

## Рецензия на рукопись

### "Погружение временных рядов с высокой волатильностью в метрическое пространство"

Эйнуллаев Алтай

Данная работа посвящена интересному и актуальному вопросу прогнозирования временных рядов с высокой волатильностью. Авторы предлагают подход, основанный на переходе от исходного пространства временных рядов к пространству попарных расстояний между ними, где и осуществляется прогноз. Такой подход позволяет учитывать высокую взаимную корреляцию временных рядов, что является важной особенностью рассматриваемых данных. Отмечу следующие сильные стороны работы:

- Авторы тщательно проработали теоретическую часть, строго определив класс допустимых функций попарных расстояний и изучив их свойства. Это важно для обоснования корректности предложенного подхода.
- Численные эксперименты проводились как на синтетических, так и на реальных финансовых данных, что позволяет всесторонне оценить эффективность метода.
- Авторы провели сравнение предложенного подхода с известными методами прогнозирования временных рядов, такими как ARIMA и LSTM, что позволяет судить о его конкурентоспособности.
- Работа хорошо структурирована, написана грамотным языком и содержит необходимые ссылки на соответствующую литературу.

Вместе с тем, я бы хотел отметить следующие моменты, которые, на мой взгляд, могли бы быть улучшены:

Постановка задачи	
6	В постановке задачи стоило бы более строго определить, что понимается под "высокой попарной корреляцией" и "высокой дисперсией" временных рядов. Это важно для понимания области применимости предлагаемого подхода.
7	В разделе "Выбор функции попарных расстояний" авторы рассматривают три различных способа вычисления матрицы попарных расстояний. Было бы полезно дать более четкое обоснование и интерпретацию каждого из этих способов.
8	В разделе "Восстановление прогноза" хотелось бы видеть более подробное описание процедуры восстановления прогноза в исходное пространство временных рядов по спрогнозированной матрице попарных расстояний. Здесь также можно было бы обсудить, как выбор функции попарных расстояний влияет на качество восстановления.

9	В работе отсутствуют какие-либо оценки вычислительной сложности предлагаемого подхода по сравнению с методами ARIMA и LSTM. Такая информация помогла бы лучше оценить практическую применимость метода.
<b>Основные результаты</b>	
10	Обсуждение результатов численных экспериментов могло быть более подробным. Например, авторы не объясняют, почему в случае реальных данных первые два способа вычисления матрицы попарных расстояний давали худшие результаты по сравнению с третьим.
11	В экспериментальной части работы авторы приводят графики прогнозирования попарных расстояний, но не анализируют визуально наблюдаемые особенности этих графиков. Более глубокий качественный анализ полученных результатов мог бы помочь лучше понять, в каких случаях предлагаемый подход работает эффективнее, а в каких - хуже.
12	Обсуждение результатов экспериментов на реальных данных (раздел "Вычислительный эксперимент") могло бы быть дополнено анализом чувствительности качества прогноза к размеру обучающей и тестовой выборки. Это помогло бы оценить практическую применимость метода.
13	При сравнении с методами ARIMA и LSTM авторы не приводят подробностей реализации этих алгоритмов (например, какие гиперпараметры использовались). Это затрудняет воспроизводимость экспериментов и оценку вклада именно предлагаемого подхода в полученные результаты.
<b>Анализ ошибки</b>	
18	В разделе "Вычислительный эксперимент" авторы отмечают, что "большие ошибки MSE в первых двух случаях связаны с наличием больших скачков в исходных данных". Было бы полезно более детально проанализировать, как свойства исходных данных влияют на качество прогноза в различных методах.
<b>Заключение</b>	
19	Отсутствует заключение

К коду замечаний нет.

В целом, данная работа представляет собой интересное исследование в области прогнозирования временных рядов и заслуживает положительной оценки. Отмеченные замечания носят скорее рекомендательный характер и направлены на улучшение качества и ясности изложения. Их основной посыл – сообщить о местах в работе, которые могут быть непонятны не погруженному в тематику читателю.

Рецензент: Задворнов Е.В.