

## ПРЕДСКАЗАНИЕ ГОРИЗОНТА ПОЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Нетроглов Р.Ю. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Деева И.Ю. (ИТМО)

**Введение.** Несмотря на большое разнообразие работ по классификации аномалий во временных рядах, задачу предсказания аномалий в будущем сигнале до сих пор считается нерешенной. Существует ряд подходов, которые позволяют получить результаты, используя синтетические данные, однако в силу их недостатков подходы не пригодны для применения в промышленности. Все работы объединяет тот недостаток, что используется только временной домен, в то время как ряд современных работ показывают, что с временным рядом со всей его сложностью можно работать, используя представления временного домена в пространственном [1]. Однако у этих подходов также существует недостаток, который делает их крайне неудобным для работы с реальными данными – это шум и его нелинейность, природа последнего в том, что система имеет различные вариации. Для решения этих недостатков в данной работе авторы исследуют вероятностную постановку задачи для получения более стабильных результатов.

**Основная часть.** Для решения были испытаны следующие модели и алгоритмы:

1. Time-delayed embeddings, которые позволяют переводить сигнал в пространственную размерность. В данном методе строится матрица Хенкеля, а затем каждый ее столбец понимается как переменная. При таком детерминированном подходе в случае, если данные не содержат шумов, можно получить геометрию в фазовом пространстве, которая позволяет осуществлять предсказания во временном ряду. Недостаток метода – его сложность ( $O(n^4)$ ) и нестабильность [2].
2. Динамические вероятностные модели. Были рассмотрены динамические байесовские сети как одни из эффективных моделей для представления системы. Преимущество моделей в том, что они позволяют факторизовать временной ряд и предоставить исследователю интерпретируемый результат, что позволит в промышленности не только предсказывать аномалии, но и указывать на их природу и способ устранения. Недостатком метода является также сложность структурного и параметрического обучения таких моделей (в данной работе будет рассмотрено только первый тип обучения). Однако в последнее время выходят работы, в которых найдены способы перевести задачу жадного поиска структуры в задачу непрерывного обучения [3].

Предложенные решения будут реализованы в формате Open Source как модуль для фреймворка для обучения байесовских сетей VAMT (ИТМО).

**Выводы.** Проведен анализ проблемы предсказания горизонта появления аномалий, описаны недостатки и преимущества методов для решения задачи. Проведен поиск связанных проблем, описаны методы их решения. Были обнаружены пересечения и была осуществлена попытка синтеза динамических вероятностных моделей и моделей из анализа размерности, поскольку геометрия пространства содержит крайне ценную информацию [4].

#### **Список использованных источников:**

1. Ryan V. Raut, Zachary P. Rosenthal, Xiaodan Wang, Hanyang Miao, Zhanqi Zhang, Jin-Moo Lee, Marcus E. Raichle, Adam Q. Bauer, Steven L. Brunton, Bingni W. Brunton, J. Nathan Kutz. Arousal as a universal embedding for spatiotemporal brain dynamics // bioRxiv – 2023 doi: <https://doi.org/10.1101/2023.11.06.565918>
2. Галкин В.А., Гавриленко Т.В., Девицын И.Н. Применимость теоремы Такенса об обнаружении «Странных аттракторов» для биологических систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenimost-teoremy-takensa-ob-obnaruzhenii-strannyh-attraktorov-dlya-biologicheskikh-sistem>
3. Xun Zheng, Bryon Aragam, Pradeep Ravikumar, Eric P. Xing. DAGs with NO TEARS: Continuous Optimization for Structure Learning // arXiv. – 2018
4. A.N. Gorban. I.Y. Tyukin. Blessing of dimensionality: mathematical foundations of the statistical physics of data // Phil. Trans. R. Soc. – 2018.