

Заключение

В результате проведенного исследования было выявлено отсутствие полностью открытого программного продукта, который предоставлял бы набор решателей, методов регуляризации и проецирования с возможностью их комбинирования в полноценный итерационный метод, использующий возможности CPU и GPU для ускорения вычислений. Поэтому, авторами была разработана и реализована открытая библиотека UfoART, обеспечивающая необходимый уровень модульности итерационного алгоритма и использующая открытый стандарт OpenCL для реализации вычислений на GPU. С помощью данной библиотеки была произведена реконструкция синтетического набора данных, показавшая улучшение качества реконструкции при использовании алгебраического метода с регуляризацией по сравнению с FBP.

Литература

1. Moosmann J. et al. X-ray phase-contrast in vivo microtomography probes new aspects of *Xenopus* gastrulation // *Nature*. – 2013. – Т. 497. – №. 7449. – С. 374-377.
2. Chilingaryan S. et al. A GPU-based architecture for real-time data assessment at synchrotron experiments // *Nuclear Science, IEEE Transactions on*. – 2011. – Т. 58. – №. 4. – С. 1447-1455.
3. Donoho D. L. Compressed sensing // *Information Theory, IEEE Transactions on*. – 2006. – Т. 52. – №. 4. – С. 1289-1306.
4. Vogelgesang M. et al. UFO: A Scalable GPU-based Image Processing Framework for On-line Monitoring // *High Performance Computing and Communication & 2012 IEEE 9th International Conference on Embedded Software and Systems (HPCC-ICCESS), 2012 IEEE 14th International Conference on*. – IEEE, 2012. – С. 824-829.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Шкарин Р.В., Шкарин А.В., Цапко С.Г.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: mathii2009@gmail.com

Введение

В настоящее время, Технологическим институтом Карлсруэ совместно с Томским политехническим университетом и рядом других российских вузов, ведется разработка международного проекта UFO (The Ultra-fast X-ray imaging of scientific processes with on-line assessment and data-driven process control) [1].

Целью данного проекта является создание двух экспериментальных станций: первая должна быть создана и внедрена на станции IMAGE на синхротроне ANKA, который принадлежит Технологическому институту Карлсруэ; вторая станция должна быть построена на синхротроне Сибирь-2, который построен на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Станции будут оптимизированы для проведения трехмерной и четырехмерной томографии технологических и биологических процессов с возможностью мониторинга получаемых данных в реальном времени и контроля, как самого образца, так и процесса получения данных.

Этот проект является уникальным потому, что он сочетает в себе интеллектуальную и интерактивную систему формирования и обработки изображений, которая позволяет комбинировать процесс управления образцом и параметрами луча. Кроме этого, работы над проектом подразумевают создание новых средств для усовершенствования стратегии обработки данных. При этом вместо хранения данных во внутренней памяти камеры с последующим перемещением их на внешнее хранилище, проведения анализа и обработки данных,

реконструкция изображений будет осуществляться в режиме реального времени с использованием современных технологий на основе графических процессоров (GPU) и программируемых пользователем вентильных матрицы (FPGA). Полученных результатов планируется использовать как для контроля изучаемого технологического процесса, так и для калибровки параметров луча и положения изучаемого образца.

Авторами статьи предложена реализация аналитического метода реконструкции томографических изображений с использованием вычислений на GPU, что позволяет реализовать процесс реконструкции в реальном времени. При этом, полученная реализация алгоритма работает быстрее уже существующего и широко используемого метода фильтрованного обратного проецирования (ФОП).

Алгоритм прямой инверсии Фурье

Данный метод [2, 3], как и все аналитические методы основаны на теореме о центральном сечении. Эта теорема утверждает, что, результат одномерного преобразования Фурье от проекции объекта, взятой под определенным углом, эквивалентен данным, расположенным вдоль линии, проходящей через центр двумерного Фурье домена под тем же самым углом. В соответствии с описанной теоремой, используя данные синопграммы, возможно получить реконструкцию поперечного сечения исследуемого объекта, путем восстановления приближения его двумерного Фурье домена. Авторами статьи предложена следующая интерпретация алгоритма:

1. Циклический сдвиг и дополнение нулями. В каждую проекцию на синограмме, добавляется столько нулей, чтобы общая длина проекций была кратна двум.

2. Применение одномерного преобразования Фурье. К каждой проекции уже измененной синограммы, применяется одномерное преобразование Фурье.

