



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2019/2020
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2021/2022
CORSO DILAUREA	INGEGNERIA CIBERNETICA
INSEGNAMENTO	FONDAMENTI DI ROBOTICA
TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50285-Ingegneria dell'automazione
CODICE INSEGNAMENTO	19177
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-INF/04
DOCENTE RESPONSABILE	FAGIOLINI ADRIANO Professore Associato Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	144
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	81
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	3
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	FAGIOLINI ADRIANO Martedì 16:00 20:00 - Edificio 10, Viale delle Scienze, Ufficio Docente- Canale Teams

PREREQUISITI	Conoscenze di base di Fisica (Meccanica ed Elettromagnetismo), di Calcolo vettoriale e matriciale (proprietà fondamentali delle matrici, traccia, determinante, autovalori), di Teoria dei Sistemi (forma di stato, ingressi, uscite, funzione di trasferimento) e di Controlli Automatici (semplici reti compensatrici con azioni proporzionali, integrali e derivate).
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	- Conoscenza e Comprensione Il corso e' rivolto principalmente a studenti di una laurea triennale in Ingegneria Cibernetica. Gli studenti acquisiranno la capacita' di astrarre le proprieta' essenziali di un sistema fisico non lineare e distribuito, costituito da piu' sottosistemi interagenti. Gli studenti impareranno inoltre come studiare la stabilita' dei diversi equilibri di un sistema dinamico non lineare; - Conoscenza e capacita' di comprensione applicate: Gli studenti saranno in grado di individuare le relazioni ed i vincoli cinematici esistenti fra le variabili di stato di un sistema dinamico non lineare ed apprenderanno le metodologie per la formulazione dei rispettivi modelli. Gli studenti saranno in grado di applicare 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; - Autonomia di giudizio Sulla base del contesto applicativo nel quale e' necessario l'impiego di un sistema robotico mobile, gli studenti sapranno individuare le relative problematiche e definire i requisiti del sistema stesso, e sapranno valutare autonomamente la bonta' del sistema scelto; - Abilita' comunicative Gli studenti acquisiranno la capacita' di collaborare con colleghi del proprio corso di laurea, di altri corsi e con esperti ed utilizzatori finali di sistemi robotici mobili. Sapranno, da un lato, esporre chiaramente e sinteticamente i requisiti, i problemi ed i vantaggi che derivano dall'utilizzo di un robot mobile, e dall'altro, sapranno comprendere le specifiche multidisciplinari che i colleghi o gli utenti finali potranno richiedere; - Capacita' di apprendere 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.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	Prova scritta e prova orale. La prova scritta semi-strutturata della durata di 3 ore, tendente ad accertare il possesso delle abilita', capacita' e competenze previste. 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. La valutazione si basa sui seguenti criteri: a) eccellente (30 - 30 e lode): ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprieta' di linguaggio, buona capacita' analitica, lo studente e' in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti; b) molto buono (26 - 29): buona padronanza degli argomenti, piena proprieta' di linguaggio, lo studente e' in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti; c) buono (24 - 25): conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprieta' di linguaggio, con limitata capacita' di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti; d) soddisfacente (21 - 23): non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprieta' di linguaggio, scarsa capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite; e) sufficiente (18 - 20): minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima o nulla capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite f) insufficiente: non possiede una conoscenza minima accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento.
OBIETTIVI FORMATIVI	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

	anonomi. Infine, attraverso la definizione di procedure e metodologie per la pianificazione delle traiettorie, vengono descritti quei sistemi che consentono l'uso di veicoli o velivoli autonomi, per applicazioni caratterizzate da ambienti strutturati o non.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	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.
TESTI CONSIGLIATI	• Dispense fornite dal docente • L. Scivacco, B. Siciliano, L. Villani, G. Oriolo, Robotica, McGraw-Hill, 3 a edizione, 2008 • Hassan K. Khalil , Nonlinear Systems, 3° edizione, Prentice Hall. • Siegwart, Nourbakhsh, Introduction to Autonomous Mobile Robots, MIT Press, 2010.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
6	Introduzione alla robotica. Applicazioni industriali e nell'ambito dei servizi. Tipologie di robot e locomozione. Ambienti strutturati ed ambienti sconosciuti. Localizzazione odometrica ed esterna. Cooperazione multi-robot. Interazione sicura uomo-macchina.
12	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.
14	Robot mobili su ruote. Sistemi anonomi e forme canoniche. Veicoli unicycle (modelli cinematici e dinamici, tecniche di controllo per il moto punto-punto, per l'allineamento su percorsi e per l'inseguimento di traiettorie), Veicoli car-like (modelli cinematici con riferimento anteriore e posteriore, trazione anteriore e posteriore, tecniche di controllo per l'allineamento su percorsi rettilinei o a curvatura costante).
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
10	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
6	Analisi della stabilita' degli equilibri per sistemi del secondo e terzo ordine, mediante metodo diretto di Lyapunov e metodo del gradiente variabile.
6	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.
6	Esercitazioni su cinematica diretta e cinematica inversa.
4	Esercitazione sulla cinematica differenziale.