

Создание и эффективная реализация
параллельного алгоритма
высокоразрешающего параболического
преобразования Радона

Докладчик: Матвеев Алексей

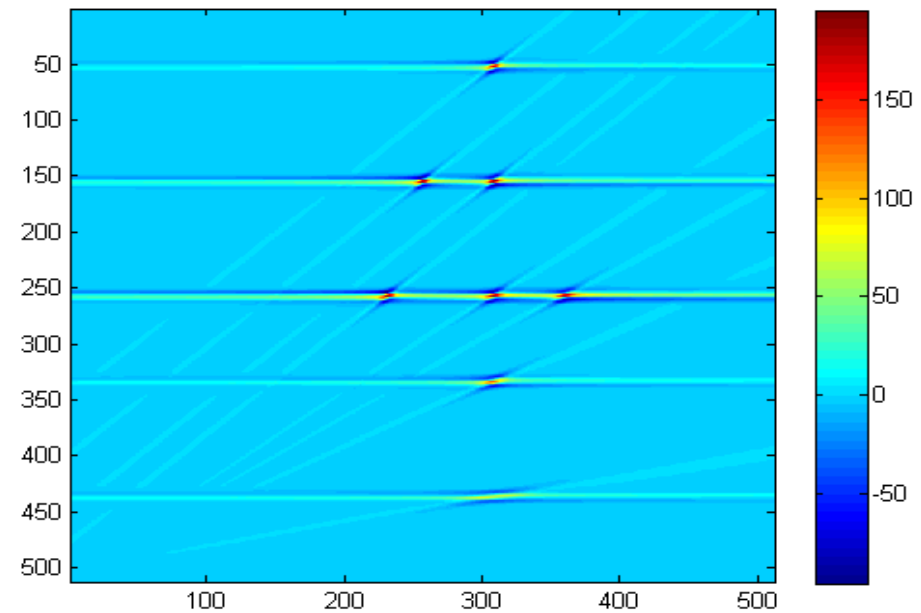
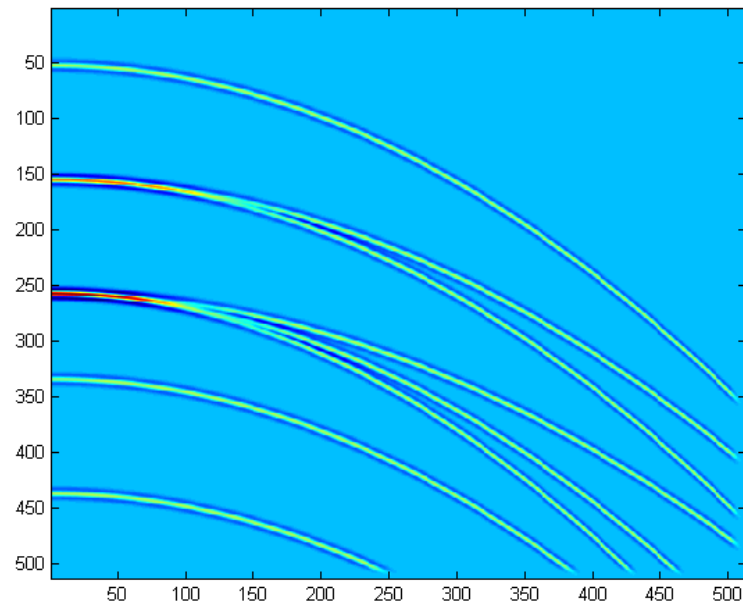
Параболическое преобразование Радона

$$m(\tau, p) = L\hat{d} = \sum_k \hat{d}(t = \tau + px_k^2, x_k)$$

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

Интегральное преобразование, суммирование вдоль парабол

Параболическое преобразование Радона



Быстрое параболическое преобразование Радона

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

$$\int \left(\iint \left(\int d(t', x) e^{-2\pi i \eta t'} dt' \right) e^{2\pi i \eta t} \delta(t - \tau - px^2) dt d\eta \right) dx =$$

$$= \iint \left(\int d(t', x) e^{-2\pi i \eta t'} dt' \right) e^{2\pi i \eta \tau + 2\pi i (\eta x^2) p} d\eta dx = \mathcal{F}_{(\eta, \eta x^2) \rightarrow (\tau, p)}^{-1} \mathcal{F}_{t \rightarrow \eta} d(t, x)$$

Быстрое параболическое преобразование Радона

- Прямое преобразование:
 - Серия стандартных одномерных преобразований Фурье по переменной t .
 - Преобразование Фурье с нерегулярной сетки $(\eta, \eta x^2)$ на регулярную сетку (τ, p) .
- Сопряженное преобразование
 - Преобразование Фурье с регулярной сетки (τ, p) нерегулярную сетку $(\eta, \eta x^2)$.
 - Серия стандартных одномерных преобразований Фурье по переменной η .

