

**РЕАЛИЗАЦИЯ И СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ НЕКОТОРЫХ ИТЕРАЦИОННЫХ
МЕТОДОВ ТОМГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СИНХРОТРОННЫХ УСТАНОВОК**

Булдыгин Р.А., Шкарин А.В., Аметова Э.С.

Научные руководители: Цапко С.Г. к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: buldo@tpu.ru

**REALIZATION AND RESULTS COMPARASION OF SOME ITERATIVE RECONSTRUCTION
METHODS FOR COMPUTED TOMOGRAPHY FOR SYNCHROTRON EQUIPMENT**

Buldygin R.A., Shkarin A.V., Ametova E.S.

Scientific Supervisor: Tsapko S.G., Ph.D.

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Lenina str., 30, 634050

E-mail: buldo@tpu.ru

Компьютерная томография (КТ) – это метод, позволяющий проводить исследования внутренней структуры объекта без нарушения его целостности. На сегодняшний день технология КТ находит свое применение в медицине, неразрушающем контроле и ряде других областей, в том числе в исследованиях, направленных на изучение развития живых организмов. В зависимости от области и методики исследования применяются различные установки, позволяющие выполнить томографию объекта. Существующие установки используют различные геометрии пучка, так в медицине и неразрушающем контроле широко применяется конический пучок. В данной работе под КТ понимается томографическое исследование, выполненное на синхротроне. Отличительной чертой такого исследования является использование параллельной геометрии пучка.

Данные получаемые в результате сканирования изучаемого образца, как правило, нельзя сразу использовать для исследования внутренней структуры или процесса. Основной проблемой в данной задаче является наложение тканей друг на друга, поэтому сначала необходимо выполнить реконструкцию образца. При параллельной геометрии пучка реконструкция объекта сводится к восстановлению его срезов, при этом срезы могут быть восстановлены независимо друг от друга.

При сканировании образца под определенным углом получается томограмма, набор томограмм соответствует данным, необходимым для реконструкции всего объема. Набор данных, необходимых реконструкции среза объема, называется синограммой и представляется набором строк (проекций) взятых со всех томограмм на одном уровне.

В исследованиях, проводимых на живых организмах крайне важно максимально продлить жизнь образца, уменьшив получаемую им дозу излучения. Эта задача может быть решена с помощью уменьшения числа направлений сканирования образца. Широко применяемый на сегодняшний день аналитический метод реконструкции – Filtered Back Projection(FBP) опирается на теорему Найквиста-Шеннона и не может обеспечить высокое качество реконструкции с недостаточного числа проекций. Помимо аналитических методов реконструкции выделяют итерационные методы, которые позволяют добиться качественной реконструкции за счет моделирования процесса проецирования и встраивания априорной информации, которая не учитывается аналитическими методами. Однако из-за моделирования проецирования и учёта априорных данных итеративные методы реконструкции крайне

требовательны к вычислительным ресурсам. Лишь в последние годы с развитием компьютерной техники, в особенности вычислений общего назначения на графических картах, стало возможным использование итерационных методов для выполнения реконструкции за разумное время (до нескольких десятков минут).

Для максимального быстродействия алгоритм реконструкции необходимо адаптировать для выполнения вычислений на графических картах. Адаптация наряду с интеграцией в уже существующую инфраструктуру довольно сложна и затратна по времени. Поэтому была поставлена задача провести сравнение эффективности работы различных итерационных методов реконструкции. В качестве среды для быстрого прототипирования и тестирования методов был выбран пакет Matlab. На языке Matlab были реализованы следующие алгоритмы: ASD-POCS - адаптивный метод, использующий метод SART, включающий в себя задачу минимизации вариация функции (Total Variation, TV) [1]; CGTV – метод сопряжённых градиентов, оптимизированный для задач реконструкции [2]; две реализации метода Split Bregman, одна из которых (SBTV) использует TV регуляризацию, а вторая (SBFR) ищет наиболее разреженное представление изображения в домене фреймлетов[3,4].

Исследование проводилось как на синтетических данных, так и на реальных данных. В качестве синтетических данных был использован Forbild Head Phantom[5]. В качестве реальных данных использовались томограммы, полученные в рамках изучения сустава *Trigonopterus oblongus*. Данные томограммы были получены «в динамике», таким образом на них присутствует большое количество шумов, артефакты движения, а количество проекций изначально невелико.

Для синтетических данных существует эталонное изображение, поэтому можно произвести объективную оценку качества восстановления – измерить индекс структурного сходства(SSIM). Результаты работы с реальными данными оценивались субъективно экспертом, ранее использовавшим эти данных в своих исследованиях.

