



UNICUSANO

Università degli Studi Niccolò Cusano - Telematica Roma

Insegnamento	Modellazione e Simulazione Biomeccanica
Livello e corso di studio	Laurea Triennale in Ingegneria Industriale (L9)
Settore scientifico disciplinare (SSD)	ING-IND/34
Anno di corso	3
Anno Accademico	2024-2025
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	Meccanica applicata alle macchine
Docente	<p>Marco Germanotta <i>Facoltà:</i> Ingegneria <i>Nickname:</i> germanotta.marco <i>Email:</i> marco.germanotta@unicusano.it (da utilizzare solo per comunicazioni interne e amministrative)</p> <p>Orario di ricevimento: consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica</p>
Presentazione	L'obiettivo del corso è di dotare gli studenti delle competenze per comprendere i modelli biomeccanici utilizzati nell'analisi del movimento umano. In particolare, si mira a fornire gli strumenti matematici necessari per esaminare il movimento umano da un punto di vista sia cinematico che dinamico. Parimenti, verranno esaminati in dettaglio i principali strumenti di misura essenziali per acquisire le variabili di interesse nel campo della biomeccanica, insieme alle relative metodologie per l'analisi dei dati. Le Etivity connesse al corso mirano a sviluppare le competenze atte a formulare e risolvere i problemi specifici della biomeccanica, impiegando sistemi di calcolo, a partire da dati reali.
Obiettivi formativi	<p>Il corso di Modellazione e simulazione biomeccanica ha i seguenti obiettivi formativi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Illustrare le principali tecniche di acquisizione dei dati relativi all'analisi del movimento umano 2. Illustrare la nomenclatura clinica e le principali problematiche relative all'analisi del movimento umano 3. Illustrare le principali tecniche di analisi dei dati ottenuti a partire da un sistema di analisi del movimento di tipo optoelettronico 4. Illustrare la generazione del segnale elettromiografico e le principali tecniche di elaborazione del segnale elettromiografico di superficie 5. Illustrare i principali modelli di simulazione del movimento umano 6. Illustrare l'implementazione di codici per la soluzione di problemi biomeccanici
Prerequisiti	La frequenza al corso richiede il superamento delle propedeuticità di Meccanica applicata alle macchine .
Risultati di apprendimento attesi	<p>I risultati d'apprendimento attesi sono i seguenti:</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione</p> <p>Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di avere acquisito la terminologia, sia ingegneristica che clinica, utilizzata in ambito biomeccanico, di conoscere i principali strumenti di misura utilizzati in biomeccanica e le</p>

	<p>variabili di interesse nell'ambito dell'analisi del movimento e della postura umana; dovrà inoltre dimostrare di aver compreso le principali tecniche matematiche per l'elaborazione dei dati biomeccanici.</p> <p>Applicazione delle conoscenze</p> <p>Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di analizzare i dati a disposizione nell'ambito di un laboratorio di analisi del movimento mediante l'applicazione degli strumenti matematici acquisiti durante il corso, per una corretta analisi del problema biomeccanico che gli viene presentato. In particolare, grazie alle Etivity gli studenti saranno in grado di applicare a casi reali i problemi teorici affrontati a lezione, mediante l'utilizzo di script in ambiente Octave applicati a dati reali.</p> <p>Abilità comunicative</p> <p>Lo studente svilupperà un linguaggio scientifico corretto e comprensibile che gli permetterà di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze tecniche acquisite nell'ambito della biomeccanica.</p> <p>Capacità di apprendere</p> <p>Lo studente acquisirà la capacità di modellizzare un problema biomeccanico in un problema matematico e di risolverlo.</p>
<p>Organizzazione dell'insegnamento</p>	<p>Il corso è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma. Sono poi proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.</p> <p>La didattica interattiva è svolta nel forum della "classe virtuale" e comprende 5 Etivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria alla soluzione, tramite codici di calcolo sviluppati in Octave dallo studente, di problemi tipici della biomeccanica.</p> <p>In particolare, il Corso di Modellazione e Simulazione biomeccanica prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo modulo di insegnamento è compreso tra le 220 e le 250 ore suddivise in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • circa 155 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (20 Ore videoregistrate di Teoria e 3 ore di esercitazioni). • circa 65 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna di 5 Etivity • circa 5 ore di Didattica Interattiva per l'esecuzione dei test di autovalutazione. <p>Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 11 settimane dedicando tra le 20 alle 30 ore di studio a settimana</p>
<p>Contenuti del corso</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modulo 1 – Introduzione alla biomeccanica (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore – settimana 1). Argomenti: introduzione alla biomeccanica; strumenti di misura utilizzati in biomeccanica; richiami sui vettori: modulo e versore, somma e differenza di vettori, prodotto di uno scalare per un vettore, prodotto scalare tra due vettori, prodotto vettoriale tra due vettori; la regola della mano destra; richiami sul calcolo matriciale: somma e differenza di matrici, matrici trasposte, prodotto di una matrice per uno scalare, prodotto tra matrici, determinanti di matrici quadrate, matrice inversa. • Modulo 2 – Rappresentazione del movimento umano (9 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 31.5 ore – settimane 1 e 2) Argomenti: piani anatomici; classificazione delle articolazioni; movimenti delle articolazioni: localizzazione di un punto nello spazio; cambiamenti di coordinate; matrici di rotazione; interpretazione delle matrici di rotazione; rappresentazione dell'orientamento: rotazioni attorno ad assi mobili; angoli di Eulero/Cardano; legame tra angoli di Eulero/Cardano e matrici di rotazione; rappresentazione del movimento: rotazione attorno ad assi fissi; angoli di Roll Pitch Yaw; legame tra angoli di Roll Pitch Yaw e matrici di rotazione; problema inverso: dalla matrice di rotazione agli angoli di Eulero/Cardano; Gimbal Lock; Quaternioni: algebra dei quaternioni, rappresentazione di rotazioni mediante quaternioni; legame tra quaternioni ed angoli di Eulero/Cardano; trasformazioni omogenee; matrice di rototraslazione. <ul style="list-style-type: none"> ○ Etivity 1 – Operazioni di base per la biomeccanica (10 ore di carico studio – settimana 3) • Modulo 3 – Cinematica (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore – settimana 3). Argomenti: analisi cinematica; Introduzione alla cinematica diretta ed inversa; Cinematica diretta: esempio; Cinematica inversa: esempio; Cinematica differenziale: velocità ed accelerazioni lineari, legami con la matrice di rotazione; Cinematica differenziale: velocità angolare e legame con la matrice di rotazione; rappresentazioni minimali dell'orientamento e velocità angolare; derivata della sequenza di Eulero; rappresentazioni minimali dell'orientamento e velocità angolare: esempio

