

УДК 519.876

Интеллектуальные методы моделирования и оптимизации параметров рентгеновских томографических систем

Приходько Егор Анатольевич

yaga.pri99@mail.ru

Верещагин Владислав Юрьевич

slavaver@ya.ru

SPIN-код: 8040-4214

Московский политехнический университет, Москва, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены интеллектуальные методы моделирования и подбора параметров рентгеновских томографических систем с целью повышения точности и адаптивности анализа изображений образцов различных материалов и размеров в промышленности. Представлена архитектура системы оптимизации параметров томографа. Сделан вывод о перспективах предложенного подхода для интеграции в автоматизированные системы анализа и управления в науке и промышленности.

Ключевые слова: рентгеновская томография, интеллектуальные системы, реконструкция томографии, компьютерная томография, оценка качества, оптимизация параметров

Введение. В работе рассматривается интеллектуальный подход к моделированию и подбору параметров томографических систем для повышения качества снимков. Существующие методы ограничены статистическими моделями и не учитывают вариативность физических свойств и размеров образцов [1], снижая адаптивность системы. В данной работе предложен интеллектуальный подход для решения задачи предсказания оптимальных параметров томографической съемки при сохранении качества реконструкции. Новизна заключается в сочетании правил экспертной системы с математической моделью ослабления рентгеновского излучения, что увеличивает адаптивность системы.

Методы и материалы; результаты. В качестве материала использовались комплекты рентгеновских томографических изображений по 1600 срезов, всего 5 образцов с различным химическим и структурным составом, а также варьирующимся размером.

В основе математического моделирования лежит уравнение ослабления рентгеновского излучения [2, 3] в материале, описываемое законом экспоненциального затухания:

$$I = I_0 * e^{-\mu * l},$$

где I_0 — интенсивность входящего излучения, I — интенсивность после прохождения слоя толщиной l , μ — линейный коэффициент ослабления материала, зависящий от состава и плотности образца, l — толщина слоя.

Представленная интеллектуальная система включает: модуль экспертных правил, который анализирует входные данные и задает исходные настройки для алгоритмов оптимизации, модуль адаптивной оптимизации на основе эволюционных алгоритмов, которые минимизируют ошибку между реконструированным и эталонным изображением, и модуль предварительной обработки изображений с фильтрацией шума и нормализацией. Качество реконструкции оценивалось метриками структурного сходства (SSIM) и средней квадратической ошибкой (MSE) между реконструированным и эталонным изображением [1].

Эксперименты проводились как на синтетических данных, моделируемых через прямое преобразование Радона [4], так и с использованием результатов исследований на томографе ПРОДИС.Компакт. Результаты показали устойчивость и точность системы, а также адаптивное определение параметров сканирования в зависимости от состава и размера образцов.

Заключение. Разработанная интеллектуальная система эффективно предсказывает и оптимизирует параметры рентгеновских томографов с учетом характеристик образцов, что подтверждается экспериментами и оценкой по SSIM. Практическое применение системы сократило время исследования и показало высокое качество съемки и преимущества сочетания экспертных правил с математическим моделированием и оптимизацией. Это позволяет использовать ее в научных исследованиях, промышленном контроле и автоматизации томографии для повышения точности и надежности.

Список источников

- [1] Ямаев А.В. Нейросетевой метод томографической реконструкции, согласованный с моделью измерений. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2024.
- [2] Демидов А.А., Косарина Е.И., Крупнина О.А., Михайлова Н.А. Математические основы рентгеновской компьютерной томографии. Вестник Московского энергетического института, 2022, № 3, с. 136–146. <https://doi.org/10.24160/1993-6982-2022-3-136-146>
- [3] Ингачева А.С. Модели и методы рентгеновской компьютерной томографии в полихроматическом режиме. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, ИППИ РАН, 2020, 144 с.
- [4] Quantum optimization algorithms for CT image segmentation from X-ray data. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-08453-w> (accessed 01.09.2025).