



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>SCUOLA</b>	SCUOLA POLITECNICA
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2017/2018
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2019/2020
<b>CORSO DILAUREA</b>	INGEGNERIA CIBERNETICA
<b>INSEGNAMENTO</b>	FONDAMENTI DI ROBOTICA
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	B
<b>AMBITO</b>	50285-Ingegneria dell'automazione
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	19177
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ING-INF/04
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	FAGIOLINI ADRIANO      Ricercatore      Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	144
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	81
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	3
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	1° semestre
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>FAGIOLINI ADRIANO</b> Giovedì    15:30    18:00    Ufficio docente, Edificio 10, DEIM

<p><b>PREREQUISITI</b></p>	<p>Conoscenze di base di Fisica (Meccanica ed Elettromagnetismo), di Calcolo vettoriale, di Teoria dei Sistemi e/o di Controlli Automatici.</p>
<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Conoscenza e capacita' di comprensione (knowledge and understanding):</b> Il corso e' rivolto principalmente ad allievi della laurea triennale in Ingegneria Cibernetica. Lo studente acquisira' conoscenze relative alla modellistica di sistemi fisici descritti da modelli matematici non lineari, a quella di sistemi distribuiti costituiti da piu' sottosistemi interagenti, e all'analisi di stabilita' degli equilibri e delle traiettorie per tali sistemi. Egli acquisira' inoltre la capacita' di comprendere ed astrarre le proprieta' essenziali per una corretta descrizione del modello dinamico dei suddetti sistemi.</li>   <li>• <b>Conoscenza e capacita' di comprensione applicate (applied knowledge and understanding):</b> Lo studente acquisira' le conoscenze relative alle caratteristiche essenziali dei sistemi robotici mobili, sara' in grado di individuare le relazioni ed i vincoli cinematici esistenti fra le variabili di stato dei suddetti, ed acquisira' le metodologie per la corretta formulazione dei rispettivi modelli dinamici non lineari. Egli sara' inoltre in grado di applicare e sfruttare le tecniche di analisi della stabilita' degli equilibri alla validazione di algoritmi e di sistemi di controllo del movimento, che consentono di evitare ostacoli presenti nell'ambiente in cui il robot si muove, oppure di stabilire e mantenere la formazione desiderata da parte di una squadra di robot cooperanti.</li>   <li>• <b>Autonomia di giudizio (independent judgement)</b> A partire dalla descrizione di un contesto applicativo, nell'ambito del quale si rende necessario l'impiego di un sistema robotico mobile, lo studente sara' in grado di individuare le relative problematiche e definire i requisiti del sistema stesso. Egli sara' inoltre capace di valutare, in completa autonomia, l'effettiva bonta' del sistema scelto e, eventualmente, di intraprendere le necessarie azioni correttive per il raggiungimento dello scopo richiesto.</li>   <li>• <b>Abilita' comunicative (communication skill)</b> Lo studente sara' capace di collaborare con colleghi del proprio corso di laurea, con colleghi di altri corsi, con esperti e con utilizzatori finali di sistemi robotici mobili. Egli, da un lato, sapra' esporre a questi, in modo chiaro e sintetico, i requisiti, i problemi ed i vantaggi che derivano dall'utilizzo di un robot mobile, e dall'altro, sapra' comprendere le specifiche di natura multidisciplinare che i colleghi o gli utenti finali potranno richiedere.</li>   <li>• <b>Capacita' di apprendere (learning skill)</b> Il corso si pone l'obiettivo di fornire allo studente le nozioni di base per la modellazione, l'analisi, la simulazione ed il controllo delle principali piattaforme robotiche mobili oggi disponibili, ma anche di stimolare l'interesse dello studente per l'approccio di tipo sistematico, utilizzato nella trattazione dei vari argomenti oggetto del corso stesso. Lo studente raggiungera' cosi' la capacita' di risolvere problemi analoghi a quelli affrontati, anche riguardanti architetture robotiche e algoritmi di controllo per veicoli o velivoli non trattati nel corso.</li> </ul>
<p><b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b></p>	<p>Prova scritta e prova orale.</p> <p>La prova scritta semi-strutturata della durata di 3 ore, tendente ad accertare il possesso delle abilita', capacita' e competenze previste. Gli stimoli, ben definiti, chiari e unicamente interpretabili, permettono di formulare autonomamente la risposta e sono strutturati in modo da consentirne la confrontabilita'. La loro struttura prevede: a) risposte secche, b) risposte aperte che rispettino vincoli tali da renderle confrontabili con criteri di correzione predeterminati. La prova orale tende ad accertare le capacita' espressive e il corretto uso del gergo tecnico relativo ai sistemi robotici, nonche' la conoscenza degli argomenti trattati durante le lezioni. Tale valutazione e' generalmente ottenuta attraverso 3 domande di diversa complessita' che possono spaziare sull'intero programma.</p>
<p><b>OBIETTIVI FORMATIVI</b></p>	<p>Il principale obiettivo formativo del corso e' lo studio dei sistemi robotici mobili (terrestri o aerei) e di quelli a base fissa, e del loro impiego in vari contesti applicativi del settore industriale e di quello dei servizi. Tale obiettivo e' raggiunto, in primo luogo, attraverso la trattazione dei modelli matematici non lineari, degli strumenti teorici che ne consentono l'analisi, e di alcune tecniche di base per il controllo degli stessi. Tali strumenti sono poi applicati allo studio del comportamento dinamico dei robot mobili maggiormente usati oggi, ed al controllo del moto degli stessi in presenza di sotto-attuazione e vincoli anolonomi. Infine, attraverso la definizione di procedure e metodologie per la</p>

