

Ответы на замечания по статье
«РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО МЕТОДУ ОБРАТНОГО ПРОЕКЦИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРАЦИИ ПРОЕКЦИОННЫХ ДАННЫХ В РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ
ТОМОГРАФИИ»

название статьи

№ п/ п	Замечание рецензента	Ответ авторов (отметка о выполнении и/или комментарий)
	Рецензент А	
1.	Статья не содержит описание программной реализации предложенного метода фильтрации: язык(и) и библиотеки реализации, модульная структура, URL репозитория и др.	Выполнено.
2.	В экспериментальной части приведены результаты вычислительных экспериментов, подтверждающих адекватность и эффективность предложенного подхода, однако отсутствует сравнение описанного подхода с ранее известными: неясно, в чем и при каких условиях метод авторов превосходит аналоги.	Выполнено. В разделе «Проведение вычислительного эксперимента, результаты» дано сравнение с фурье-фильтрацией.
3.	3. Необходимо пересмотреть формирование абзацев в тексте путем их укрупнения. Абзац, как правило, должен состоять из двух или более предложений. Новый абзац следует начинать тогда, когда закончено одно мысленное рассуждение и начинается другое, которое можно рассматривать в отрыве от предыдущего. Систематическое нарушение этого правила обесценивает абзацное структурирование текста.	Выполнено.
4.	Статья содержит массовые нарушения требований журнала к оформлению (см. https://vestnik.susu.ru/cmi/pages/view/about-author-guidelines), причина которых в том, что авторами не использован шаблон LaTeX подготовки статей журнала. список литературы оформлен с отступлением от требований журнала (см. https://vestnik.susu.ru/cmi/pages/view/about-author-guidelines#format , п. 26). Отсутствует переводная часть статьи.	Шаблон LaTeX, видимо, целесообразно использовать после принятия решения редколлегией принципиального вопроса о публикации статьи. Это касается и перевода статьи на английский.
5.	Части составного рисунка должны располагаться в непосредственной близости друг от друга, чтобы рисунок воспринимался как единое целое и объединяться общей подрисуночной подписью: неверно оформлены рис. 2 и 2а, рис. 3, 3а, 3б и 3в). Часть составного рисунка должна иметь собственную подпись: неверно оформлены рис. 4а, 4б, 5а--5ж.	Выполнено

№ п/ п	Замечание рецензента	Ответ авторов (отметка о выполнении и/или комментарий)
6.	Названия на русском языке, содержащие две и более фамилий, следует писать через "длинное тире" (long dash "---"): "закон Бугера---Ламберта---Бера" (дефис или короткое тире short dash "--" неверно, поскольку указывает на использование двойной фамилии). Названия, содержащие фамилии иностранных ученых, следует писать на русском языке: "стратегии Бирге---Массарти Донохо---Джонстона".	Выполнено
7.	Заключение не следует нумеровать. В названиях заголовков разделов завершающая точка не ставится. В основном тексте на русском языке нужно использовать кавычки « и » (вместо " и " и др.).	Выполнено
8.	При написании вещественных чисел для разделения целой и дробной частей должна использоваться точка (не запятая).	Выполнено
Рецензент В		
1.	В статье авторы в своих экспериментах опираются на модель ошибок рентгено-оптического тракта томографа в виде независимого гауссова шума. Однако в статье обоснование такого выбора отсутствует.	Выполнено. В разделе «Описание инструмента исследования – программного реконструктора томографического изображения» дано обоснование.
2.	Замечание к методике применения вейвлет-фильтрации проекционных данных: разбиение на интервалы предлагается осуществлять на основании анализа реальных данных, полученных на калибровочном фантоме, однако при работе с реальным пациентом интервалы могут быть совсем другими, да и критерий (7б) там не применим, поскольку сигнал без шума неизвестен. Следовательно, требуется какое-то обоснование работоспособности предложенной методики при работе в клинических условиях.	Как разработчик реальных томографических систем медицинского, промышленного и специального назначения , могу сказать следующее: 1. Для подтверждения характеристик томографа разрабатываются различные типы калибровочных физических фантомов. Для медицинских систем главным фантомом является плотностной, у которого градиенты (перепада) плотности соответствуют градиентам мозга (например, серое и белое вещество), легких, брюшной полости. Для других типов томографов – другие калибровочные физические фантомы. У нас показана общая методика для различных типов томографических систем. 2. Если «правильно» разбить проекционный сигнал физического фантома на интервалы по критерию уровня перепада плотности, для которых задаются требуемые вейвлеты и пороги фильтрации, то и для реального проекционного сигнала это будет выполняться. Другое дело, необходимо выработать условия автоматического разбиения реального сигнала на интервалы по критерию перепада плотности. Но это уже другая научная статья. Однако это замечание меня натолкнуло на следующую мысль: можно исследовать применение данного подхода на конкретных томограммах, например, мозга или брюшной полости с применением калибровочного плотностного физического фантома. Томограммы мозга, брюшной полости с онкологическими опухолями и без, фантома у нас имеются. Но это другая полномасштабная научная статья.

