

Оценка качества томографических изображений на основе морфометрического анализа артефактов

Ингачева Анастасия,
аспирант второго года обучения, ФКН
Научный руководитель:
д. ф.-м. н. Соболевский Андрей Николаевич

Объект исследования

Многоканальная рентгеновская томография

Предмет исследования

Алгебраические алгоритмы для решения обратной задачи рентгеновской томографии с применением регуляризации

Актуальность

- В современном мире все больше используют компьютерную томографию в медицине, дефектоскопии и материаловедении.
- Развитие современной томографии шло в направлении увеличения разрешения, уменьшения необходимой дозы излучения, уменьшения времени сканирования и уменьшения ошибок реконструкции [1].
- Излучение рентгеновских трубок - полихроматическое.

1. Thorsten M.Buzug (2008): Computed Tomography. From Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.

Актуальность

- Существует много методов для решения задачи в полихроматической постановке, например [1,2]. Но многие из них оценивают результат работы только визуальным способом.
- Для оценки степени выраженности артефактов полихроматического излучения недавно были предложены подходы, например [3,4].

1. Zhao Yunsong, Li Mengfei. Iterative Beam Hardening Correction for Multi-Material Objects // PLOS ONE, 2015, V. 10(12), p. 1–13, URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144607>.
2. Loes Brabant, Elin Pauwels, Manuel Dierick, Denis Van Loo, Marijn Boone and Luc Van Hoorebeke. A novel beam hardening correction method requiring no prior knowledge, incorporated in an iterative reconstruction algorithm // NDT & E INTERNATIONAL, 2012, V. 51, p.68-73.
3. Joseph J. Lifton, Andrew A. Malcolm , John W. McBride. The Application of Beam Hardening Correction for Industrial X-ray Computed Tomography. // Measurement Science and Technology. 2016, V. 27(1), p. 015007.
4. Hyoung Suk Park, YongEun Chung and Jin Keun Se. Computed tomographic beam-hardening artefacts: mathematical characterization and analysis. // *Phil. Trans. R. Soc. A* **373**: 20140388. 2015. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0388>

Проблема

Оценка результата применения алгоритма реконструкции, с целью определения оптимальных параметров алгоритмов.

Для такой оценки необходимо уметь количественно оценивать качество реконструированных изображений.

Цель

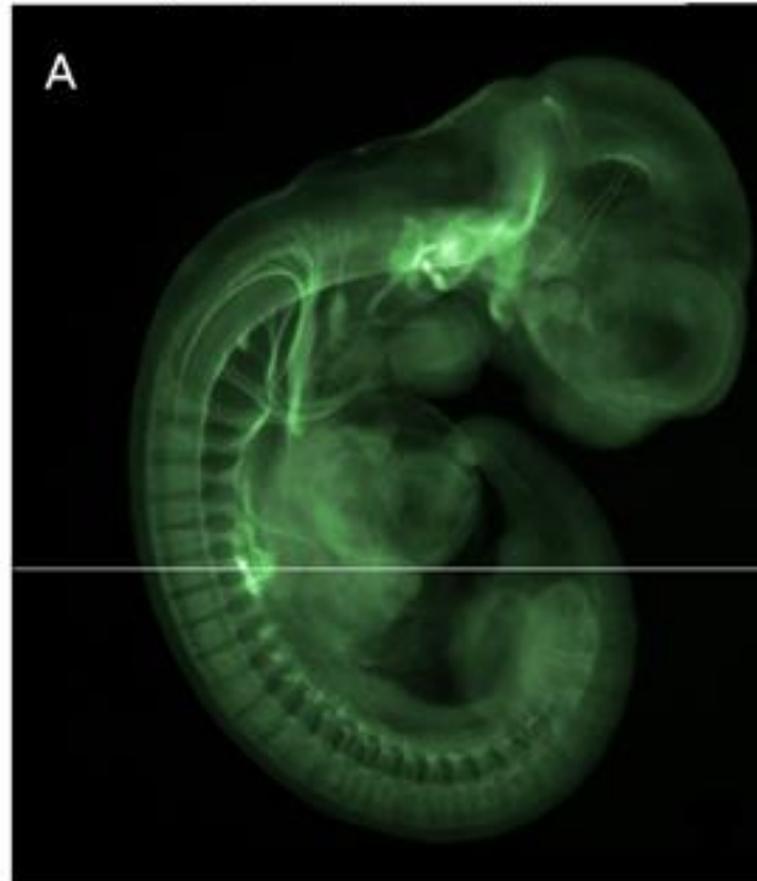
Целью данной части диссертационной работы является:

1. Создание методики оценки томографических изображений;
2. Создание способа коррекции проекционных данных с учетом полихроматичности излучения.

