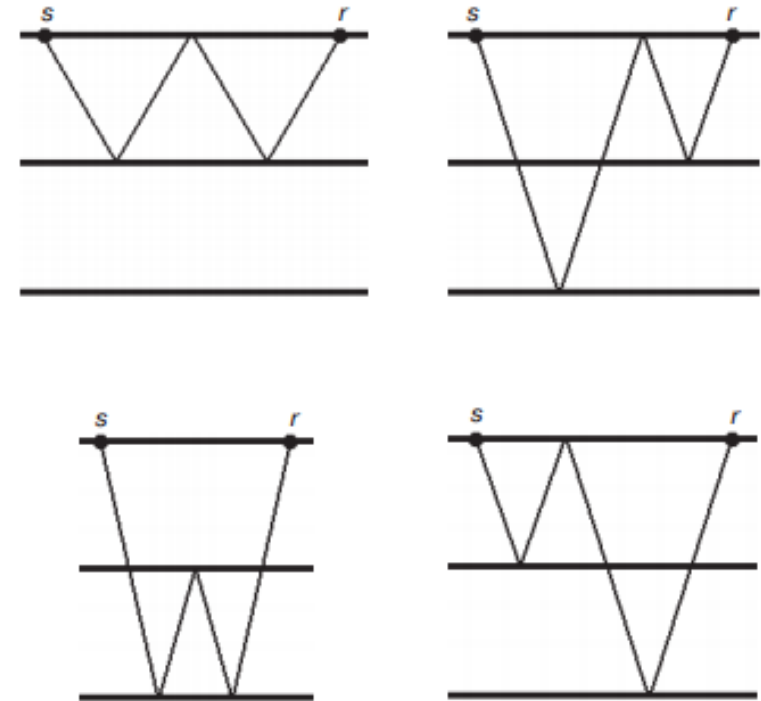
# Введение в предметную область

- Метод отраженных волн (МОВ) – один из самых популярных методов сейсморазведки.
- После введения кинематических поправок годограф отраженной волны представляет собой параболу.



# Введение в предметную область

- Наравне с однократно-отраженными волнами в волновом поле присутствуют и многократно-отраженные (кратные) волны.



