EEG Signal - Documentation

# Segnali EEG

I segnali EEG prodotti dal cervello ed acquisiti tramite elettrodi posizionati sulla testa sono vari e vengono classificati in base alla loro frequenza:

* Delta **(δ)**:
  + frequenza 0.5~4Hz;
  + rilevate durante il sonno profondo;
  + l’ampiezza di questo segnale varia tra i 75 e i 200 µV, incrementando all’aumentare della profondità del sonno;
* Theta **(θ)**:
  + frequenza 4~8Hz;
  + rilevate durante fasi di concentrazione silenziosa;
  + l’ampiezza di questo segnale è solitamente <100µV;
* Alpha **(α)**:
  + frequenza 8-14Hz;
  + rilevate durante fasi di rilassamento, con occhi chiusi;
  + l’ampiezza di questo segnale varia tra i 10 ed i 20 µV;
* Beta **(β)**:
  + frequenza 14~30Hz:
  + rilevate durante fasi di all’erta o di ragionamento;
  + l’ampiezza di questo segnale è <10µV;
* Gamma **(γ)**:
  + frequenza >30Hz;
  + rilevate durante fasi di elaborazione delle informazioni. Possono essere stimolate tramite attività visiva (vedi VEP).
  + l’ampiezza di questo segnale è <2µV;

[Informazioni ottenute da: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/iet-bmt.2014.0040>]

# Preprocessing

Durante l’acquisizione di un segnale EEG possono esserci diversi fattori che portano alla contaminazione dei dati ottenuti. È dunque necessario effettuare un’attività di preprocessing adeguata al fine di eliminare i dati non necessari. Ad esempio è possibile che durante l’acquisizione, alcuni *elettrodi* non siano posizionati in modo corretto, oppure che captino segnali non necessariamente provenienti dal cervello. Tali dati non desiderati rappresentano il rumore. Il preprocessing finalizzato all’eliminazione di rumore può riguardare quattro categorie:

1. **rimozione dei canali sporchi (bad channels):** durante un’acquisizione di segnale EEG si ottengono diversi valori, provenienti da diverse fonti, detti canali. Ogni canale viaggia su diverse frequenze. Come anticipato, accade talvolta che i segnali abbiano valori palesemente errati (troppo alti o troppo bassi). Ciò è dovuto al malfunzionamento di elettrodi o al cattivo posizionamento degli stessi. Per evitare di lavorare su dati errati, è necessario rimuovere questi canali;
2. **interpolazione:** per interpolazione si intende la predizione di un valore basata sui valori che si hanno a disposizione. Una volta identificato e rimosso un canale con dati errati, vorremmo avere comunque a disposizione dei dati corretti per eseguire successivamente delle analisi. È possibile predirre i valori corretti di un canale errato a partire dai dati degli altri canali (corretti);
3. **filtering:** un canale potrebbe non essere totalmente errato ma presentare solo alcuni valori che si discostano palesemente dall’andamento naturale del segnale. In tal caso è possibile applicare filtri *passa-alto*, *passa-basso* e *passa-banda* per ignorare gli intervalli indesiderati. Un’ulteriore tecnica di filtering utilizzata durante il preprocessing dei segnali EEG è il cosiddetto *notch filter* che, piuttosto che agire sui valori assunti dal segnale, agisce su una frequenza (o intervalli di frequenze). Un esempio pratico di utilizzo del notch filter, nel preprocessing di segnali EEG, è dovuto al’acquisizione indesiderata di segnali elettrici degli elettrodi stessi. I segnali elettrici solitamente viaggiano su due frequenze: 50Hz o 60Hz. Tramite il notch filtering vengono dunque eliminate queste frequenze poiché indesiderate.
4. **artifact rejection:** consiste nell’eliminare i dati acquisiti che non riguardano segnali provenienti dal cervello - ad esempio il battito delle palpebre, che porta valori con ampiezza tra i 100 e i 200 µV, per un intervallo di 250ms.

[Informazioni ottenute da: <http://learn.neurotechedu.com/preprocessing/>]

## Tecniche utilizzate in BED dataset

Nel paper presentato a corredo della creazione del dataset BED viene illustrato il processo di preparazione dei dati acquisiti, che ha permesso di trasformare i dati originali (raw) in dati analizzati (parsed). Tale processo è comunemente conosciuto come **prep pipeline** (catena di preparazione). Le operazioni sui dati sono state effettuate utilizzando la libreria EEGLAB per MathLab.

La **fase di preprocessing** è consistita in tre operazioni:

1. eliminazione del rumore tramite *filtering*;
2. valutazione e stima dei dati dei segnali al fine di ottenere valori più veritieri;
3. rilevamento ed *interpolazione* dei bad channels.

Le tecniche utilizzate a questo scopo sono state: **Mel-frequency ceptral coefficients (MFCC)**, **Auto-regression reflection coefficients (RFCC)**, **Spectral feature extraction (SPEC)** approfondite di seguito.

### MFCC

### RFCC

### SPEC

[Informazioni ottenute da: BED: A new dataset for eeg-based biometrics]

* Fonte: Representation learning and pattern recognition in cognitive biometrics: a survey

(URL: )

* + How to preprocess EEG signals [for human detection]
* Come fare tutto ciò in Python (librerie)

## Conclusioni sul preprocessing

* Criteri di valutazione della bontà del preprocessing
* Scelte

# Addestramento

## Machine Learning

* Breve introduzione
* Applicazione con EEG signals (ed eventuali documentazioni in letteratura)

## Deep Learning

* Breve introduzione
* Applicazione con EEG signals (ed eventuali documentazioni in letteratura)

# 

# Fonti da inserire

<https://www.researchgate.net/publication/369718848_Self-supervised_EEG_emotion_recognition_models_based_on_CNN>

<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/5/2527>

<https://github.com/siddhi5386/Emotion-Recognition-from-brain-EEG-signals-/blob/master/Emotion_recognition_using_CNN.ipynb>

<https://www.yimp.it/preprocessing-machine-learning/>

—

Roba nuova

<https://wiki.uiowa.edu/display/hwanglab/EEG+Preprocessing>

<https://www.researchgate.net/figure/Preprocessing-Techniques-for-Scalp-EEG-Signals_fig5_339547751>

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fninf.2015.00016/full>

prep pipeline (quella che hanno trovato gli altri ragazzi (pelato + marco+ alessando):[Literature review on **EEG preprocessing**, feature extraction, and classifications techniques](https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Dessouky/publication/338119172_Literature_Review_on_EEG_Preprocessing_Feature_Extraction_and_Classifications_Techniques/links/5e0ccb4c4585159aa4ab4638/Literature-Review-on-EEG-Preprocessing-Feature-Extraction-and-Classifications-Techniques.pdf)

applicazione di prep e altre 3 pipeline:<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9047940>

<https://youtu.be/B9ti7boa9jc?list=PLElWgqOQ4bDuuEIGAjpgVf6Cgm4lhWfgo>

Per emozioni :<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2020.622759/full>

<https://www.mdpi.com/2227-7080/10/4/79>

<https://www.mdpi.com/2075-4418/12/12/2984>

<https://www.nzbri.org/resources/publications/657/Shoorangiz__2021.pdf>

Human attention(paper che più assomiglia a quello che dobbiamo scrivere noi): [Detection of Human Attention Using EEG Signals | IEEE Conference Publication](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8430244)

# A Dynamic Multi-Scale Network for EEG Signal Classification: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2020.578255/full>