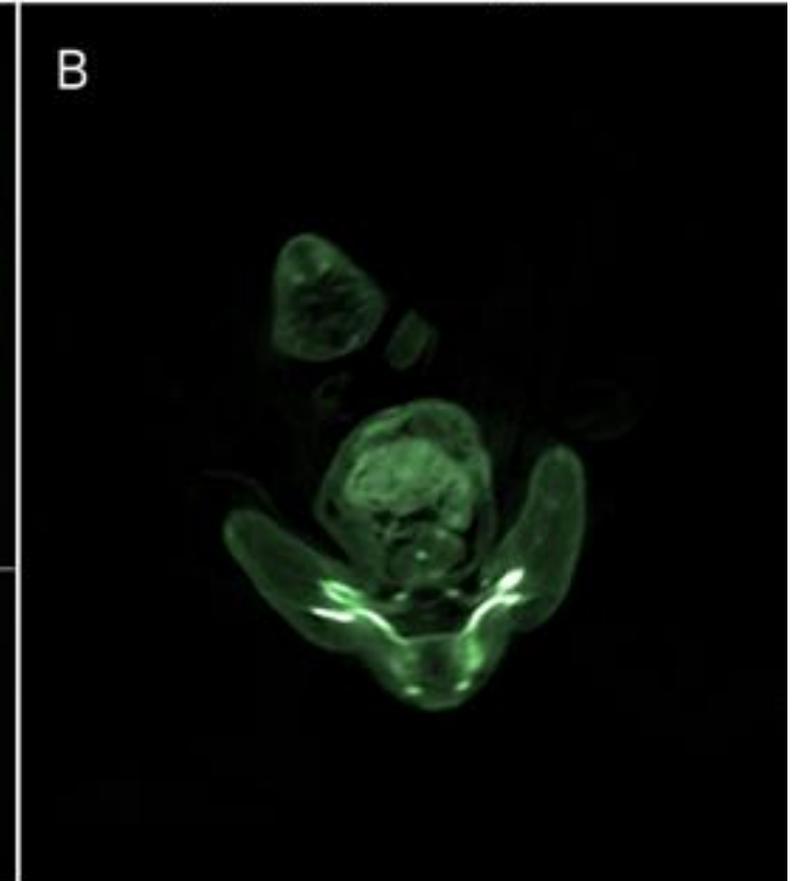
Компьютерная томография

Компьютерная томография – это метод получения трехмерных изображений внутренней структуры исследуемого объекта без нарушения целостности его структуры по набору двумерных проекций.

