

Построение оптимальной модели декодирования сигналов при моделировании нейрокомпьютерного интерфейса.

Кудрявцева Полина Юрьевна

Московский физико-технический институт

Курс: Численные методы обучения по прецедентам
(практика, В. В. Стрижов), весна 2019

Задача

Построить систему нейрокомпьютерного интерфейса.

Проблема

- Исходные сигналы сильно коррелированы
- Предсказательная модель неустойчива

Решение

Используются алгоритмы отбора признаков и снижения размерности исходных данных.

- Anastasia Motrenko and Vadim V. Strijov. Multi-way feature selection for ECoG-based Brain-Computer Interface. 2018
- Andrey Eliseyev and Tetiana Aksenova. Penalized Multi-Way Partial Least Squares for Smooth Trajectory Decoding from Electrographic (ECoG) Recording. 2016
- Rodríguez-Luján, Huerta, Elkan and Santa Cruz. Quadratic Programming Feature Selection. 2010.
- Krishnan, Williams, McIntosh and Abdi. Partial Least Squares (PLS) methods for neuroimaging: A tutorial and review. 2011

Исходные данные

$$\mathbf{X}' = \{x_{tj}\}_{i=1,\dots,T,j=1,\dots,NF}; \mathbf{Y}' = \{y_{tj}\}_{i=1,\dots,T,j=1,2,3};$$

где \mathbf{X}' - считанные с мозга сигналы, T - количество моментов времени, N - число каналов, F - набор частот. \mathbf{Y}' - матрица координат кисти в пространстве.

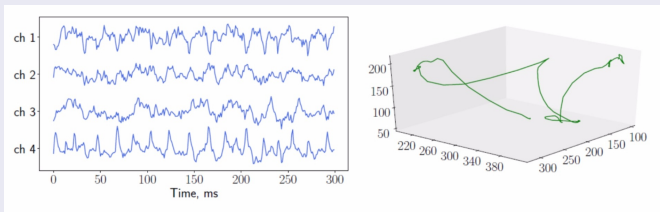


Рис.: Слева - данные матрицы \mathbf{X} , справа - изменение координаты кисти во времени

Построение признакового пространства

К матрицам \mathbf{X}' и \mathbf{Y}' применяются алгоритмы проецирования в скрытое пространство и отбора признаков. Матрицы \mathbf{X}, \mathbf{Y} - новые матрицы после применения алгоритмов.

Задача прогнозирования

$$L(\Theta, \mathbf{X}, \mathbf{Y}) = \|\mathbf{f}(\mathbf{X}, \Theta) - \mathbf{Y}\|_2^2 \rightarrow \min_{\Theta}.$$

В частности, будет решаться задача при $\mathbf{f}(\mathbf{X}, \Theta) = \Theta \mathbf{X}$

Алгоритм PLS

Проецирует исходные матрицы X' и Y' в пространство меньшей размерности,

$$X = TP^T + F, Y = UQ^T + E.$$

После нахождения проекций, алгоритм максимизирует линейную зависимость между столбцами матриц T , U .

Алгоритм QPFS

Ставит задачу отбора признаков в виде задачи квадратичного программирования

$$\min_x \frac{1}{2} x^T Q x - F^T x,$$

матрица Q является мерой подобия признаков, вектор F измеряет релевантность каждого признака по отношению к целевой переменной. Компоненты x_i решения задачи представляют собой веса i -го признака.

Вычислительный эксперимент

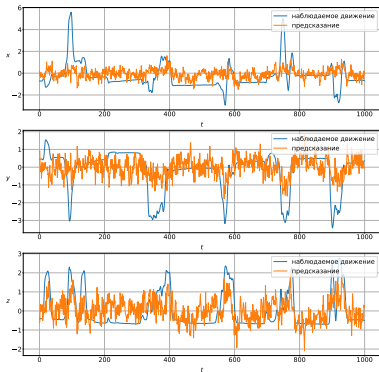


Рис.: Предсказания с помощью алгоритма PLS

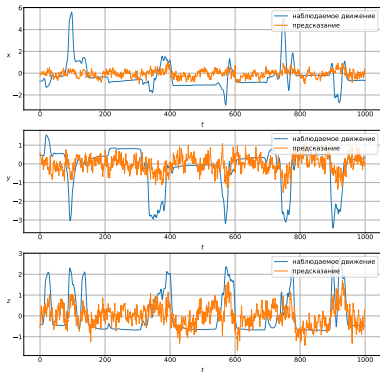


Рис.: Предсказания с помощью алгоритма QPFS

Результаты

- Предложены алгоритмы построения признакового пространства
- Проведен вычислительный эксперимент
- Проведен анализ ошибки алгоритмов на данных