



UNIVERSITÀ DI PISA

MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO

FRANCESCA DI PUCCIO

Academic year	2020/21
Course	INGEGNERIA BIOMEDICA
Code	256II
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO	ING-IND/13	LEZIONI	60	FRANCESCA DI PUCCIO

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Lo studente che completa con successo il corso avrà competenze avanzate sui principi della cinematica 3D del corpo rigido, basate su un approccio robotico. Egli/Ella sarà inoltre in grado di implementare tali simulazioni in un programma come Matlab. Queste abilità saranno focalizzate sulla simulazione del movimento umano ma possono essere ugualmente impiegate per lo studio dei sistemi meccanici. Lo studente avrà inoltre acquisito competenze sulla soluzione dei problemi di statica e dinamica del sistema muscolo-scheletrico (MSK), partendo dall'acquisizione dei dati sperimentali fino alle simulazioni eseguite in OpenSim. Sarà inoltre in grado di discutere le limitazioni ed i risultati di tali analisi.

Modalità di verifica delle conoscenze

Nella prova scritta (2.30-3 ore, 3 domande a risposta libera + 1 esercizio), lo studente deve dimostrare di conoscere il materiale del corso e di essere in grado di sviluppare un modello per la simulazione del movimento umano, stimare i gradi di libertà, corpi rigidi e la tipologia di giunti coinvolti. Lo studente sarà valutato anche sulla sua capacità di discutere i contenuti principali del corso utilizzando la terminologia appropriata sia nella prova scritta che discussione orale.

Lo studente dovrà inoltre consegnare delle esercitazioni in Matlab ed Opensim mettendo al 'pulito' quanto fatto in aula. In alternativa possono svolgere un progetto concordato con la docente.

Capacità

Al termine del corso:

- lo studente saprà utilizzare il software MATLAB per la descrizione del movimento di sistemi di corpi rigidi e soluzione problemi di problemi di ottimizzazione anche non lineare vincolata.
- lo studente saprà utilizzare il software OPENSIM per le analisi muscoloscheletriche, dalla cinematica inversa, dinamica inversa, ottimizzazione statica, riduzione residui.
- lo studente sarà in grado di impostare la modellazione cinematica dei sistemi.

Modalità di verifica delle capacità

- Durante le sessioni di laboratorio informatico saranno svolte delle esercitazioni per fissare i concetti di modellazione dei sistemi e comprendere l'utilizzo del software Opensim
- Lo studente dovrà preparare e presentare le esercitazioni svolte accompagnate da una relazione scritta che le descriva commenta i risultati

Comportamenti

- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alla schematizzazione dei sistemi in termini cinematici, tipologia di giunti e numero di corpi rigidi.
- Saprà replicare modelli già presenti in letteratura, comprendendone ipotesi e limitazioni.



UNIVERSITÀ DI PISA

- Saprà valutare accuratezza e precisione nella analisi muscoloscheletrica

Modalità di verifica dei comportamenti

- Durante le sessioni di laboratorio saranno impostate delle esercitazioni che lo studente dovrà completare ed approfondire in autonomia discutendone i risultati come limiti e approssimazioni fatte.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- fondamenti di meccanica dei sistemi di corpi rigidi (vincoli e corpi) in particolare cinematica, statica e dinamica per i problemi piani, inclusa la definizione dei relativi schemi di calcolo.
- conoscenze di base della fisiologia dei muscoli
- competenze base di Matlab

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Cinematica di posizione di un singolo corpo rigido. Rappresentazioni dell'orientamento del corpo rigido: angoli di Eulero-Cardano, matrici di rotazione, quaternioni, asse-angolo.

Trasformazioni omogenee

Elementi di base dell'anatomia del corpo umano.

Cinematica di posizione dei sistemi di corpi rigidi con vincoli. Fondamenti di robotica. Convenzione Denavit-Hartenberg. Schemi cinematici dei arti e corpo umano.

Cinematica differenziale di sistemi robotici.

Principio di lavoro virtuale e relazione tra cinematica e statica. Determinazione delle coppie ai giunti.

Problemi iperstatici e stima delle forze muscolari: procedura e approccio di ottimizzazione. Moment arm e reazione ai giunti.

Fondamenti di dinamica 3D. Approssimazioni di inerzia nella dinamica umana.

Laboratorio di analisi del movimento: attrezzature e metodologie utilizzati.

Modellazione del sistema muscolo-scheletrico in Matlab e Opensim. Procedure di scalatura, cinematica inversa, static optimization, RRA.

Discussione di limiti e approssimazioni dei modelli. Incertezze sui dati.

Bibliografia e materiale didattico

Basic Biomechanics of the Musculoskeletal system - Nordin Frankel

Robotica industriale - Siciliano sciavicco

Fundamentals of Robotic mechanical systems - Angeles

Fisiologia articolare - Kapandji

Modalità d'esame

- L'esame è composto da una prova scritta ed una prova orale.
- La prova scritta consiste in tre o quattro domande sulle varie parti del programma con esercizi o aspetti di teoria da presentare e/o discutere. La prova si svolge in un'aula normale e dura dalle due alle tre ore.
- La prova scritta è superata/non superata se lo studente dimostra di aver compreso i concetti più basilari del corso: definizione della posizione del corpo rigido e dei sistemi nello spazio; definizione di modell cinematici elementari.
- La prova orale consiste in un colloquio tra il candidato e il docente commentando o approfondendo aspetti della prova scritta. Lo studente dovrà inoltre essere in grado di presentare e discutere le esercitazioni assegnate.

Altri riferimenti web

Sono disponibili le pagine elearning e team del corso

Ultimo aggiornamento 17/03/2021 22:55