Двумерные проекционные данные

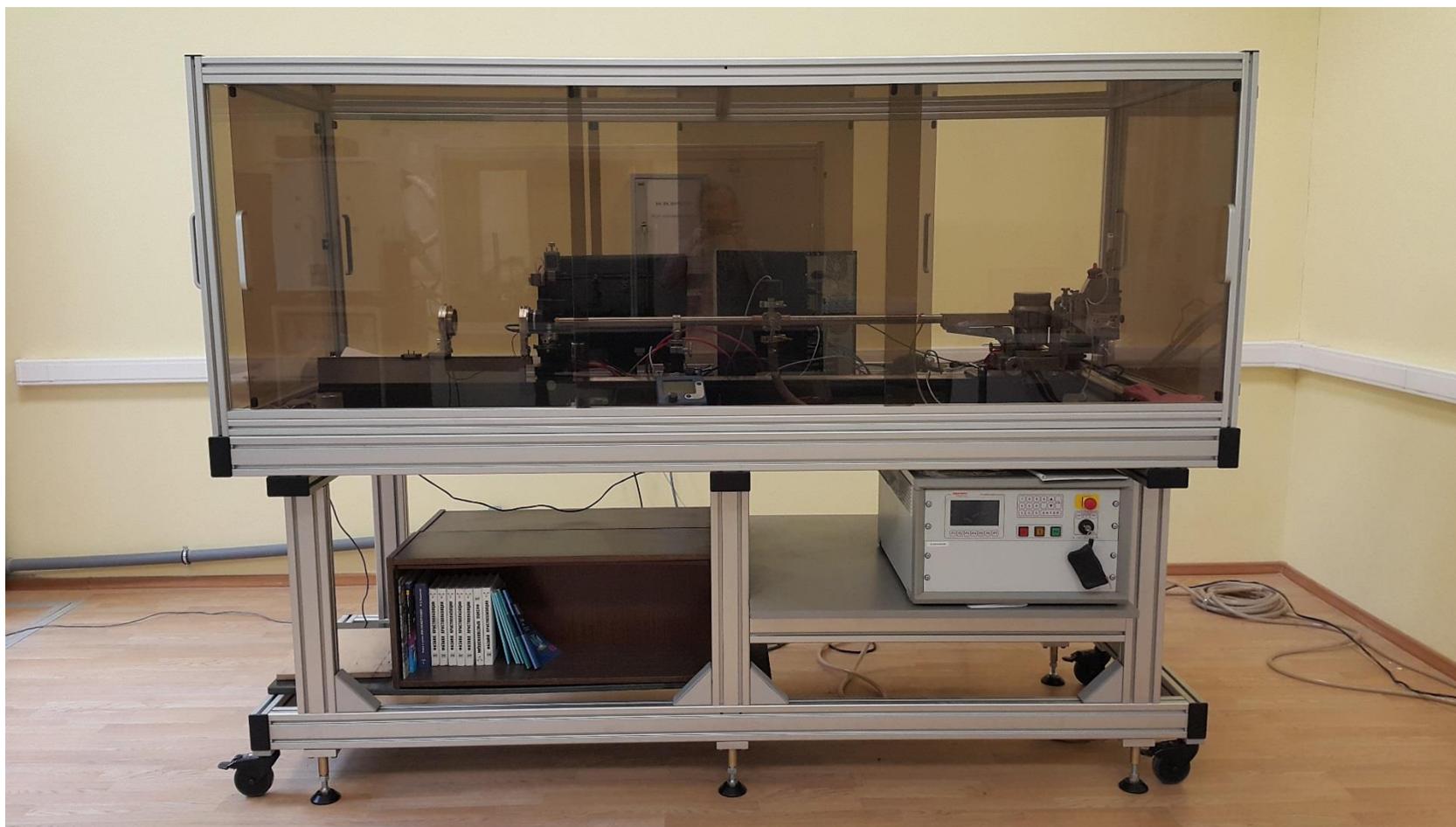


Трехмерная реконструкция

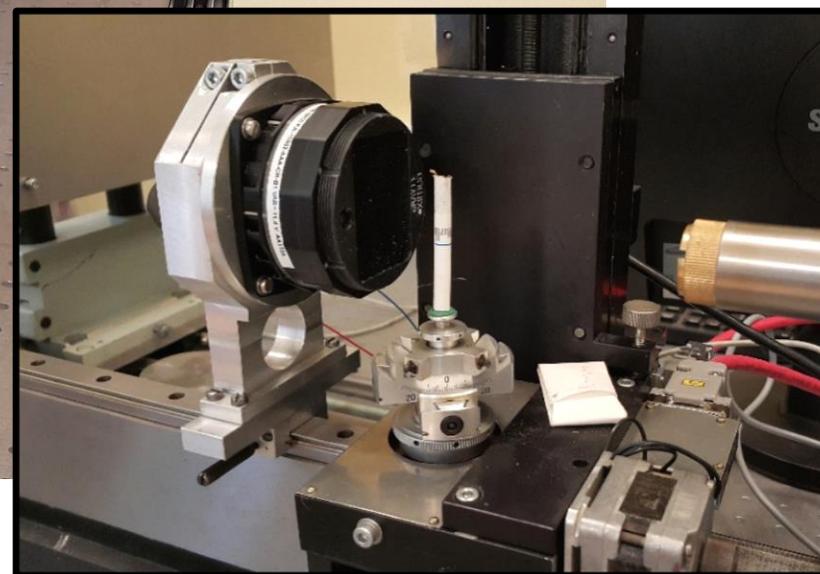
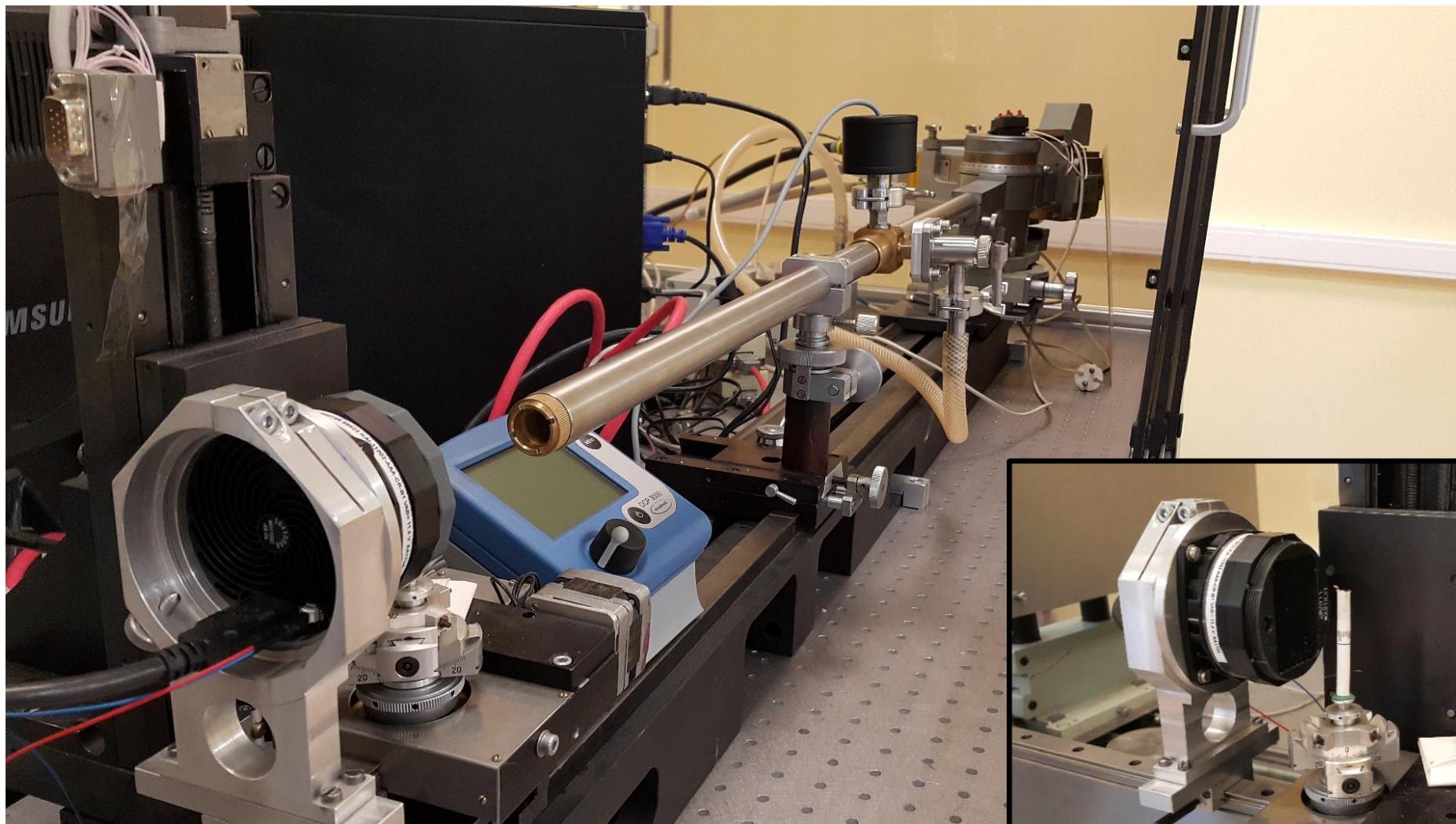


