



Università degli studi di Milano – Bicocca  
Scuola di Scienze  
Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione  
Corso di Laurea In Informatica

# EEG signal processing and analysis for Brain-Computer Interfaces

---

Analisi ed elaborazione del segnale elettroencefalografico per interfacce neurali

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

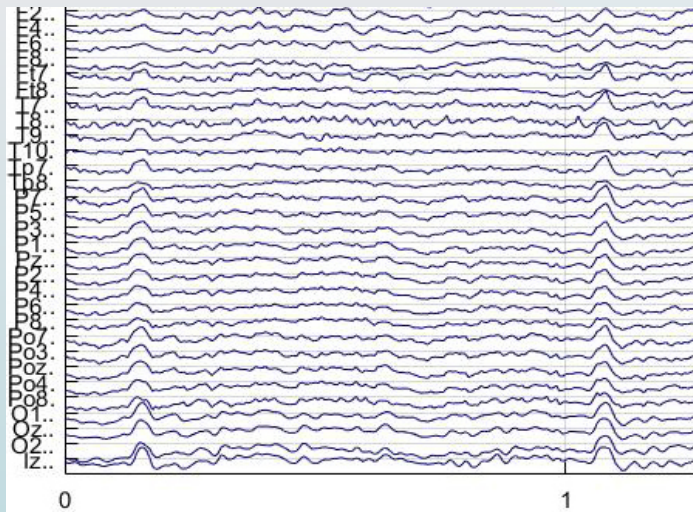
**Presentazione della prova finale di:**  
Gabriele Esposito  
816789

# Outline

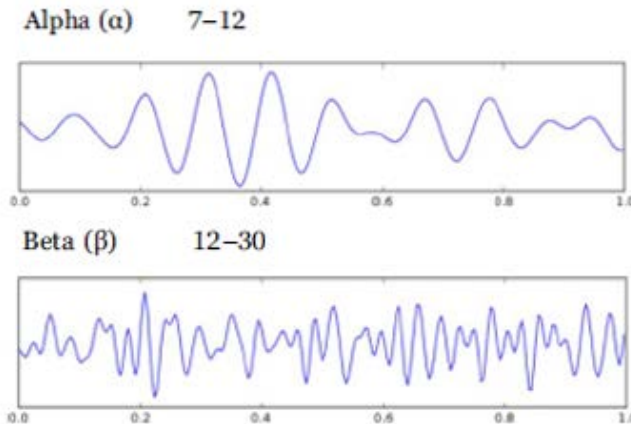
- Ricerca sullo stato dell'arte dell' analisi del **segnale Elettroencefalografico** applicato alle *interfacce neurali*
- Analisi e applicazione di diverse tecniche di **computazione delle feature**
- Esperimenti di **classificazione**
- **Acquisizione** di segnali in laboratorio

# Il segnale Elettroencefalografico

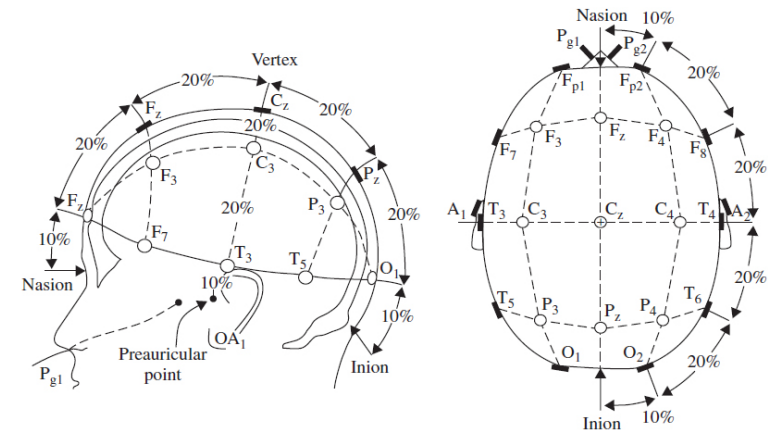
Segnale **multidimensionale**, **non stazionario** e **non lineare** ottenuto dalla registrazione dell'attività elettrica cerebrale mediante elettrodi.