Быстрое параболическое преобразование Радона

- Одномерные преобразования Фурье – MKL FFT, FFTW ...
- Преобразование Фурье на нерегулярных сетках – USFFT
 - 2014 – преобразование с регулярной сетки на нерегулярную
 - 2015 – преобразование с нерегулярной сетки на регулярную

USFFT

Преобразование с нерегулярной сетки на регулярную:

- 1. Взвешенное рассеивание (свёртка)**
2. Стандартное FFT
3. Корректирующий фильтр (деконволюция)

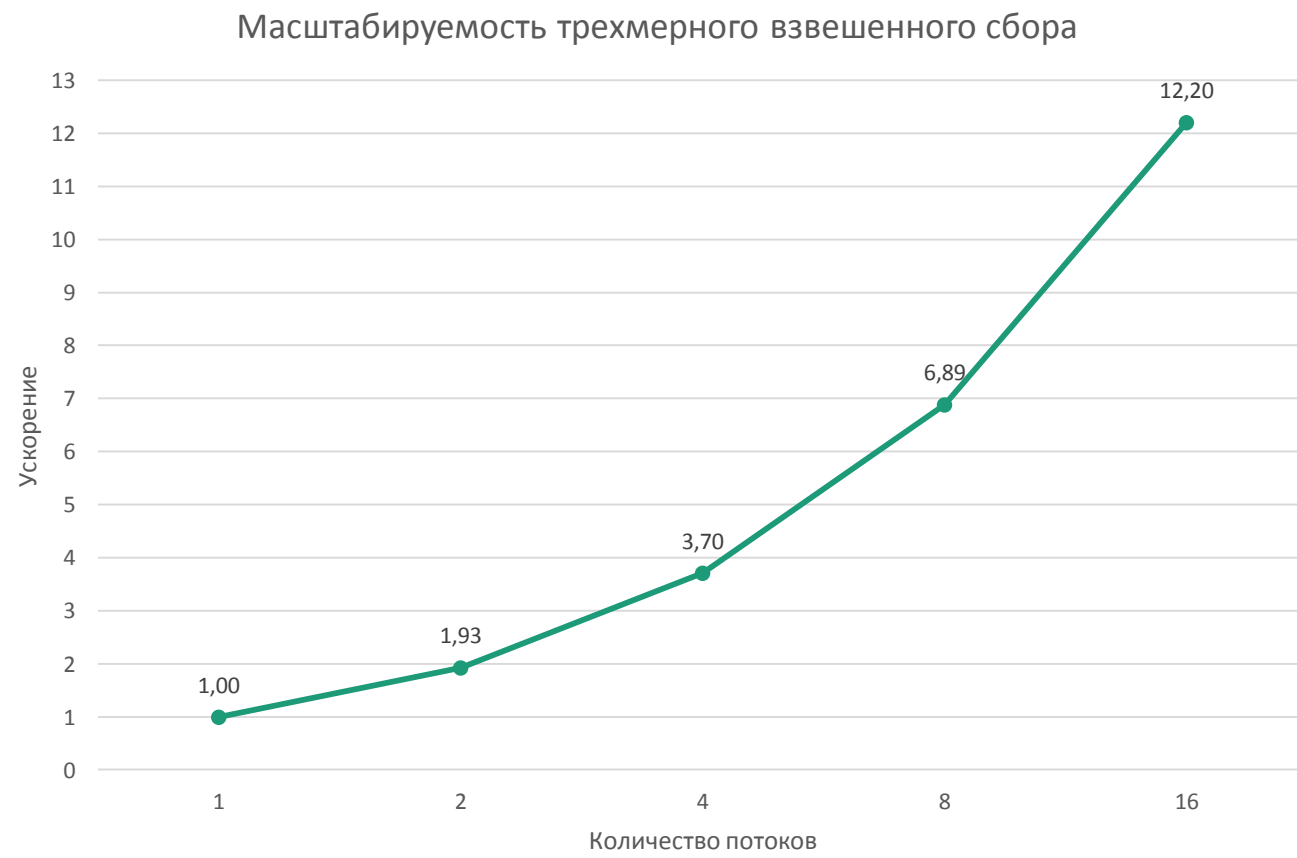
С регулярной сетки на нерегулярную:

