

# ТОМОГРАФ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗНОМАСШТАБНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

*Чукалина М.В., Николаев Д.П., Арлазаров В.В., Арлазаров В.Л. (ФИЦ ИУ РАН, ООО Смарт Энджинс), Шелков Г.А. (ОИЯИ)*

Применение метода рентгеновской томографии позволяет восстанавливать 3D форму томографируемого объекта, а также его локальную внутреннюю морфологическую структуру. Если регистратор дополнительно к пространственному разрешению дополнен функцией спектрального разрешения [1], то возможности томографии дополняются определением локального состава томографируемого объекта.

Области применения разномасштабного подхода не ограничиваются медициной, где разномасштабность поможет уточнить диагноз применением более высокого разрешения для уточнения границ образования после стадии его обнаружения, или поможет уменьшить повреждение здоровых тканей более точной локализацией места при использовании лучевой терапии. При дефектоскопии готовых изделий в промышленных применениях позволит уточнить тип дефекта, а при использовании регистраторов со спектральным разрешением – получить дополнительную информацию о причинах возникновения дефекта.

Для реализации технологии разномасштабной томографии необходимо провести оптимизацию как аппаратной, так и программной частей. В аппаратной части модернизация коснется держателя образца. Возникает необходимость расширения списка степеней свободы, чтобы иметь возможность сканирования произвольные области интереса (рис.1). При изменении расстояния источник-объект меняется коэффициент увеличения, и математические методы, предложенные в фотографии [2], вновь найдут свое применение.

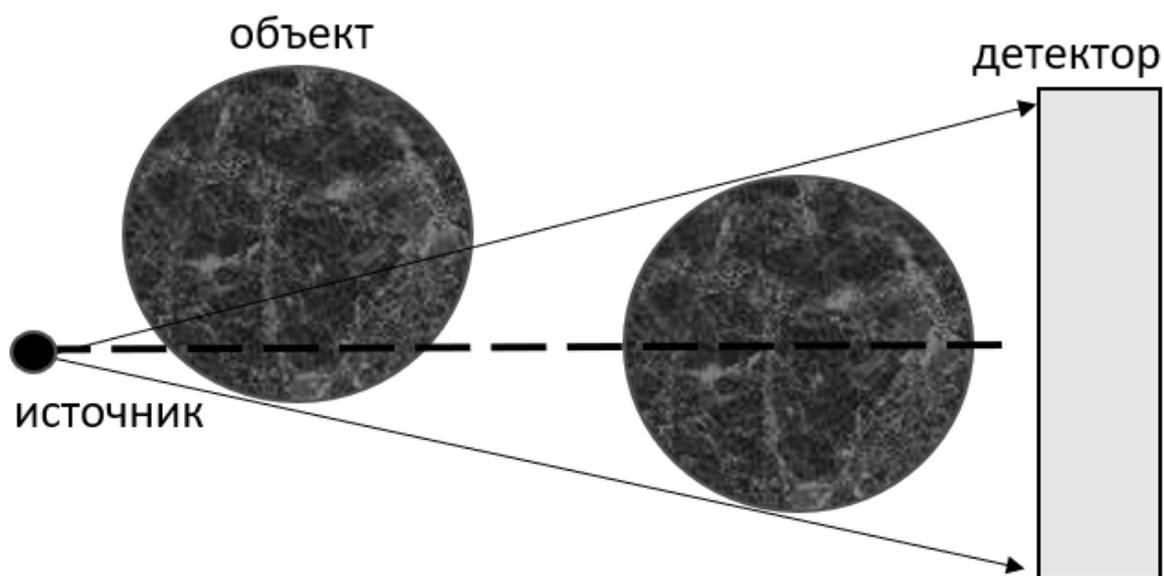


Рис. 1 Принципиальная схема разномасштабной съемки.

Задачи программной части в области управления и контроля за экспериментом теперь не ограничиваются контролем за сбором и передачей в вычислитель зарегистрированных данных. Как и в технологии мониторинговой реконструкции [3] необходима дополнительная связь между реконструктором и системой управления сбором проекций [4].

Изменение размера области интересов без изменения энергии спектра, используемого для зондирования, приведет к изменению контраста на регистрируемых проекциях. Но разработка алгоритмов реконструкции, способных работать в условиях высокого уровня шума, в данное время ведется в разных лабораториях по всему миру, включая нас [5]. Этот вызов критичным не выглядит.

Механическое перемещение образца (а не только изменение ракурса съемки) может приводить к раскалиброванности системы. Пример реконструкции, выполненной без использования функций автокалибровки, приведен на рис. 2 слева. Востребованными окажутся методы автоматической калибровки измерительной системы. На рис. 2 справа представлен результат реконструкции сечения объекта после применения функции автокалибровки в ПО STE [6].

