

УДК 004.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ 2D И 3D
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Боброва М.И. (ИТМО), Шилоносков В.Р. (ИТМО)

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Добренко Н.В.
(ИТМО)**

Введение. Топологический анализ данных (ТАД) представляет собой комплекс методов анализа топологических и геометрических структур, лежащих в основе данных. Основные объекты в ТАД - симплициальные комплексы с фильтрацией, позволяющей отследить кластеризацию облака точек на различных масштабах.

Данные представляют собой метрическое пространство, а совокупность их признаков - признаковое пространство. Персистентные гомологии (ПГ) позволяют рассматривать все значения множества данных одновременно, обеспечивая тем самым единое представление топологических свойств облака данных. ПГ чаще всего графически представляется в виде диаграммы, называемой баркодом [1].

Высокотехнологичное медицинское изображение представляет собой МРТ-снимок, в нашем случае, головного мозга, который состоит из 26 срезов. Для обучения 2D сиамской нейронной сети используются срединный срез такого снимка, а для 3D сиамской нейронной сети – все 26 срезов.

Глобальная задача проекта заключается в том, чтобы исследовать метод оценки информативности нейросетевых эмбедингов на базе свойств их топологии. Ее подзадачей является подтверждение гипотезы, что 2D сиамская нейронная сеть в данном случае перестает быть эффективной за счет меньшей выразительности формируемых кластеров в отличие от 3D сиамской нейронной сети. При этом, доказать, что 2D все равно является конкурентоспособной, так как широко применяется в исследованиях на базе искусственного интеллекта и медицины [2].

Основная часть. Для выполнения поставленных задач были получены эмбединги из четырех слоев 2D и 3D сиамских нейронных сетей, определяющих по МРТ-снимкам наличие ишемического инсульта в головном мозге человека. Для сравнения обе сети были в том числе обучены на данных с шумом Перлина.

Эмбединги, или множество данных, были представлены в виде баркода. Баркоды были наложены друг на друга попарно: 2D на 3D (на чистых данных), 2D и 3D (на данных с шумом). Для наибольшей наглядности были посчитаны длины гомологий и время их жизни.

Затем были посчитаны персистентная энтропия и энтропия Рейни для $\alpha = 0.5, 1, 2, 3$. Если энтропия уменьшается с переходом на следующий слой, то этот слой наилучшим образом разделяет данные.

Было выдвинуто предположение: если разница энтропий между соседними слоями в 2D больше, чем их разница между теми же слоями в 3D, то на этих слоях 2D конкурирует с 3D. Проведенный эксперимент показал, что разница между соседними слоями в 2D больше на всех слоях и в ней энтропия уменьшается быстрее, чем в 3D. Причиной этому может быть наибольшее соотношение пятна инсульта к мозгу у 2D изображения по сравнению с 3D, поэтому в первом случае будет легче разделить данные на части.

Однако, не всегда инсульт попадает на срединный срез. Поэтому тем же методом были проверены срезы, разделенные экспертом на инсультные и здоровые. Результат показал наличие существенных различий в энтропии между 2D и 3D сиамскими нейронными сетями при анализе инсультных и здоровых срезов. В случае здоровых срезов разница в энтропии между слоями в 2D оказалась более выраженной по сравнению с 3D, что поддерживает идею конкурентоспособности 2D в этом контексте. Однако, при анализе инсультных срезов, энтропия в 3D сети оказалась стабильнее, что может указывать на ее преимущество в

выделении особенностей в таких срезах.

Выводы. Проведен топологический анализ данных и получены результаты, в том числе подтверждающие гипотезу о том, что 2D сиамская нейронная сеть может терять эффективность в сравнении с 3D, особенно при анализе инсультных срезов. Однако, важно отметить, что 2D все равно остается конкурентоспособной, особенно в случаях, когда информативные признаки сосредоточены на срединном срезе.

Список использованных источников:

1. А.С. Ватьян, Н.Ф. Гусарова, Д.А. Добренко, К.С. Панкова, И.В. Томилов. Использование топологического анализа данных для построения байесовских нейронных сетей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2023. – № 6. – С. 1187–1197.
2. Shovkoplias G., Vitian A., Gusarova N., Tomilov I., Lipina O., Bobrova M. Proactive selection of machine learning models for small sample sizes in cerebral stroke detection based on PAC-learning theory // 12th International Young Scientist Conference on Computational Science (YSC 2023). – 2023. – pp. – in press.