3. Интерполяция в двумерный Фурье домен. Для каждой точки на восстанавливаемом двумерном Фурье домене, ищется точка на синограмме и производится ее интерполяция с помощью (интерполяции по ближайшему соседу, билинейной интерполяции, сплайновой интерполяции, sinc-интерполяции или любой другой). Стоит отметить, что качество реконструкции полностью зависит от точности и качества интерполяции.

4. Применение обратного двумерного Фурье преобразования. К полученному приближению двумерного Фурье домена реконструируемого поперечного сечения исследуемого объекта применяется обратное двумерное преобразование Фурье.

5. Получение интересующей области на реконструкции. После того, как реконструкция поперечного сечения была получена, необходимо вырезать ROI (Region of interest), поскольку, исследованию часто подлежит лишь определенная область на полученной реконструкции.

Сравнение качества реконструкции

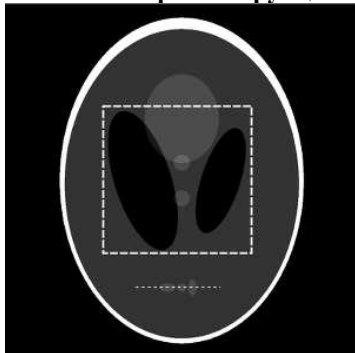


Рис. 1. Эталонное изображение фантома Шеппа-Логана

Авторами статьи было проведено сравнительный анализ результатов работы реализованного алгоритма и других методов аналитической реконструкции. В качестве эталона был выбран искусственный набор данных – фантом Шеппа-Логана [4], поскольку, имея эталон, можно определить качество реконструкции каждого метода. Однако, проведенное тестирование не может заменить тестирования на реальных данных. Реальные данные во много раз более сложны, в них присутствуют неточности и шум, которые заметно влияют на конечный результат реконструкции. Для более точной оценки, используют высокоточные фантомы, которые могут имитировать попе-

речный срез головы, торса человека и при этом быть полностью математически описанными.

На рисунке 2, приведены профили, построенные вдоль нижней пунктирной линии отмеченной на рисунке 1, результатов реконструкции каждым алгоритмом.

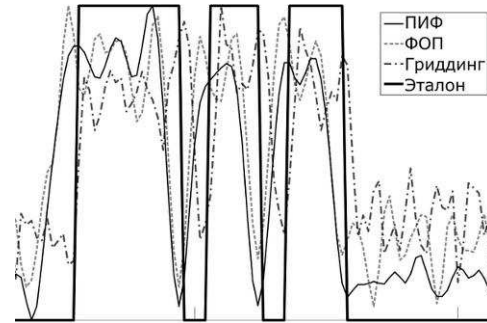


Рис. 2. Профили результатов реконструкции различных алгоритмов

Для более наглядного результата, было подсчитано значение PSNR [5] внутри квадратной области, обозначенной на рисунке 1.

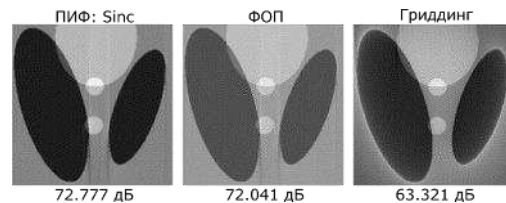


Рис. 3. Значения PSNR внутри квадратной области для различных алгоритмов

В завершении было проведено тестирование скорости выполнения на трех графических адаптерах:

- AMD Radeon™ HD 7900;
- NVIDIA GeForce GTX 680;
- NVIDIA GeForce GTX 580.

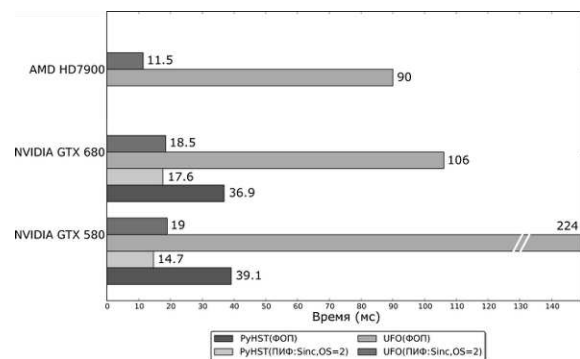


Рис. 4. Тестирование скорости выполнения алгоритма ПИФ против ФОП

По результатам тестирования, представленным на рисунке 4, предложенная авторами реализация

алгоритма – ПИФ работает в 8...12 раз быстрее ранее используемого алгоритма ФОП.