1. Корректирующий фильтр (деконволюция)
2. Стандартное FFT
- 3. Взвешенное суммирование (свёртка)**

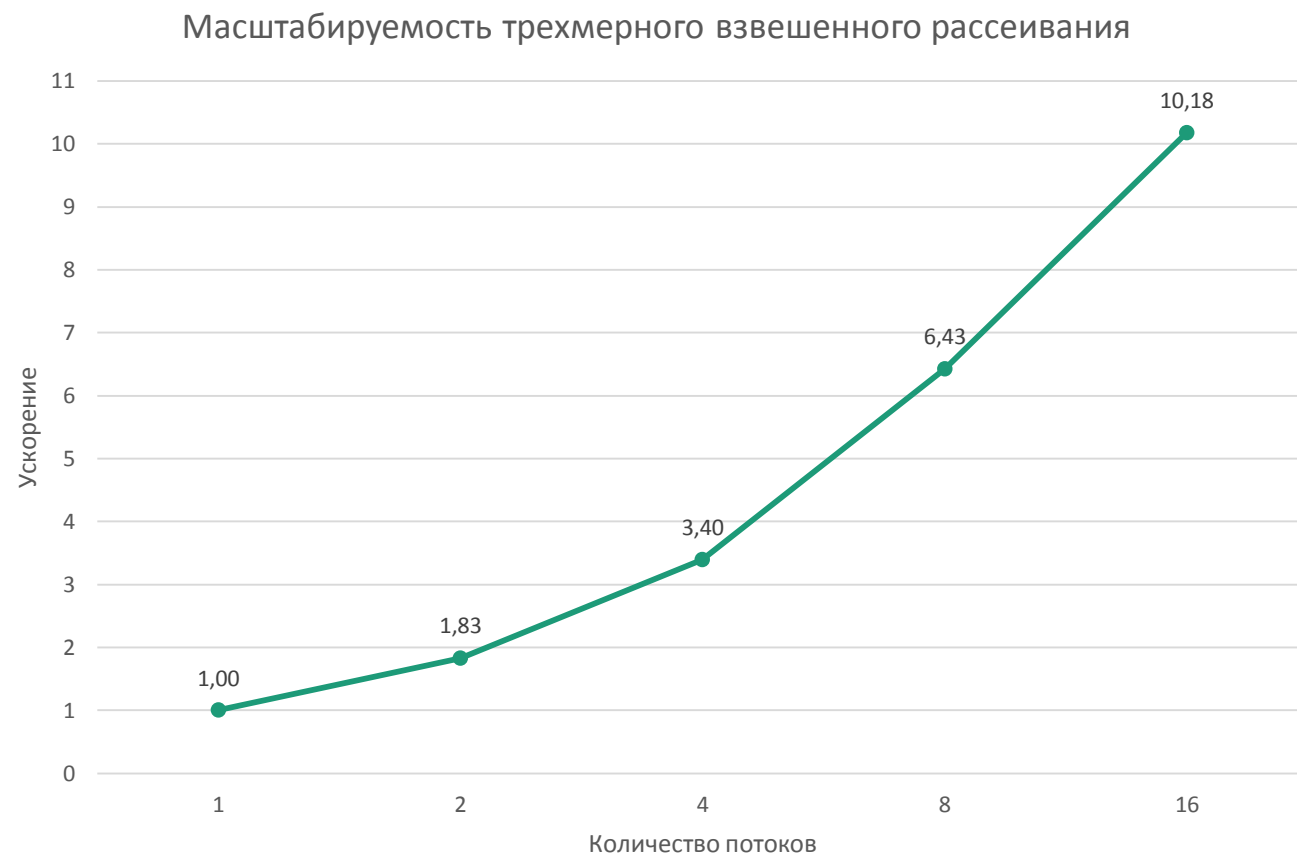
USFFT

- Параллельные алгоритмы 1D, 2D, 3D.
- Оптимизация попаданий в кэш, векторизация, оптимизация вычисления весовой функции.

USFFT



USFFT



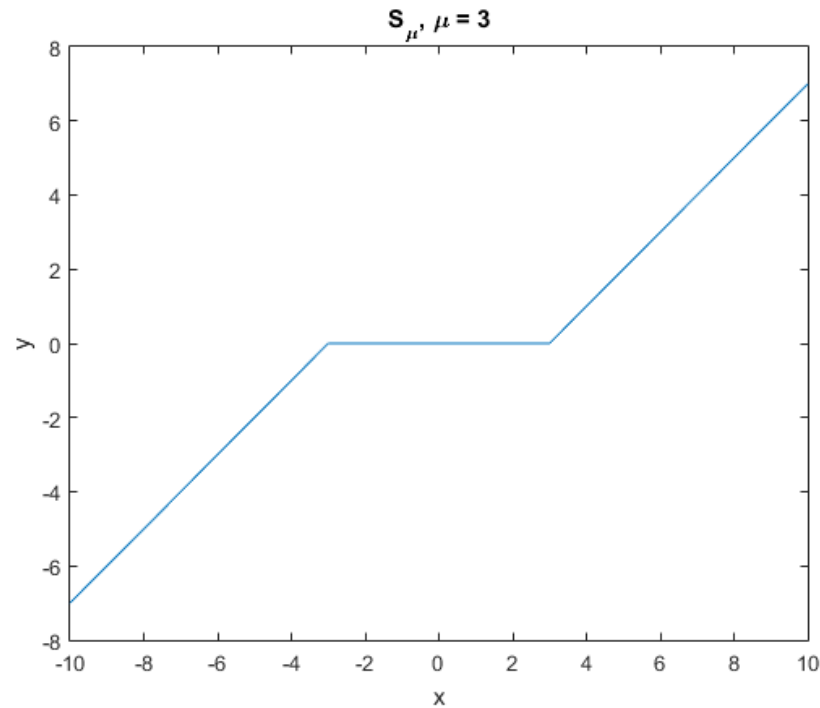
Высокоразрешающее преобразование Радона

- Наличие быстрого преобразование Радона позволяет использовать итеративные алгоритмы разреженной инверсии

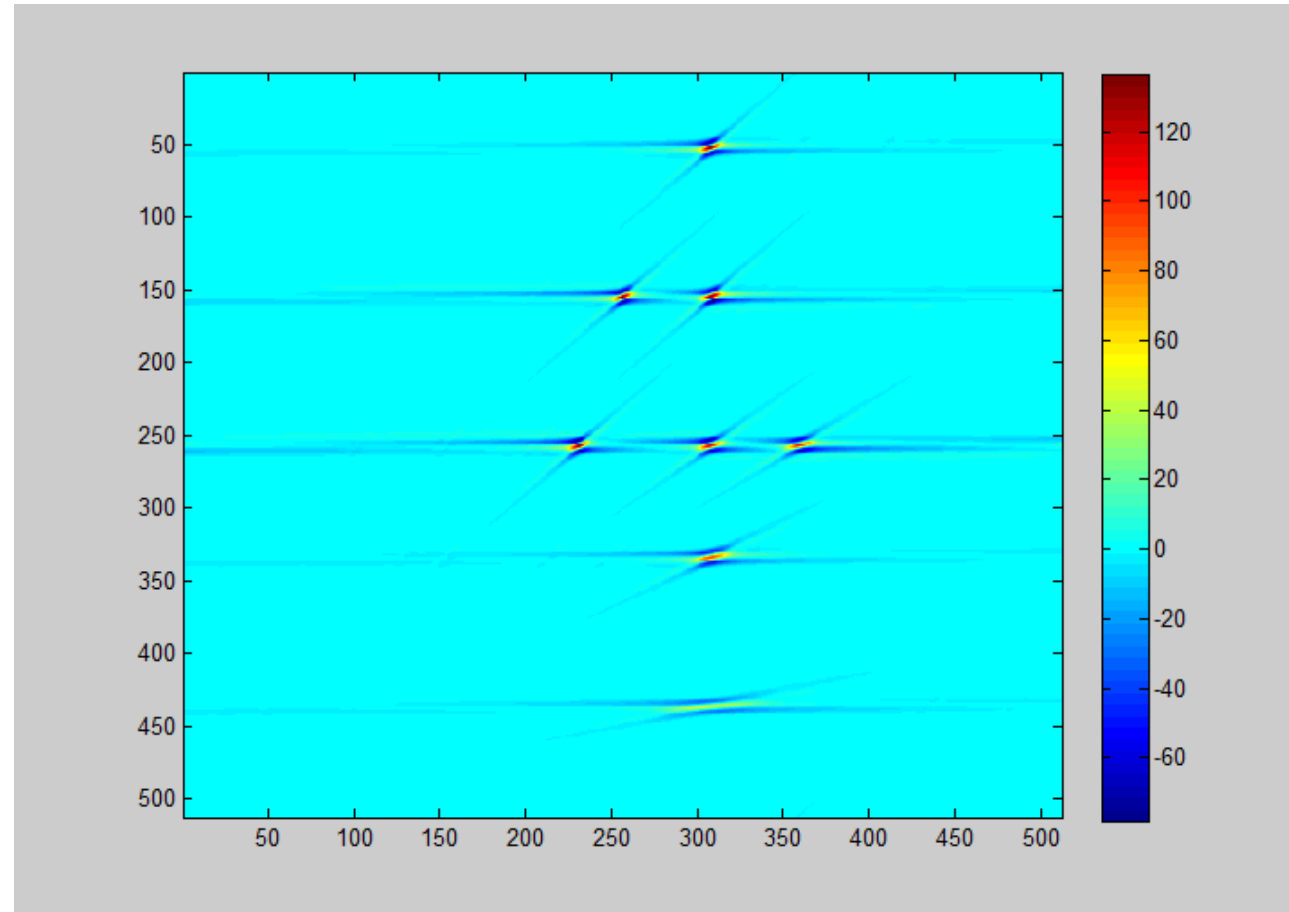
$$\min_m \left(\left\| L^* m - \hat{d} \right\|_2^2 + 2\tau \left\| m \right\|_1 \right)$$