Segnale EEG



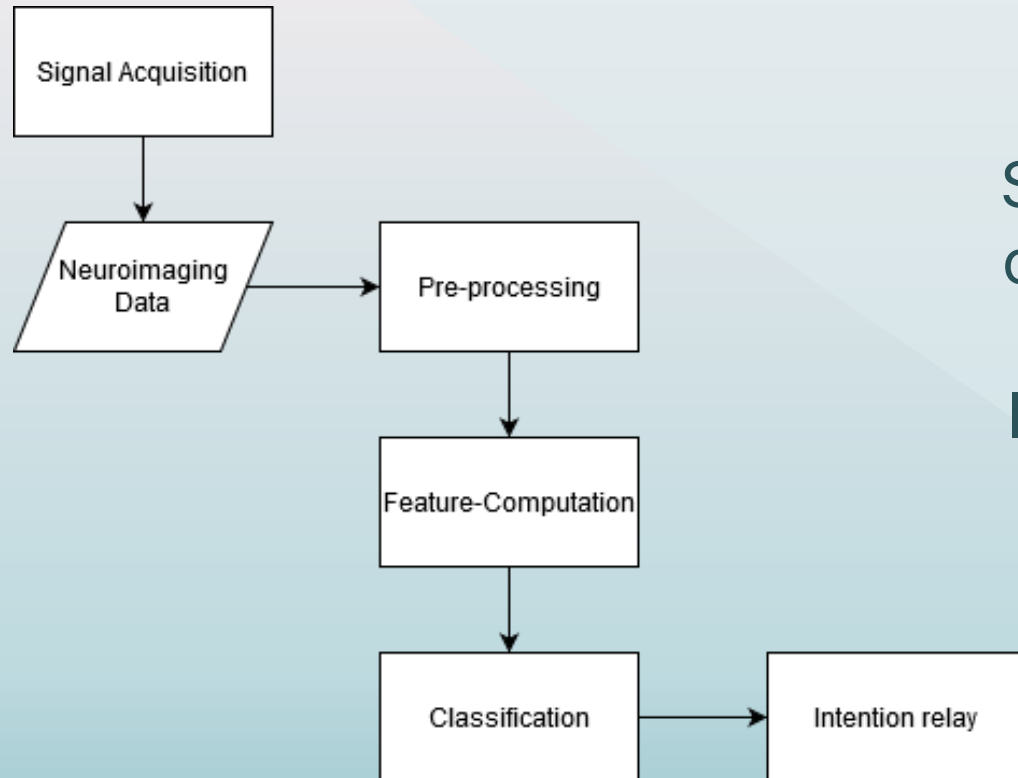
Ritmi alpha e beta



Standard 10-20

**Amplitude** range:  $10\mu\text{V}$  -  $100\mu\text{V}$   
**Frequency** range:  $1\text{Hz}$  -  $100\text{Hz}$

# Interfacce Neurali – Brain Computer Interfaces



Sistema di **comunicazione diretta** tra il cervello umano e un dispositivo esterno

Il sistema **identifica** pattern nell'attività cerebrale e li traduce in comandi