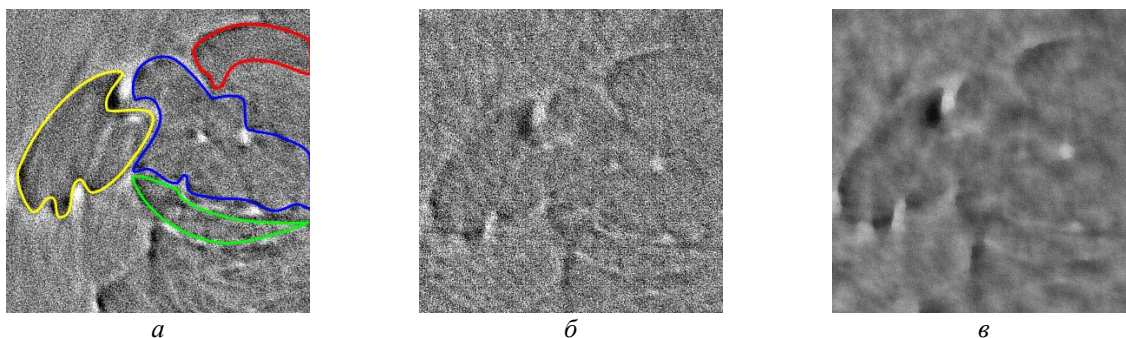
Результаты измерений SSIM представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения SSIM для результатов работы разных алгоритмов

	FPB	ASD-POCS	CGTV	SBFR	SBTV
SSIM	0,38	0,21	0,32	0,39	0,25

Результат измерений SSIM показывает превосходство только SBFR над FBP, однако, по субъективной оценке, на синтетических данных, различные алгоритмы показывают схожие результаты. Наиболее ярко разница между результатами работы алгоритмов видна на зашумлённых и неполных реальных данных (рис. 1)



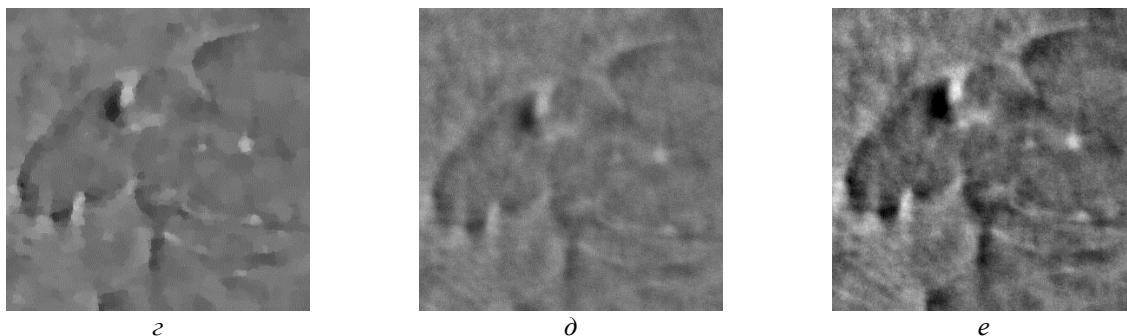


Рис. 1. а – результат сегментации изображения, б – результат работы FBP, в – результат работы ASD-POCS, г – результат работы CGTV, д – результат работы SBTV, е – результат работы SBFR

Для реальных данных отсутствует эталонный образец реконструкции. Поэтому различные метрики, основанные на сравнении оригинального и зашумлённого вариантов изображения, нельзя считать надёжным инструментом оценки качества реконструкции. Как было сказано выше, результат восстановления реальных данных, был оценен экспертом, ранее работавшим с ними. По словам эксперта, необходимые для его работы (сегментация изображения - рис.1а) детали больше всего заметны при восстановлении изображения методом Split-Bregman с регуляризацией в домене фреймлетов.

На основе формальной оценки и оценки эксперта для дальнейшей работы был выбран метод Split-Bregman с регуляризацией в домене фреймлетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Emil Y Sidky and Xiaochuan Pan Image reconstruction in circular cone-beam computed tomography by constrained, totalvariation minimization // Phys. Med. Biol. – 2008. – №53. – С. 4777–4807.
2. Xiaoli Yang, Ralf Hofmann, Robin Dapp, Thomas van de Kamp, Tomy dos Santos Rolo, Xianghui Xiao, Julian Moosmann, Jubin Kashef, Rainer Stotzka TV-based conjugate gradient method and discrete L-curve for few-view CT reconstruction of X-ray in vivo data // Optics Express. – 2015. Т. 23. – С. 5368-5387.
3. Tom Goldstein, Stanley Osher The Split Bregman Method for L1-Regularized Problems // SIAM J. Imaging Sciences. – 2009. Т. 2. – № 2. – С. 323-343.
4. The Bregman Cookbook [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www-rohan.sdsu.edu/~jegilles/BregmanCookbook.html>. – 15.05.2015
5. Günter Lauritsch and Herbert Bruder Head Phantom [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.imp.uni-erlangen.de/phantoms/head/head.html>. – 15.05.2015
6. Astra tomography toolbox [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://sourceforge.net/projects/astra-toolbox/>. – 15.05.2015
7. D. L. Donoho Compressed sensing // Information Theory, IEEE Transactions on. – 2006. Т. 52. – №4. – С 1289–1306.