



Denominazione	ROBOTICA E AUTOMAZIONE AVANZATA
Moduli componenti	-
Settore scientifico-disciplinare	IINF-04/A (Automatica) (ex: ING-INF/04)
Anno di corso e semestre di erogazione	2° anno – I semestre
Lingua di insegnamento	Italiano
Carico didattico in crediti formativi universitari	9 CFU
Numero di ore di attività didattica assistita complessive e ripartite tra DE e DI	DE: 72 ore (pari a 9 CFU di Didattica Erogativa)
Docenti	Responsabile dell'insegnamento: Prof. Nicola Epicoco Prof. Nicola Epicoco 3 CFU; Prof.ssa Giulia Tresca 6 CFU
Risultati di apprendimento specifici	Il corso si propone di fornire agli studenti gli strumenti per la modellazione matematica, l'analisi e l'ottimizzazione di sistemi di automazione e processi robotici, con particolare riferimento alla programmazione matematica e al controllo ottimo delle prestazioni. Il principale obiettivo formativo è di fornire agli studenti gli strumenti necessari per comprendere i principi di funzionamento dei robot e dei sistemi dinamici e le logiche di analisi, ottimizzazione delle prestazioni, e controllo degli stessi. Al completamento del corso lo studente sarà in grado di formulare modelli di ottimizzazione per problemi di scheduling, logistica e motion planning, pianificare traiettorie ottime e implementare schemi di controllo avanzati in contesti automatizzati. Al termine del corso lo studente: - conoscerà le principali metodologie di programmazione lineare e mista-intera, le tecniche di ottimizzazione su reti e i fondamenti del controllo ottimo e predittivo; - conoscerà le istruzioni basilari per la modellazione, analisi e controllo di sistemi in ambiente informatico, e per la programmazione di robot industriali, comprendendone la matematica sottostante; - saprà applicare a robot specifici le metodologie di modellistica e di analisi apprese nel corso; - saprà valutare e scegliere il modello di ottimizzazione, l'algoritmo risolutivo (esatto o euristico) e la strategia di controllo più appropriata per l'esecuzione di una determinata attività o lavorazione industriale; - saprà discutere e spiegare sia a tecnici che a non tecnici la fattibilità dell'utilizzo di robot in applicazioni industriali specifiche, e di illustrarne vantaggi e svantaggi. <i>Conoscenze e comprensione:</i> Il corso permette di acquisire conoscenze integrate relative all'automazione industriale e alla robotica, dalla struttura alla modellazione, dall'analisi al controllo e ottimizzazione delle prestazioni, inquadrando le principali caratteristiche di base, le esigenze, le problematiche, e le comuni metodologie di risoluzione. <i>Capacità di applicare conoscenze e comprensione:</i> Le attività previste nel corso consentono di applicare metodi e strumenti di carattere analitico al contesto industriale moderno caratterizzato da un crescente grado di innovazione tecnologica e automazione. Attraverso le attività di laboratorio, inoltre, gli studenti



