



UNIVERSITÀ DI PISA

ROBOTICS FOR ASSISTED LIVING

EGIDIO FALOTICO

Academic year **2021/22**
Course **BIONICS ENGINEERING**
Code **696II**
Credits **12**

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
CLOUD ROBOTICS	ING-IND/34	LEZIONI	60	GASTONE CIUTI EGIDIO FALOTICO
ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING	ING-IND/34	LEZIONI	60	MARCO CONTROZZI ANDREA MANNINI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Conoscenze

Al termine del modulo ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING l'allievo avrà acquisito ampie conoscenze relative alla bioingegneria delle tecnologie assistive e della riabilitazione. Il corso si compone di due parti: ELEMENTS OF REHABILITATION DEVICES DESIGN (docente: Marco Controzzi) e DATA-DRIVEN REHABILITATION (docente: Andrea Mannini).

ELEMENTS OF REHABILITATION DEVICES DESIGN

- Conoscere i requisiti e le specifiche delle principali macchine per la riabilitazione motoria, ausili per la mobilità e protesi di arto.
- Condurre e discutere una semplice verifica e un progetto di ausili, protesi e macchine per la riabilitazione.
- Saper impostare un progetto di macchina nell'ambito dell'ingegneria della riabilitazione.

DATA-DRIVEN REHABILITATION

- Conoscere le basi della metodologia della ricerca clinica in riabilitazione
- Comprendere le fasi dell'analisi del dato clinico
- Saper comprendere ed interpretare gli output di un algoritmo di apprendimento automatico e conseguentemente correggere la soluzione

Il modulo "**Cloud Robotics**" fornirà agli studenti competenze teoriche e pratiche nel campo della Cloud robotics, piattaforme IoT e fornirà informazioni sulla progettazione software di robot e sistemi autonomi con approccio pratico. Attività specifiche saranno svolte con ROS (Robot Operating System) e YARP (Yet another robot platform) che saranno implementati in ambiente simulato in attività hands-on e utilizzando schede di sviluppo SOM (System on Module) dedicate.

Modalità di verifica delle conoscenze

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING. L'esame si articola in una prova orale. La prova orale riguarderà la padronanza degli argomenti del programma ufficiale del corso ai fini di una loro pratica applicazione in comuni problemi di progettazione e analisi dati nell'ambito dell'ingegneria della riabilitazione.

Per quanto riguarda il modulo "**Cloud Robotics**", i criteri di valutazione delle conoscenze consisteranno in una prova orale sui fondamenti teorici degli argomenti del corso e sulle competenze tecniche acquisite nelle attività pratiche.

Capacità

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING. Il primo obiettivo del corso è fornire un quadro sintetico del processo progettuale, dall'analisi dei bisogni alla progettazione concettuale, concreta e di dettaglio nel campo dell'ingegneria riabilitativa. Fornire un quadro completo e aggiornato sui principali modelli per l'analisi e la verifica dei componenti di macchina. Acquisire la capacità di passare dalla realtà a modelli idonei al dimensionamento o la verifica componenti meccaniche con particolare attenzione a macchine riabilitative, ausili e protesi. Il corso si propone inoltre di fornire un quadro sintetico di come si definisce uno studio clinico in ambito riabilitativo, dalla progettazione del protocollo e dal dimensionamento del campione alla pianificazione ed esecuzione dell'analisi con metodi classici e basati sul machine learning. Lo studente dovrebbe acquisire consapevolezza su come sviluppare e validare un metodo di machine learning per la risoluzione di problemi tipici della bioingegneria riabilitativa.



UNIVERSITÀ DI PISA

Al termine del modulo **"Cloud Robotics"** lo studente:

- avrà conoscenza del concetto teorico di Cloud Robotics e sistemi IoT;
- saprà progettare un ambiente basato sull'IoT e programmare il firmware embedded;
- saprà progettare e implementare un controller per robot basato su middleware (ROS e YARP).

Modalità di verifica delle capacità

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING. La prova orale consisterà per quanto riguarda la parte di ELEMENTS OF REHABILITATION DEVICES DESIGN anche nella discussione di un semplice gruppo meccanico di un dispositivo e nella verifica di alcune sue parti mentre per la parte DATA-DRIVEN REHABILITATION coinvolgerà la discussione di strategie implementative pratiche.

Durante il modulo **"Cloud Robotics"** le competenze saranno valutate progressivamente attraverso la discussione e la valutazione degli esercizi di implementazione durante le attività pratiche.

Comportamenti

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING.