# Параболическое преобразование Радона

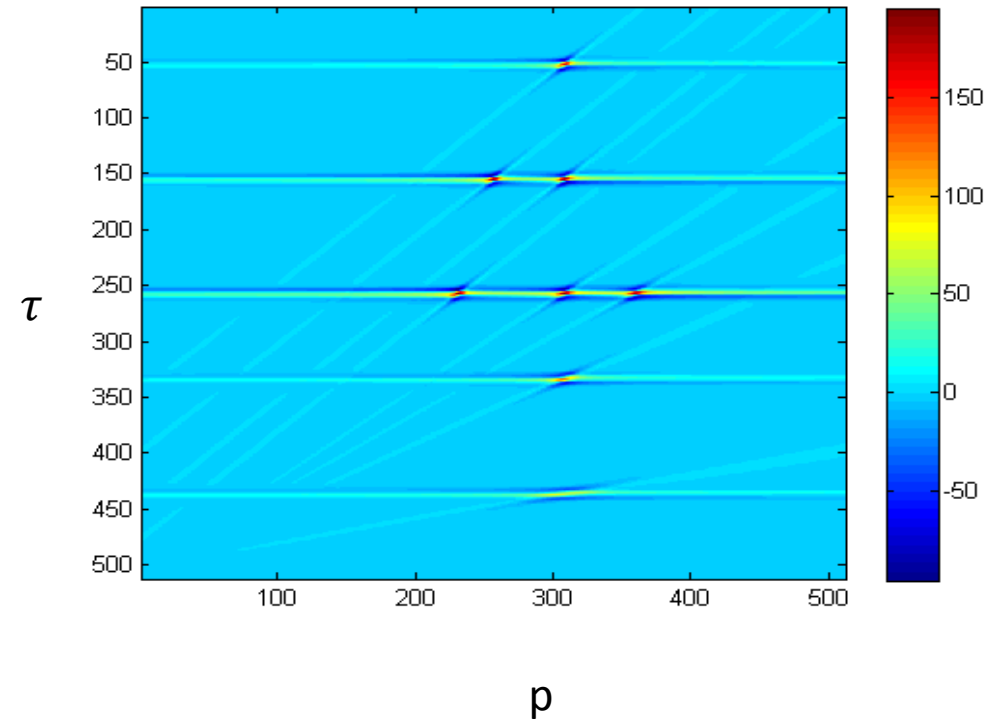
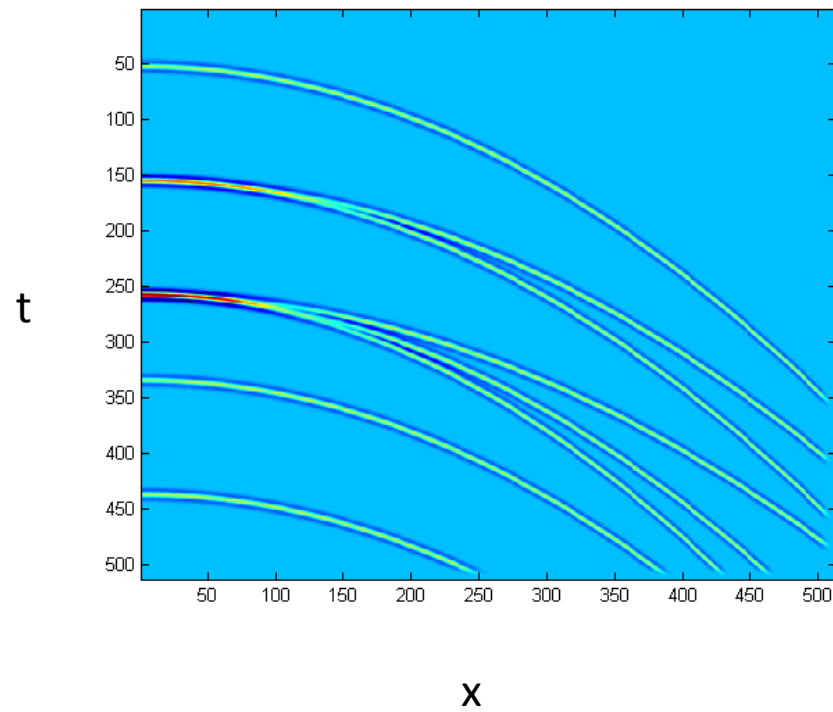
$$m(\tau, p) = \mathcal{R}_p f = \sum_k f(t = \tau + px_k^2, x_k)$$

$$m(\tau, p) = \int f(t, x) \delta(t - \tau - px^2) dx dt$$

Интегральное преобразование, суммирование вдоль парабол

Реализовано во многих пакетах обработки сейсмических данных Promax, Яндекс-Терра

# Параболическое преобразование Радона



# Цели

- Разработать программный модуль для подавления кратных волн на основе быстрого параболического преобразования Радона.

# Задачи

- Реализовать быстрое параболическое преобразование Радона на основе библиотеки преобразования Фурье на нерегулярных сетках (USFFT)
- Модифицировать библиотеку USFFT для достижения наибольшей производительности преобразования.
- Реализовать высокоразрешающее преобразование с помощью итеративного метода.

# Быстрое параболическое преобразование Радона

С помощью метода Фурье-синтеза прямое и сопряженное параболическое преобразование Радона может быть представлено как композиция преобразований Фурье

$$\mathcal{R}_p d(\tau, p) = \mathcal{F}_{(\eta, \eta x^2) \rightarrow (\tau, p)}^{-1} \mathcal{F}_{t \rightarrow \eta} d(t, x)$$

$$\mathcal{R}_p^* d(\tau, p) = \mathcal{F}_{\eta \rightarrow t}^{-1} \mathcal{F}_{(\tau, p) \rightarrow (\eta, \eta x^2)} d(t, x)$$