Заключение

По результатам исследования, было выявлено, что алгоритм прямой инверсии Фурье дает наилучшее качество реконструкции среди рассматриваемых аналитических методов. Поэтому, он был выбран и реализован для исполнения на графических процессорах. Результаты тестирования скорости реконструкции показали, что, он в 8...12 раз быстрее своего ближайшего соперника – алгоритма фильтрованного обратного прецирования, который должен быть заменен. В ходе дальнейшей работы метод прямой инверсии Фурье должен быть внедрен в рабочий процесс системы UFO и программы PyHST.

Литература

1. Weber M. et al. UFO2–Ultra fast X-ray imaging of scientific processes with on-line assessment and data-driven process control.

2. Mersereau R. M. Direct Fourier transform techniques in 3-D image reconstruction //Computers in biology and medicine. – 1976. – Т. 6. – №. 4. – С. 247-4N4.

3. Matej S., Bajla I. A high-speed reconstruction from projections using direct Fourier method with optimized parameters-an experimental analysis //Medical Imaging, IEEE Transactions on. – 1990. – Т. 9. – № 4. – С. 421-429.

4. Shepp L.A., Logan B.F. Reconstructing interior head tissue from x-ray transmissions // Nuclear Science, IEEE Transactions on. – 1974. – Т. 21. – № 1. – С. 228-236.

5. Nadernejad E., Hassanpour H. A comparison and analysis of different PDE-based approaches for image enhancement //Proc. Int. Conf. on Signal Processing and Communication Systems ICSPCS. – 2007.

THE ALGORITHM FOR PREDICTING RESERVOIR PROPERTIES OF ROCKS BASING ON THE INFORMATION PROPERTIES OF THE MUTUAL PHASE SPECTRUM OF REFLECTED SEISMIC WAVES

S.N. Sidorenko, V.P. Ivanchenkov, R.V. Deniko

Tomsk Polytechnic University

Lenina Avenue, 30, 634050, Tomsk, Russia

E-mail: sofyasn@mail.ru

Nowadays, a number of methods for predicting the geological section have been created. There are software systems for processing and interpretation of seismic data, which widely use dynamic parameters of waves bound with the amplitude and the energy of reflections. The phase characteristics of reflections are used to a lesser extent [1].

Thus, there is an increased relevance for searching new ways to analyze seismic records in order to extend the number of informative parameters. Among such parameters there is the mutual phase spectrum (MPS) of reflected waves.

The law of signal phase spectrum change contains information allowing the most reliable detection of signals against intense noise and assessment of their kinematic parameters. The MPS of reflections carries information about acoustic properties, heterogeneity of absorption and dispersion of geological environments [2].

The purpose of this work is the description of algorithm for predicting properties of geological section basing on the MPS of reflected waves. To achieve this goal the following objectives should be accomplished:

1. In order to isolate the information properties of MPS of reflected seismic waves a model of layered absorbing media should be considered.

2. The algorithm for predicting geological section properties basing on the MPS of reflected waves should be described.

Let's consider the model of layered absorbing formations. The construction of such a model with horizontal interfacial boundaries represents the whole thing in the form of a linear system, which introduces some changes in the oscillation [3]. The example of a simple model of a plane-parallel layered absorbing formation (Fig. 1a) shows the essence of the approach (fig. 1b).

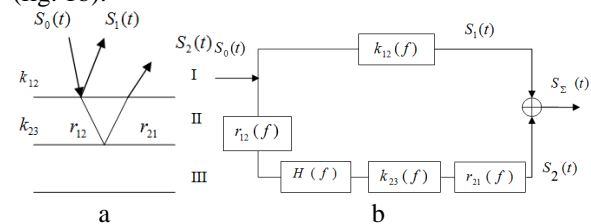


Fig. 1. The model of plane-parallel layered absorbing formation: $S_0(t)$ – the initial seismic signal,

$S_1(t), S_2(t)$ – signals reflected from top and bottom of the observed formation II, $k_{12}(f)$ and $k_{23}(f)$ – the reflection coefficients from top and bottom of layer II, $r_{12}(f)$ and $r_{21}(f)$ – the refraction coefficients on the top of layer II, $H(f)$ – frequency characteristic of the absorbing layer

The spectra of the waves reflected from the top and bottom of the layer II: