

Способы учёта шума данных в модели нейронных дифференциальных уравнений

Владимиров Э.А.

Московский физико-технический институт

17 мая 2023 г.

Удаление шума

Проблема

Удаления шума из временного ряда для стабилизации модели предсказания.

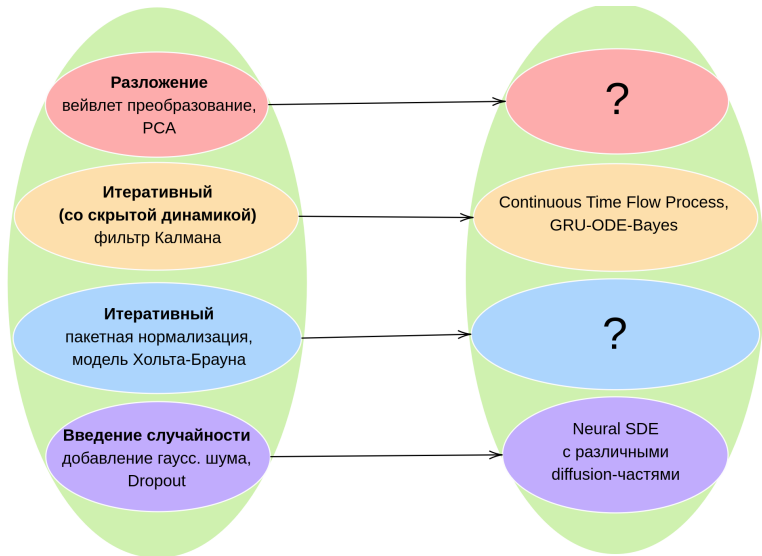
Задача

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 $\mathbf{x} \rightarrow \mathbf{y}$ путём обучения нейронной сети f_θ и линейных отображений l_θ^1, l_θ^2 .

$$\mathbf{y} \approx l_\theta^2(\mathbf{h}_T), \text{ где } \mathbf{h}_T = \mathbf{h}_0 + \int_0^T f_\theta(\mathbf{h}_t) dt \text{ и } \mathbf{h}_0 = l_\theta^1(\mathbf{x})$$

Модель Neural SDE имеет следующий вид:

$$\mathbf{h}_0 = \zeta_\theta(V), \quad d\mathbf{h}_t = \mu_\theta(t, \mathbf{h}_t)dt + \sigma_\theta(t, \mathbf{h}_t) \circ d\mathbf{W}_t, \quad \widehat{\mathbf{Y}}_t = l_\theta(\mathbf{h}_t),$$

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

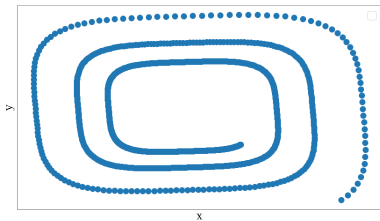
¹David Duvenaud, Ricky T. Q. Chen, Yulia Rubanova, Jesse Bettencourt Ordinary Differential Equations. UNITEXT - La Matematica per il 3 piu 2, 109(NeurIPS):31–60, 2018.

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.

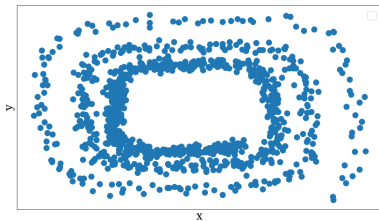
Вычислительный эксперимент

Цель

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

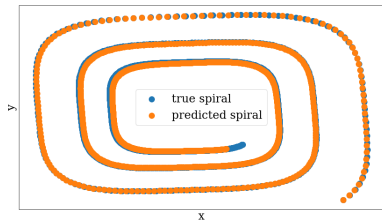


Временной ряд "Спираль"

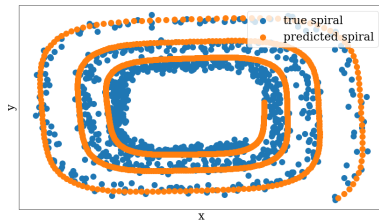


Зашумлённая спираль

Анализ ошибки

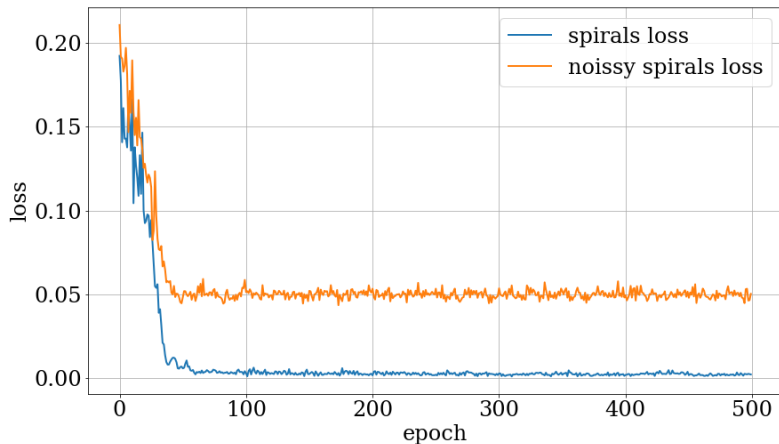


NODE на чистых данных



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