	potranno confrontarsi concretamente con le problematiche reali tipiche del contesto industriale, sviluppando così ulteriormente le proprie capacità di analisi e comprensione delle tematiche trattate. <i>Autonomia di giudizio e pensiero critico:</i> Il coinvolgimento degli studenti in attività laboratoriali ha l'obiettivo di accrescere la capacità di analisi, giudizio e valutazione critica da parte dei singoli studenti. <i>Abilità comunicative:</i> Il corso promuove competenze ed abilità comunicative attraverso processi di partecipazione attiva alle lezioni frontali, in cui sono previste apposite sessioni dedicate a domande e riflessione sui temi affrontati, e attraverso la partecipazione attiva alle attività laboratoriali. <i>Capacità di apprendimento:</i> Il corso consente di sviluppare conoscenza e capacità applicativa in contesti tipici delle realtà industriali moderne, caratterizzate da una crescente innovazione tecnologica e un sempre più elevato livello di automazione, in linea con quanto previsto dalle tematiche dell'Industria 4.0.
Programma	Il corso si compone di due parti principali: - Robotica (peso 3 CFU - Prof. Epicoco): Richiami di base di automazione, modellistica, analisi e controllo di sistemi dinamici e di robotica; Principali componenti meccanici, attuatori e sensori; Notazione di Denavit-Hartenberg; Richiami di cinematica diretta e inversa; Cinetostatica; Cinematica differenziale; Schema di controllo di un robot; Il Robotics System Toolbox di Matlab; Applicazioni in laboratorio: U FACTORY X-ARM. - Automazione Industriale e Ottimizzazione (peso 6 CFU - Prof.ssa Tresca): introduzione alla modellistica matematica per l'ottimizzazione e fasi di costruzione di un modello; Formulazione del <i>Motion Planning</i> vincolato e problema dello zaino (<i>Knapsack Problem</i>); Geometria della programmazione lineare, convessità, risoluzione grafica e casi limite; Il metodo del simplesso, soluzioni ammissibili di base (BFS), gestione della degenerazione e applicazione della Regola di Bland; Programmazione Lineare Intera (ILP) e Mista-Intera (MILP), modellazione logica tramite variabili binarie, rilassamento continuo e algoritmo di <i>Branch and Bound</i>; Tecniche di accelerazione e applicazioni industriali di MILP a problemi di <i>scheduling</i>, <i>task assignment</i> e pianificazione della produzione; Teoria dei grafi applicata alla logistica, problemi di cammino minimo (<i>Shortest Path</i>), flusso massimo e albero di copertura minimo; Gestione progetti tramite metodi PERT/CPM, individuazione del cammino critico e ottimizzazione tempi-costi (<i>Crashing</i>); Modellizzazione geometrica e cinematica per il <i>Motion Planning</i> non lineare di robot manipolatori e veicoli autonomi (AGV/AMR); Algoritmi di ottimizzazione euristica e metaeuristiche (Algoritmi Genetici, PSO, Ricerca Locale) per il <i>Vehicle Routing</i> e la gestione di flotte in magazzini automatizzati; Fondamenti di controllo ottimo a tempo discreto e continuo, indici di prestazione quadratici e Regolatore Lineare Quadratico (LQR); Model Predictive Control (MPC), principio dell'orizzonte calante (<i>Receding Horizon</i>), formulazione matematica come problema di Programmazione Quadratica (QP) vincolata e gestione delle saturazioni degli attuatori.
Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento	- Lezioni frontali di teoria svolte sia in modalità classica (alla lavagna) sia attraverso l'utilizzo di presentazioni power point e proiezione di video dimostrativi; - Lezioni in modalità flipped classroom, con studio individuale e presentazione e discussione in aula di quanto appreso; - Esercitazioni numeriche e applicative svolte con le stesse modalità; - Attività relative all'applicazione della teoria a situazioni pratiche e casi di studio: proposizione di esercizi e problemi da svolgere in classe e/o project work da discutere collettivamente a fine corso;
Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento	La valutazione dell'apprendimento è finalizzata a verificare la piena comprensione degli argomenti trattati durante il corso e a valutare l'autonomia di giudizio da parte degli studenti e prevede una prova scritta della durata di circa 1 ora nella quale saranno presenti 2/3 esercizi pratici e 3-4 domande di carattere teorico metodologico. Agli studenti frequentanti (partecipazione ad almeno il 70% delle lezioni), è data la possibilità di sostituire la prova scritta con un project work singolo o in gruppo (massimo 4 partecipanti, in relazione alla complessità del lavoro trattato) che verrà discusso durante una prova orale congiuntamente a 2-3 domande di carattere teorico.



Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi. Lo svolgimento del project work consentirà, a chi ha conseguito almeno la votazione di 18/30, di aumentare la votazione conseguita fino ad un massimo di 3 punti, attribuiti in base al livello di difficoltà dell'argomento trattato, al numero di partecipanti al gruppo di lavoro, e alla capacità di presentarlo e discuterlo con senso critico da parte di ciascuno studente. L'attribuzione della lode sarà valutata in base al livello di approfondimento dei temi affrontati durante la prova orale e l'eventuale project work per gli studenti che abbiano già raggiunto la valutazione complessiva di 30/30.
Propedeuticità	Non sono presenti propedeuticità.
Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato	Verranno rese disponibili le slides del corso utilizzate a lezione ed eventuale materiale aggiuntivo (link a video dimostrativi, brochure aziendali, articoli scientifici, materiale presentato durante i seminari organizzati, ...). Il libro di testo di riferimento è il seguente: - G. Legnani, I. Fassi, "Robotica Industriale: Modellazione, pianificazione, controllo, programmazione, componentistica, normativa e sicurezza", CittàStudi Edizioni, 2019. Per approfondimenti sugli argomenti di robotica è consigliato il seguente testo: - B. Siciliano, L. Sciacvico, L. Villani, G. Oriolo, "Robotica. Modellistica, pianificazione e controllo", McGraw Hill, 2008. Per approfondimenti sui concetti di controllo è consigliato il seguente testo: - P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, "Fondamenti di controlli automatici", McGraw Hill, 2015.