

Локальные модели в анализе сигналов головного мозга

Валерий Маркин

21 марта, 2019.

Общее описание исследования

Задача

По записям электрических импульсов головного мозга восстановить траекторию движения руки.

Проблема

Исходное признаковое пространство избыточно, признаки сильно коррелированы.

Предлагаемое решение

Построить локальную модель, учитывающую пространственную структуру сигнала. Использовать параметры модели как новое признаковое описание.

- Anastasia Motrenko and Vadim Strijov. Multi-way feature selection for ecog-based brain-computer interface. Expert Systems with Applications, 114, 07 2018.
- Chao ZC, Nagasaka Y, Fujii N (2010). "Long-term asynchronous decoding of arm motion using electrocorticographic signals in monkeys."Frontiers in Neuroengineering 3:3.
- Andrey Eliseyev and Tetiana Aksenova. Penalized multi-way partial least squares for smooth trajectory decoding from electrocorticographic (ECoG) recording.PLOS ONE, 11(5):e0154878,73may 2016.

Формальная постановка задачи

Данные

Сигналы представлены в виде многомерного временного ряда

$$\mathbf{S} = \{\mathbf{s}_i(t_j) \in \mathbb{R}^{N_{ch}}, i \in \{1, \dots, M\}, j \in \{1, \dots, T\}\} \subset \mathbb{R}^{M \times N_{ch} \times T}$$

где N_{ch} - число каналов (электродов), M - число сигналов. Требуется предсказать координату кисти $\mathbf{y}_i \in \mathbb{R}^{3 \times T}$.

Модель

Модель строится как композиция двух моделей $f = g \circ h$

- $g : \mathbb{R}^{N_{ch}} \rightarrow \mathbb{R}^T$ - локальная модель, порождающая новые признаки
- $h : \mathbb{R}^{N_f} \rightarrow \mathbb{R}^3$ - регрессионная модель, прогнозирующая целевую переменную

Формальная постановка задачи

Локальная модель

$\tilde{s}_i = g(s_i, \theta_i)$ - локальная аппроксимация сигнала. θ_i - вектор параметров модели. Вектор параметров θ_i для каждого объекта находится решением оптимизационной задачи

$$\theta_i = \underset{\theta}{\operatorname{argmin}} Q(g(s_i, \theta), s_i) \quad (1)$$

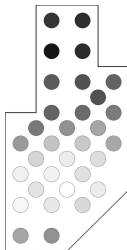
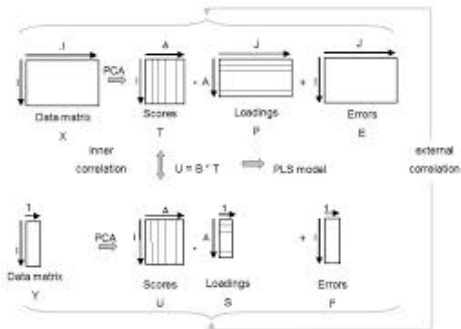


Рис.: Пространственное расположение электродов

- Алгоритм PLS находит матрицы $T, U \in \mathbb{R}^{m \times I}$, которые лучше всего описывают исходные матрицы X, Y .
- PLS максимизирует связь (линейную зависимость) матриц T, U .



Предобработка данных

Фильтрация, построение частотных характеристик

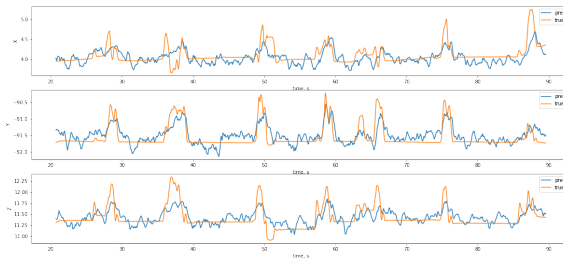


Рис.: Зависимость предсказанной и истинной траекторий от времени

r2-score: train — 0.68, test — 0.30

- Построение предсказаний на основе локальных моделей
- Работа с целевой переменной (переход от координат к углам)
- Проведение сравнения с существующими методами