



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA ELETTRONICA E
INFORMATICA

Corso di laurea magistrale in Automation Engineering and
Control of Complex Systems

Anno accademico 2020/2021 - 2° anno

COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS AND BIOROBOTICS

12 CFU - 1° semestre

Docenti titolari dell'insegnamento

MATTIA FRASCA - Modulo COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS - ING-INF/04 - 6 CFU

Email: mattia.frasca@dieei.unict.it

Edificio / Indirizzo: Polifunzionale

Telefono: 0957382342

Orario ricevimento: Lun 15.00-17.00

PAOLO PIETRO ARENA - Modulo BIOROBOTICS - ING-INF/04 - 6 CFU

Email: parena@dieei.unict.it

Edificio / Indirizzo: Ed. Polifunzionale - Viale A. Doria,6, 95125

Telefono: 0957382322

Orario ricevimento: Lu-Gi 8.30-10

OBIETTIVI FORMATIVI

▪ COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS

Conoscere i principali metodi di analisi di un sistema complesso adattativo

Conoscere i principali metodi di controllo di un sistema complesso adattativo

Saper analizzare semplici circuiti e sistemi non lineari con capacità adattative

▪ BIOROBOTICS

Il corso riguarda le principali linee guida per comprendere, progettare e realizzare circuiti e sistemi non lineari bioispirati con capacità adattive. Esso comprende una parte sperimentale software/hardware di laboratorio. Il corso comprende inoltre le linee guida relative alla progettazione e realizzazione di modelli di neuro-controllo per robot biologicamente ispirati. Gli obiettivi formativi del corso si inquadrano, all'interno del corso di laurea in Automation engineering, sia in termini di acquisizione di competenze specifiche nell'ambito dell'analisi e del progetto di sistemi dinamici non lineari di tipo neurale, sia tramite competenze emergenti nell'ambito del controllo di dinamiche complesse applicate alla movimentazione; gli aspetti rilevanti riguardano altresì la capacità di progettare e realizzare sistemi adattativi e di apprendimento per macchine innovative di tipo percettivo ispirate al cervello di alcuni esseri viventi presi come organismi-modello.

Qualora l'insegnamento venisse impartito in modalità mista o a distanza, a seguito dell'attuale

stato di emergenza sanitaria, potranno essere introdotte le necessarie variazioni rispetto a quanto riportato nel syllabus, al fine di rispettare il programma previsto.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

▪ **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

Lezioni frontali e esercitazioni

Qualora l'insegnamento venisse impartito in modalità mista o a distanza potranno essere introdotte le necessarie variazioni rispetto a quanto dichiarato in precedenza, al fine di rispettare il programma previsto e riportato nel syllabus

▪ **BIROBOTICS**

Lezioni frontali; esercitazioni e dimostrazioni con ausilio di strumenti multimediali, laboratorio

Frontal lessons; exercises and demonstrations with the aid of multimedia tools, laboratory

PREREQUISITI RICHIESTI

▪ **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

The knowledge of the main system theory topics and automatic control techniques is required. Basics of electronic circuit theory suitably helps the students.

▪ **BIROBOTICS**

Si richiede un corso di base di Teoria dei Sistemi e di Controlli Automatici

A basic course of System Theory and Automatic Control is required.

FREQUENZA LEZIONI

▪ **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

Frequency is not strictly needed, but highly recommended.

▪ **BIROBOTICS**

La frequenza non è espressamente richiesta, ma altamente raccomandata.

Frequency is not strictly needed, but highly recommended

CONTENUTI DEL CORSO

▪ **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

Fundamentals of nonlinear dynamical systems. Design of adaptive circuits based on nonlinear devices.

- 1) Fundamentals of nonlinear dynamical systems: continuous-time systems
- 2) Theory of elementary bifurcations for continuous-time systems
- 3) Discrete-time dynamical systems: logistic map and bifurcations
- 4) Equilibrium points, limit cycles, strange attractors
- 5) Oscillations in second-order nonlinear circuits
- 6) Chaotic systems
- 7) Distributed systems, Cellular Neural Networks and reaction-diffusion systems
- 8) Design of nonlinear systems
- 9) Complex networks: analysis and control

▪ **BIROBOTICS**

Introduzione alla Biorobotica e agli aspetti interdisciplinari; studio approfondito delle dinamiche non lineari nei sistemi neurali biologici; modellistica del neurone biologico e studio nel piano delle fasi; modelli delle sinapsi e della loro modulazione; modelli computazionalmente efficienti delle reti neurali artificiali e biologiche; esempi di simulazione in riferimento a casi di studio. Paradigmi neurali biologici per la generazione ed il controllo di sistemi di locomozione; il Generatore Centrale di Pattern (CPG) ed il controllo decentralizzato: studio approfondito e confronti in relazione ad animali presi come riferimento; implementazione dei paradigmi di controllo della locomozione tramite sistemi e circuiti non lineari (implementazione analogica e digitale); studio di esempi reali di robot biologicamente ispirati, controllati da modelli di reti neurali biologiche (implementazione di dinamiche ondulatorie “worm-like”, implementazione di reti CPG e controllori decentralizzati su robot esapodi, quadrupedi e bipedi). Il ruolo dei sistemi dinamici complessi nella modellistica e nel controllo di dinamiche percettive, con applicazione alla biorobotica: studio di dinamiche complesse per il controllo di sistemi percettivi per la biorobotica. Verso il modello computazionale del cervello di un robot insettoide.