Томография
=
Физический закон
Бугера — Ламберта —
Бера
+
Математическое
преобразование
Радона

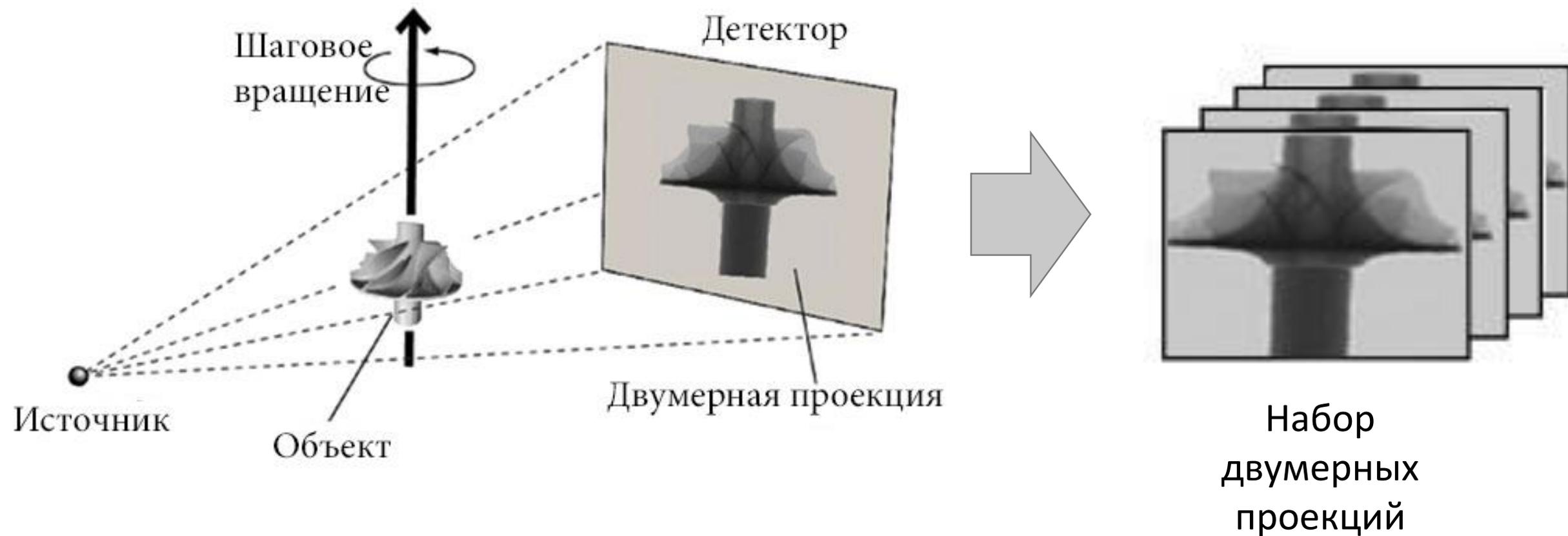
Экспериментальная установка



Экспериментальная установка

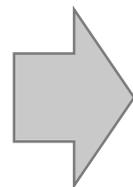
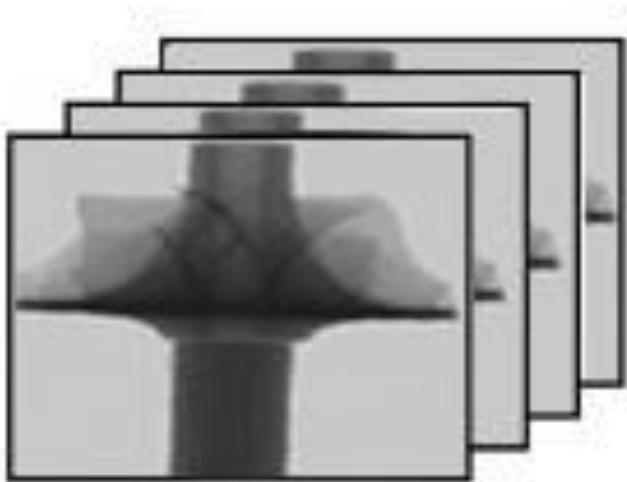