Итеративный алгоритм мягкого обнуления

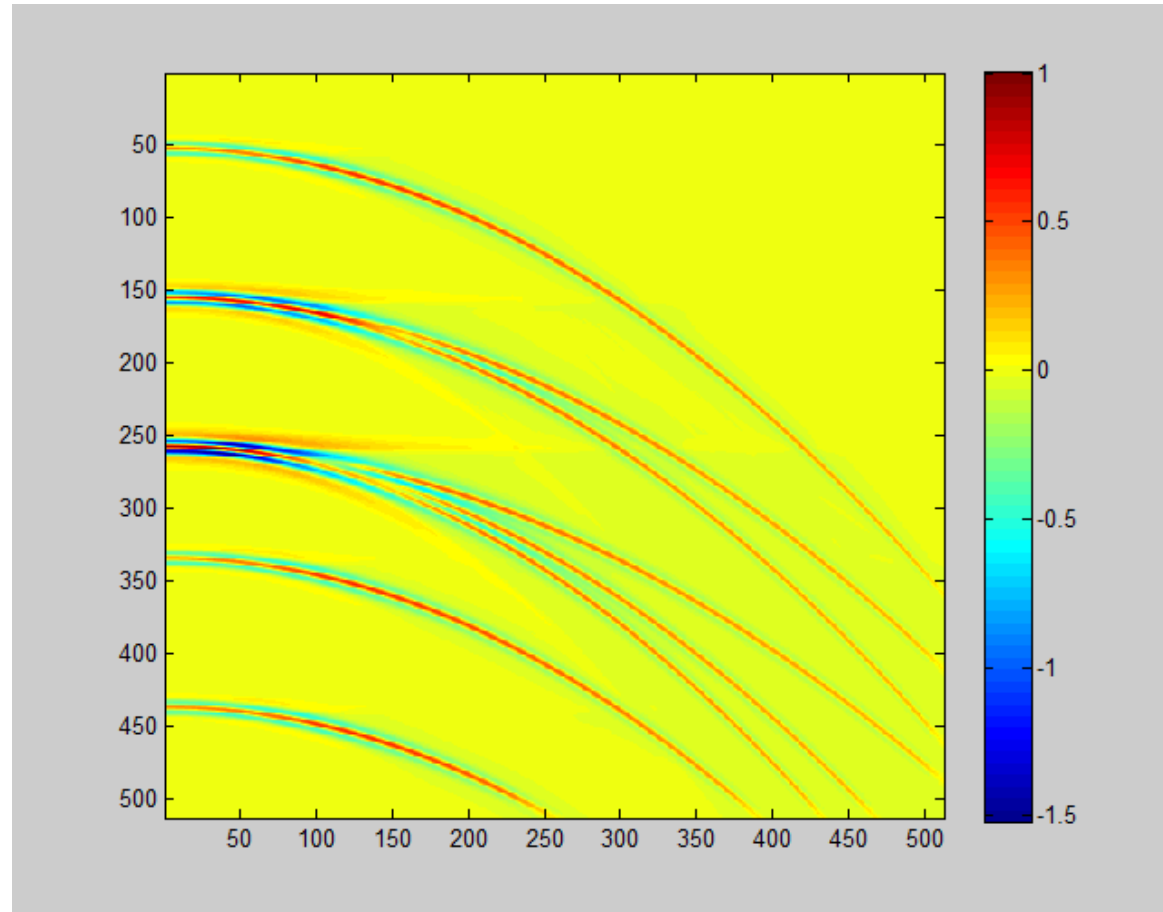
$$m^{n+1} = S_m(m^n - LL^*m^n + L\hat{d})$$



