

**Исследование применения топологического анализа данных
в вариационных автоэнкодерах**

Иванов М.С. (ИТМО)

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Кугаевских А.В.
(ИТМО)**

Введение. Вариационные автоэнкодеры (VAE) являются одним из ключевых инструментов в задачах генерации данных и обучения представлений. Однако их эффективность часто ограничивается неустойчивостью обучения и слабой способностью к генерализации из-за недостаточного учета топологических свойств данных, например, таких как связность или наличие N -мерных отверстий [1]. Современные подходы к обучению VAE редко учитывают глобальную структуру данных, что может приводить к ухудшению качества генерации и интерпретируемости латентного пространства [2]. В то же время методы топологического анализа данных (TDA) активно развиваются и применяются для анализа сложных структур в исходном пространстве данных, но их интеграция в обучение генеративных моделей остается малоизученной и только набирает свою популярность [3]. Это создает потенциал для исследований, направленных на улучшение VAE через использование TDA.

Основная часть. Целью работы является исследование влияния методов TDA на качество генерации, устойчивость обучения и структуру латентного пространства VAE. Для этого были изучены современные исследования в этой теме и разработаны методы, сохраняющие топологию входных данных в латентном пространстве в процессе обучения VAE. Классические VAE и модифицированные модели с TDA были обучены на нескольких наборах данных различной топологической сложности. В ходе экспериментов оценивались метрики качества генерации (например, FID, Inception Score), устойчивость обучения (например, сходимость и стабильность функции потерь), а также топологические свойства полученного латентного пространства (анализ персистентных диаграмм и чисел Бетти). Результаты показали, что интеграция TDA в модели VAE может помочь не только улучшить интерпретируемость латентных представлений, но и в некоторых задачах повысить качество генерации и устойчивость обучения.

Выводы. В результате исследования, был проведен анализ влияния методов TDA на обучение VAE. Наибольший эффект от разработанных методов наблюдается в обучении моделей на наборах данных с высокой структурной сложностью исходного пространства данных, где сохранение исходной топологии особенно важно.

Список использованных источников:

1. Ephy R. Love, Benjamin Filippenko, Vasileios Maroulas, Gunnar Carlsson Topological Convolutional Layers for Deep Learning // Journal of Machine Learning Research. – 2023. – № 24(59). – С. 16–24.
2. Aniss Aiman Medbouhi, Vladislav Polianskii, Anastasia Varava, Danica Kragic InvMap and Witness Simplicial Variational Auto-Encoders // Machine Learning and Knowledge Extraction. – 2023. – № 5(1). – С. 205–230.
3. Ali Zia, Abdelwahed Khamis, James Nichols et al. Topological deep learning: a review of an emerging paradigm // Artificial Intelligence Review. – 2024. – № 57(77). – С. 1–20.