



Università degli Studi di Milano Bicocca
Dipartimento di Informatica, Sistemistica e
Comunicazione
Corso di Laurea Magistrale in Informatica

ANALISI DEGLI STATI AFFETTIVI IN SITUAZIONI E SOGGETTI ETEROGENEI FACENDO USO DELLE LORO RISPOSTE FISIOLOGICHE

Relatore: Francesca Gasparini

Co-relatore: Marta Giltri

Alessandra Grossi

Matricola: 764736

Scopo del Studio

- ▶ Studio dei segnali fisiologici di soggetti di differenti età (giovani e anziani) acquisiti in condizioni diverse (carico cognitivo e differenti camminate) per riconoscere il loro stato affettivo (in particolare stress)
- ▶ Contesti di impiego:
 - ▶ Smart Environment e Smart City
 - ▶ Smart Home



Dataset - Protocollo Sperimentale

Due fasi

▶ **Attività legate al carico cognitivo**

- ▶ Lettura testo facile e complesso
- ▶ Domande comprensione del testo
- ▶ Ascolto di tracce audio rilassanti intervallate da calcoli matematici



▶ **Attività legate al movimento**

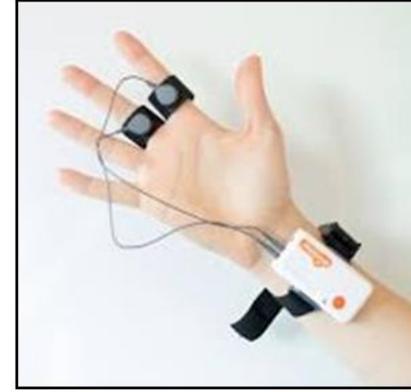
- ▶ Camminata con tre diversi tipi di velocità vincolate
- ▶ Camminata libera
- ▶ Camminata con ostacolo oscillante da evitare



Dataset Utilizzato

- ▶ Dataset raccolto in due diverse sessioni (Tokyo):

- ▶ **Giovani** (16 soggetti - età media 24.7)
- ▶ **Anziani** (20 soggetti - età media 65.1)



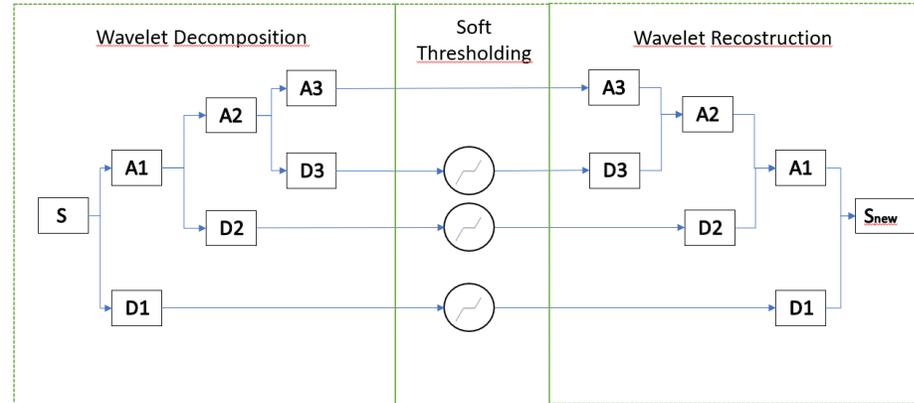
- ▶ Segnali acquisiti:

- ▶ Risposta Galvanica della Pelle (GSR) - Fc: 128 Hz
- ▶ **Fotopletismografia (PPG)** - Fc: 128 Hz
- ▶ **Elettromiografia (EMG)** - Fc: 512 Hz
- ▶ Segnali inerziali (Accelerometro, Giroscopio)



Preprocessing - PPG

- ▶ **Denoising PPG** → Eseguito tramite analisi Wavelet multirisoluzione a 4 livelli



- ▶ **Normalizzazione** → due step:
 - ▶ Standardizzazione ampiezza segnale → eseguita tramite z-scoring dell'intero segnale
 - ▶ Normalizzazione battito segnale → eseguita tramite ricampionamento del segnale

Individuazione Battito cardiaco soggetto Baseline (f_{bb})



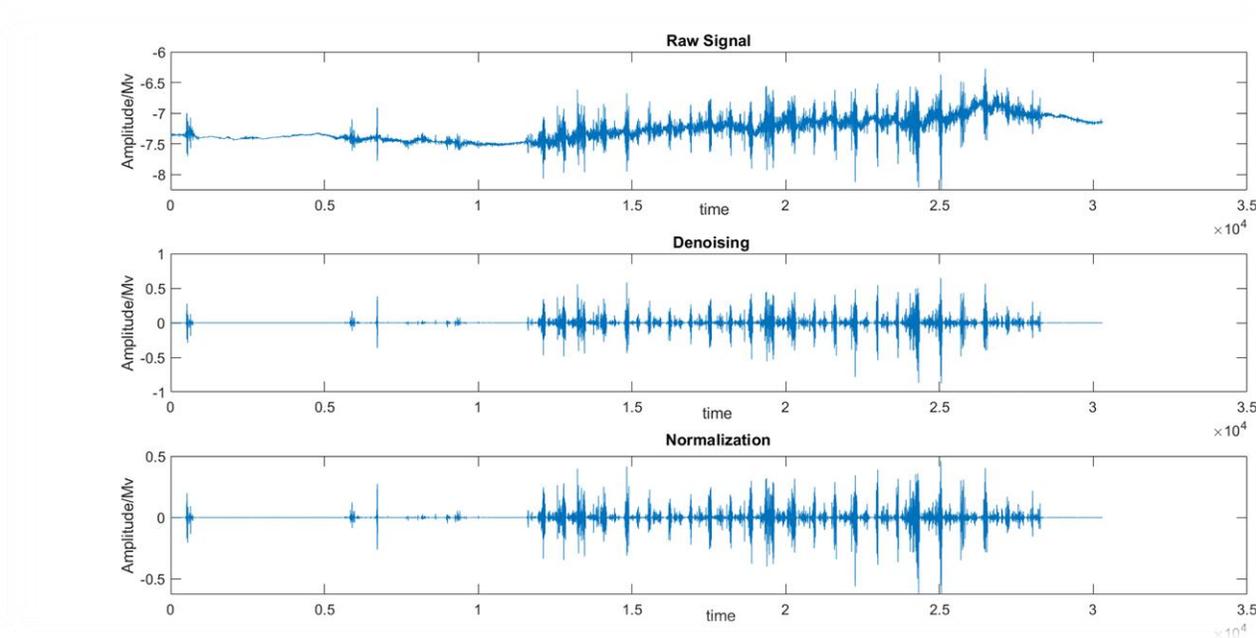
Calcolo nuova Frequenza normalizzata di battito:
 $F_{C_{new}} = f_{bb} * f_c$