Получение проекционных данных

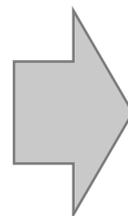


Решение обратной задачи

Набор
двумерных
проекций



Алгоритм
реконструкции



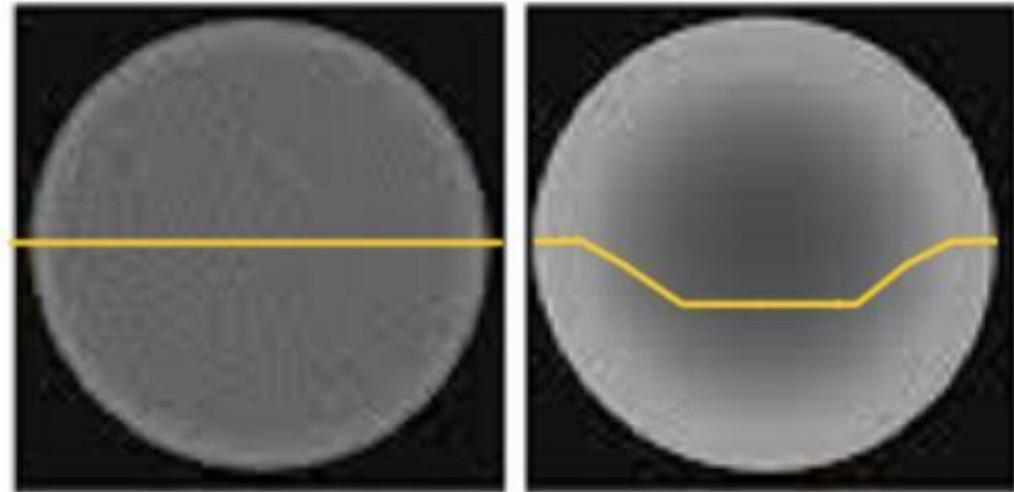
Двумерные срезы
трехмерной
реконструкции



Артефакты полихроматического излучения

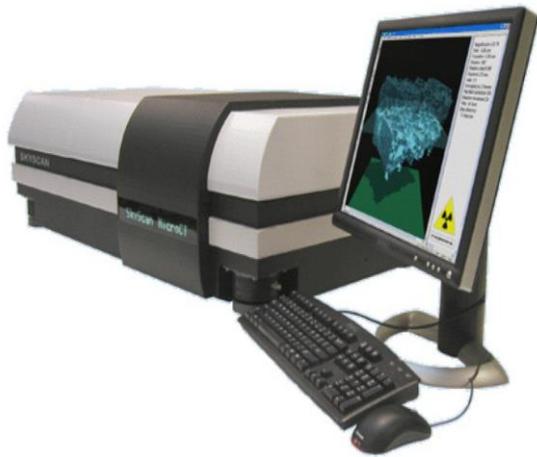
Артефакты – это ошибки различного рода на восстановленных изображениях

Артефакты типа «Эффект чаши»

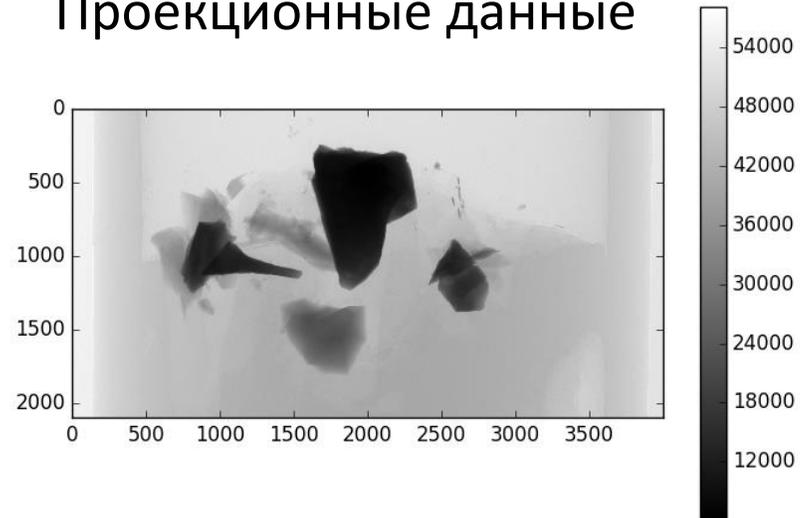


Данные

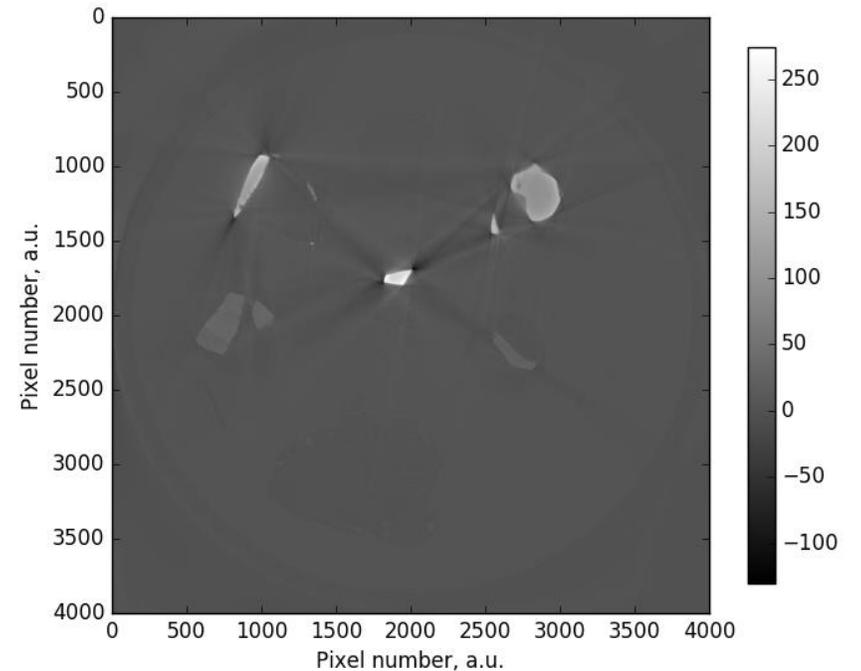
Микро томограф
SkyScan 1172



Проекционные данные



Реконструкция
центрального слоя



Режим рентгеновской
трубки:

100 kV, 100 μ A.

