

# 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:

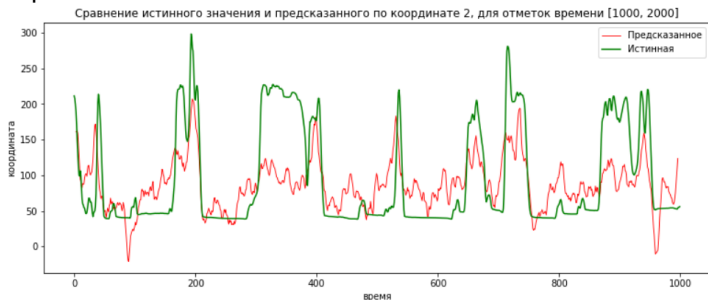
Высокая размерность пространства признаков, их скоррелированность.

## 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.

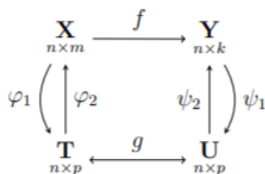
# PLS-алгоритм

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

$$X = TP^T + E$$

$$Y = UQ^T + F$$

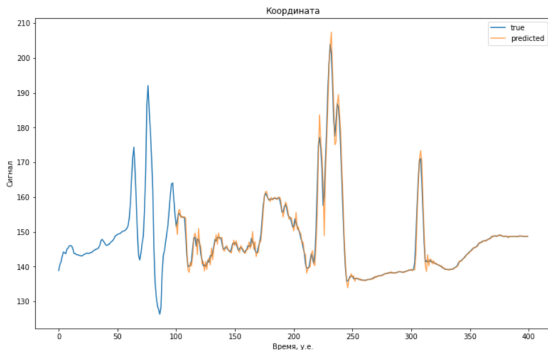
$E, F$  — error matrices.



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.

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

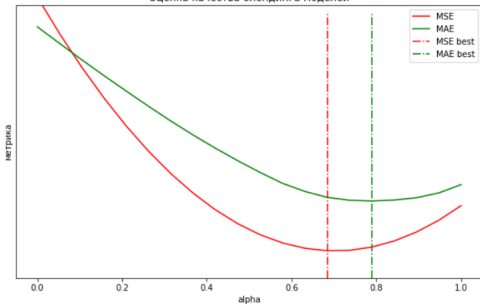


На неменяющихся участках PLS только портит предсказание, предлагается рассмотреть более умное комбинирование.

# Анализ ошибки

Подберем гиперпараметр альфа по сетке.

Оценка качества блендинга моделей



	MSE	MAE
Clear PLS	840.791	19.0604
Clear AR	290.792	8.65382
Mix	174.495	7.60459

Видно, что существует оптимальное альфа, около 0.75.



- ▶ Предложена комбинированная модель предсказания.
- ▶ Доказано на эксперименте улучшение качества.

- ▶ Убрать блендинг на константных участках и предсказывать только AR.
- ▶ Предсказывать первую и вторую производные.