# Высокоразрешающее преобразование Радона

$$\min_m \left( \|\mathcal{R}_p^* m - f\|_2^2 + 2\tau \|m\|_1 \right)$$

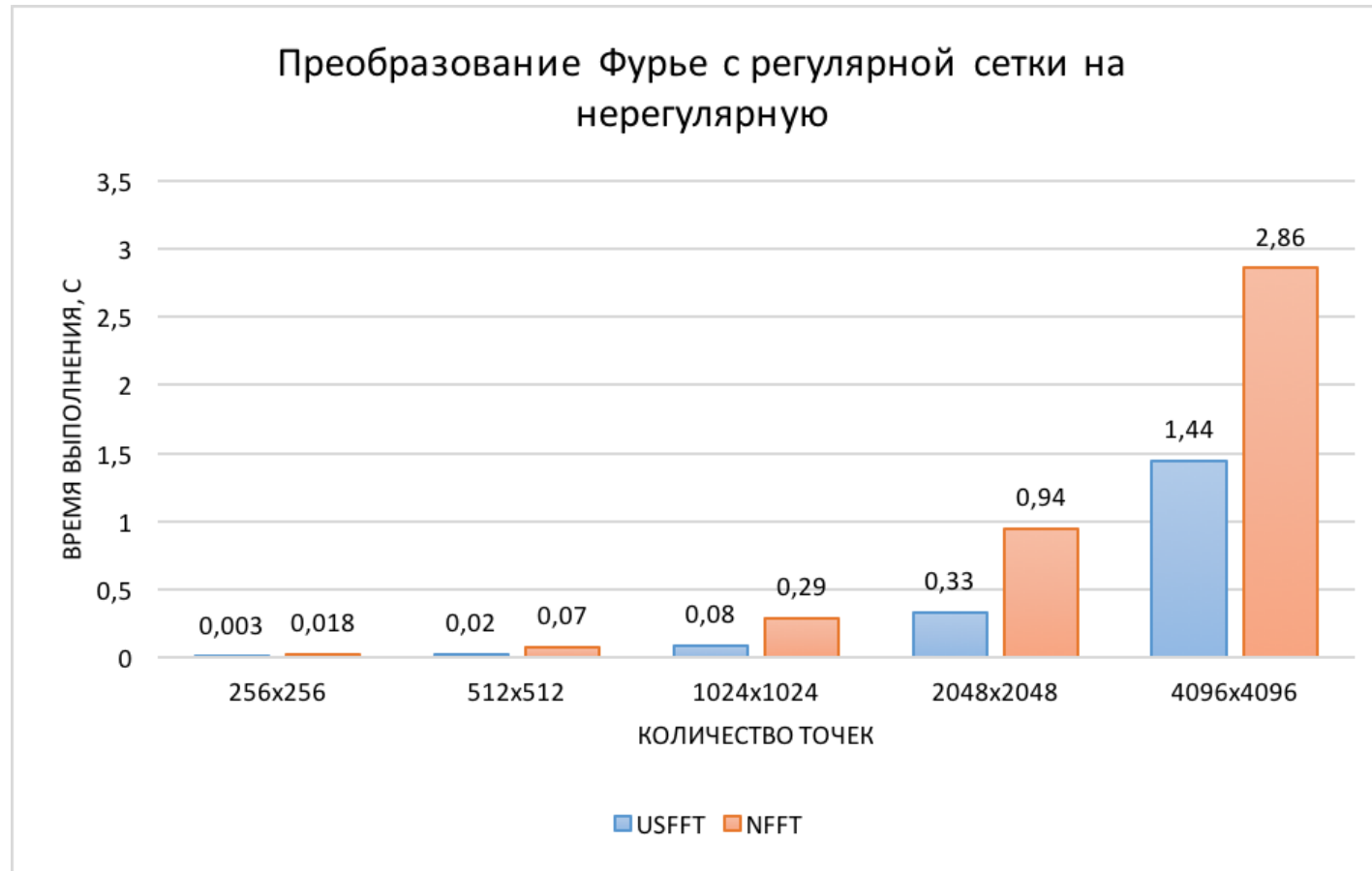
- Наличие быстрого преобразование Радона позволяет использовать итеративные алгоритмы разреженной инверсии, например итеративный алгоритм мягкого обнуления

