

# Techniques for EEG signal denoising

Relatore: Prof.ssa Francesca Gasparini  
Co-relatore: Dott.ssa Aurora Saibene

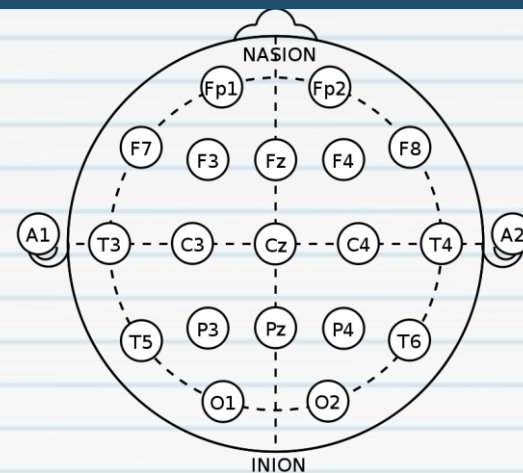
Studente: Xin Hui Chen  
Matricola: 845109

A.A. 2021 - 2022

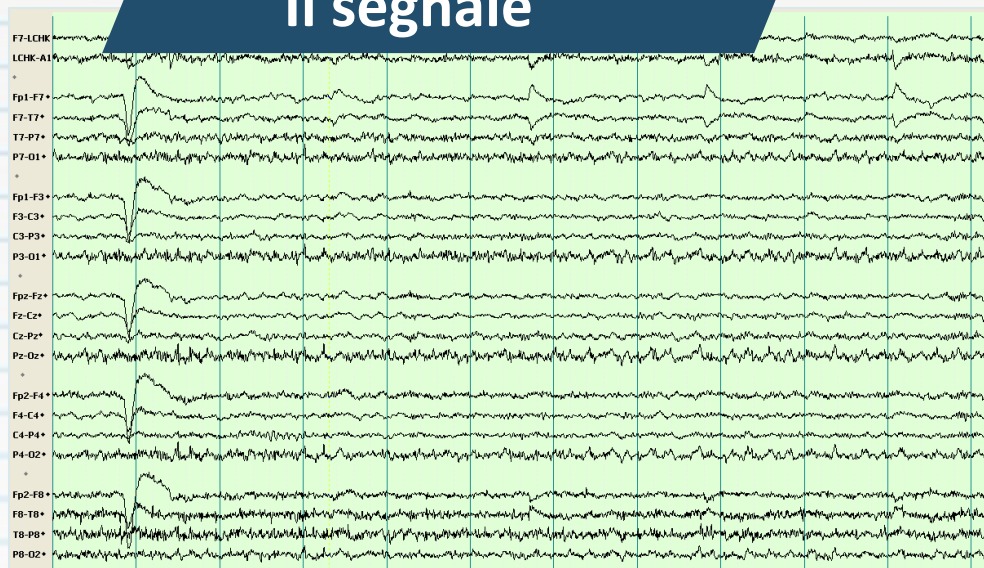
## I sensori

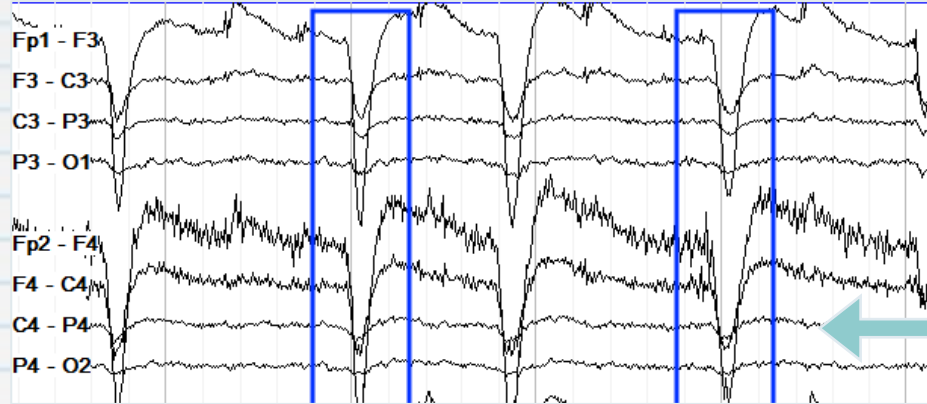


## Lo standard

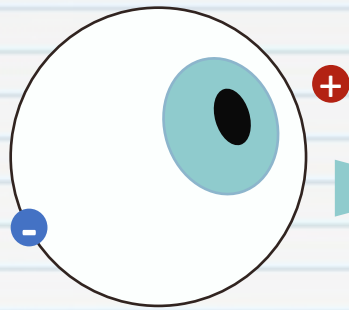


## Il segnale





**Artefatti**



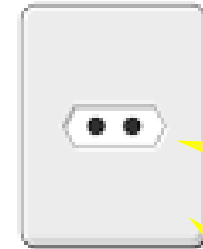
EOG – artefatti di origine oculare

EMG – artefatti di origine muscolare



ECG o EKG – artefatti di origine cardiaca

artefatti dati da agenti esterni  
(es. Malfunzionamento, corrente)