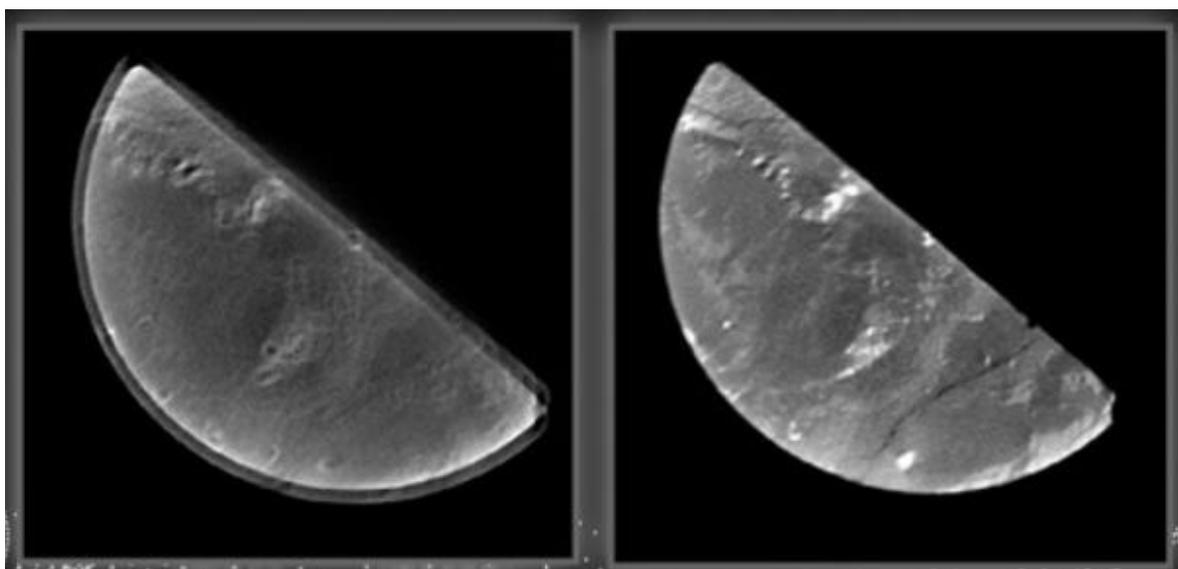


Рис. 2. Пример применения функции автокалибровки при реконструкции. Слева реконструкция выполнена без применения данной функции, справа – результат реконструкции после выполнения автокалибровки [6].

Проблема быстродействия в задаче многомасштабных измерений занимает значимое место. С увеличением количества последовательно выполняемых измерений растет количество данных. Основными операциями, используемыми в алгоритмах томографической реконструкции, являются операции прямого и обратного проецирования. Недавние успехи, достигнутые в области алгоритмического ускорения данных операций [7], позволяют говорить о возможности проводить реконструкцию в режиме близком к реальному времени.

В докладе будет представлен обзор текущего состояния дел в области рентгеновской компьютерной томографии в России и мире с целью построить заключение о готовности отрасли к созданию в России томографа нового поколения.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФ грант 23-21-00524.*

#### Литература.

1. A. Zhemchugov, A. Svetlikov, D. Kozhevnikov, G. Shelkov, S. Urazgildeeva, and V. Gurevich, Usage of novel hybrid pixel detectors for native atherosclerotic plaque imaging by high resolution X-ray computed tomography / Atherosclerosis, 2016, vol. 252. p. e215, Sep. 2016, DOI:10.1016/j.atherosclerosis.2016.07.163.

2. V.L. Arlazarov, D.P. Nikolaev, V.V. Arlazarov, M.V. Chukalina. X-ray Tomography: the Way from Layer-by-layer Radiography to Computed Tomography / Computer Optics, 2021, vol.45, 6. p. 897-906. DOI:10.18287/2412-6179-CO-898.

3. Konstantin Bulatov, Marina Chukalina, Alexey Buzmakov, Dmitry Nikolaev, Vladimir V. Arlazarov. Monitored Reconstruction: Computed Tomography as an Anytime Algorithm / IEEE Access, 2020, 8. – p. 110759-110774. DOI:10.1109/ACCESS.2020.3002019.

4. Marat Gilmanov, Konstantin Bulatov, Oleg Bugai, Anastasia Ingacheva, Marina Chukalina, Dmitrii Nikolaev, Vladimir Arlazarov. Applicability and potential of monitored reconstruction in computed tomography. PLoS ONE. 2024, vol. 19, 7. p. 1-20. DOI:10.1371/journal.pone.0307231.

5. Andrei Yamaev, Marina Chukalina, Dmitry Nikolaev, Alexander Sheshkus, and Alexey Chulichkov. Lightweight denoising filtering neural network for FBP algorithm / Proc. SPIE 11605, Thirteenth International Conference on Machine Vision, 2021. p. 116050L. DOI: 10.1117/12.2587185.

6. <https://smartengines.ru/smart-tomo-engine/>.

7. Dmitry Polevoy, Marat Gilmanov, Danil Kazimirov, Marina Chukalina, Anastasia Ingacheva, Petr Kulagin, Dmitry Nikolaev. Tomographic Reconstruction: General Approach to Fast Back-Projection Algorithms / Mathematics, 2023, vol. 11, 23. p. 1-37. DOI: 10.3390/math11234759.