$$m^{n+1} = S_\mu(m^n - \mathcal{R}_p \mathcal{R}_p^* m^n + \mathcal{R}_p f)$$

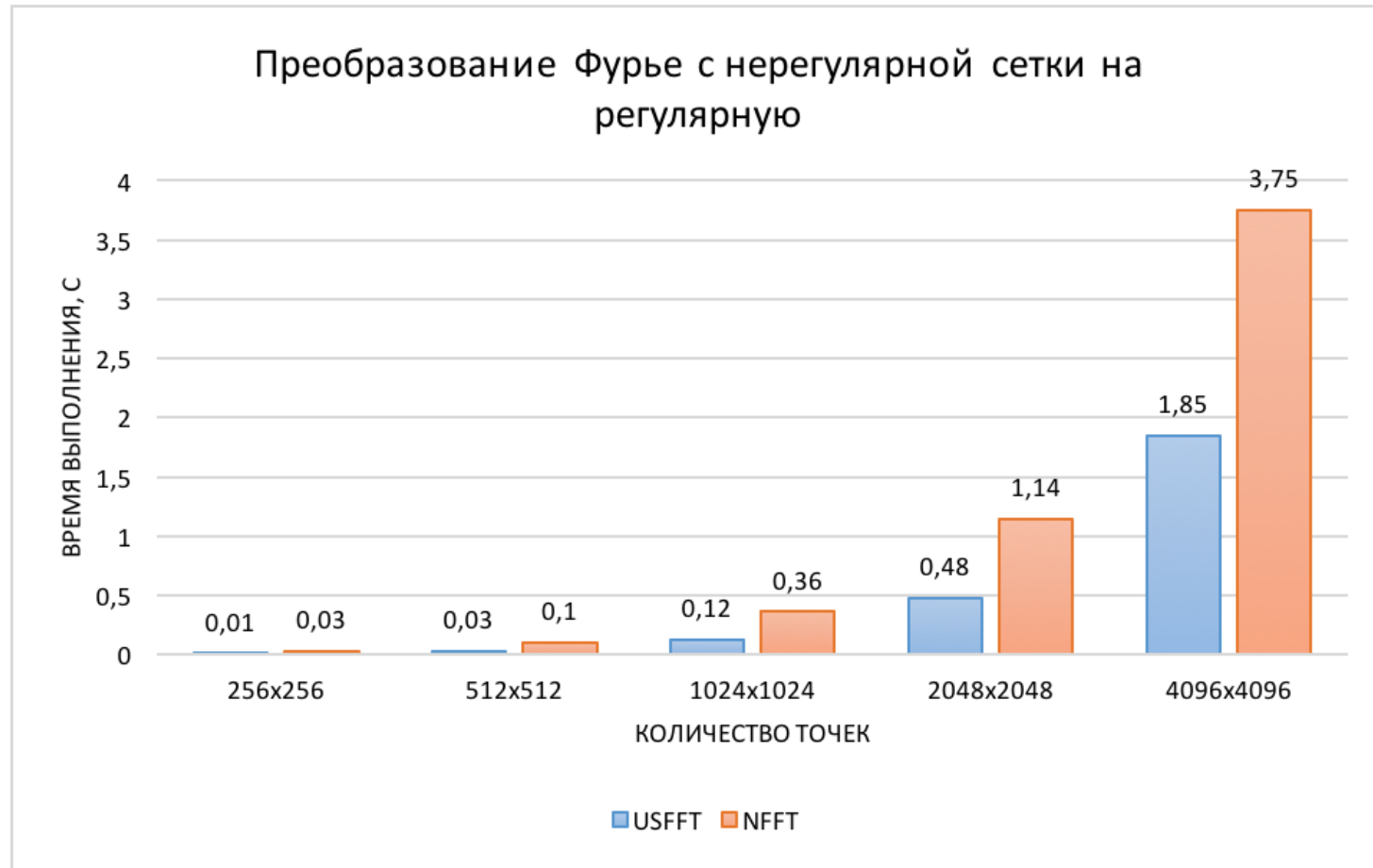
# USFFT

- Параллельные алгоритмы 1D, 2D, 3D – достигнута масштабируемость близкая к линейной наиболее вычислительнозатратных этапов преобразования
- Оптимизация попаданий в кэш, векторизация, оптимизация вычисления весовой функции.
- До трёх раз превосходит своего конкурента библиотеку NFFT