Ricampionamento del segnale utilizzando $F_{C_{new}}$

Preprocessing - EMG

- ▶ **Denoising EMG** → Eseguito tramite analisi Wavelet multirisoluzione a 5 livelli
- ▶ **Normalizzazione** → Eseguita dividendo l'intero segnale per il valore del picco di massima ampiezza



Analisi carico cognitivo

- ▶ Lettura testo facile e complesso
- ▶ Domande comprensione del testo
- ▶ Ascolto di tracce audio rilassanti intervallate da calcoli matematici



Feature - PPG

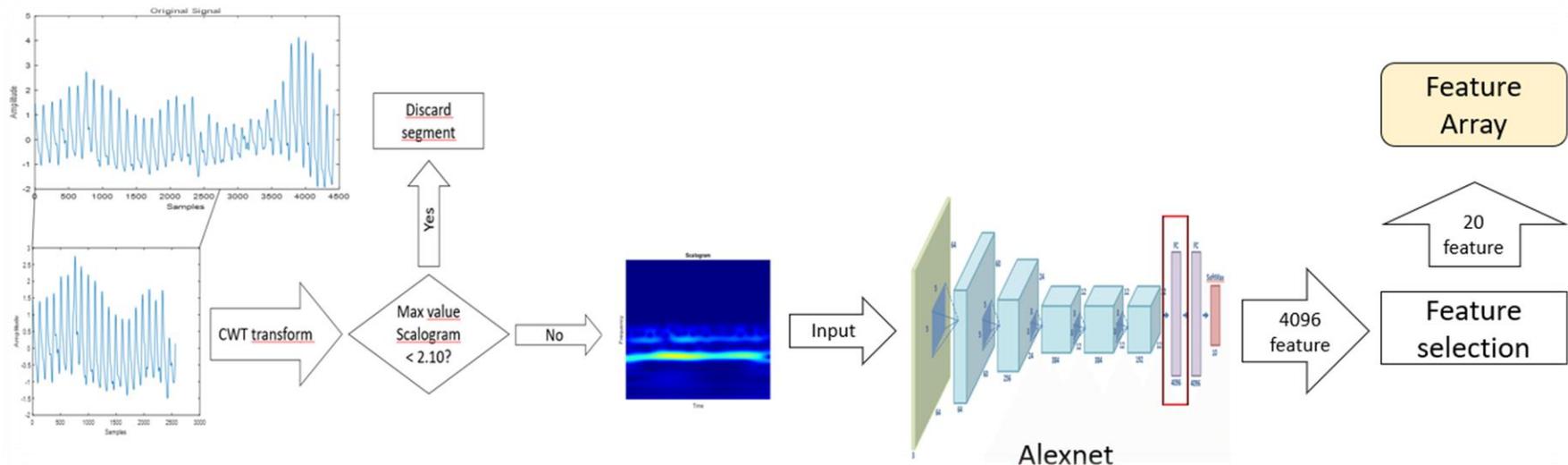
▶ Due tipologie

▶ Feature Handcrafted

- ▶ valore massimo
- ▶ valore minimo
- ▶ media del segnale
- ▶ varianza

- ▶ il tasso dei picchi (Peak Rate)
- ▶ IBI (Inter Beat Interval)
- ▶ RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences)

▶ Feature estratte tramite rete pre-trainate



Classificazione - Esperimenti eseguiti

- ▶ **Classificatori**
 - ▶ SVM lineare
 - ▶ SVM RBF
 - ▶ SVM Polinomiale
 - ▶ Cart
- ▶ **Task**
 - ▶ Ascolto audio
 - ▶ Calcoli matematici
 - ▶ Lettura
 - ▶ Comprensione testi
- ▶ **Classi: cognitivo stressante e rilassante**
- ▶ **Feature:**
 - ▶ Handcrafted
 - ▶ Deep
- ▶ **Tipo di Esperimento**
 - ▶ Segnale standardizzato (z-score) ma non normalizzato in base al battito
 - ▶ Segnale standardizzato (z-score) e normalizzato in base al battito
- ▶ **Banda di frequenza considerata**
 - ▶ Intera banda di frequenza
 - ▶ [1-2] Hz
 - ▶ [2-4] Hz
 - ▶ [1-4] Hz
 - ▶ [1-2] Hz + [2-4] Hz

Performance prodotte nei casi migliori

	DATASET GIOVANI				DATASET ANZIANI			
	Not Normalize		Signal Normalize		Not Normalize		Signal Normalize	
	Handcrafted	Network	Handcrafted	Network	Handcrafted	Network	Handcrafted	Network
<i>accuracy</i>	69%	80%	79%	72%	69%	74%	81%	81%
<i>f1-score</i>	69%	80%	79%	72%	69%	74%	81%	81%

	DATASET GIOVANI + DATASET ANZIANI			
	Not Normalize		Signal Normalize	
	Handcrafted*	Network	Handcrafted*	Network
<i>accuracy</i>	66%	72%	79%	74%
<i>f1-score</i>	66%	72%	79%	74%

