

# Восстановление траектории движения руки по видео

Владимиров Эдуард Анатольевич

Московский физико-технический институт

*Курс:* Моя первая научная статья

*Эксперт:* Р. В. Исаченко

*Консультанты:* А. Д. Курдюкова

2022

# Восстановление траектории

## Задача

Объединение методов канонического корреляционного анализа и метода Сугихары.

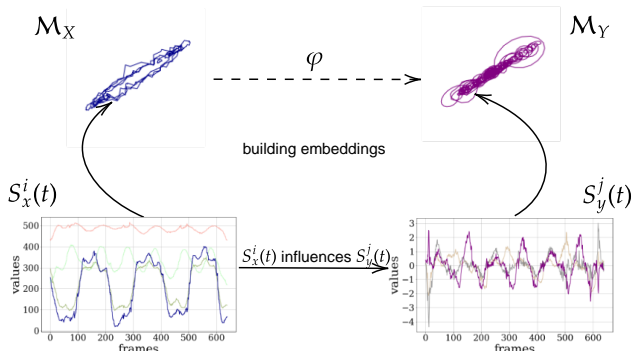
## Проблема

Построение скрытого пространства по временному ряду и выбор функции согласования латентных проекций

## Решение

Обучение автоэнкодеров и использование меры наличия причинно-следственной связи в функции согласования.

# Методы понижения размерности и метод Сугихары



$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} X \\ n \times d \end{array} & \xrightarrow{f} & \begin{array}{c} Y \\ n \times s \end{array} \\
 \begin{array}{c} \uparrow \\ A \end{array} & & \begin{array}{c} \uparrow \\ Q^T \end{array} \\
 \begin{array}{c} P^T \\ \downarrow \\ T \\ n \times K \end{array} & & \begin{array}{c} \downarrow \\ B \\ U \\ n \times K \end{array} \\
 & \xleftrightarrow{COV} & 
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi : x_{t_0} &\mapsto \widehat{y}_{t_0} = \sum_i w_i y_{t_i} \\
 \text{Score}_{S_X^i \rightarrow S_Y^j} &= \rho(y_{t_0}, \widehat{y}_{t_0})
 \end{aligned}$$

1. George Sugihara and Robert M May. Nonlinear forecasting as a way of distinguishing chaos from measurement error in time series. *Nature*, 344(6268):734–741, 1990.
2. Farukh Yur'evich Yaushev, Roman Vladimirovich Isachenko, and Vadim Strijov. Concordant models for latent space projections in forecasting. *Sistemy i Sredstva Informatiki [Systems and Means of Informatics]*, 31(1):4–16, 2021.

# Метод Сугихары (CCM)

Траекторная матрица

$$\mathbf{H}_x = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_{n-N+1} \\ x_2 & x_3 & \dots & x_{n-N+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_N & x_{N+1} & \dots & x_n \end{bmatrix} = [x^1, \dots, x^{n-N+1}]$$

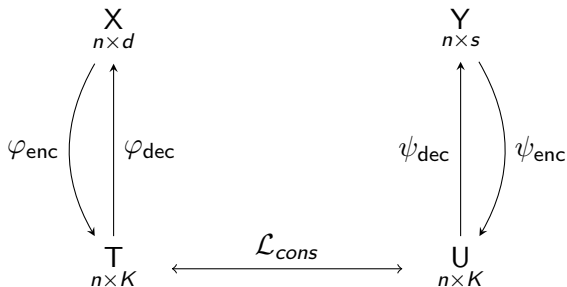
Определение отображения  $\varphi$  между траекторными пространствами

$$\varphi : x^0 \mapsto \hat{y}^0 = \sum_{i=1}^k w_i y^{t_i}, \quad w_i = \frac{u_i}{\sum_{j=1}^k u_j}, \quad u_i = \exp(-\|x^0 - x^{t_i}\|).$$