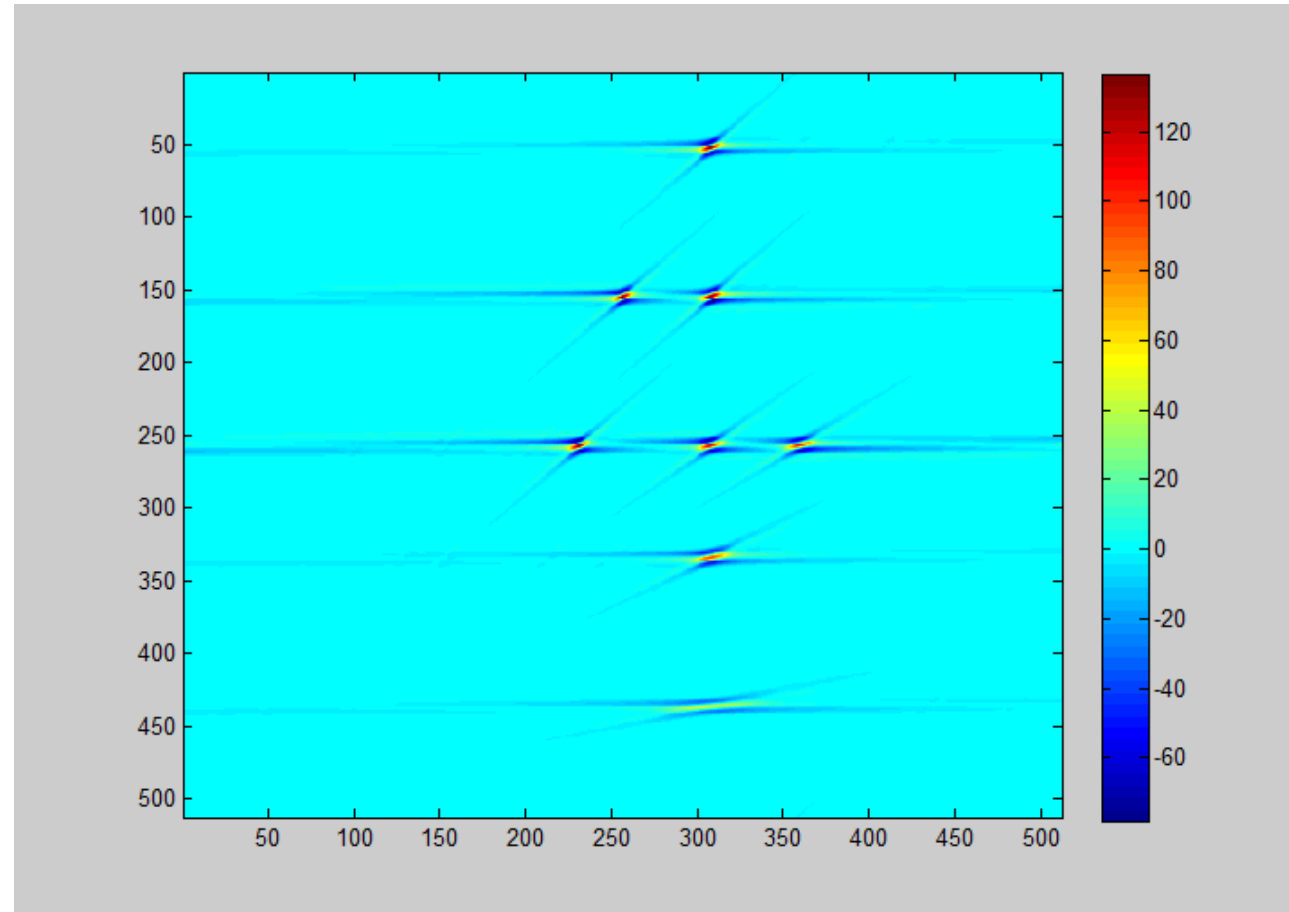
# Сравнение USFFT и NFFT