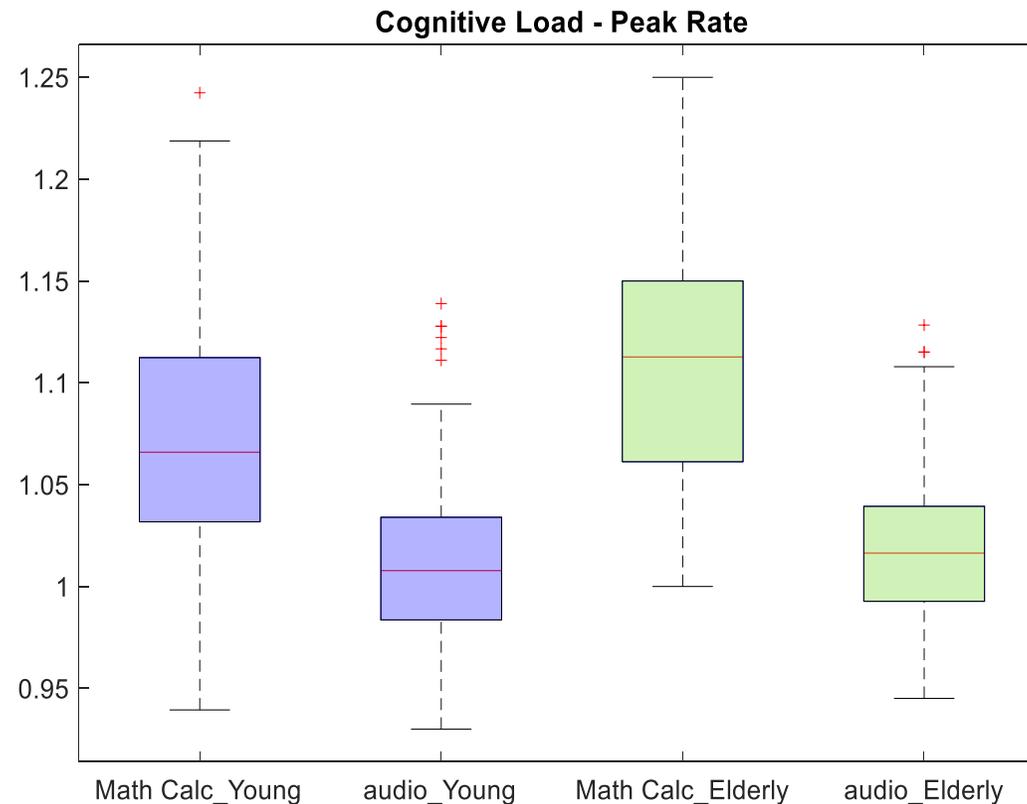
* Classificazione eseguita considerando un sottoinsieme di feature selezionato tramite un'analisi di significatività statistica (test non parametrico Kruskal Wallis)

Analisi statistiche su Task Cognitivi - PPG

- ▶ Analisi per definire se le distribuzioni delle feature handcrafted estratte dai segnali PPG raccolti durante diversi task sono o meno statisticamente simili
- ▶ Eseguita tramite test statistico non parametrico di Kruskal Wallis

Task1	Task2	p-value
Math_calc young	Audio young	<0.001
Math_calc elderly	Audio elderly	<0.001

Task1	Task2	p-value
Math_calc young	Math_calc elderly	<0.001
Audio young	Audio elderly	0.17



Analisi Camminata

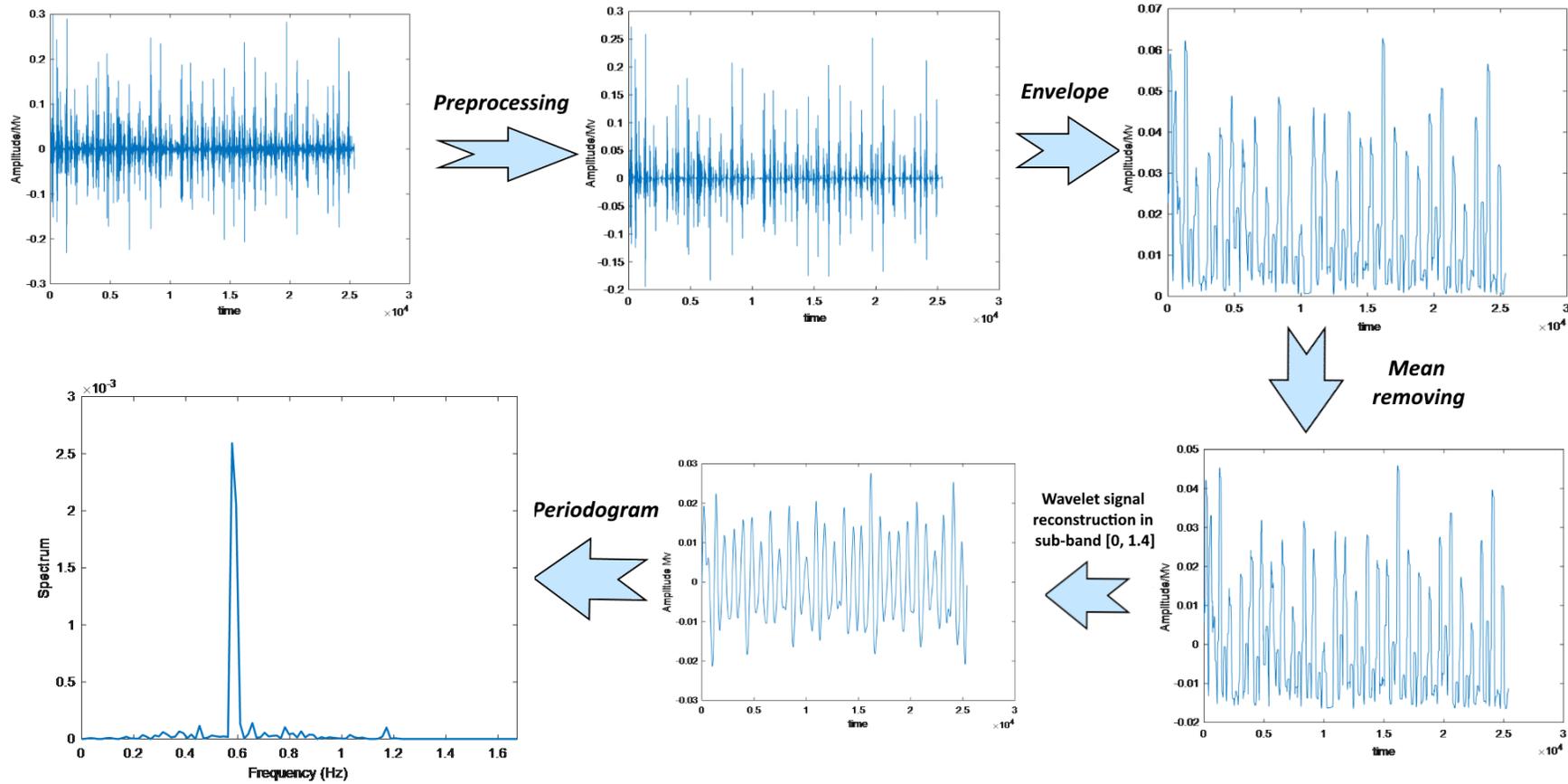
- ▶ Camminata con tre diversi tipi di velocità vincolate
- ▶ Camminata libera
- ▶ Camminata con ostacolo oscillante da evitare



