

Выбор согласованных моделей для построения нейроинтерфейса

Кулаков Ярослав Михайлович

Московский физико-технический институт

Курс: Автоматизация научных исследований
(практика, В. В. Стрижов)/Группа 813

Эксперт: В .Стрижов

Консультант: Р. Исаченко

2021

Цель исследования

Цель:

Предсказание координат кисти по сигналам с мозга и предыдущей позиции.

Проблема:

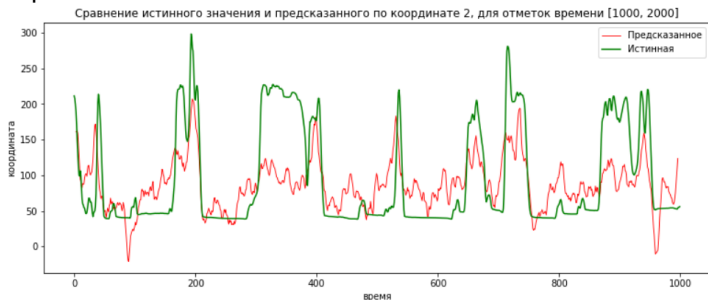
Высокая размерность пространства признаков, их скоррелированность.

Решение:

Отображение пространства признаков в латентное пространство меньшей размерности, уточнение предсказания второй, авторегрессионной моделью.

Прогнозирование координаты кисти по сигналам электрокортикограммы ECoG

(X, Y) . $X \in \mathbb{R}^{T,K}$, где T — количество временных отметок, K — количество электродов, $Y \in \mathbb{R}^{C,T}$, где C — номер координаты в трехмерном пространстве.



Цель - минимизация метрик MSE, MAE.

- ▶ Strijov V.V. Motrenko A.P. Multi-way feature selection for ecog-based brain-computer interface. Expert Systems with Applications, 114(30), pages 402–413., 2018.
- ▶ Aksenova T. Elisayev A. Stable and artifact-resistant decoding of 3d hand trajectories from ecog signals using the generalized additive model. Journal of neural engineering., 2014.
- ▶ Стрижов В.В. Яушев Ф.Ю., Исаченко Р.В. Модели согласования скрытого пространства в задаче прогнозирования. Системы и средства информатики, page 31(1), 2021.

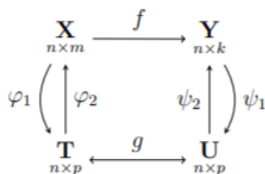
PLS-алгоритм

X — пространство сигналов активностей мозга. Y — пространство координаты руки.

$$X = TP^T + E$$

$$Y = UQ^T + F$$

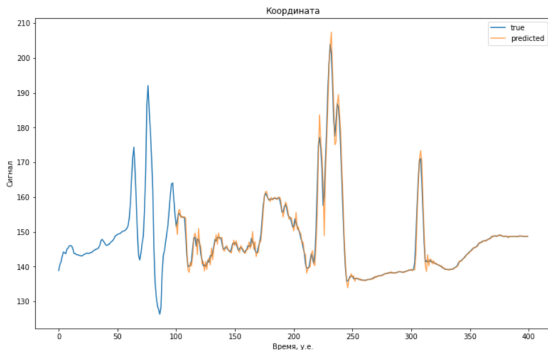
E, F — error matrices.



Размерность латентного пространства пространства подбирается по сетке.

Авторегрессия

Имеется ряд $\{y_t\}$, требуется предсказать значение y_{t+1} .
Ищется в виде $y_{t+1} = \sum_{i=t-k}^{t-k} a_i y_i$. Обучается линейная регрессия на всех точках ряда .



В первом приближении $y_{t+1} = y_t + (y_t - y_{t-1})$.

Коэффициенты модели

2.00941817, -1.38354694, 0.35317815, ...

Совмещение моделей

Рассматривается блендинг моделей. То есть взвешенное усреднение прогнозов PLS, AR.

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha \times \hat{y}_{t+1}^{PLS} + (1 - \alpha) \times \hat{y}_{t+1}^{AR}.$$

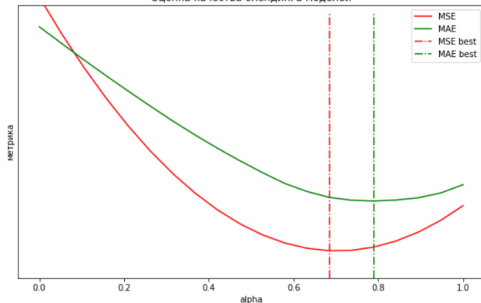


На неменяющихся участках PLS только портит предсказание, предлагается рассмотреть более умное комбинирование.

Анализ ошибки SARIMAX+PLS

Подберем гиперпараметр альфа по сетке.

Оценка качества блендинга моделей

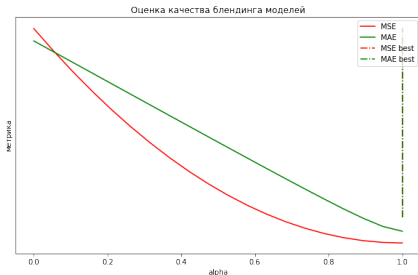


	MSE	MAE
Clear PLS	791.429	18.7611
Clear SARIMAX(5)	115.063	5.49812
Mix_pls_sarimax	87.8215	5.28448
Clear AR	5.49391	1.21899
Mix_pls_ar	5.49391	1.21899

Видно, что существует оптимальное альфа, около 0.75.

Анализ ошибки AR+PLS

Подберем гиперпараметр альфа по сетке.



	MSE	MAE
Clear PLS	791.429	18.7611
Clear SARIMAX(5)	115.063	5.49812
Mix_pls_sarimax	87.8215	5.28448
Clear AR	5.49391	1.21899
Mix_pls_ar	5.49391	1.21899

Видно, что блендинг только ухудшает предсказание.

- ▶ Предложена комбинированная модель предсказания.
- ▶ Показано на эксперименте, что некоторые модели улучшаются при блендинге с PLS, а некоторые модели только ухудшаются.

- ▶ Отказаться от использования авторегрессии при использовании модели.
- ▶ Убрать блендинг на константных участках и предсказывать только AR.
- ▶ Предсказывать первую и вторую производные.
- ▶ Использовать одномерные свертки, рекуррентные сети.