Высокоразрешающее преобразование Радона



Высокоразрешающее преобразование Радона



Итеративный алгоритм мягкого обнуления

$$m^{n+1} = S_m(m^n - LL^*m^n + L\hat{d})$$

$$\begin{aligned} LL^* &= \mathcal{F}_{(\eta, \eta x^2) \rightarrow (\tau, p)}^{-1} \mathcal{F}_{t \rightarrow \eta} \mathcal{F}_{\eta \rightarrow t}^{-1} \mathcal{F}_{(\tau, p) \rightarrow (\eta, \eta x^2)} m(\tau, p) = \\ &= \mathcal{F}_{(\eta, \eta x^2) \rightarrow (\tau, p)}^{-1} \mathcal{F}_{(\tau, p) \rightarrow (\eta, \eta x^2)} m(\tau, p) = \end{aligned}$$

Итеративный алгоритм мягкого обнуления

Деконволюция >>= FFT >>= Взвешенное рассеивание >>= Взвешенный Сбор >>= FFT >>= Деконволюция

Тип сетки не изменяется на каждом шаге итерации

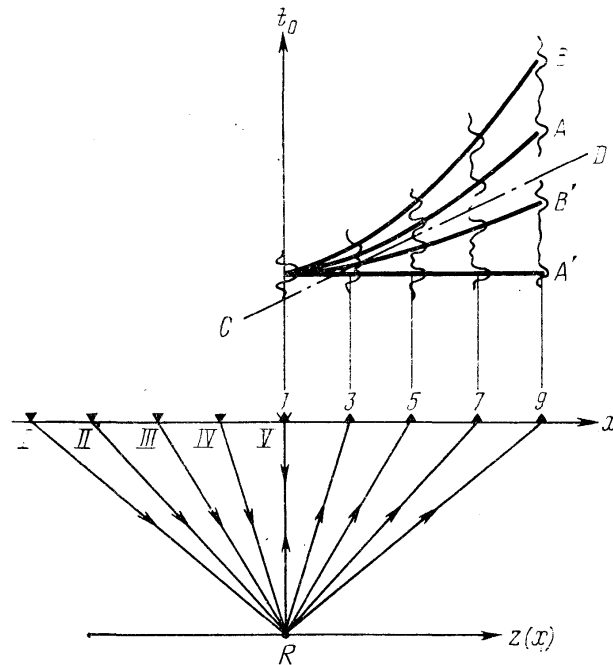
Выносим накладные расходы по вычислению весовой функции – 10% прирост производительности.

После операции взвешенного суммирования сразу следует операция взвешенного рассеивания

Выносим накладные расходы на модификацию нерегулярной сетки за пределы цикла – 20% прирост производительности.

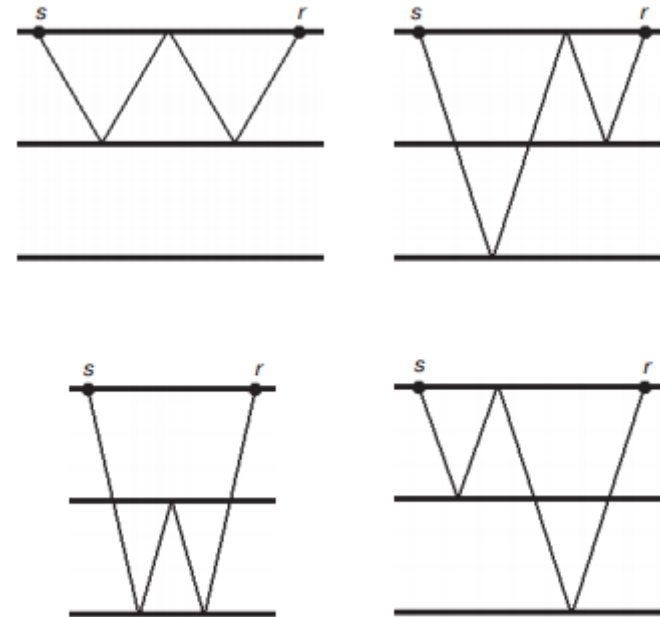
(Гео)физическая интерпретация

- Изображение с парабололами – определенным образом модифицированная сейсмограмма общей глубинной точки.