- Accuratezza e precisione nello svolgere attività di definizione e analisi di un problema tecnico
- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità verso la schematizzazione della realtà in modelli idonei per il calcolo di dimensionamento
- Lo studente imparerà a impostare in maniera rigorosa un protocollo di studio e analisi in contesto clinico
- Lo studente potrà comprendere quali sono le strategie da intraprendere per migliorare le performance di un modello predittivo

Modulo **"Cloud Robotics"**

Lo studente sarà in grado di:

- implementare un controller basato su middleware robotico;
- implementare soluzioni IoT e cloud per la robotica.

Modalità di verifica dei comportamenti

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING. Prova orale al termine del modulo.

Durante il modulo **"Cloud Robotics"**, la verifica dei comportamenti avverrà tramite l'interazione con i docenti che servirà per ispirare gli studenti e tradurre argomenti teorici in ricerca.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING.

Dai corsi di Matematica e Fisica: Conoscere i metodi matematici fondamentali ed avere basi di algebra lineare. Non avere esitazioni circa lo studio delle condizioni di equilibrio sia statico sia dinamico di un punto. Sapere usare correttamente i sistemi di unità di misura.

Da Scienza dei materiali: Conoscere le proprietà meccaniche dei comuni materiali metallici da costruzioni.

Da Meccanica e Elementi Costruttivi: Non avere esitazioni nel risolvere problemi di statica del corpo rigido, anche nello spazio. Saper risolvere semplici problemi di statica e, ove applicabili, di dinamica di sistemi di corpi vincolati. Sapere analizzare correttamente semplici strutture (es.: telaio di travi).

Dai corsi di informatica: Competenze di base di programmazione e dell'utilizzo del software Matlab.

Modulo **"Cloud Robotics"**

I prerequisiti sono conoscenze di base in design, elettronica e programmazione (linguaggi: C).

Indicazioni metodologiche

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING. Il modulo sarà organizzato in lezioni e attività pratiche. La discussione durante le lezioni completerà la didattica. Gli incontri faccia a faccia saranno possibili negli orari di ufficio previo appuntamento. I materiali saranno accessibili da cartelle condivise dedicate per gli studenti.

Modulo **"Cloud Robotics"**

Il modulo "Cloud Robotics" sarà organizzato in lezioni, seminari e attività pratiche. Il confronto durante le lezioni e incontri con i docenti completeranno le metodologie didattiche. I materiali saranno accessibili tramite cartelle condivise con gli studenti.



UNIVERSITÀ DI PISA

Programma (contenuti dell'insegnamento)

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING.

Introduzione al corso. Definizione di ingegneria della riabilitazione. Obiettivi del corso. Contenuti del corso. Metodo. Libri di riferimento e materiale didattico. Esame.

Tot 1h

Progettare per l'uomo e per riabilitare. Menomazioni, limitazione delle attività e partecipazione. International Classification of Functioning, Disability and Health. Il processo riabilitativo. Cenni di ergonomia, di progettazione universale e antropometria. Modello HAAT. Ausili. Macchine per la riabilitazione.

Tot 4h

Fondamenti di costruzione di macchine biomediche. Approccio alla progettazione e alla verifica. La specifica tecnica. Risoluzione dei problemi di costruzione di macchine. Analisi dei carichi e schematizzazione. Scelta e dimensionamento di moto-riduttori. Assi e alberi e collegamenti albero-mozzo. Elementi di trasmissioni. Cuscinetti radenti. Verifiche di durabilità: usura e danneggiamento superficiale nei contatti. Cuscinetti volventi. Collegamenti con bulloni, viti mordenti.

Tot 25h

Metodologia della ricerca clinica e cenni di biostatistica: Definizioni di metodologia della ricerca clinica, la definizione di un protocollo per la ricerca clinica (osservazionale/interventistico, retrospettivo/prospettico) il ruolo del comitato etico. *Evidence-based practice*, qualità dell'evidenza, il ruolo delle revisioni sistematiche e delle meta-analisi. Cenni di biostatistica: tipologie di variabili; test di gaussianità; test delle ipotesi parametrici/non parametrici, a campioni dipendenti/indipendenti. Calcolo della dimensione campionaria.

Tot: 6h

Machine learning, teoria e sessioni hands on. Introduzione alle metodologie di machine learning, metodi classici di regressione, l'algoritmo di discesa del gradiente. Classificazione supervisionata mediante regressione logistica e softmax, gli algoritmi di regolarizzazione. Support vector machines. L'organizzazione dei dati per gli algoritmi di machine learning, split dei dataset, cross-validazione, metriche di bontà di una soluzione di machine learning. Tradeoff bias-varianza negli algoritmi classici di machine learning. Curve di validazione per l'ottimizzazione degli iperparametri, error analysis.