Analisi EMG

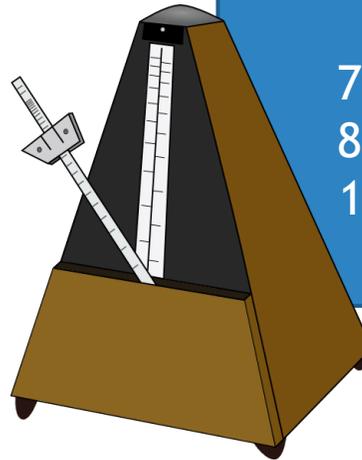
Feature - EMG

► Feature → **Frequenza di Passo**



Camminata con velocità vincolata

- ▶ Accuracy riconoscimento frequenza di passo corretta → 98%
- ▶ Quante volte i soggetti sono riusciti a rispettare la frequenza imposta dal metronomo?
 - ▶ 90% → Giovani
 - ▶ 66% → Anziani
- ▶ Anziani fanno maggiore fatica a mantenere la velocità imposta tendendo invece a mantenere la loro velocità abituale

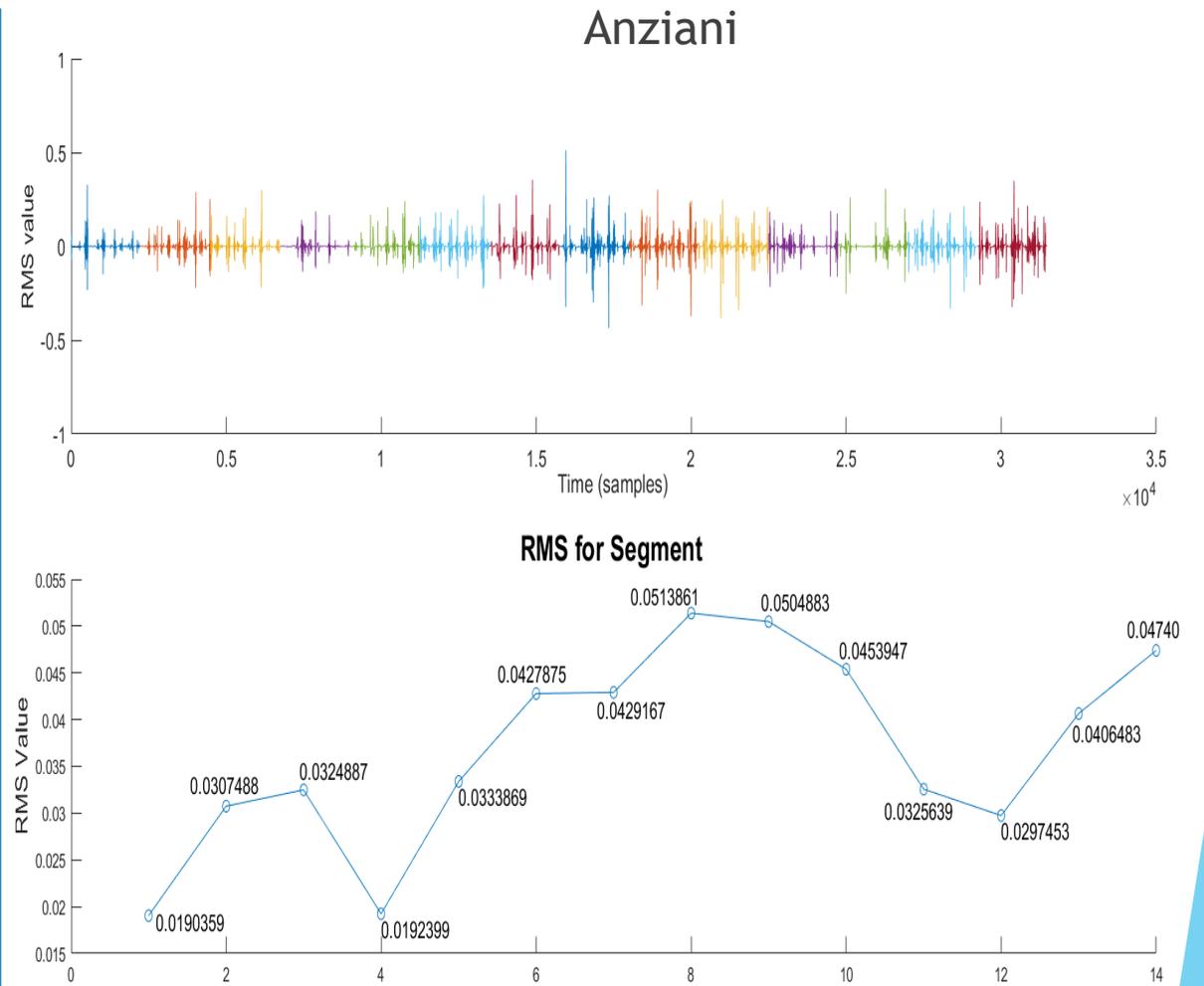
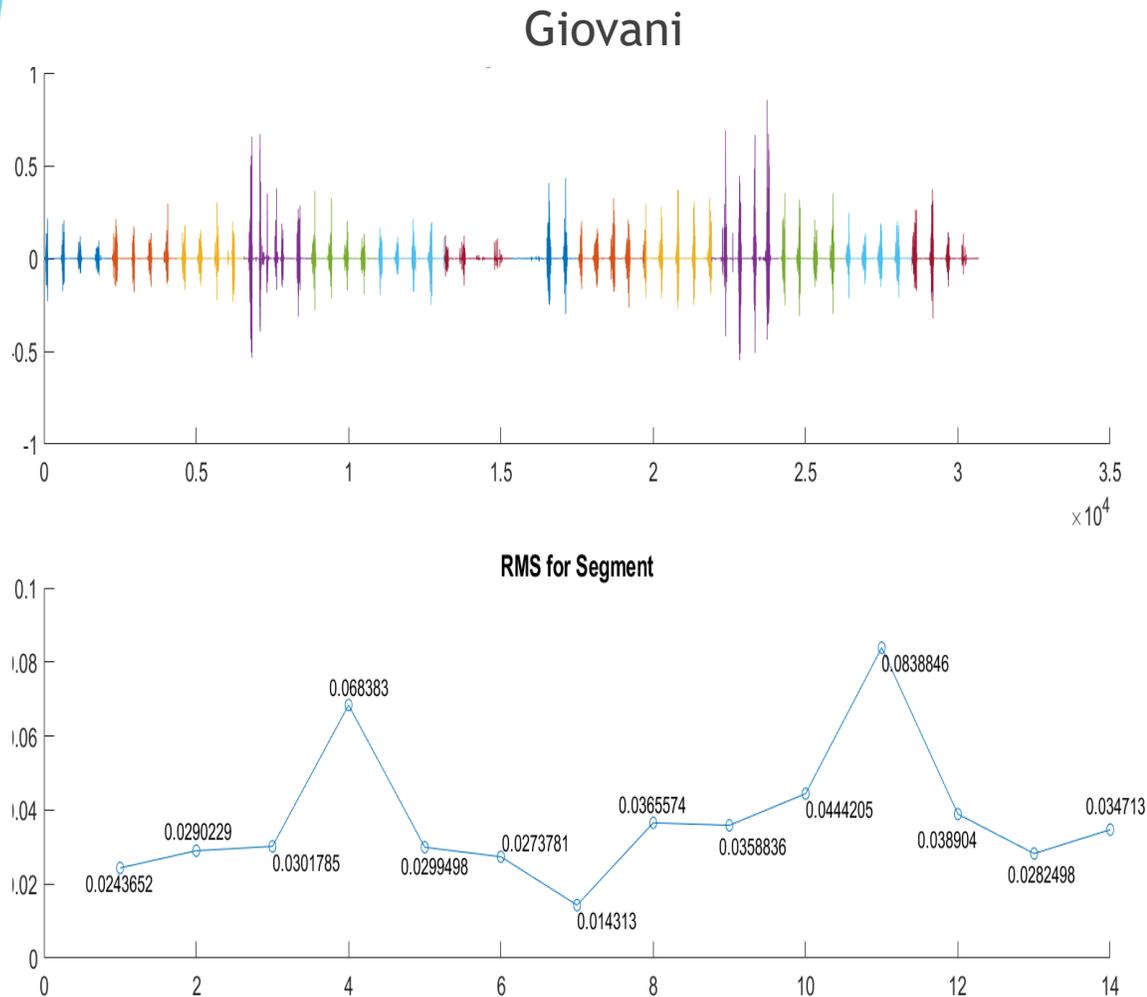


