

Введение. В то время как качественная МРТ широко используется для клинической оценки различных заболеваний, количественная МРТ направлена на предоставление чувствительных биомаркеров, которые оценивают тяжесть заболевания и скорость прогрессирования. В отличие от качественной МРТ, которая фокусируется на относительном контрасте тканей, количественная МРТ направлена на картирование реальных физических или функциональных параметров тканей, одним из которых является время спин-спиновой релаксации протонов воды, известное как T2.

Для получения количественных T2 карт МРТ используется импульсная последовательность мультиэхо спин-эхо (MESE). Однако при классическом подходе к реконструкции T2-карт возникают проблемы, связанные с влиянием стимулированных эхо-сигналов, вызванных неоднородностью магнитного поля (B1+) и несовершенством профилей срезов. Это приводит к переоценке значений T2 при использовании стандартного экспоненциального приближения. Для решения этой проблемы был предложен метод кривой эхо-модуляции (ЕМС), основанный на численном решении уравнений Блоха [1]. Этот метод позволяет генерировать словари кривых модуляции эха для диапазона значений T2, которые далее сравниваются с экспериментальными данными для точного определения T2.

Несмотря на преимущества метода ЕМС, его применение ограничено высокой вычислительной сложностью и длительным временем обработки данных. Для ускорения процесса были предложены оптимизации, такие как градиентный спуск (GD), однако даже с этими улучшениями метод остается недостаточно эффективным для обработки больших наборов данных. Другой подход для ускорения процесса реконструкции с использованием нейронных сетей был представлен в статье [2]. Однако в данной статье кривые эхо-модуляции были смоделированы на основе расширенных фазовых графов (EPG), который в отличие от уравнений Блоха не учитывает релаксацию во время подачи радиочастотного импульса. Кроме того, по мере увеличения числа импульсов в последовательности вычислительная сложность значительно возрастает из-за необходимости отслеживать экспоненциально увеличивающееся количество состояний. В данной работе предлагается новый подход к картированию T2, основанный на использовании нейронных сетей, обученных на данных, смоделированных на основе Блох симуляции.

Основная часть. В рамках исследования решаются следующие задачи:

- 1) Разработка метода T2-картирования с использованием нейронных сетей. Нейронная сеть обучается на смоделированных данных, полученных с помощью численного решения уравнений Блоха. Это позволяет учитывать влияние неоднородности магнитного поля и других факторов, которые могут исказить результаты.
- 2) Сравнение точности работы нейронных сетей с традиционным методом ЕМС. Проводится анализ ошибок определения T2 для различных фантомов с известными эталонными значениями.
- 3) Исследование влияния шума на точность определения T2. Рассматриваются различные типы шума (гауссовский и райсовский) и их влияние на результаты реконструкции карт T2.

Выводы. Проведенное исследование подтвердило эффективность использования нейронных сетей для картирования T2. Предложенный метод позволяет значительно упростить и ускорить процесс обработки данных. В будущем планируется расширить область применения данного подхода для разных типов тканей и органов.

Список использованных источников:

1. Ben-Eliezer N., Sodickson D. K., Block K. T. Rapid and accurate T2 mapping from

multi-spin-echo data using Bloch-simulation-based reconstruction – Magnetic resonance in medicine. – 2015. DOI: 10.1002/mrm.25156

2. Barbieri, M., Hooijmans, M.T., Moulin, K. et al. A deep learning approach for fast muscle water T2 mapping with subject specific fat T2 calibration from multi-spin-echo acquisitions. Sci Rep 14, 8253 (2024). DOI: 10.1038/s41598-024-58812-2

Автор _____ Конаныхина А.С.

Автор _____ Бадриева З. Ф.

Научный руководитель _____ Бруй Е.А.

Научный руководитель _____ Аль-Хайдри В. А. А.