# Analisi del segnale EEG

## Analisi tempo-frequenza

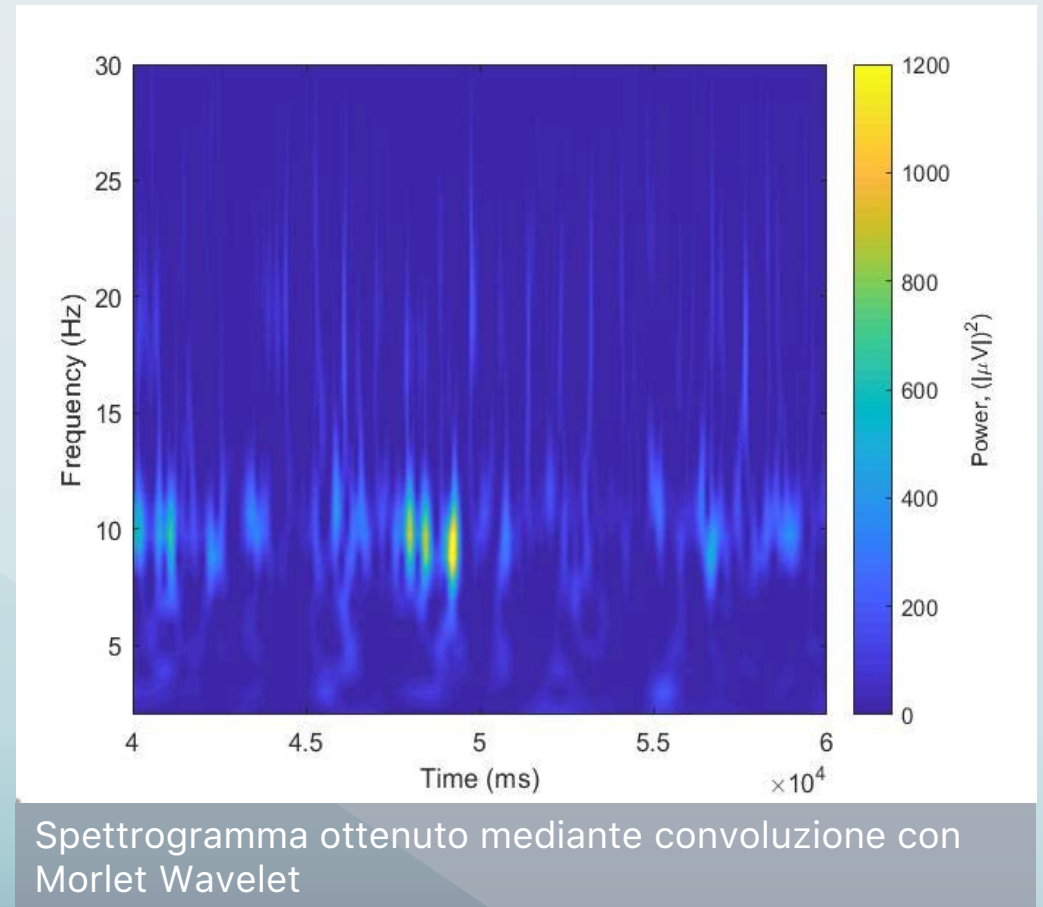
- **Morlet Wavelet**

## Power spectrum estimation

- Periodogramma di **Welch**

## Entropy estimation

- **Sample** entropy
- **Permutation** entropy



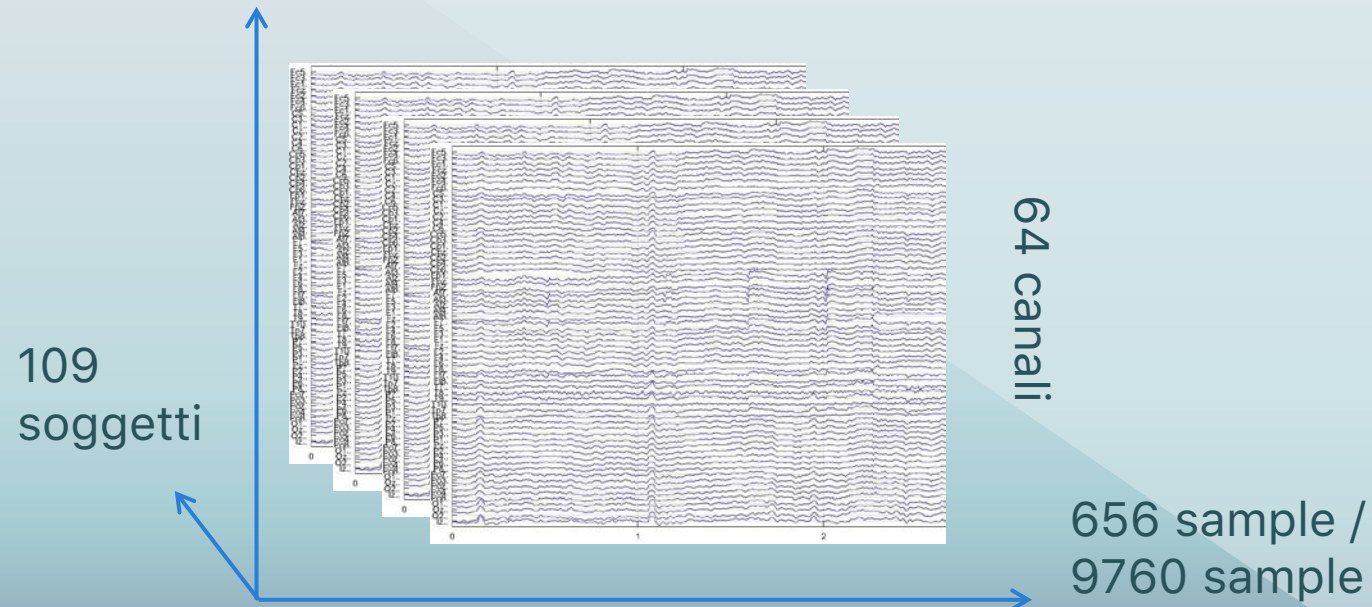
# Dataset e Esperimenti

## Motor Movement/Imagery Dataset

- **1500** registrazioni EEG
  - Frequenza di campionamento 160 Hz
  - 64 canali
- **109** soggetti
  - **14** registrazioni