Размер проекционных
данных: 4000 \times 4000.

Проекционных углов : 2024

Оценка артефактов типа «Эффект чаши»

Маска



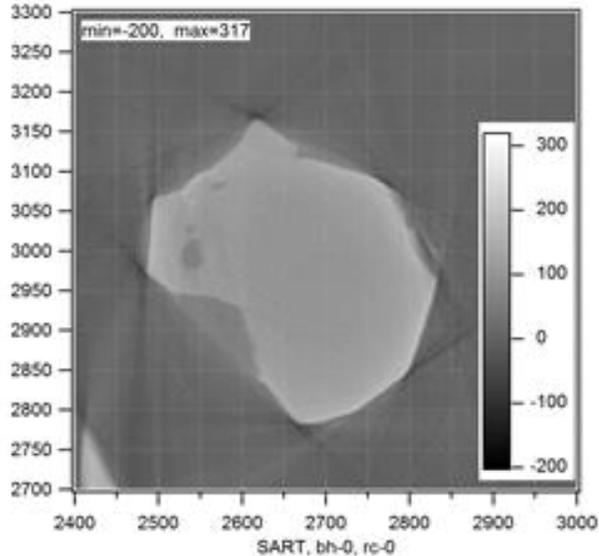
Алгоритм:

1. Находим ROI на изображении и для каждого вычисляем матрицу расстояния DT
2. Вычисляем стабильное значение для регионов BaseV;

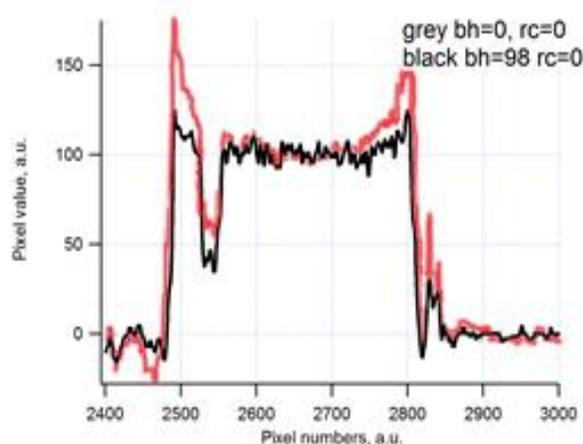
$$BaseV^k = \text{mean}\{I_{kj} | DT_j^k > Val^k\}$$

Оценка артефактов типа «Эффект чаши»

Пример проявления артефакта



Поперечный срез



Алгоритм:

3. Вычисляем для регионов показатель CE

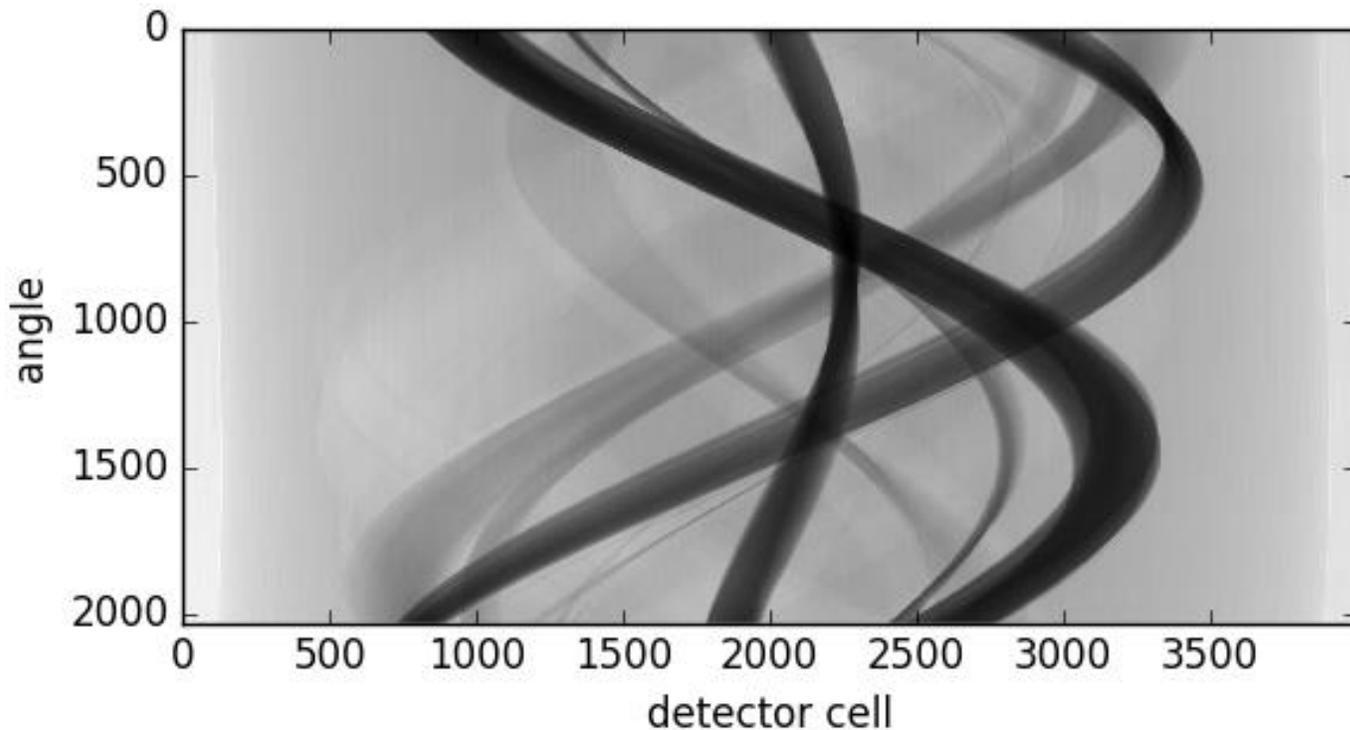
$$CE^k = \sum_{v=1}^{0.2 \cdot \max(DT^k)} \left| \text{mean}\{I_{kj} \mid v-1 < DT_j^k \leq v\} - BaseV^k \right|$$

