

Способы учёта шума данных в модели нейронных дифференциальных уравнений

Владимиров Э.А.

Московский физико-технический институт

14 декабря 2022 г.

Удаление шума

Проблема

Удаления шума из временного ряда для стабилизации модели предсказания.

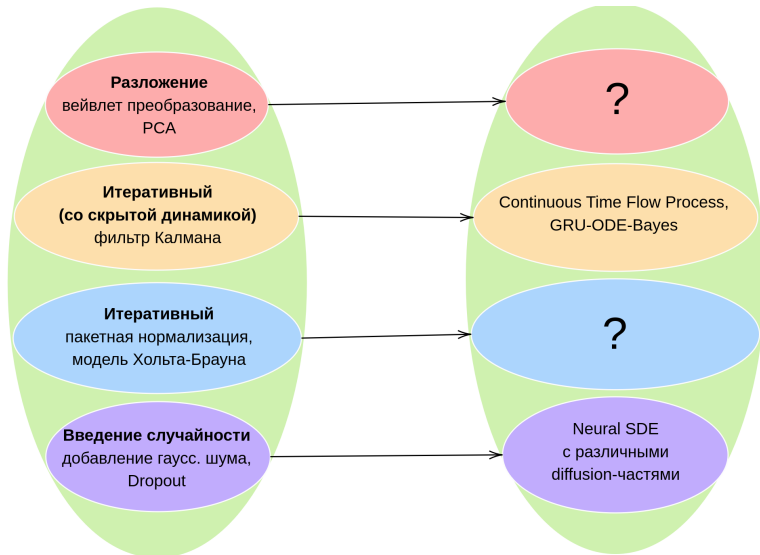
Задача

Внедрить методы фильтрации временных рядов в фреймворк Neural ODE

Решение

Использование фреймворка Neural SDE.

Методы фильтрации и Neural ODE



методы фильтрации врем. рядов

фреймворк Neural ODE

Neural ODE and Neural SDE

Модель Neural ODE аппроксимирует отображение $x \rightarrow y$ путём обучения нейронной сети f_θ и линейных отображений l_θ^1, l_θ^2 .

$$y \approx l_\theta^2(h_T), \text{ где } h_T = h_0 + \int_0^T f_\theta(h_t) dt \text{ и } h_0 = l_\theta^1(x)$$

Модель Neural SDE имеет следующий вид:

$$h_0 = \zeta_\theta(V), \quad dh_t = \mu_\theta(t, h_t)dt + \sigma_\theta(t, h_t) \circ dW_t, \quad \widehat{Y}_t = l_\theta(h_t),$$

где $\zeta_\theta, \mu_\theta, \sigma_\theta$ — нейронные сети, l_θ — линейное преобразование, $(W_t, t \in [0, T])$ — винеровский процесс и $V \sim \mathcal{N}(0, I_V)$ — стандартный гауссовский вектор. Решением SDE служит случайный процесс $(h_t, t \in [0, T])$.

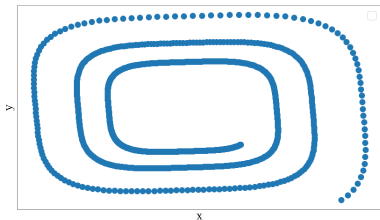
¹David Duvenaud, Ricky T. Q. Chen, Yulia Rubanova, Jesse Bettencourt Ordinary Differential Equations. UNITEXT - La Matematica per il 3 piu 2, 109(NeurIPS):31–60, 2018.

²Xuanqing Liu, Tesi Xiao, Si Si, Qin Cao, Sanjiv Kumar, and Cho-Jui Hsieh. Neural SDE: Stabilizing Neural ODE Networks with Stochastic Noise. (2), 2019.

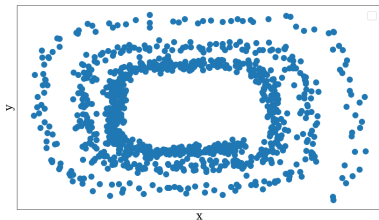
Вычислительный эксперимент

Цель

Показать, что качество модели Neural ODE уменьшается при наличии шума в данных.

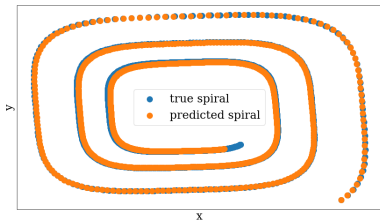


Временной ряд "Спираль"

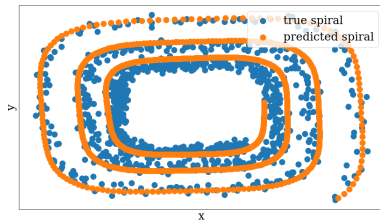


Зашумлённая спираль

Анализ ошибки

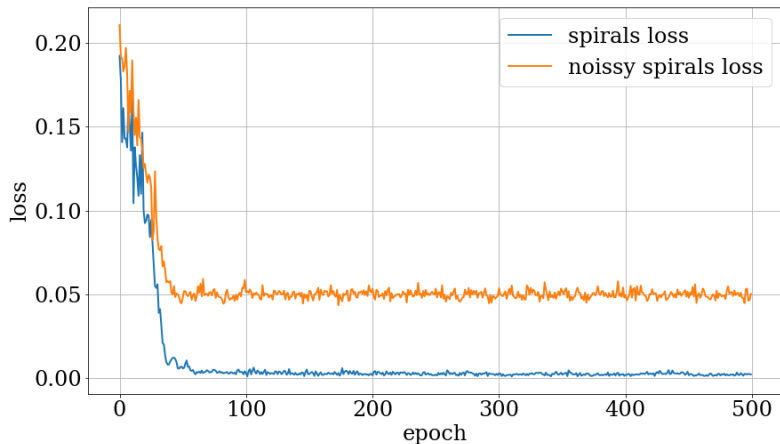


NODE на чистых данных



NODE на зашумлённых данных

Анализ ошибки



Функция потерь при обучении Neural ODE
на незашумлённых и зашумлённых данных

Заключение

1. Предоставлена классификация методов фильтрации временных рядов
2. Показано, что модель Neural ODE работает хуже на зашумлённых данных