## *Artifact Avoidance*

L'atto di guidare il soggetto a non eseguire movimenti che portano a contaminare il segnale (es. Non battere gli occhi, stare fermo, etc.).

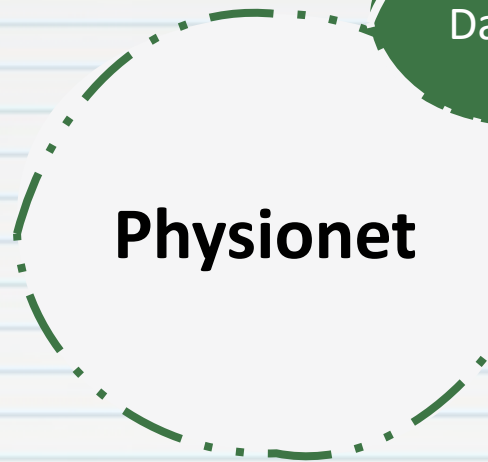
## *Artifact Rejection*

L'atto di rifiutare le parti di segnale contaminate da artefatti mediante un controllo visuale da parte di un professionista o tramite procedure automatizzate.

## *Tecniche per la rimozione di artefatti*

- Filtraggio
- Regressione
- **Independent component analysis**
- **Empirical mode decomposition**
- **Wavelet transform**

## *Rimozione degli artefatti*



Dati reali

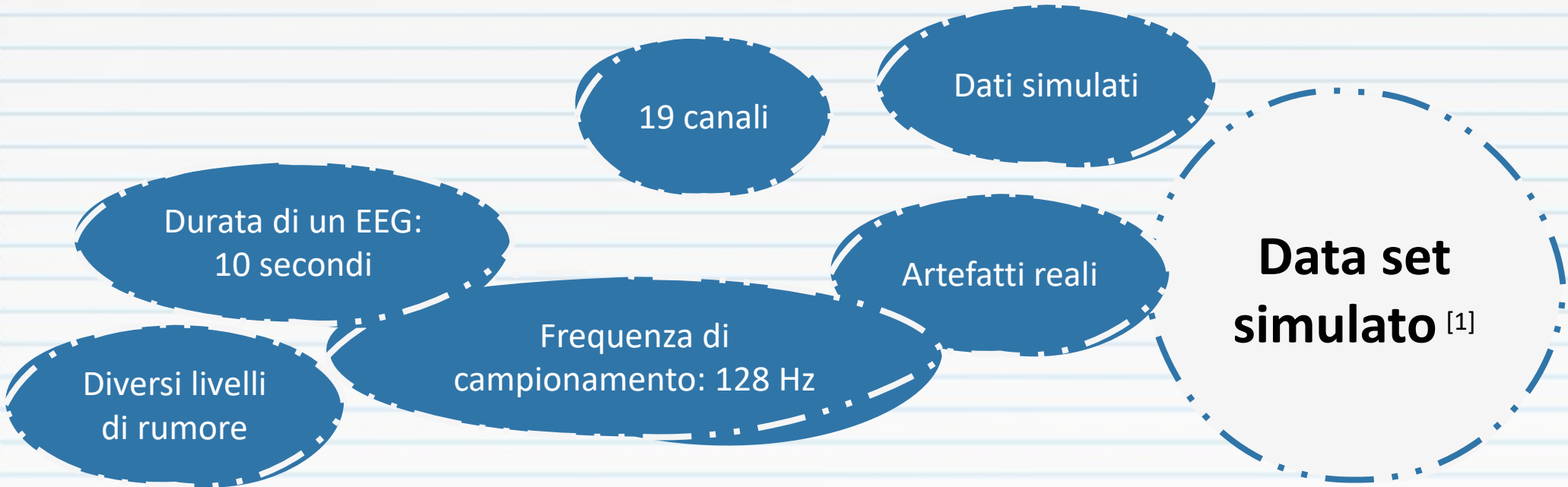
Durata di un EEG:  
1 o 2 minuti

Solo una porzioni dei dati  
e' stata usata (12)