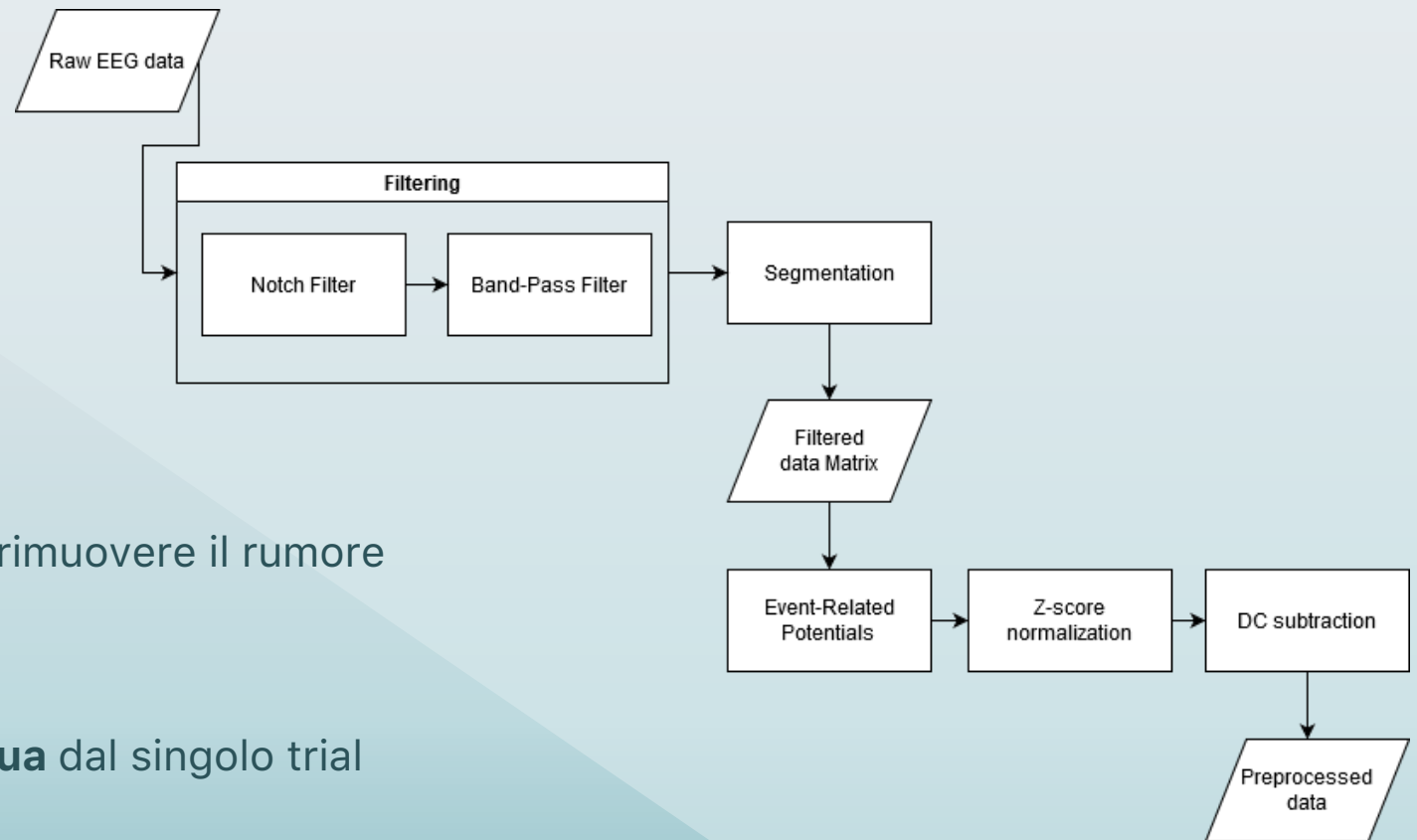
## Esperimenti di Classificazione

- Occhi aperti / chiusi
- Movimento / riposo
- Moto mano sinistra / destra
- Movimento reale / immaginato mano sinistra
- Movimento reale / immaginato mano destra