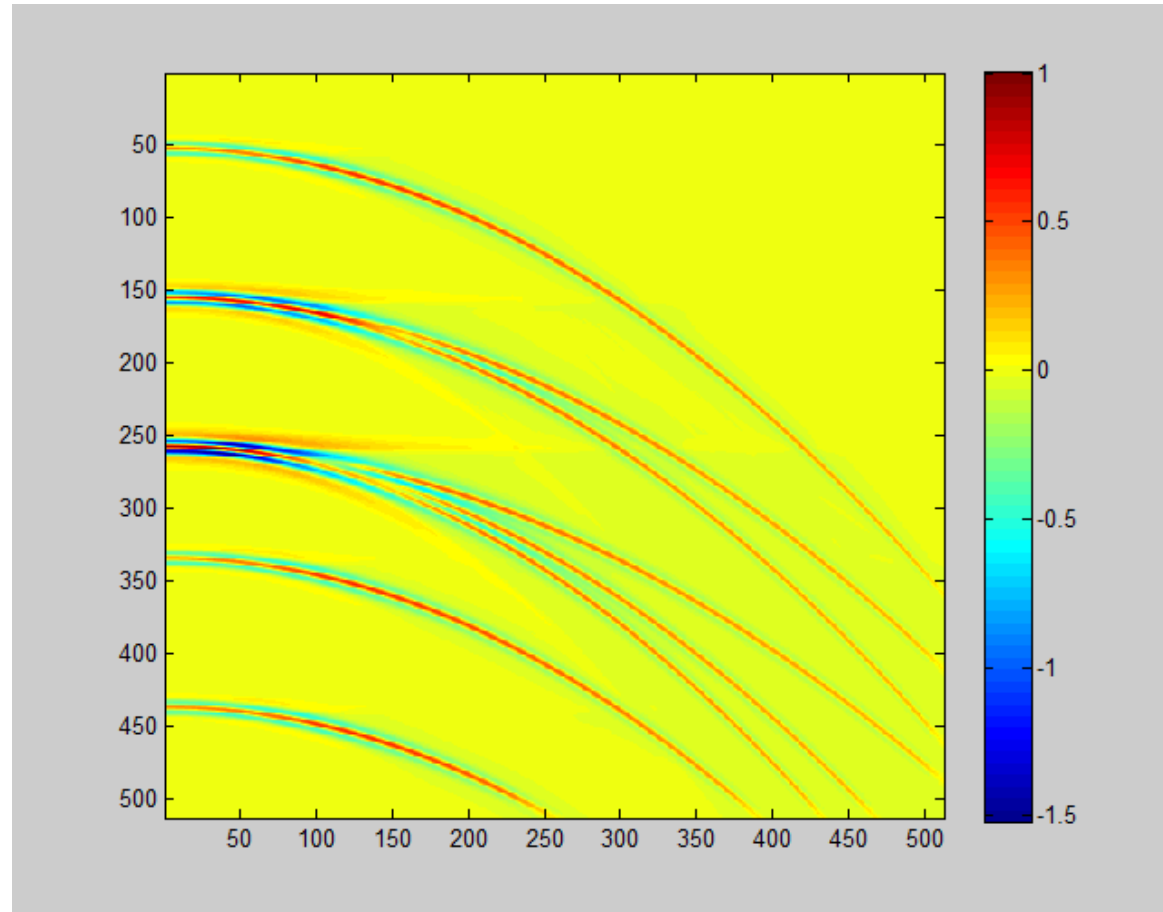
# Сравнение USFFT и NFFT



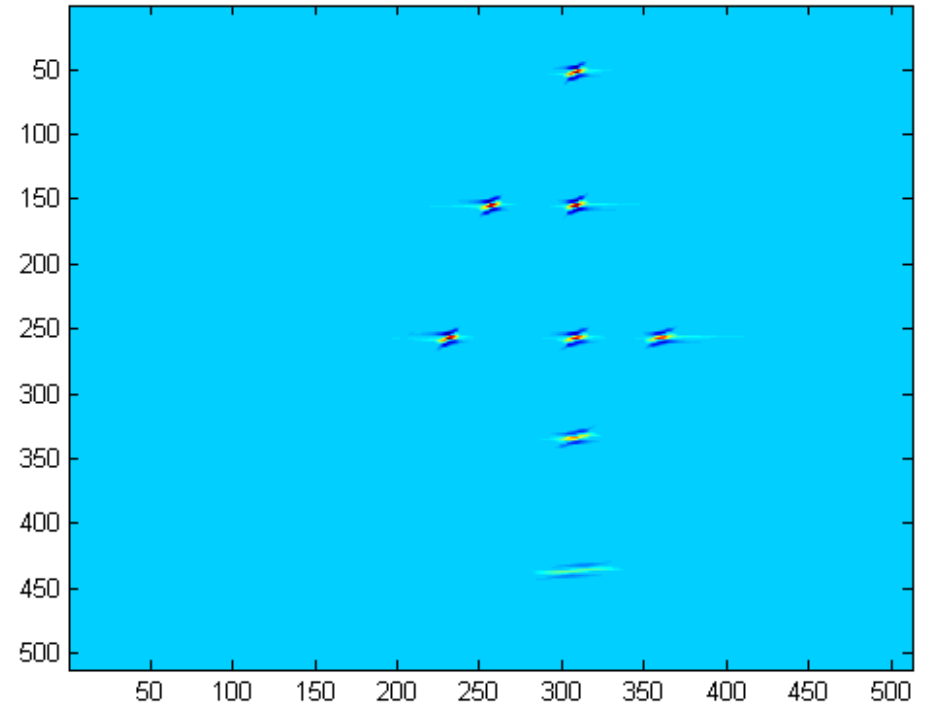
