UNIVERSITÀ DI PISA

APPLIED BRAIN SCIENCE

CLAUDIO GALLICCHIO

Academic year	2022/23
Course	BIONICS ENGINEERING
Code	001MA
Credits	12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
BEHAVIORAL AND COGNITIVE NEUROSCIENCE	ING-INF/06	LEZIONI	60	LUCA CECCHETTI PIETRO PIETRINI EMILIANO RICCIARDI
COMPUTATIONAL NEUROSCIENCE	INF/01	LEZIONI	60	CLAUDIO GALLICCHIO

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Modulo Computational neuroscience (CNS):
Gli obiettivi del corso "Computational neuroscience" comprendono la modellizzazione neurale bio-inspirata, le reti neurali di tipo spiking e reservoir computing, modelli computazionali avanzati di neuroni per l'apprendimento, architetture e metodi di apprendimento per reti neurali dinamiche / ricorrenti per i dati temporali e l'analisi delle loro proprietà. Ruolo delle neuroscienze computazionali nelle applicazioni del mondo reale (per casi di studio).
Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
Il corso punta a fornire conoscenze generali su temi di neuroscienze e psicofisiologia, introducendo i fondamentali di anatomia e fisiologia cerebrale, e tecniche per le neuroimmagini. Queste ultime hanno rivoluzionato le neuroscienze, permettendo finalmente di indagare i correlati del comportamento e delle funzioni mentali. Rivedremo i principii di base, applicazioni cliniche e di ricerca di tomografia a emissione di positroni e risonanza magnetica funzionale (PET, fMRI). I concetti condivisi da diversi tipi di neuroimaging saranno discussi, dal disegno di paradigmi sperimentali all'elaborazione e interpretazione di dati, al fine di esplorare diversi argomenti: percezione, linguaggio, azioni e controllo motorio.

Modalità di verifica delle conoscenze

Modulo Computational neuroscience (CNS): La conoscenza viene verificata attraverso test scritti (materiale di laboratorio e report) e un esame orale.
Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
La partecipazione alle lezioni e l'acquisizione di principi di base di neuroscienze comportamentali e cognitive saranno valutati tramite un esame scritto.

Capacità

Modulo Computational neuroscience (CNS):

- Capacità di analisi e sviluppo di modelli avanzati di apprendimento automatico, considerando sia la modellazione neurale bio-ispirata che il punto di vista computazionale.
- Ottenere conoscenze pratiche su semplici modelli CNS tramite esperienze di laboratorio.

Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
Gli studenti dovranno familiarizzarsi con gli argomenti principali di neuroscienze cognitive e comportamentali, e con l'impiego di tecniche di imaging cerebrale strutturale e funzionale per studiare le basi neurali delle funzioni cognitive. I principii di base dell'acquisizione di dati di neuroimmagini dovranno essere acquisiti.

Modalità di verifica delle capacità

Modulo Computational neuroscience (CNS):
La conoscenza è verificata attraverso test scritti e un esame orale. La parte scritta include il materiale del laboratorio (codice sviluppato durante il corso) e una relazione su un argomento teorico avanzato o con scopo applicativo (progetto).
Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
Le conoscenze saranno verificate attraverso un esame scritto con domande teoriche e metodologiche.

Comportamenti

Modulo Computational neuroscience (CNS):
Consapevolezza della potenzialità correnti e delle limitazioni dei sistemi CNS e dei sistemi avanzati per l'apprendimento automatico.
Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
Conoscenza degli aspetti metodologici e teorici relativi ai temi delle neuroscienze comportamentali e cognitive; sviluppo di un approccio critico in relazoine allo studio dei correlati neurali del funzionamento cerebrale

Modalità di verifica dei comportamenti

Modulo Computational neuroscience (CNS): La conoscenza viene verificata attraverso test scritti (materiale di laboratorio e report) e un esame orale.
Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
La conoscenza viene verificata attraverso un test scritto con domande sugli aspetti teorici e metodologici delle neuroscienze comportamentali e cognitive

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Modulo Computational neuroscience (CNS):

- Analisi matematica (funzioni, calcolo differenziale), calcolo multivariato, equazioni differenziali
- Algebra lineare, notazione matrice e calcolo
- Elementi di probabilità e statistica (elaborazione avanzata del segnale seguita in corso parallelo)
- Conoscenza di base degli algoritmi.
- Programmazione: MATLAB per il laboratorio.

Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
Conoscenze di base di fisiologia neuronale e cerebrale

Indicazioni metodologiche

Modulo Computational neuroscience (CNS):
Il corso comprende lezioni di teoria e corsi di esercitazione mediante l'esperienza diretta dei laboratori, che mirano a esemplificare, implementare (codice MATLAB) e applicare i concetti sviluppati durante le lezioni.
Le lezioni sono in aula, tipicamente con l'aiuto di diapositive (proiezione). Usiamo una piattaforma di e-learning per fornire materiale didattico (diapositive, assegnazioni, software, ecc.).
Partecipazione: fortemente consigliata. Metodi didattici: lezioni, laboratori e lavori di progetto.
Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
Il corso prevede lezioni frontali su teoria e metodologie in neuroscienze con l'ausilio di diapositive. Le piattaforme di e-learning saranno utilizzate per condividere il materiale didattico. La frequenza è vivamente consigliata. Saranno inoltre promosse lezioni hands-on presso la sede lucchese della Scuola IMT Alti Studi Lucca.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Modulo Computational neuroscience (CNS):
Il corso è una introduzione ai principi fondamentali delle Neuroscienze Computazionali, considerando sia la modellazione neurale bio-ispirata che il punto di vista computazionale.

