

УДК 004.932

**Иерархическая потоковая модель для синтеза цифровых МРТ фантомов мозга  
Белусова К.М. (ИТМО), Бадриева З.Ф. (ИТМО), Бруй Е.А. (ИТМО)  
Научный руководитель – кандидат технических наук Аль-Хайдри В. А. А.  
(ИТМО)**

**Введение.** Широкое применение нейронных сетей в анализе МРТ изображений сопровождается дефицитом размеченных клинических данных. Одним из решений является использование синтетических МРТ изображений, создаваемых на основе цифровых фантомов, содержащих карты времени продольной релаксации (T1), времени поперечной релаксации (T2) и протонной плотности (PD). Разработка методов автоматического создания реалистичных цифровых фантомов из взвешенных МРТ изображений позволяет генерировать большие обучающие выборки и повышать устойчивость моделей к вариативности МРТ данных. Целью работы является разработка и исследование самообучающегося подхода к генерации цифровых МРТ фантомов головного мозга из взвешенных изображений МРТ.

**Основная часть.** Для обучения модели использовались синтетический и реальный датасеты МРТ изображений головного мозга (T1-, T2- и PD-взвешенных). Синтетические данные были сформированы на основе анатомических моделей BrainWeb [1] с последующим моделированием сигнала при помощи импульсной последовательности Turbo Spin Echo (TSE) и виртуального МР симулятора KomaMRI [2]. Реальный датасет включал изображения четырёх добровольцев. Поскольку количественные карты для реальных данных отсутствовали, применялся подход основанный на самообучении. На вход нейронной сети (модель Hierarchy Flow [3]) подавались взвешенные изображения, а на выходе формировались карты T1, T2 и PD. Далее количественные карты передавались в аналитическую модель МР-сигнала, которая синтезировала новые взвешенные изображения с заданными параметрами последовательности. Обучение проводилось путём минимизации среднеквадратичной ошибки между исходными и синтезированными изображениями. Модель предварительно обучалась на синтетических данных и дообучалась на реальных изображениях. Качество синтеза оценивалось с использованием метрик Multi Scale Structure Similarity (MS-SSIM)[4] и Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)[5]. В результате значения MS-SSIM составили 0.96–0.99, PSNR — 26–32.

**Выводы.** Предложен самообучающийся метод генерации реалистичных цифровых МРТ фантомов головного мозга на основе иерархической потоковой модели. Полученные фантомы позволяют синтезировать МРТ изображения, близкие к реальным, и могут быть использованы для формирования синтетических обучающих датасетов.

Ограничением текущего подхода является обучение модели на изображениях, полученных с одним набором параметров импульсной последовательности. В дальнейшем планируется повышение генерализуемости данного подхода.

**Список использованных источников:**

1. Aubert-Broche B., Evans A. C., Collins L. A new improved version of the realistic digital brain phantom //NeuroImage. – 2006. – Т. 32. – №. 1. – С. 138-145.
2. Castillo-Passi C. et al. KomaMRI. JI: an open-source framework for general MRI simulations with GPU acceleration //Magnetic resonance in medicine. – 2023. – Т. 90. – №. 1. – С. 329-342.
3. Fan W., Chen J., Liu Z. Hierarchy Flow For High-Fidelity Image-to-Image Translation //arXiv preprint arXiv:2308.06909. – 2023.
4. Wang Z., Simoncelli E. P., Bovik A. C. Multiscale structural similarity for image quality assessment //The thrity-seventh asilomar conference on signals, systems & computers, 2003. – Ieee, 2003. – Т. 2. – С. 1398-1402.
5. Hore A., Ziou D. Image quality metrics: PSNR vs. SSIM //2010 20th international conference on pattern recognition. – IEEE, 2010. – С. 2366-2369.