Tre velocità:

70 battiti/minuto
85 battiti/minuto
100 battiti/minuto

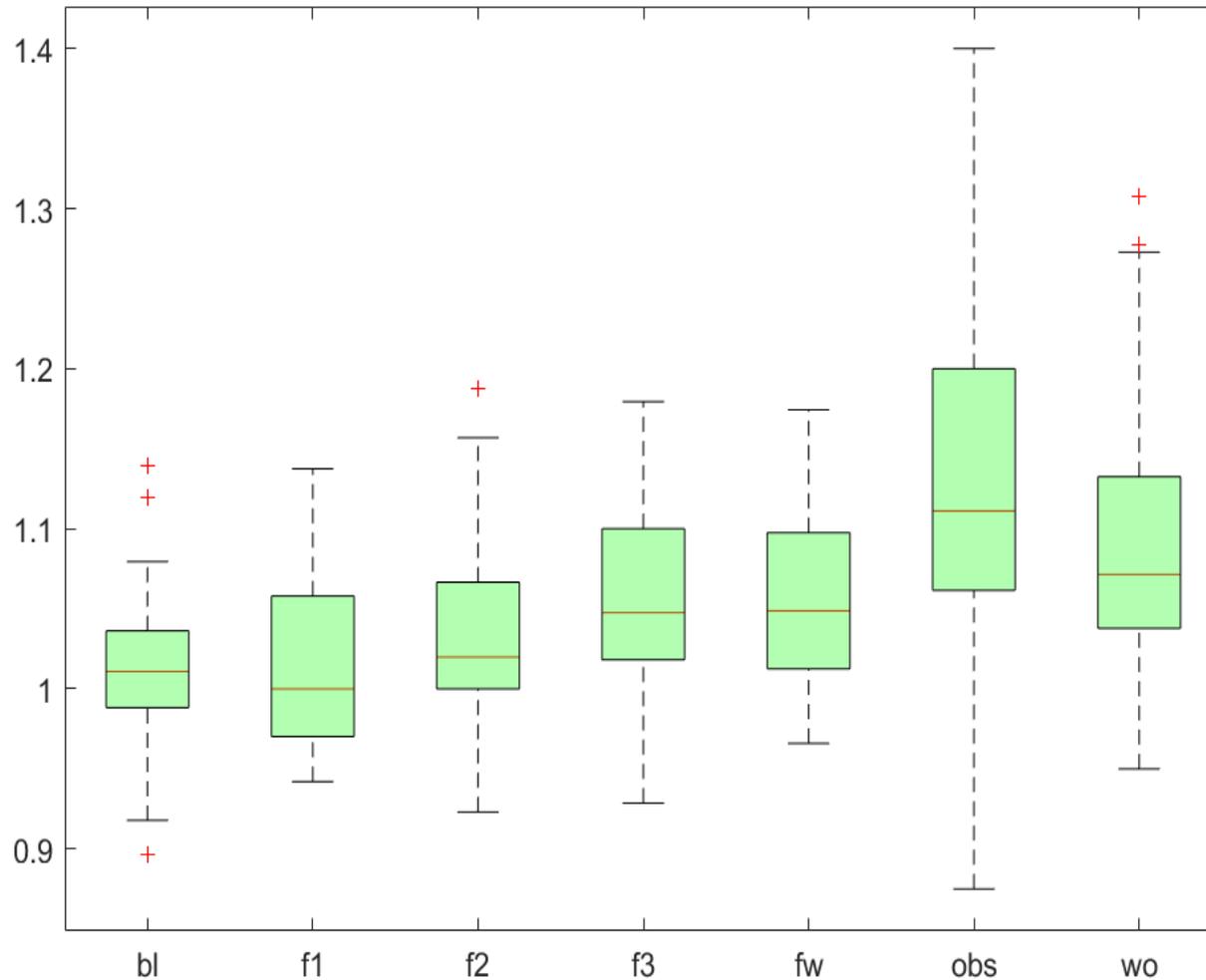
Attraversamento Ostacolo

- Per ogni soggetto → analisi energia del segnale su finestre



Analisi PPG

Analisi Statistiche (test Kruskal Wallis)



Task1	Task2	p-value
BL	Obs	<0.001
F1	Obs	<0.001
F2	Obs	<0.001
F3	Obs	<0.001
FW	Obs	<0.001
WO	Obs	<0.001

Conclusioni e studi futuri

- ▶ Segnali fisiologici sono risultati buoni indicatori dello stato affettivo dei soggetti analizzati
- ▶ I diversi task sono risultati ben discriminabili
- ▶ Differenza tra soggetti giovani e anziani nel rispondere alle diverse situazioni stressanti
- ▶ Buone performance a livello di classificazione generate tramite i metodi qui introdotti
- ▶ **Studi futuri:**
 - ▶ Addestramento di nuove reti neurali o applicazione di tecniche di Transfer Learning su già esistenti
 - ▶ Integrazione con nuovi segnali fisiologici (ex: GSR)
 - ▶ Analisi di situazioni di stress *in vivo*



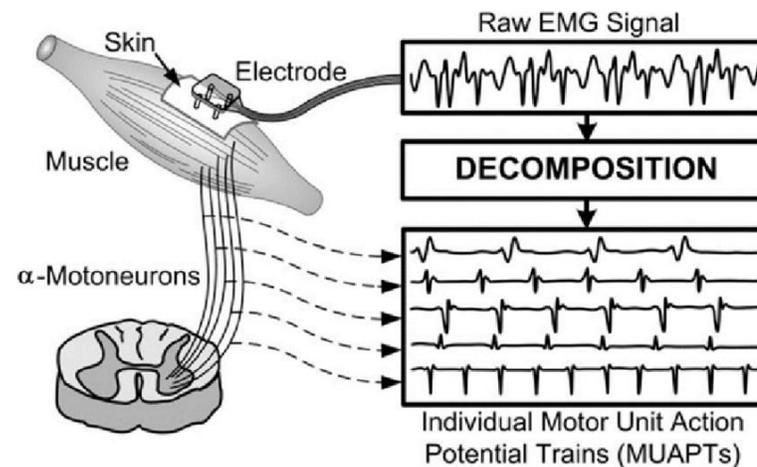
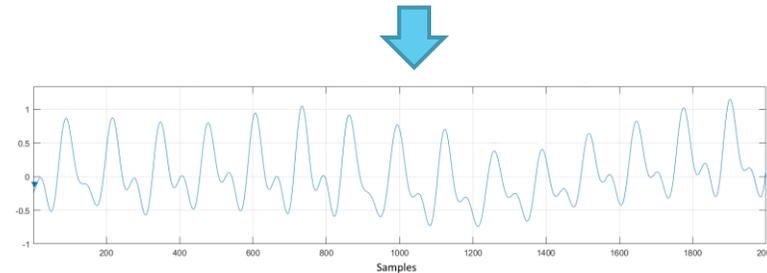
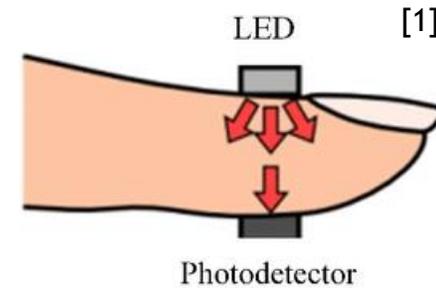


FINE

Segnali fisiologici

- ▶ Segnale PPG: permette di monitorare le variazioni nel volume sanguigno in un'arteria periferica.
 - ▶ Fa uso di un plussimetro (fonte di luce + un rilevatore)
 - ▶ Permette di ottenere il battito cardiaco di un soggetto

- ▶ Segnale EMG: misura il potenziale elettrico prodotto da un muscolo durante la sua contrazione
 - ▶ 2 canali:
 - ▶ Muscolo Tibiale
 - ▶ Muscolo Gastocnemio

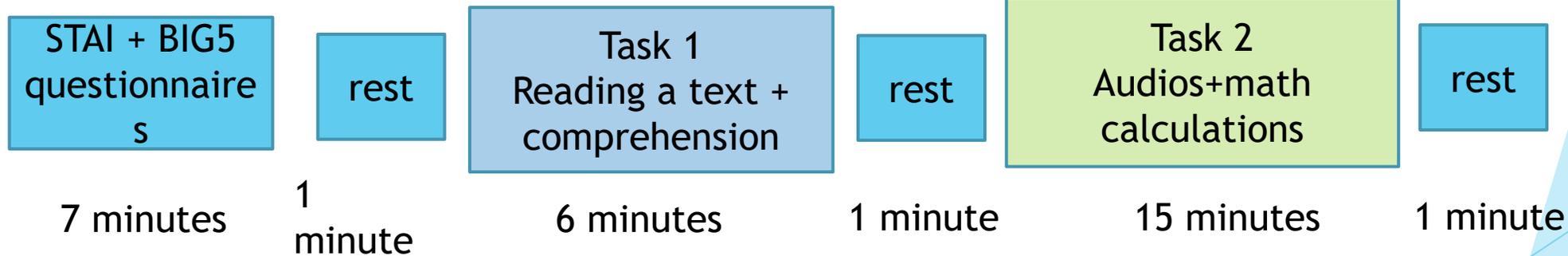
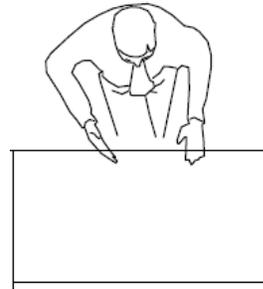


[1] A. Dzedzickis, A. Kaklauskas, and V. Bucinskas. Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, 20(3):592, 2020

[2] A. A. Ali et al. Emg signals detection technique in voluntary muscle movement. In 2012 6th International Conference on New Trends in Information Science, Service Science and Data Mining (ISSDM2012), pages 738–742. IEEE, 2012.