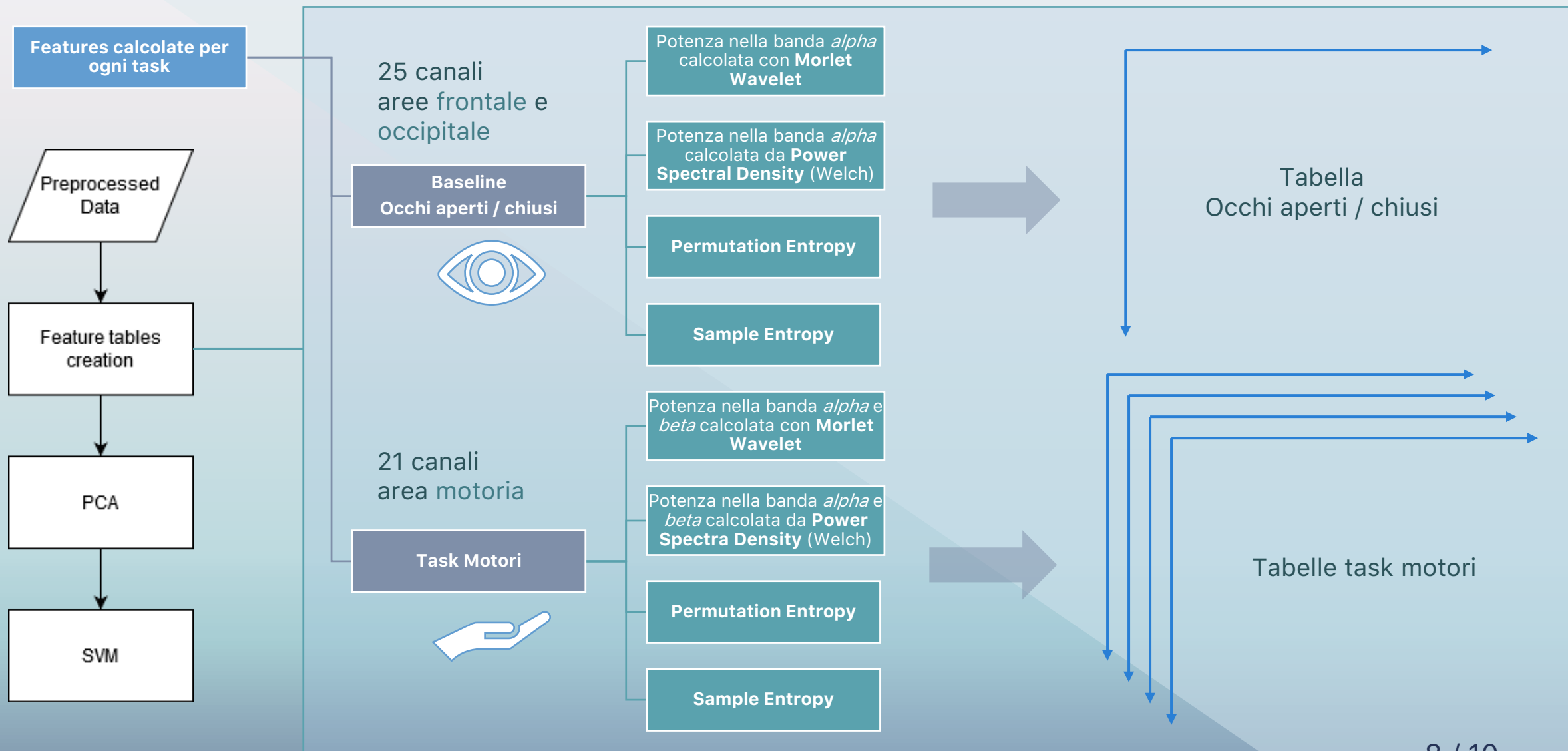


# Preprocessing

- I. Filtro **Notch** 59Hz - 61Hz
- II. Filtro **passa banda** 1Hz – 30Hz
- III. Segmentazione dei dati e suddivisione nelle diverse tipologie di task
- IV. Calcolo **Event related potentials** per rimuovere il rumore
- V. Normalizzazione mediante **Z-score**
- VI. Sottrazione della **componente continua** dal singolo trial



# Calcolo delle feature

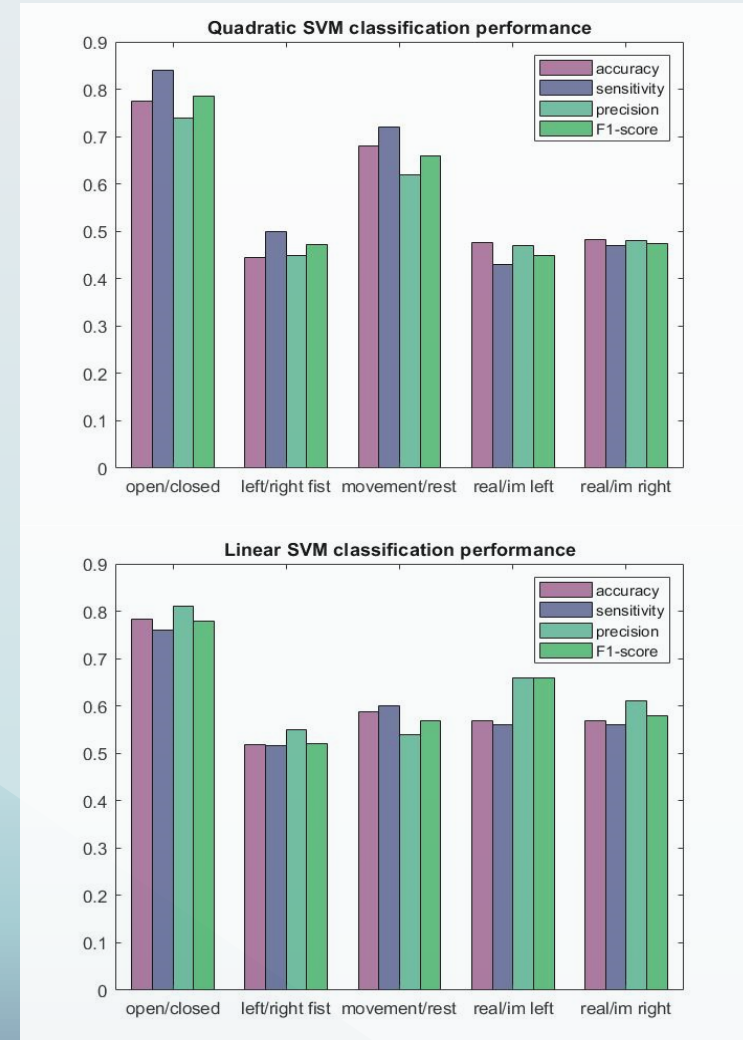




# Classificazione e risultati

Classificazione dei task con due modelli  
**Support Vector Machine**  
lineare e quadratico

- **78,4 %** accuracy per Occhi aperti / chiusi
- **68,0 %** accuracy per Movimento / riposo
- **56,0 %** accuracy per Moto reale / immaginato



# Conclusioni

- Variazioni dell'attività celebrale relative a diversi stati possono essere identificate mediante lo studio dell'**entropia** e dello **spettro** del segnale
- Il movimento reale e immaginato sono **fenomeni simili** a livello neurologico