	pianificazione delle traiettorie, vengono descritti quei sistemi che consentono l'uso di veicoli o velivoli autonomi, per applicazioni caratterizzate da ambienti strutturati o non.
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni, esercitazioni e laboratorio. Il corso e' organizzato in due moduli. Gli obiettivi formativi del primo modulo sono quelli di fornire allo studente gli strumenti teorici per lo studio delle proprieta' dei sistemi dinamici non lineari e per la formulazione di schemi di controllo non lineare, in condizioni di conoscenza del modello nominale di alcuni sistemi robotici mobili. Inoltre, il corso ha l'obiettivo di far conoscere allo studente gli strumenti software, principalmente Matlab/Simulink, per la simulazione dei sistemi dinamici e per la realizzazione di essi attraverso schede elettroniche per la prototipazione rapida. Per quanto concerne il secondo modulo, gli obiettivi sono quelli di fornire allo studente conoscenze tecnologiche di base nel campo della robotica industriale. Illustrare le principali problematiche legate all'impiego dei robot in ambito industriale. Permettere allo studente di acquisire competenze nell'utilizzo e nella programmazione di robot.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispense fornite dal docente</li> <li>• L. Sciavicco, B. Siciliano, L. Villani, G. Oriolo, Robotica, McGraw-Hill, 3 a edizione, 2008</li> <li>• Hassan K. Khalil , Nonlinear Systems, 3° edizione, Prentice Hall.</li> <li>• Siegwart, Nourbakhsh, Introduction to Autonomous Mobile Robots, MIT Press, 2010.</li> </ul>

### PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Introduzione alla robotica mobile. Applicazioni industriali e nell'ambito dei servizi. Tipologie di locomozione. Ambienti strutturati ed ambienti sconosciuti. Localizzazione odometrica ed esterna. Sensori. Cooperazione multi-robot
9	Forme di stato non lineari. Stabilita' degli equilibri. Metodi diretto ed indiretto di Lyapunov. Forme quadratiche e definitezza in segno. Velocita' di convergenza. Globale asintotica stabilita, funzioni radialmente illimitate e teorema di Barbashin-Krasowskii. Metodo del gradiente variabile. Concetti di base sulla tecnica di controllo basata su funzione di Lyapunov.
9	Robot mobili su ruote. Struttura meccanica. Anolonomia. Modelli cinematici. Forme canoniche. Modelli dinamici. Tecniche di controllo per il moto punto-punto, per l'inseguimento di percorsi e per quello di traiettorie.
9	Robot aerei. Struttura meccanica. Sotto-attuazione. Modelli dinamici. Tecniche di controllo lineari per la regolazione dell'assetto e della posizione. Hovering.
9	Sistemi robotici distribuiti. Richiami alla teoria dei grafi. Cooperazione mediante scambio di messaggi. Algoritmi di coordinamento per squadre di robot. Il problema del rendez-vous. Il problema della copertura e del pattugliamento. Grafi di Gabriel. Partizioni di Voronoi.
12	Cinematica dei robot, matrice di rotazione, composizione di matrici di rotazione, angoli di Eulero, rappresentazione asse/angolo, trasformazione omogenea, cinematica diretta, cinematica di strutture tipiche di manipolazione, spazio dei giunti e spazio operativo, calibrazione cinematica, problema cinematico inverso
12	Cinematica differenziale, jacobiano geometrico, jacobiano di strutture tipiche di manipolazione, singolarita' cinematiche, analisi dalla ridondanza, inversione della cinematica differenziale, jacobiano analitico, algoritmi per l'inversione cinematica, statica (determinazione delle coppie ai giunti dovute al contatto), ellissoidi di manipolabilita.

ORE	Esercitazioni
4	Analisi della stabilita' degli equilibri per sistemi del secondo e terzo ordine, mediante metodo diretto di Lyapunov e metodo del gradiente variabile.
4	Stabilizzazione del sistema costituito da un pendolo inverso su carrello, mediante linearizzazione approssimata e mediante tecnica di controllo alla Lyapunov. Simulazione in ambiente Matlab/Simulink e confronto qualitativo delle prestazioni dei due corrispondenti sistemi controllati
5	Analisi della stabilita' di robot mobili su ruote con sistema di controllo basato sui rispettivi modelli cinematici. Realizzazione e simulazione in ambiente Matlab/Simulink.
4	Analisi della stabilita' delle traiettorie per sistemi multi-robot controllati attraverso algoritmi distribuiti per il rendez-vous e per il controllo di formazione. Realizzazione e simulazione in ambiente Matlab/Simulink.
6	Esercitazioni su cinematica diretta e cinematica inversa.
3	Esercitazione sulla cinematica differenziale.