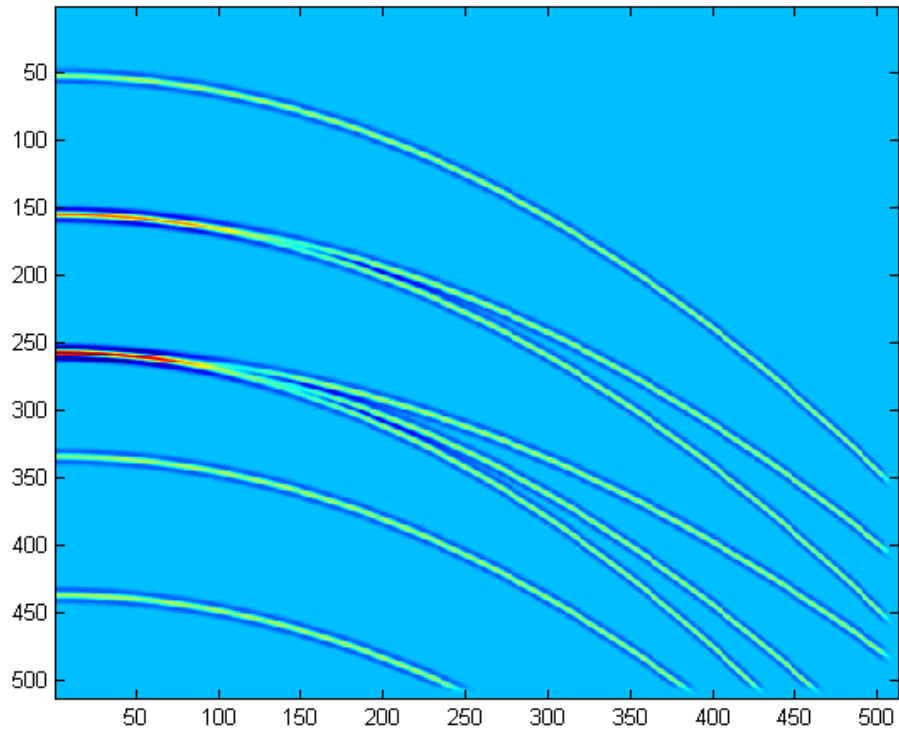
# Высокоразрешающее преобразование Радона