Fase 1: Attività legate al carico cognitivo

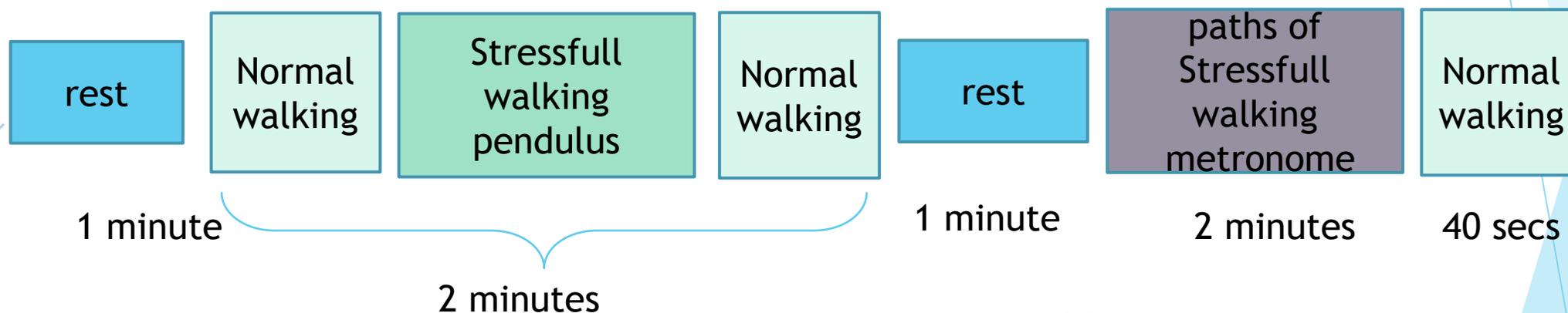
Soggetto seduto ad un tavolo che indossa il dispositivo al polso della mano non dominante



