



UNIVERSITÀ DI PISA

MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO

FRANCESCA DI PUCCIO

| | |
|-----------------|----------------------|
| Anno accademico | 2023/24 |
| CdS | INGEGNERIA BIOMEDICA |
| Codice | 256II |
| CFU | 6 |

| Moduli | Settore/i | Tipo | Ore | Docente/i |
|--|------------|---------|-----|---------------------|
| MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO | ING-IND/13 | LEZIONI | 60 | FRANCESCA DI PUCCIO |

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Il corso si prefigge di introdurre gli aspetti della biomeccanica a fondamento dell'analisi del movimento e utilizzati in generale in analisi muscolo-scheletriche per valutazioni ortopediche, neuromotorie, riabilitative etc.

Il corso ha una parte teorica principalmente concentrata sugli aspetti della meccanica nello spazio, combinata con elementi di anatomia e fisiologia muscolare. In parallelo ai contenuti teorici vengono svolte alcune esercitazioni in aula, principalmente al computer in Matlab e in OpenSim, per consolidare i concetti trasmessi e formare gli studenti all'uso di sw utilizzati a livello internazionale nell'ambito della bioingegneria e della biomeccanica. Obiettivo del corso è trasmettere agli studenti le conoscenze e le competenze per lo sviluppo e l'utilizzo critico e consapevole di modelli muscoloscheletrici per l'analisi di alcuni task motori proposti dalla docente o scelti dallo studente.

Alla fine del corso lo studente conoscerà i metodi per la descrizione della posa di un corpo rigido/sistema di corpi rigidi nello spazio, saprà analizzare qualitativamente e quantitativamente un movimento, riconoscere il ruolo dei muscoli in un movimento e analizzare le caratteristiche di un modello muscolo-scheletrico e scegliere i modelli per la descrizione di specifici movimenti. Lo studente saprà analizzare complessivamente la procedura di analisi muscolo-scheletrica partendo dall'acquisizione dei dati sperimentali fino alle simulazioni eseguite in OpenSim. Sarà inoltre in grado di individuare e discutere le limitazioni e i risultati di tali analisi.

Modalità di verifica delle conoscenze

L'accertamento delle conoscenze è affidato principalmente ad una prova scritta della durata generalmente di 2.30-3 ore, che contiene alcune domande di teoria a risposta aperta e 1-2 esercizi.

Ulteriori elementi di verifica delle conoscenze vengono dalla discussione della prova scritta e dalle esercitazioni che gli studenti devono svolgere e consegnare.

Nella verifica delle conoscenze, lo studente deve dimostrare di aver acquisito le nozioni di base (ad esempio i metodi per descrivere l'orientamento di un corpo nello spazio, equazioni di equilibrio di un corpo e di un sistema, la biomeccanica muscolare, etc.) ed essere in grado di fare esempi e applicazioni dei concetti acquisiti.

Lo studente sarà valutato anche sulla correttezza dei contenuti delle risposte e anche sulla forma e appropriatezza di linguaggio utilizzate.

Capacità

Il corso è temporalmente articolato con 2 ore su 5 alla settimana tenute in aula informatica, in modo che gli studenti abbiano modo di applicare le conoscenze acquisite, implementando modelli ed analisi in Matlab e utilizzando modelli muscoloscheletrici in OpenSim.

Al termine del corso lo studente saprà:

- impostare matematicamente il modello cinematico di un sistema;
- utilizzare il software MATLAB per l'analisi e la descrizione del movimento di sistemi di corpi rigidi e soluzione problemi di problemi di ottimizzazione anche non lineare vincolata;
- utilizzare il software OPENSIM per le analisi muscoloscheletriche, dalla cinematica inversa, dinamica inversa, ottimizzazione statica, riduzione residui.
- replicare modelli già presenti in letteratura, comprendendone ipotesi e limitazioni;
- valutare accuratezza e precisione nella analisi muscoloscheletrica

Modalità di verifica delle capacità

L'accertamento delle capacità acquisite si basa sugli esercizi proposti nella verifica scritta per quanto riguarda le abilità nello sviluppo di modelli cinematici, analisi equilibrio statico di corpi/sistemi.

La verifica dell'utilizzo dei sw è fatta attraverso esercitazioni impostate ed avviate in aula, che lo studente deve completare a casa e consegnare con un report che le descriva, discutendo i risultati ottenuti. Tali esercitazioni possono essere svolte in piccoli gruppi (2-3



UNIVERSITÀ DI PISA

persone).

Saranno elementi di valutazione la correttezza formale delle equazioni usate e del codice sviluppato, la completezza del report consegnato, l'approfondimento della discussione dei risultati, la correttezza e l'appropriatezza del linguaggio usato.

Comportamenti

- Lo studente potrà imparare a lavorare in gruppo
- Saranno acquisite capacità di analisi e valutazione critica dei articoli scientifici/modelli predefiniti
- Saranno acquisite capacità di discutere limiti di analisi e simulazioni

Modalità di verifica dei comportamenti

- La capacità di lavorare in gruppo verrà valutata durante lo svolgimento delle esercitazioni in aula, nei ricevimenti e nella discussione delle esercitazioni presentate
- L'analisi di articoli e modelli predefiniti come la discussione di analisi e simulazioni possono essere inserite nel report o essere oggetto della discussione orale del report presentato

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 di anatomia e 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 dei lavori virtuali 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

Il corso consiste in aspetti diversi dall'anatomia alla meccanica per cui la bibliografia sotto riportata è composta da testi diversi, che sono da intendersi come approfondimento al corso, non necessari.

La docente fornisce delle proprie note e indicazioni di materiale accessibile gratuitamente su internet.

Basic Biomechanics of the Musculoskeletal system - Nordin Frankel

Fundamentals of Robotic mechanical systems - Angeles

Fisiologia articolare - Kapandji

Modalità d'esame

- L'esame è composto da una prova scritta e 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 se lo studente dimostra di aver compreso e saper applicare i concetti basilari del corso.
- 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 08/09/2023 12:11