4. Морфометрический показатель CA вычисляется как среднее всех показателей

$$CA = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K CE^k$$

Коррекция артефактов типа «Эффект чаши»

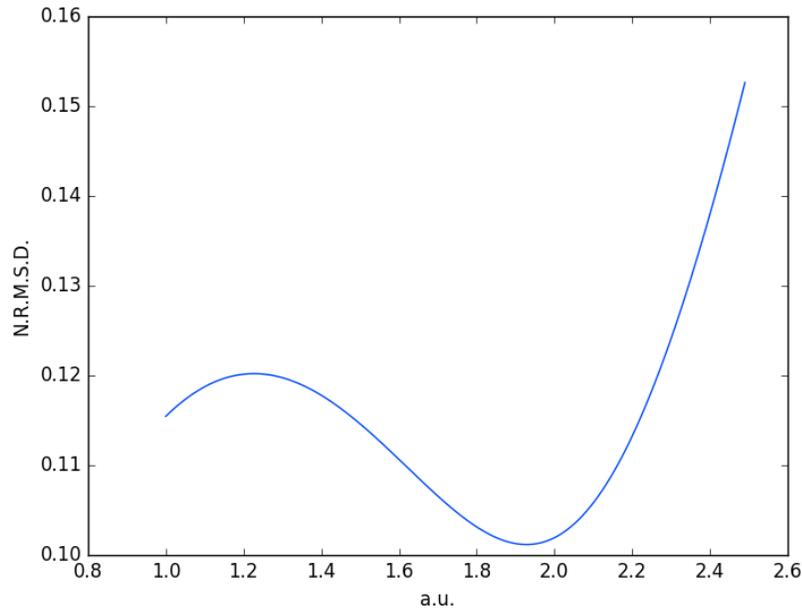
Синограмма – центральная строка каждой проекции



В каждой ячейке записано поглощение (или ослабление), которое прошло сквозь объект при данном угле поворота и данной ячейки детектора. Посчитаем суммарное поглощение для каждого проекционного угла. В монохроматическом случае суммарная интенсивность должна сохраняться для всех углов.

Коррекция артефактов типа «Эффект чаши»

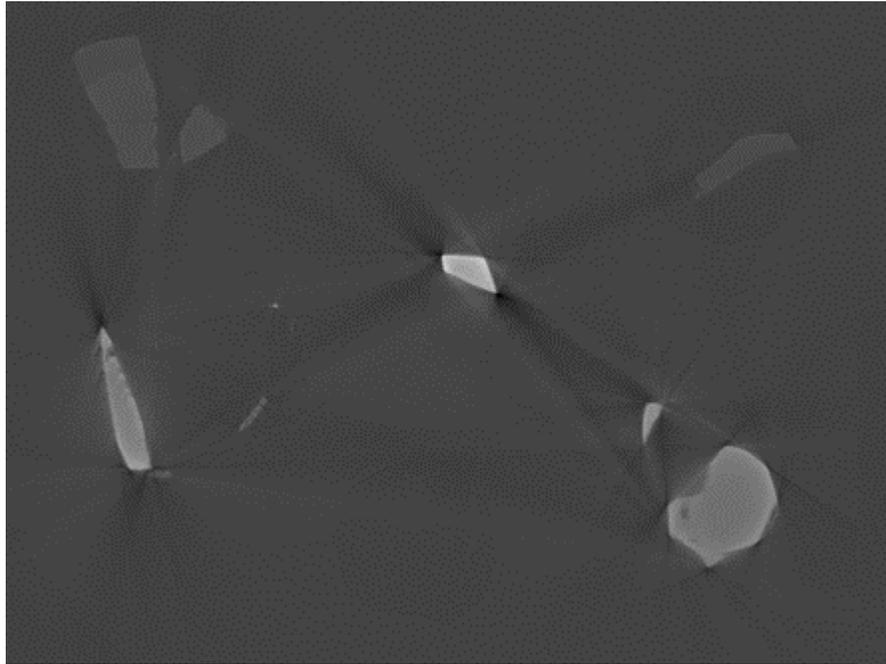
Способ уменьшения артефактов – гамма коррекция проекционных данных, с гаммой изменяющейся от 1 до 2.5