Tot: 15 h

Applicazioni del machine learning in riabilitazione (ricerca e clinica). Applicazione 1: metodi di machine learning per il controllo di protesi mioelettriche: dall'elettromiografia alla decodifica dell'intenzione motoria. Applicazione 2: metodi di machine learning per l'analisi del movimento e per l'estrazione di parametri biomeccanici mediante sensori indossabili in contesto riabilitativo. Applicazione 3: metodi di machine learning per la predizione dell'outcome clinico.

Metodi di selezione automatica dei predittori e criteri per la scelta di un algoritmo di classificazione. Identificazione di predittori significativi. Validazione interna ed esterna degli algoritmi di predizione in contesto clinico. Intelligenza artificiale nel contesto clinico: il problema dell'interpretabilità dell'algoritmo di predizione. Sistemi di supporto alla decisione clinica.

Tot: 9 h

Module "Cloud Robotics"

• 1) Cloud Robotics

Principali concetti di Cloud Robotics

2) Introduzione a C++

- Classi e Interfacce
- Pointers

3) Introduzione a Python

- Data structure and comandi di base
- Classi

4) Interfacce di comunicazione e IoT platforms

- Introduzione alle interfacce di comunicazione nell'elettronica digitale, ad es. SPI e I2C
- Introduzione ai sistemi IoT: definizioni, applicazioni, tecnologie abilitanti
- Strumenti per la programmazione del firmware e OTA dei SoM
- OTA: over-the-air; SOM: sistema su modulo.
- Funzioni chiave e protocolli per la programmazione cloud di SoM
- Esempi ed esercizi (lezioni pratiche)

5) Introduction to Robot Programming

- ROS framework
- ROS protocolli di comunicazione
- ROS robot control
- Esercizi con ROS per protocolli di comunicazione e controllo robotico
- Introduzione a YARP
- YARP protocolli, strategie di comunicazione e controllo robotico
- Exercise con YARP per protocolli di comunicazione e controllo robotico

6) Robot control (15 H)



UNIVERSITÀ DI PISA

- Introduction to kinematic control
- Introduction to dynamic control
- Exercise on robot control

Bibliografia e materiale didattico

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING.

Dispense e materiale fornito dal docente. Il materiale fornito è necessario per avere un quadro introduttivo alla materia.

- Per gli argomenti nella sezione Fondamenti di costruzione di macchine biomediche indispensabile un libro a scelta tra: Juvinall e Marshek Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine Ed. ETS, Pisa, qualsiasi edizione (anche inglese). In alternativa: Shigley, Joseph Edward, et al. Progetto e costruzione di macchine. McGraw-Hill, qualsiasi versione; In alternativa: Antonio De Paulis - Enrico Manfredi, Costruzione di macchine: Criteri di base e applicazioni principali, Ed. Pearson Italia, Milano.
- Per gli argomenti nella sezione Progettare per l'uomo e per il dosabile consultare all'occorrenza Cooper Rehabilitation Engineering Applied to mobility and Manipulation.
- Per gli argomenti della parte Data-driven rehabilitation sarà fornito materiale dal docente. Potrà essere utile consultare testi quali:
- Biostatistics: the bare essentials, Geoffrey R. Norman, David L. Streiner, ed. PMPH
- Pattern Recognition and Machine Learning, C. Bishop, Ed. Springer

Modulo "Cloud Robotics"

- Selezione di articoli scientifici forniti dal docente, link a documentazione di ROS, YARP e PARTICLE, uso di slides fornite dal docente.

Indicazioni per non frequentanti

Modulo "Robotic and Data-Driven Rehabilitation"

- Fare riferimento alle sezioni "Programma" e "Bibliografia/materiale didattico";
- contattare i docenti di riferimento.

Modulo "Cloud Robotics"

- Fare riferimento alle sezioni "Programma" e "Bibliografia/materiale didattico";
- contattare i docenti di riferimento.

Modalità d'esame

ROBOT COMPANIONS FOR ASSISTED LIVING. La prova orale riguarderà la padronanza degli argomenti del programma ufficiale del corso ai fini di una loro pratica applicazione in comuni problemi di progettazione e analisi dati nell'ambito dell'ingegneria della riabilitazione. Durante la prova orale potrà essere richiesto al candidato di risolvere anche problemi/esercizi scritti, davanti al docente. Il colloquio ha una durata di circa 40 min.

Modulo "Cloud Robotics"

- Esame orale focalizzato sulla valutazione degli argomenti trattati;
- discussione focalizzata sul progetto *hands-on*.

Altri riferimenti web

Lo studente ha a disposizione il materiale aggiornato nelle cartelle condivise e rese disponibili durante i corsi.

Ultimo aggiornamento 26/09/2021 17:47