№ п/ п	Замечание рецензента	Ответ авторов (отметка о выполнении и/или комментарий)
3.	Замечание к условиям проведения эксперимента: эксперимент замкнут на тестовой модели (см. рис. 4) с простым модельным шумом. Однако современные исследования в медицинской компьютерной томографии в экспериментальном обосновании предлагаемых методик улучшения качества КТ-изображений опираются на сигналы с калибровочных физических фантомов, либо на взятые из открытых баз данных реальные КТ-изображения. Пример: база данных LIDC-IDRI (https://wiki.cancerimagingarchive.net/pages/viewpage.action?pageId=1966254) из статьи [Bai, J.; Liu, Y.; Yang, H. Sparse-View CT Reconstruction Based on a Hybrid Domain Model with Multi-Level Wavelet Transform. Sensors 2022, 22, 3228 https://doi.org/10.3390/s22093228]. Важно заметить, что использование открытых общедоступных источников исходных измеренных данных позволяет адекватно оценивать преимущества предлагаемых методик.	Тестовая модель в таком виде взята для: 1. Проверки разработанного нами реконструктора томографического изображения. В этой модели имеются резкие геометрические переходы, что является сложным условием для реконструктора (из моего опыта разработки томографов). Овальные объекты в виде круга, колец и т.д. являются простым условием для исследования качества реконструктора. 2. В статье даны общие принципы подхода с применением вейвлет фильтрации, которые применимы для всех типов томографов, и тестовая модель это выполняет.
4.	В обзоре авторы, говоря о применении вейвлет-преобразования, допускают высказывание-оксюморон "Это достаточно НОВОЕ направление, которое развивается в ПОСЛЕДНИЕ 15-20 ЛЕТ.". При этом обзоре в недопустимо малой мере отражается вопрос применения вейвлет-преобразования к решению задачи улучшения качества КТ-изображений. В частности, в современных КТ-исследованиях вейвлет-преобразования широко применяются для выделения особенностей (артефактов) на изображениях и внедряются специализированные нейросети (см., например, статью [Kang E. et al. Deep Convolutional Framelet Denoising for Low-Dose CT via Wavelet Residual Network. IEEE Trans. Med. Imaging 2018, 37, 1358-1369. https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2823756]). В этой связи необходимо, чтобы (в обзоре или далее по тексту) авторы более явно обозначили отличия своего подхода к применению вейвлетов от существующих.	Но томографическое изображение - последний этап реконструкции. В нашей статье речь идет для этапа получения проекционных данных. Но фильтрация томографического изображения с применением вейвлет преобразования (см.[15] Симонов Е.Н., Физика визуализации изображений в рентгеновской компьютерной томографии. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2014. 479 с.) и с применением нейронных сетей дала недостаточно удовлетворительные результаты: как правило, снижение уровня помех и артефактов идет за счет уменьшения пространственного разрешения (условие неопределенности Гейзенберга в томографии), а это во многих случаях недопустимо. Однако, Вы навели меня на мысль: нельзя ли для фильтрации проекционных данных использовать применение нейронных сетей. Но это уже другие исследования и другая научная статья.

№ п/ п	Замечание рецензента	Ответ авторов (отметка о выполнении и/или комментарий)
5.	Из общих математических свойств обратных некорректных задач сверточного типа операция ВЧ-фильтрации (в т.ч. и адаптивная) перед реконструкцией далеко не всегда приводит к положительному результату, особенно, если шум в измерениях имеет сложный (коррелированный с сигналом) характер и фильтрация связана с размытием искомых границ объектов, которые и должны быть восстановлены в результате реконструкции. По мнению рецензента, для дополнительного обоснования эффективности методики (см. п. 3) было бы полезно продемонстрировать ее работоспособность на сигналах реального томографа.	В реальных томографах, которые я разрабатывал, стоят такие реконструкторы, которые показаны в статье. Отличие только в веерной геометрии пучка излучения, которая определяется за счет «перепаковки» параллельных проекционных данных в веерные. Рис. 7 «Типовой одномерный проекционный сигнал $q(l)$ с шумом» взят для реального томографа РКТ-01, разработанного нами в РФЯЦ-ВНИИТФ, при исследовании головного мозга.