

Секция «Психофизиология, когнитивные нейронауки и искусственный интеллект»

Возможность применения топологического анализа данных к данным ЭЭГ

Научный руководитель – Дубровский Виктор Ефимович

Онучин Арсений Андреевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет психологии, Кафедра психофизиологии, Москва, Россия

E-mail: arseniyonuchin04.09.97@gmail.com

Возможность применения топологического анализа к данным ЭЭГ

Авторы исследования: Онучин, Адамович, Табуева, Захаров

Современные исследования показывают, что структура функциональных и анатомических нейросетей головного мозга имеет сложное и многоуровневое строение, которое может быть изучено посредством исследования особенностей внутри- и межсетевых связей [1]. Однако, основная часть современных методов анализа данных построена на исследовании структур малой размерности (т.е. структур размерности не выше 3) и применении методов снижения размерности к многомерным наборам данных. При этом, любые операции снижения размерности могут негативно сказываться на информации об организации высокоуровневых связей в нейросетях [2]. Так, например, использование понятия “сети” предполагает, зачастую, применение неправомерного упрощения структуры нейросетей — предположение о том, что все связи имеют вид одномерных графовых рёбер, соединяющих собой две вершины (будь то нейроны или области головного мозга). Столь фундаментальное предположение ограничивает вариативность типов структуры нейросетей и функции, для моделирования которых графы могут быть использованы.

С недавних пор, топологический анализ данных стал применяться для анализа структуры нейросетей головного мозга [3] [4]. Топологический анализ данных используется для вычисления различных топологических инвариантов пространства данных, а также для анализа их изменений в зависимости от дополнительных параметров: времени, особенностей состояния испытуемого и так далее. Основной целью его применения в нейронауках является выявление многомерной структуры взаимодействия элементов функциональных и анатомических нейросетей [5] [6] [7].

Одним из инвариантов топологического пространства являются числа Бетти или размерность групп гомологий, которые характеризуют количество “дырок” разной размерности — неформальное название n -мерного цикла в симплициальном комплексе, не являющегося границей $n+1$ -мерного симплекса.

В данном исследовании мы продемонстрировали применимость данного метода анализа данных к ЭЭГ-данным, которые были получены на здоровых испытуемых в состоянии покоя. В исследовании приняли участие 164 человека (возраст 17-34 года, $M=21.7$, $SD=3.36$, 30% женщин) без неврологических и психических заболеваний и травм головы. Записывалась ЭЭГ в состоянии покоя. Респонденту давалась инструкция сидеть спокойно и ни о чем не думать. Запись начиналась в состоянии закрытых глаз, затем состояние закрытых и открытых глаз чередовалось. Длительность каждого этапа - 2 минуты. Всего было 3 этапа с закрытыми глазами и 2 этапа с открытыми, итоговое время записи - 10 минут. Запись проводилась на 64-х канальном энцефалографе BrainProducts ActiChamp с частотой дискретизации 500Гц и электродом Cz в качестве референта.

В результате анализа было показано, что топологический анализ может быть успешно применен к данным ЭЭГ. В исследовании также были выделены топологические инварианты в функциональных нейросетях у различных индивидов в состоянии покоя, а также проанализированы индивидуальные различия в наличии разноразмерных “дырок” в структуре нейросетей состояния покоя.

Источники и литература

- 1) Michael W. Reimann, Max Nolte, Martina Scolamiero, Katharine Turner Cliques of Neurons Bound into Cavities Provide a Missing Link between Structure and Function. Published in *frontiers in Computational Neuroscience*, (2017).
- 2) Carlsson, G. Topology and data. *Bull. Am. Math. Soc.* 46, 255–308 (2009)
- 3) Chung, M.K., Bubenik, P., Kim, P.T.: Persistence diagrams of cortical surface data. In: *Information Processing in Medical Imaging*, pp. 386–397. Springer, Berlin/Heidelberg (2009).
- 4) Pachauri, D., Hinrichs, C., Chung, M.K., Johnson, S.C., Singh, V.: Topology-based kernels with application to inference problems in Alzheimer’s disease. *IEEE Trans. Med. Imaging* 30, 1760–1770 (2011)
- 5) H. Edelsbrunner and J. Harer. Persistent homology — a survey. *Surveys on Discrete and Computational Geometry. Twenty Years Later*, eds. J. E. Goodman, J. Pach and R. Pollack, *Contemporary Mathematics* 453, 257–282, Amer. Math. Soc., Providence, Rhode Island, (2008).
- 6) A. Zomorodian and G. Carlsson. Computing persistent homology. *Discrete Comput. Geom.* 33 (2005), 249–274.
- 7) Nina Otter, Mason A Porter, Ulrike Tillmann. A roadmap for the computation of persistent homology *EPJ Data Science* volume 6, Article number: 17 (2017).