Durata totale: circa 35 minuti

Fase 2: Attività legate al movimento

I soggetti indossano il sensore al polso della mano non dominante

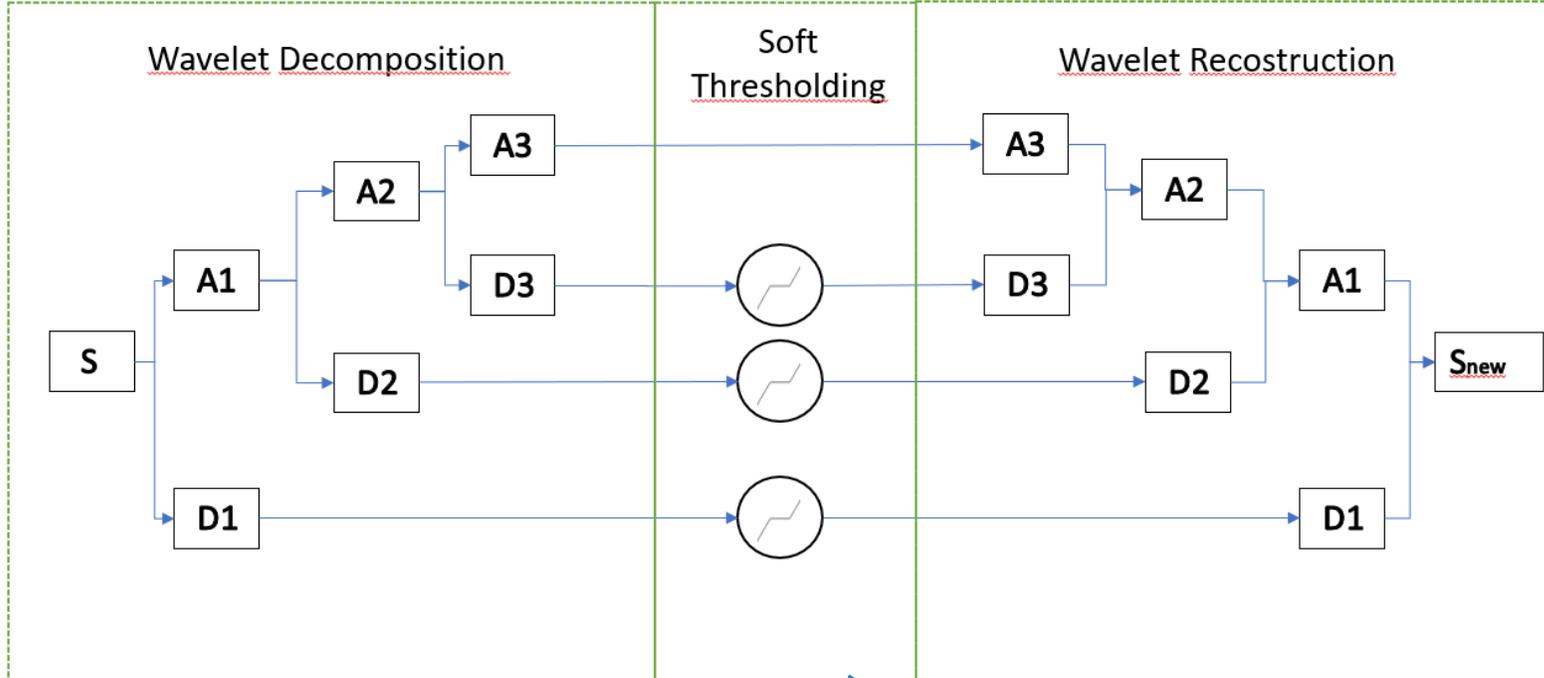


Durata totale: 25 minuti

3 times



Wavelet Multiresolution Denoising

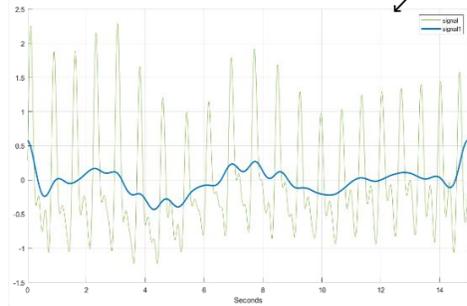
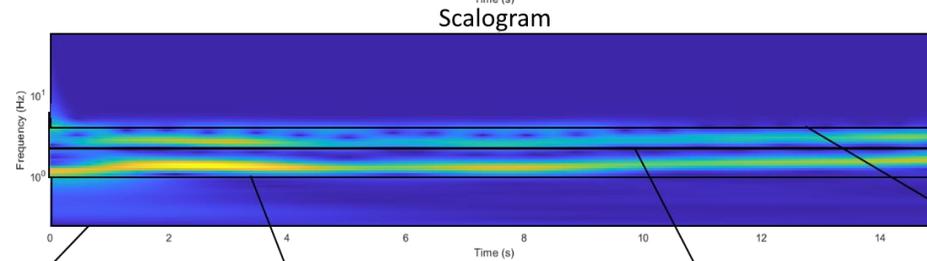
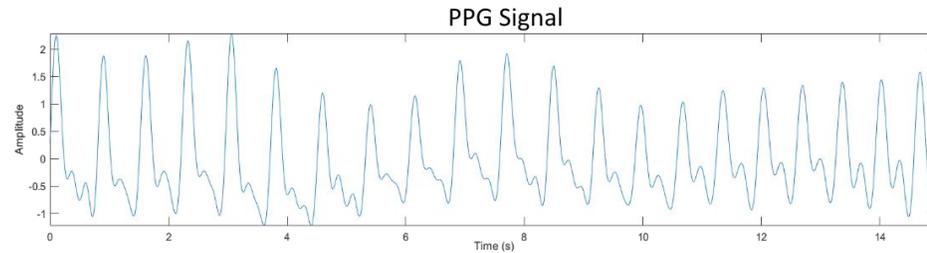


Sqrtwology:

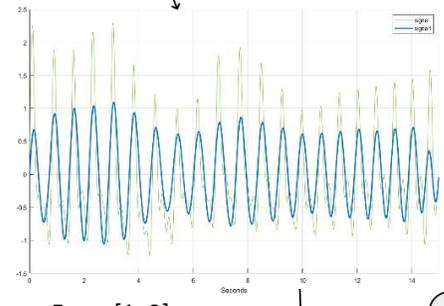
$$t_k = \sqrt{2 \log(d_j)}$$

Wavelet multiresolution analysis PPG

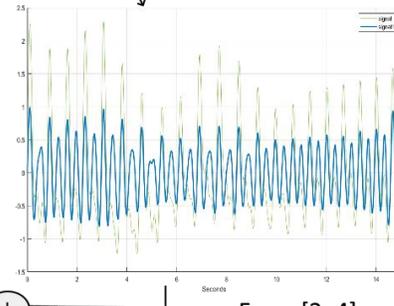
Segnale: PPG
Traccia: aucl 4
Sample: [1 : 1920]
Wavelet Mother: Coif4
Scale: 11



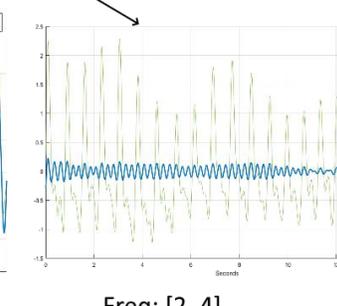
Freq: [0, 1]



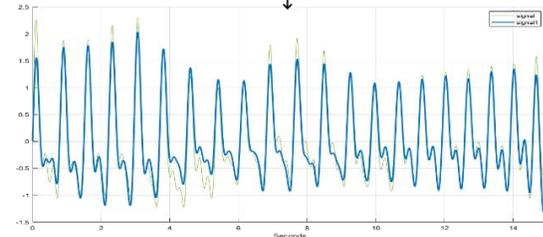
Freq: [1, 2]



Freq: [2, 4]



Freq: [2, 4]



Freq: [1, 4]

Cardinalità Classi per task di Classificazione - Giovani -

Numero elementi per classe - features handcrafted				
	Task stressanti legati al Cognitive Load			Task rilassante
	auCL	txCL+auCL	read+txCL	audio
Features Handcrafted	96	128	64	96

Numero elementi per classe - estrazione features tramite reti					
Task Cognitive Load	Task rilassante	N° elementi Task CL Non Norm	N° elementi relax Non Norm	N° elementi Task CL Norm	N° elementi relax Norm
auCL	audio	77	93	110	95