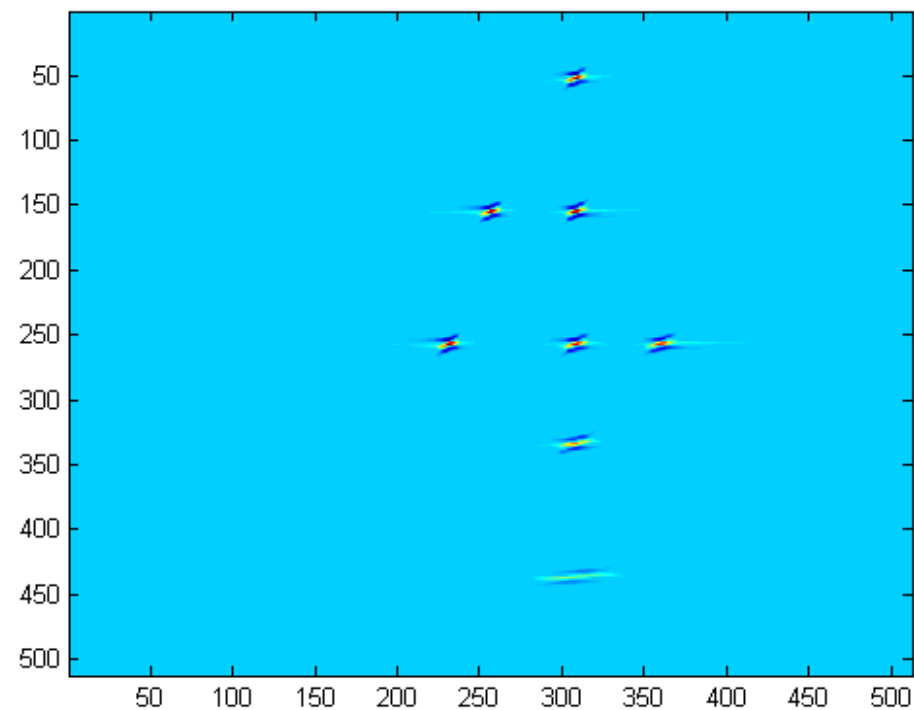
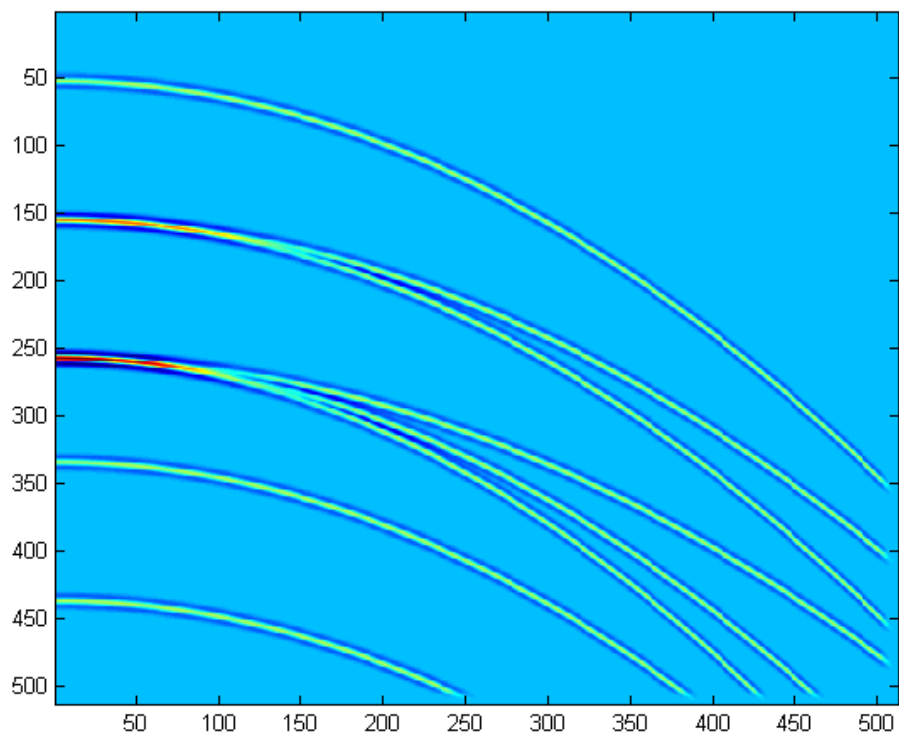


Что такое кратная волна?