TESTI DI RIFERIMENTO

▪ **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

1. S. H. Strogatz, *Nonlinear dynamics and chaos*, Westview Press; 2nd edition (July 29, 2014)
2. A. Buscarino, L. Fortuna, M. Frasca, *Essentials of Nonlinear Circuit Dynamics with MATLAB® and Laboratory Experiments*, CRC Press, 2017
3. V. Latora, V. Nicosia, G. Russo, *Complex Networks: Principles, Methods and Applications*, Cambridge University Press, 2017

▪ **BIROBOTICS**

1. “Neuronal Control of Locomotion: From Mollusc to Man”, G. N. Orlovsky, T. G. Deliagina and S. Grillner;
2. “Dynamical Systems, Wave-Based Computation and Neuro-Inspired Robots”, P. Arena ed.

ALTRO MATERIALE DIDATTICO

▪ **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

Further eventual materials will be posted through studium

▪ **BIROBOTICS**

Piattaforma Studium

PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS

Argomenti	Riferimenti testi
1 Fundamentals of nonlinear dynamical systems: continuous-time systems	1-2
2 Theory of elementary bifurcations for continuous-time systems	1-2
3 Discrete-time dynamical systems: logistic map and bifurcations	1-2
4 Equilibrium points, limit cycles, strange attractors	1-2
5 Oscillations in second-order nonlinear circuits	2
6 Chaotic systems	1-2
7 Distributed systems, Cellular Neural Networks and reaction-diffusion systems	2
8 Design of nonlinear systems	2
9 Complex networks: analysis and control	2-3

BIROBOTICS

Argomenti	Riferimenti testi
1 Introduction to Biorobotics and to its interdisciplinary aspects; detailed study on nonlinear dynamics in biological neural systems	dispense
2 biological neuron model and phase space analysis, models of synapses and of their modulation;	Dispense del docente
3 computational models for biological neural networks; simulation examples referring to cases of study;	Dispense del docente
4 biological neural paradigms for the generation and control of locomotion patterns: the Central Pattern Generator (CPG) and the decentralised control	Libro 1
5 implementation of the locomotion control paradigms through nonlinear circuits and systems (analog and digital implementation),	libro 2

6	examples of bio inspired robots controlled by models of biological neural networks: implementation of undulatory worm-like locomotion patterns,	libro 2; dispense
7	implementation of CPG networks and decentralised controllers on hexapod, quadruped and biped robots.	libro 2; dispense
8	The role of complex dynamics in modelling and control of perceptual systems for biorobotic applications. Toward an insect brain computational model.	dispense

VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

▪ **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

Esame orale e tesina facoltativa/Oral examination and optional course project

La verifica dell'apprendimento potrà essere effettuata anche per via telematica, qualora le condizioni lo dovessero richiedere

Learning assessment may also be carried out on line, should the conditions require it.

▪ **BIROBOTICS**

E' prevista una prova orale e la discussione di una tesina facoltativa, svolta prevalentemente durante il periodo di lezione

Il colloquio orale verterà sulla discussione della eventuale tesina svolta dallo studente; seguiranno delle domande sui contenuti del corso. La valutazione verrà formulata sulla base della qualità del lavoro di tesina (se presentato) o sulla pertinenza, capacità espressiva e rigore metodologico utilizzato dallo studente durante l'esposizione. La valutazione verrà effettuata in maniera organica, assieme al docente responsabile del modulo di Complex Adaptive Systems.

La verifica dell'apprendimento potrà essere effettuata anche per via telematica, qualora le condizioni lo dovessero richiedere.

In ogni caso, Il docente è disponibile anche a incontri di ricevimento in modalità telematica, previo appuntamento.

There will be an oral test and the discussion of an optional work, carried out by the students mainly during the lesson period The oral examination will focus on the discussion of any thesis carried out by the student, followed by questions about the course contents. The evaluation will be formulated on the basis of the quality of the student work (if presented) or on the relevance, expressive ability and methodological rigor used by the student during the presentation. The evaluation will be carried out in an organic way, together with the teacher responsible for the Complex Adaptive Systems module. Verification of learning can also be carried out in remote connection, should the conditions require it. In any case, the teacher is also available for online reception meetings, by appointment.

ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

- **COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

All topics of the course may be discussed in the examination

Il docente è disponibile anche a incontri di ricevimento in modalità telematica, previo appuntamento/The teacher is also available for online discussion. In this case please send an email to fix an appointment

- **BIROBOTICS**

Generatore centrale di pattern; modellistica e controllo della locomozione; dinamiche neurali; algoritmi di apprendimento in reti neurali biologiche;

Central Pattern Generator; locomotion modeling and control; neural dynamics; learning algorithms in biological networks