textCl + auCL	audio	137	188	192	190
read	audio	186	188	221	190
read + textCL	audio	246	188	303	190

Cardinalità Classi per task di Classificazione - Anziani -

Numero elementi per classe - features handcrafted				
	Task stressanti legati al Cognitive Load			Task rilassante
	auCL	txCL+auCL	read+txCL	audio
Features Handcrafted	120	160	80	120

Numero elementi per classe - estrazione features tramite reti					
Task Cognitive Load	Task rilassante	N° elementi Task CL Non Norm	N° elementi relax Non Norm	N° elementi Task CL Norm	N° elementi relax Norm
auCL	audio	101	115	157	110
textCl + auCL	audio	212	232	286	190
read	audio	291	232	221	190
read + textCL	audio	441	232	303	190

Cardinalità Classi per task di Classificazione

- Giovani + Anziani -

Numero elementi per classe - features handcrafted				
	Task stressanti legati al Cognitive Load			Task rilassante
	auCL	txCL+auCL	read+txCL	audio
Features Handcrafted	216	288	144	216

Numero elementi per classe - estrazione features tramite reti					
Task Cognitive Load	Task rilassante	N° elementi Task CL Non Norm	N° elementi relax Non Norm	N° elementi Task CL Norm	N° elementi relax Norm
auCL	audio	178	212	257	267
textCl + auCL	audio	349	417	499	422
read	audio	291	417	512	422
read + textCL	audio	594	417	303	422