	<ul style="list-style-type: none"> • Modulo 4 – Localizzazione di corpi rigidi da misure sperimentali (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore – settimana 4) Argomenti: procedura di acquisizione in gait analysis; definizione di sistemi di riferimento solidali al corpo; identificazione di un corpo rigido; associazione tra sistema di riferimento e corpo rigido; localizzazione di un corpo rigido nello spazio: localizzazione non ottima; esempi; localizzazione di un corpo rigido nello spazio: localizzazione ottima; esempi; localizzazione di un corpo rigido nello spazio: proposte di standardizzazione in biomeccanica. <ul style="list-style-type: none"> ○ Etivity 2 – Identificazione di corpi rigidi mediante procedura non ottima (10 ore di carico studio – settimana 4) ○ Etivity 3 – Identificazione di corpi rigidi mediante procedura ottima (10 ore di carico studio – settimana 5) • Modulo 5 – Dinamica (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore – settimana 5) Argomenti: introduzione alla dinamica; Analisi statica; Esempio: equilibrio del gomito; dinamica inversa: introduzione al problema; equazioni di Newton-Eulero; Dinamica diretta: introduzione al problema, equazioni di Lagrange (cenni). • Modulo 6 – Gait analysis e Posturografia (5 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 17,5 ore – settimana 6) Argomenti: Gait Analysis; Il ciclo del passo; Misure ottenibili durante un esame di gait analysis: parametri spaziali, parametri temporali, ROM articolari, momenti e potenze; Protocolli di acquisizione (cenni): Davis, Plug In Gait, CAST; Posturografia; Sistema Sensorimotorio; Controllo della stabilità posturale; Parametri posturografici: CoP, CoM, CoG. Stabilogramma e Statokinesigramma. Matrice di pressione; Ellisse di confidenza. <ul style="list-style-type: none"> ○ Etivity 4A – Posturografia (10 ore di carico studio – settimana 7) • Modulo 7 – Elettromiografia di superficie (6 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 21 ore – settimana 7) Argomenti: introduzione all'elettromiografia; Struttura della fibra muscolare striata; Contrazione muscolare. Meccanismo di eccitazione muscolare; generazione del segnale muscolare. Acquisizione del segnale elettromiografico; elettrodi ad ago e superficiali; schematizzazione elettrica del complesso elettrodo – pelle. Posizionamento degli elettrodi; Cross-talk e co-contrazioni; artefatti; Caratteristiche del segnale EMG; Acquisizione del segnale in modalità differenziale; esempio di protocollo di acquisizione. Elaborazione del segnale EMG: pre- e post-processing; normalizzazione; Parametri ottenibili da segnale EMG: parametri di ampiezza, parametri di frequenza e parametri temporali. <ul style="list-style-type: none"> ○ Etivity 4B – Elettromiografia di superficie (10 ore di carico studio – settimana 8) • Modulo 8 – Modelli EMG driven (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore – settimana 8) Argomenti: modelli muscoloscheletrici: introduzione; Modello di Hill; Modelli muscolo scheletrici: basi; esempi problemi statici 2D; problematiche. Metodi di ottimizzazione; Modelli EMG-driven. • Etivity 5 – Svolgimento di una tesina relativa ad un problema di interesse della biomeccanica da risolvere in ambiente Octave (25 ore di carico studio – settimana 9-10) • Esercitazioni (6 lezioni videoregistrate per un impegno di 15 ore – settimana 11) Le esercitazioni affrontano problemi per la cui risoluzione è necessario aver studiato gli argomenti affrontati nei moduli 2-5. <p>Gli studenti che devono sostenere l'esame di Modellazione e Simulazione Biomeccanica con un numero ridotto di CFU, poiché parzialmente riconosciuto all'atto dell'immatricolazione (c.d. <i>integrazioni</i>), sono invitati a contattarmi in piattaforma ed inviarmi il programma dell'esame già sostenuto. In tal modo, potrò valutare esattamente i moduli da assegnare per il sostenimento dell'esame in forma ridotta.</p>
Materiali di studio	<p>Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 8 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e contengono tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia.</p> <p>Per eventuali approfondimenti si consigliano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Di Prampero, Pietro Enrico, Angelo Cappello, and Aurelio Cappozzo, eds. <i>Bioingegneria della postura e del movimento</i>. Patron, 2003. • Winter, David A. <i>Biomechanics and motor control of human movement</i>. John Wiley & Sons, 2009. • Robertson, D. G. E., Caldwell, G. E., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S. <i>Research methods in biomechanics</i>. Human kinetics, 2013.
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>L'esame consiste (a) in una prova scritta e (b) in una serie di attività (Etivity) svolte durante il corso. L'esame scritto è valutato per un massimo di 28 punti e può essere effettuato in forma scritta sia presso la sede di Roma o negli appelli on-line.</p> <p>Prova scritta. La prova scritta prevede due domande aperte e 3 esercizi, questi ultimi articolati in più sezioni. Ciascuna delle due domande può essere valutata da un minimo di 0 ad un massimo di 2 punti. Il punteggio massimo attribuibile agli esercizi è di 24 punti, la cui suddivisione tra i vari esercizi e sezioni può variare da esame ad esame.</p>