Frequenza di  
campionamento:  
160 Hz

64 canali

I Data Set



19 canali

Dati simulati

Durata di un EEG:  
10 secondi

Artefatti reali

Frequenza di  
campionamento: 128 Hz

Diversi livelli  
di rumore



## Independent Component Analysis (ICA)

Matlab extension EEGLAB

Classification <sup>[4]</sup>

EEGLAB extension ICLabel <sup>[4]</sup>

## Empirical Mode Decomposition (EMD) - Threshold <sup>[3]</sup>

In Matlab: *emd()*

- Statistical Threshold
- Universal Threshold
- VK Threshold <sup>[3]</sup>

$$\lambda_k = P_k \text{std}(h_k)$$

$$P_k = e^{\frac{\lambda_k - S_k}{\lambda_k + S_k}}$$

$$S_k = \frac{\sum_k |h_k|}{N}$$

## Wavelet Transform (WT) - Threshold <sup>[2]</sup>

In Matlab: *wavedec()*, *waverec()*

- Statistical Threshold
- Universal Threshold

In Matlab: *wthcoef()*

$$S = 1.5 * \text{std}(C_k)$$

Signal to noise ratio (dB)

$$SNR = 10 \log \left( \frac{\sum_{n=1}^N x(n)^2}{\sum_{n=1}^N y(n)^2} \right)$$

8.079  
1.996

Coefficiente di correlazione

$$CC = \frac{\sum_{n=1}^N (x(n) - \text{mean}(x))(y(n) - \text{mean}(y))}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (x(n) - \text{mean}(x))^2 \sum_{n=1}^N (y(n) - \text{mean}(y))^2}}$$

0.693  
0.823

Root mean square error

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x(n) - y(n))^2}$$

11.574  
8.242

Mean Square Error

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y(n) - s(n))^2$$

30.445  
134.733

EMD-ST  
Vs  
WT-ST

*Metriche*

## Conclusioni

Independent components analysis (ICA):

- Presenta problemi con il data set simulato.
- Non sempre dalla scomposizione si ottengono le componenti artefattuali.

Wavelet Threshold:

- La rimozione degli artefatti oculari non e' ottimale.

Empirical mode decomposition (EMD) – Threshold:

- Presenta una buona rimozione dell'elemento artefattuale.

## Sviluppi futuri

- Testare varianti delle tecniche proposte;
- Mirare alla rimozione di artefatti anche non oculari;
- Esplorare l'efficacia delle tecniche proposte anche in altri data set.



A spiral-bound notebook with light blue horizontal lines. A yellow sticky note is attached to the page, featuring the word "Grazie!" in a black, italicized font. On the right edge of the notebook, there are six colorful tabs: yellow, blue, red, purple, orange, and green.

*Grazie!*

# Bibliografia

- [1] Gallego-Jutglà, Esteve, et al. "Application of Multivariate Empirical Mode Decomposition for Cleaning Eye Blinks Artifacts from EEG Signals." *IJCCI (NCTA)*. 2011.
- [2] Khatun, Saleha, Ruhi Mahajan, and Bashir I. Morshed. "Comparative study of wavelet-based unsupervised ocular artifact removal techniques for single-channel EEG data." *IEEE journal of translational engineering in health and medicine* 4 (2016): 1-8.
- [3] Vijayasankar, A., and P. Rajesh Kumar. "Correction of blink artifacts from single channel EEG by EMD-IMF thresholding." *2018 Conference on Signal Processing And Communication Engineering Systems (SPACES)*. IEEE, 2018.
- [4] Pion-Tonachini, Luca, Ken Kreutz-Delgado, and Scott Makeig. "ICLabel: An automated electroencephalographic independent component classifier, dataset, and website." *NeuroImage* 198 (2019): 181-197.