

# ПОИСК И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ

*I. M. Latypov, E. Vladimirov, V. V. Strizhov*

latypov.im@phystech.edu

MIPT

При прогнозировании временных рядов, зависящих от других временных рядов, требуется решить задачу выявления связей между ними. Предполагается, что добавление связанных временных рядов в прогностическую модель повысит качество прогноза. В данной работе для обнаружения зависимостей между временными рядами предлагается совместить Convergent Cross Mapping с ODE-RNN.

**Ключевые слова:** *Neural CDE, CCM, временные ряды*

## 1 Введение

Работа посвящена задаче поиска причинно-следственных связей между временными рядами. Эта задача актуальна, поскольку часто на практике приходится работать с многомерными временными рядами (?), и учет зависимостей между координатами может улучшить качество предсказаний.

Существует множество методов для обнаружения связей между временными рядами. Среди них Тест Гренжера и метод сходящегося перекрестного отображения (convergent cross mapping, CCM) и другие. Идея работы CCM основана на теореме Таккенса (ссылка). Метод отображает временные ряды в траекторные многообразия и рассматривает зависимость траекторий эволюций этих рядов. Наша идея заключается в улучшении процесса построения отображения в траекторное многообразие. Для этого обучается модель ODE-RNN на эмбедингах CCM алгоритма и скрытые состояния RNN слоев используются как новые эмбединги, и на них уже применяется метод CCM.

Преимуществом нашего метода перед CCM к тому же является возможность работать с рядами с нерегулярными наблюдениями.

## 2 Связанные работы (related works)

### 3 Математическая постановка

Обозначим  $T = \{t_1, \dots, t_k\}$  - моменты наблюдений.

P.S. нужно будет перейти к вероятностной формулировке

$\mathbf{X} = [x_1, \dots, x_k]^T$  - многомерный временной ряд,  $x_i \in \mathcal{R}^n$  - наблюдения  $X$  в момент времени  $t_i$ .

Цель заключается в том, чтобы найти функцию(критерий)  $F : \mathcal{R}^{n \times k} \rightarrow \mathcal{R}$ , по значениям которой можно делать вывод о зависимостях между координатами временного ряда  $X$ .

### 4 эксперименты

Провели эксперименты, можно посмотреть на гите

### 5 Теоритическое обоснование

### 6 Заключение

### 7 \*

Список литературы

Таблица 1 сравнение методов

Метод	краткое описание	достоинства	недостатки
Тест Гренжера	Пусть $U, V$ - временные ряды. $U$ предсказывают с использованием $V$ и без использования. При существенном улучшении предсказаний делается вывод о зависимости рядов.	Легко применять	не дает представлений о виде зависимости рядов. К тому же предсказания могут не улучшиться из-за неверной модели.
Кросс Корреляция	Проверяется корреляция сдвинутых по времени компонент временного ряда. Критерием служит максимальная полученная корреляция.	Легко применять	Приходится использовать весь датасет + квадратичное от длины ряда время работы. Так же хорошо известно, что корреляция не является достаточным условием зависимости
ССМ	компоненты временного ряда отображаются в траекторное подпространство и проверяется возможность отображения одной траектории на другую. Критерием зависимости служит "степень непрерывности" (пока так, потом исправлю).	Легко применять. Работает лучше методов предложенных выше.	использование всего датасета, квадратичное от длины ряда время работы. Так же исследование $\setminus \text{cite}\{CCM\_RA\}$ выделяет другие недостатки.
СММ + ODE-RNN	обучаем сетку, применяем ССМ	Точнее может выявлять зависимости между временными рядами	Нужно обучать на достаточно большом куске данных