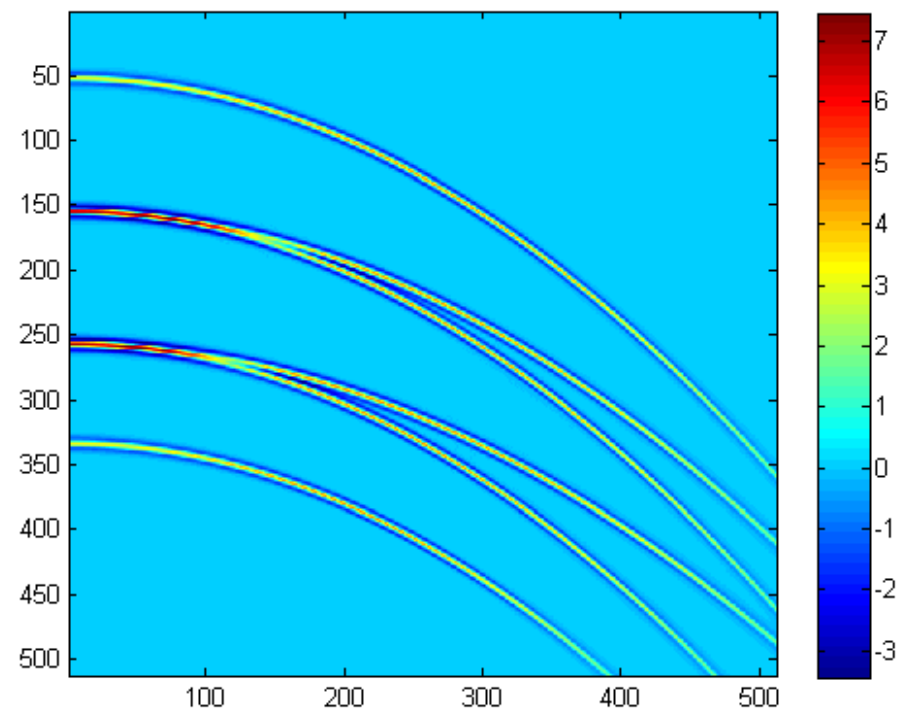
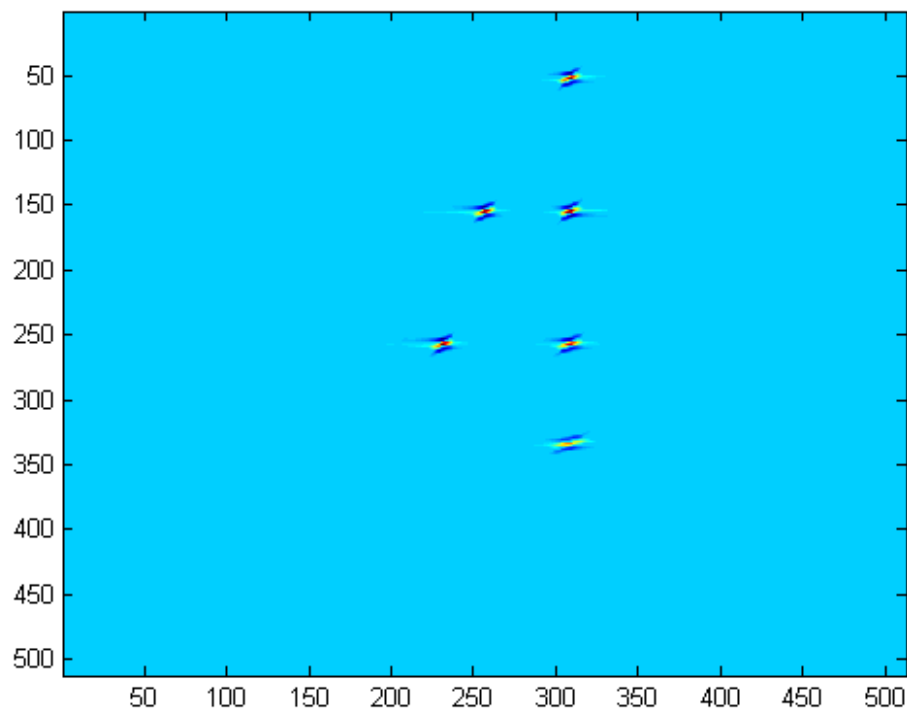
# Высокоразрешающее преобразование Радона



# Удаление кратных волн



# Удаление кратных волн





# Выводы

- Реализован алгоритм высокоразрешающего параболического преобразования Радона.
- Реализована параллельная библиотека наиболее вычислительноемкого этапа преобразования.
- Произведено тестирование преобразования с последующим удалением кратных волн в синтетических данных.

# Выступления на конференциях

- Высокопроизводительные вычисления в нефтегазовой отрасли «HPC-oilgas» 2015, МГУ
- Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири, 2015, СНИИГИМС
- Летняя суперкомпьютерная академия, 2015, МГУ
- МНСК, 2015