Il contenuto di quest'anno include i seguenti argomenti:

- Modelli computazionali del neurone biologico (modellistica delle neuroscienze)
- Modelli di plasticità sinaptica e apprendimento (apprendimento delle rappresentazioni)
- Reti neurali ricorrenti (modelli dinamici per i dati temporali)
- Applicazioni (casi di studio)

Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:

- introduzione alle neuroscienze comportamentali e cognitive: definizione e applicazioni principali
- principii di neuroimaging metabolico in vivo ed esplorazione funzionale. Basi del metabolismo cerebrale, concetti di unità neurovascolare, coupling neurovascolare, metabolismo del glucosio e dell'ossigeno, sinapsi
- neuroanatomia e organizzazione morfo-funzionale umana
- introduzione alla tomografia a emissione di positroni, basi della PET e sue applicazioni per scopi clinici e di ricerca. Esempi di casi

neurologici dell'imaging con PET. indicazioni per condurre un protocollo sperimentale PET.
- introduzione alla risonanza magnetica funzionale. Introduzione all'imaging con risonanza magnetica nucleare e sue applicazioni per il neuroimaging funzionale
- introduzione alla risonanza magnetica funzionale: definizione del contrasto T2* e origine del segnale BOLD. Design sperimentali per protocolli fMRI. Introduzione al preprocessing di dati fMRI (registrazione spaziale, riallineamento temporale, smoothing, correzione del movimento). Approcci statistici per l'analisi di gruppo di dati fMRI.
- Studi neurofunzionali della percezione visiva. Il significato e i correlati funzionali dell'imagery visiva.
- il processing sopramodale del mondo esterno. Esempi di studi funzionali in individui non vedenti dalla nascita.
- protocolli di resting state fMRI e default mode network
- studi di fMRI ed elettroencefalografia (EEG) sul sonno
- il sistema motorio umano. Studi neurofunzionali per l'esplorazione del controllo motorio e dell'imagery motoria. L'applicazione di brain-computer interface (BCI) per il controllo motorio.

- neurolinguistica: metodologie di imaging funzionale applicate allo studio del linguaggio, correlati funzionali di produzione ed elaborazione del linguaggio.

Bibliografia e materiale didattico

Modulo Computational neuroscience (CNS):
Note del corso (fornite dai docenti). Ulteriori riferimenti includono:

- W. Gerstner and W.M. Kistler, Spiking Neuron Models: Single Neurons, Population, Plasticity. Cambridge Univ. Press, 2002
- P. Dayan and L.F. Abbott, Theoretical Neuroscience. The MIT press, 2001.
- E.M. Izhikevich, Dynamical systems in neuroscience. The MIT press, 2007.
- S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines (3rd Edition), Prentice Hall, 2009.
- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep Learning, MIT Press, 2016

Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
Note e slide del corso. Ulteriori spunti possono essere trovati:

- The New Cognitive Neurosciences, Edited by Michael S. Gazzaniga, MIT Press
- A Short Guide to Brain Imaging: The Neuroscience of Human Cognition - Authors:Richard E. Passingham, James B. Rowe; Oxford

Modalità d'esame

Modulo Computational neuroscience (CNS):
La prova scritta è tipicamente basata sul materiale delle esperienze dei laboratori (codice sviluppato durante il corso) e su un report di un argomento teorico avanzato (in forma scritta / diapositiva) o con un obiettivo applicativo (progetto con codice e risultati). Il materiale viene consegnato in anticipo dallo studente.
Il test orale consiste in un'intervista tra il candidato e il docente su tutte le parti del programma e, se utile, nella discussione sul test scritto. Durante l'esame orale l'allievo deve essere in grado di dimostrare la propria conoscenza del materiale didattico e di poter discutere la letturatura con profondità e correttezza dell'espressione, mostrando anche la capacità di relazionare le varie nozioni acquisite e una consapevolezza sufficiente dei limiti e delle potenzialità dei sistemi CNS. Per accedere all'esame orale, gli studenti devono aver ottenuto un livello sufficiente nelle prove scritte.
Modulo di Neuroscienze comportamentali e cognitive:
La prova scritta è tipicamente basata sugli argomenti trattati a lezione e ha lo scopo di verificare la conoscenza dello studente relativamente agli argomenti didattici relativamente alla descrizione dell'organizzazione strutturale e funzionale del cervello, come all'utilizzo delle moderne tecniche di neuroimmagine per lo studio del comportamento e delle abilità mentali dell'uomo.

Note

CNS: Informazioni sulla modalità delle lezioni saranno fornite sul sito Moodle del corso e li aggiornate.

For the LAB during the course you have to bring your device (**BYOD** policy).

Ultimo aggiornamento 06/09/2022 11:49