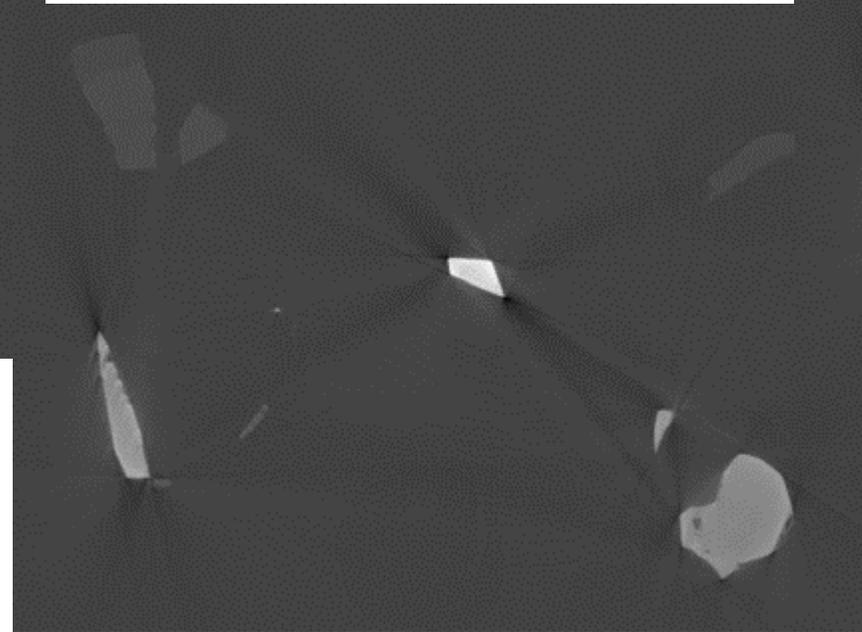
Стандартное отклонение суммарного поглощения

Для поиска оптимального параметра гамма посчитаем стандартное отклонение усреднённого суммарного поглощения для всех значений гамма. Там где будет достигаться минимум – лучшее выполнение условия сохранения Радоновского инварианта, а в нашем случае оптимальное значение параметра коррекции.

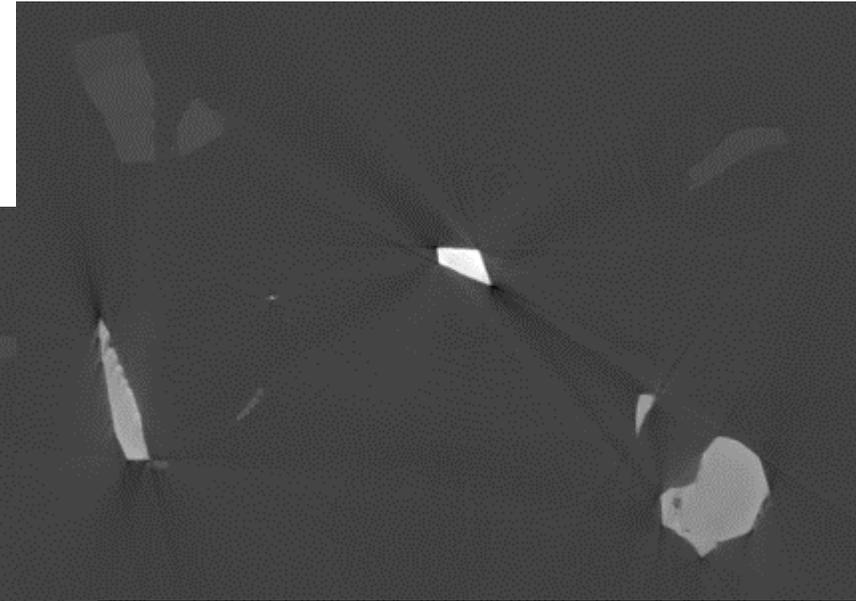
Коррекция артефактов типа «Эффект чаши»



Без коррекции



С коррекцией, гамма 1.6



С коррекцией, гамма 1.9

Выводы

- Предложен подход для оценки артефактов типа «эффект чаши» на томографических изображениях.
- Предложенный подход может быть использован как метрика для:
 - Сравнения разных алгоритмов реконструкции.
 - Поиска оптимального алгоритма восстановления на одних и тех же данных.
 - Сравнения разных имплементаций одного алгоритма.
 - Оценки настройки экспериментальной установки.
- Предложен способ определения оптимального значения коррекции полихроматических проекционных данных с целью использования алгоритмов для монохроматических данных.

Статьи по данной работе

1. Dmitry Nikolaev, Alexey Buzmakov, Marina Chukalina, Yakimchuk Ivan, Andrey Gladkov, Anastasia Ingacheva. CT Image Quality Assessment based on Morphometric Analysis of Artifacts. Proc. SPIE 10253, 2016 International Conference on Robotics and Machine Vision, 102530B (February 8, 2017);
2. Marina Chukalina, Anastasia Ingacheva, Alexey Buzmakov, Igor Polyakov, Yakimchuk Ivan, Andrey Gladkov, Dmitry Nikolaev. Automatic beam hardening correction for CT reconstruction. // 31st European Conference on Modelling and Simulation, Budapest, Hungary, 23-26 May, 2017 (in Press).

Спасибо за внимание!