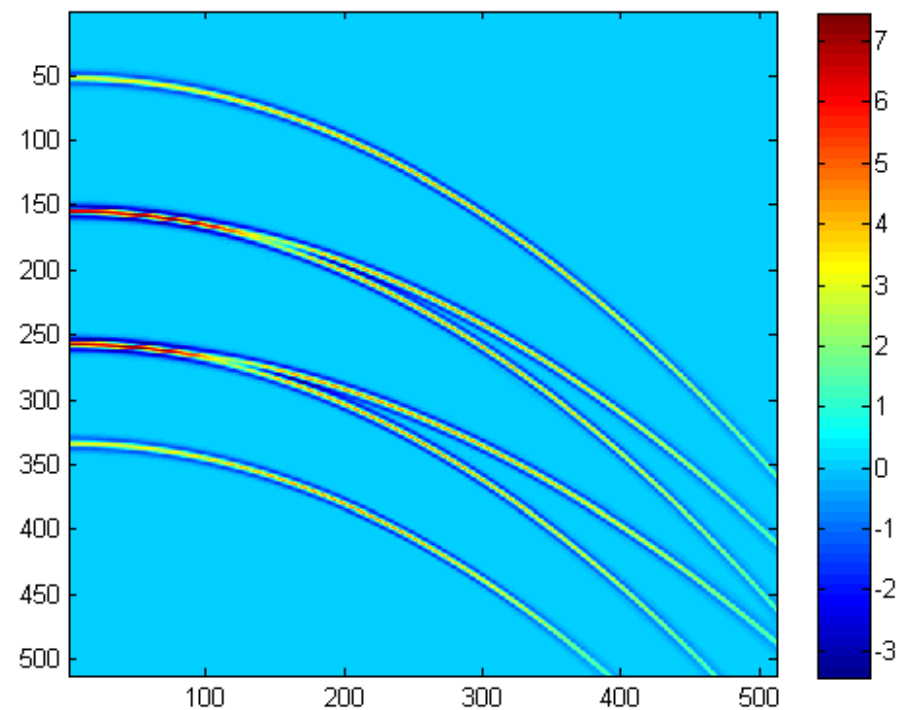
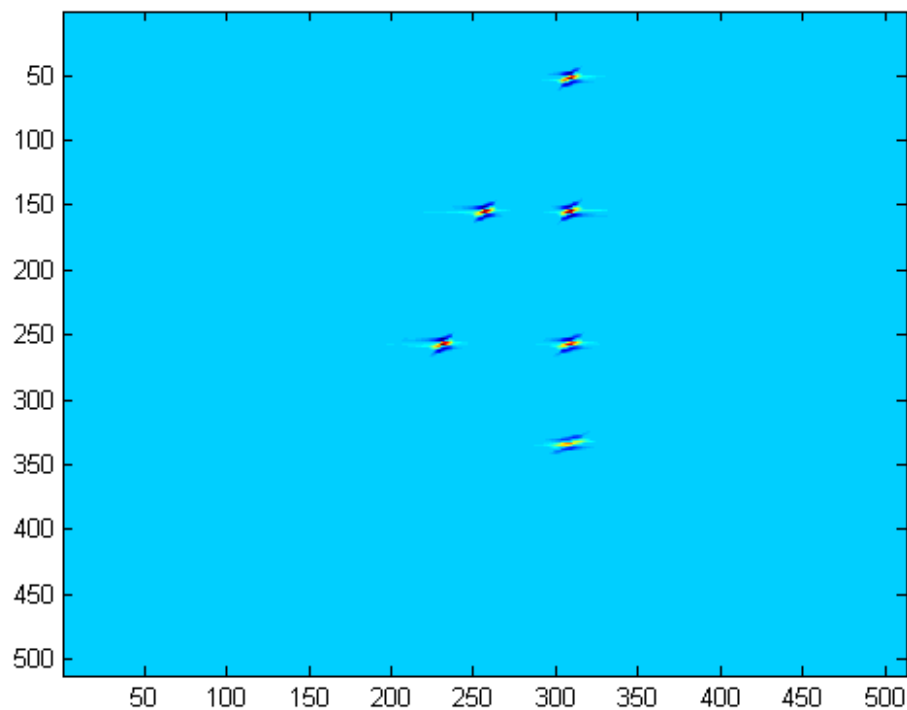
- Наряду с однократно отражёнными волнами (которые дают возможность судить о слоистости среды), существуют волны, которые потерпели несколько отражений от границ среды и которые не несут полезной информации.



Удаление кратных волн



Удаление кратных волн



Сравнение с аналогами

Количество итераций	Promax, Halliburton, сек	Данная реализация, сек
2	95	
3	145	
5	236	
10	486	
40		7

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

Планы на месџц

- Тестирование на міс
- Написание текста диплома