



## UNIVERSITÀ DI PISA

# INTEGRATIVE CEREBRAL FUNCTION AND IMAGE PROCESSING

**NICOLA VANELLO**

Academic year	2023/24
Course	BIONICS ENGINEERING
Code	002MI
Credits	12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
ADVANCED IMAGE PROCESSING	ING-INF/06	LEZIONI	60	GAETANO VALENZA NICOLA VANELLO
INTEGRATIVE CEREBRAL M-PSI/02 FUNTION		LEZIONI	60	ALESSANDRO COMPARINI ANGELO GEMIGNANI DANILO MENICUCCI

### Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

*Advanced Image Processing* - Alla fine del corso, gli studenti avranno appreso i metodi per l'analisi delle immagini e dei segnali finalizzati allo studio delle funzioni cerebrali. In particolare, apprenderanno l'utilizzo di approcci basati su modelli parametrici e non parametrici, e su metodi esplorativi. Sapranno descrivere caratteristiche e differenze degli approcci univariati e multivariati, per lo studio dell'attività cerebrale. Apprenderanno i metodi per lo studio della connettività cerebrale a partire da dati elettroencefalografici e da immagini di risonanza magnetica funzionale, nonché per lo sviluppo di modelli che integrino dati periferici e centrali. Gli studenti avranno la possibilità di applicare gli approcci proposti durante sessioni di laboratorio dedicate, usando sia dati simulati che reali.

#### Modalità di verifica delle conoscenze

*Advanced Image Processing* -

Le sessioni in laboratorio avranno un obiettivo specifico indicato e verificato dal docente. I risultati, i vantaggi e le limitazioni dei diversi approcci verranno discusse collegialmente.

#### Capacità

*Advanced Image Processing* -

Alla fine del corso gli studenti saranno in grado di:  
applicare i metodi confirmatori per l'analisi delle immagini neurofunzionali, sia a livello di singolo soggetto che a livello di gruppo  
applicare gli approcci esplorativi data driven (PCA, ICA) per la pre-elaborazione delle immagini neurofunzionali e i segnali eeg  
stimare misure di connettività funzionale, utilizzando sia approcci data driven che model driven, e stimare la loro significatività statistica  
applicare modelli per lo studio delle funzioni e delle interazioni dei sistemi periferico e centrale

#### Modalità di verifica delle capacità

*Advanced Image Processing* -

Durante le sessioni in laboratorio agli studenti verrà richiesto di sviluppare la sequenza di elaborazione dei dati, così come i codici corrispondenti. La strategia adottata e i risultati saranno discussi con il docente.

#### Comportamenti

*Advanced Image Processing* -

Gli studenti sapranno sviluppare e progettare paradigmi sperimentali tenendo conto dei passi di elaborazione necessari. Svilupperanno le consapevolezza relativamente alla necessità di acquisire i dati in maniera accurata e di minimizzare i fattori confondenti.

#### Modalità di verifica dei comportamenti

*Advanced Image Processing* -

Durante le sessioni di laboratorio verranno discusse a livello di gruppo le problematiche legate ai paradigmi sperimentali utilizzati per



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

l'acquisizione dei dati a disposizione.

Durante le sessioni di laboratorio saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

*Advanced Image Processing* -

Fourier analysis of continuous time and discrete time signals

Continuous time and discrete time linear time invariant systems.

Probability and statistics

statistical signal processing (random processes, parametric models as ARMA)

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

*Advanced Image Processing* -

Verranno richiamati i concetti di base per l'elaborazione dei segnali e immagini nel dominio del tempo e della frequenza.

Verranno richiamati i concetti di base della teoria della probabilità e statistica.

A partire dall'analisi statistica bivariata e multivariata, verranno introdotti i metodi utili all'analisi della connettività funzionale; questi includono l'analisi della correlazione e della covarianza fino agli approcci basati sulla teoria dell'informazione. Verranno inoltre analizzati gli approcci non parametrici e individuati i campi di utilizzo.

Il corso poi si focalizzerà su approcci univariati e multivariati per l'analisi delle funzioni e della connettività funzionale stimata dai dati elettroencefalografici (EEG) e di risonanza magnetica funzionale per immagini (fMRI).

Saranno studiati i metodi per l'analisi della connettività funzionale nel dominio frequenziale quali il cross-spettro e la coerenza, nonché approcci basati sulla coerenza di fase.

Verranno discusse le problematiche relative alla non stazionarietà nell'analisi dei segnali biomedici e gli approcci metodologici per trattarla. In questo contesto, verranno mostrati l'analisi wavelet e le misure derivate come il cross-spettro Wavelet e la coerenza wavelet.

Il corso si occuperà dell'analisi di modelli per la caratterizzazione della connettività cerebrale utilizzando metodi predittivi. Verranno introdotte la causalità di Granger applicata all'analisi dei segnali biomedici, e le misure di coerenza quali la DTF e la PDC, che sono misure del dominio della frequenza derivate dai Modelli di causalità di Granger.

Nel contesto dei dati fMRI, verranno studiati i modelli lineari generali sia a livello di singolo soggetto che di gruppo. Verranno analizzati i modelli lineari gerarchici (HLM) per l'analisi di studi multisessione e multi-gruppo. Verrà descritta la stima dei parametri e iper-parametri dell'HLM utilizzando l'algoritmo di massimizzazione dell'aspettazione (EM).

Verranno introdotti approcci basati sui dati. Nello specifico, il corso si focalizzerà sull'analisi delle componenti indipendenti (ICA), sia per l'analisi dei dati EEG e fMRI.

### Bibliografia e materiale didattico

*Advanced Image Processing* - Il materiale didattico sarà fornito dal docente in forma di dispense.

### Modalità d'esame

The exam is made up of two oral examinations, one for each module.

During the oral exam, students will be also asked to show and discuss the results of the application of the methodologies covered during the course to both simulated and real data.

Ultimo aggiornamento 08/08/2023 16:46