Метрика связанности временных рядов

$$Score_{X \rightarrow Y} = \text{Corr}(\varphi(x^{n-N+1}), y^{n-N+1})$$

# Deep PLS

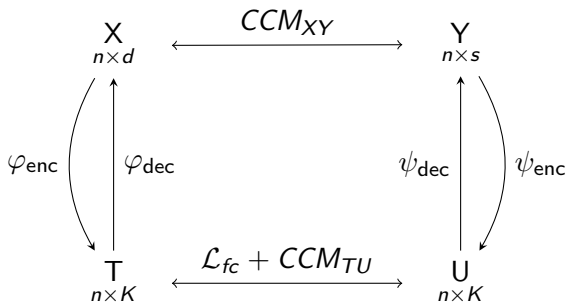


$$\text{Consistency: } \mathcal{L}_{\text{cons}}(T, U) = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{n} \text{tr}(U_{\text{centered}}^T T_{\text{centered}})\right)^2}$$

$$\text{Recovering: } \mathcal{L}_{\text{recov}}(X, \hat{X}) = \|X - \hat{X}\|_2^2, \text{ where } \hat{X} = \varphi_{\text{dec}}(\varphi_{\text{enc}}(X))$$

$$\text{Loss function: } \mathcal{L} = \lambda_1 \mathcal{L}_{\text{recov}}(X, \hat{X}) + \lambda_2 \mathcal{L}_{\text{recov}}(Y, \hat{Y}) + \lambda_3 \mathcal{L}_{\text{cons}}(T, U)$$

# PLS-CCM



Feature consistency:  $\mathcal{L}_{fc}(T, U) = \mathcal{L}_{cons}(T, U)$

Object consistency:  $\mathcal{L}_{oc}(X, Y, T, U) = (CCM_{XY} - CCM_{TU})^2$

Loss function:  $\mathcal{L} = \lambda_1 \mathcal{L}_{recov}(X, \hat{X}) + \lambda_2 \mathcal{L}_{recov}(Y, \hat{Y}) +$   
 $+ \lambda_3 \mathcal{L}_{fc}(T, U) + \lambda_4 \mathcal{L}_{oc}(X, Y, T, U)$

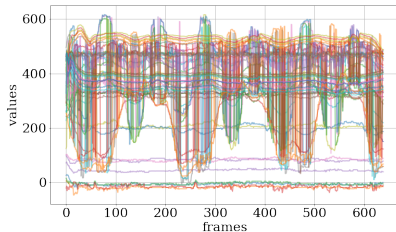
# Вычислительный эксперимент

## Цель

Сравнение различных стратегий снижения размерности пространства.



Результат работы alphapose



Данные видео-кейпоинтов



# Анализ ошибки

Таблица: Сравнение ошибки предсказательной модели в траекторном пространстве и в его подпространстве

	acc_z	acc_y	acc_x	gyr_z	gyr_y	gyr_x
space	1.053 ± 2.223	0.401 ± 0.833	0.483 ± 0.825	0.084 ± 0.537	0.090 ± 0.094	0.063 ± 0.295
subspace	0.315 ± 0.461	0.043 ± 0.051	0.150 ± 0.177	0.001 ± 0.001	0.015 ± 0.031	0.001 ± 0.003

Таблица: Сравнение различных методов снижения размерности

Целевой признак \ Метод		PLS-AE	PLS-CCM	PLS
cyclic	acc_z	4.087	5.826	4.013
	acc_y	1.069	3.947	2.725
	acc_x	4.113	3.257	4.358
	gyr_z	0.949	1.074	2.067
	gyr_y	3.462	4.193	1.401
	gyr_x	1.148	0.511	2.671
chaotic	acc_z	35.675	32.448	25.588
	acc_y	15.537	15.564	7.540
	acc_x	36.388	32.363	38.208
	gyr_z	25.892	12.686	6.574
	gyr_y	10.286	17.241	3.165
	gyr_x	12.907	29.840	3.941

# Заключение

1. Предложен метод согласованного снижения размерности, объединяющий в себе методы PLS и Сугихары
2. Проведён вычислительный эксперимент на данных устройств и видеоряда
3. Получено, что использование данных из видео повышает качество прогнозирования
4. Показано, что прогностическая модель менее устойчива в случае, когда та применяется в траекторном пространстве