	<p>Il punteggio massimo per ciascuna sezione viene esplicitato nel testo di esame. Un esito gravemente insufficiente in un esercizio pregiudica il superamento dell'esame, indipendentemente dal punteggio ottenuto negli altri esercizi o domande.</p> <p>Etivity. Solo la V etivity sarà oggetto di valutazione ai fini del punteggio finale e consentirà di ottenere fino ad un massimo di 4 punti. È comunque necessario aver completato tutte le etivity per poter accedere alla prova finale.</p> <p>Voto finale: Il voto finale sarà calcolato sommando il punteggio conseguito nella prova scritta con quello ottenuto attraverso l'Etivity. Per ottenere la lode, la somma complessiva deve superare il punteggio di 30.</p> <p>Mediante le domande sarà valutata la conoscenza e la capacità di comprensione dello studente, mentre l'esercizio ne valuterà la capacità di applicare le conoscenze acquisite. Mediante le etivity, invece, oltre alla capacità di applicazione delle conoscenze, saranno valutate le abilità comunicative e la capacità di apprendere.</p>
<p>Prove parziali</p>	<p>È inoltre possibile superare l'esame sostenendo due prove in itinere (prima e seconda prova parziale). Ciascuna prova parziale avrà una struttura simile all'esame completo ma verterà su una parte del programma, come di seguito descritto.</p> <p>Prima prova parziale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moduli: Modulo 1, Modulo 2 (escluse le lezioni 7 e 8 sui quaternioni), Modulo 3 e Modulo 5 • Etivity richiesta per poter sostenere la prova: Etivity 1 <p>Seconda prova parziale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moduli: Modulo 2 (solo le lezioni 7 e 8 sui quaternioni), Modulo 4, Modulo 6, Modulo 7 e Modulo 8. • Etivity richieste per poter sostenere la prova: Etivity 2, Etivity 3, Etivity 4, Etivity 5. <p>Il primo esonero contribuirà per un massimo di 18 punti, il secondo per un massimo di 10 punti, a cui aggiungere fino ad un massimo di 4 punti per l'Etivity V.</p>
<p>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</p>	<p>L'assegnazione dell'elaborato finale avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici interessi in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere.</p>