



**D**IPARTIMENTO DI **I**NGEGNERIA **E**LETTRICA E **T**ECNOLOGIE DELL'**I**NFORMAZIONE  
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA BIOMEDICA**  
**Il anno I Semestre**

**Esame: Modelli Per la Previsione e  
l'Ottimizzazione (6 CFU)**

**Prof. Stefania Santini**

## ➤ Obiettivi formativi

- Introdurre gli studenti ai fondamenti dell'analisi, sintesi ed identificazione di modelli matematici e al loro utilizzo per la predizione del comportamento dinamico di sistemi lineari e non-lineari in ambito biomedico.
- Presentare metodologie sistematiche per costruire modelli formali a partire dai dati e dalle informazioni disponibili su una grande varietà di fenomeni naturali o artificiali in ambito biologico e biomedico.
- Acquisire la capacità di descrivere, analizzare e predire, sia con una strumentazione matematica semplice e intuitiva, sia attraverso la piattaforma di simulazione Matlab/Simulink, i fenomeni di interesse.

## ➤ Programma insegnamento

La prima parte del corso è dedicata a introdurre le metodologie per la costruzione di modelli dinamici di fenomeni di interesse nell'ingegneria biomedica attraverso la presentazione di modelli esemplari.

La seconda parte tratta dell'analisi del comportamento dinamico di tali modelli, siano essi lineari e non-lineari, attraverso strumenti sia matematici che di simulazione avanzata.

La terza parte del corso si concentra sulle tecniche di predizione del comportamento dinamico dei sistemi a partire dai dati, sia attraverso la costruzione e l'identificazione di modelli black-box (ARMA e ARMAX), sia attraverso la sintesi di osservatori di stato.

## ➤ Breve descrizione dei singoli argomenti trattati

Metodologie per la costruzione di modelli dinamici di fenomeni di interesse nell'ingegneria biomedica attraverso la presentazione di modelli esemplari:

- Introduzione ai modelli lineari e non-lineari.
- Modellistica dei sistemi biologici microscopici (modelli di reazioni metaboliche; modelli di reazioni complesse, circuiti genetici, etc..).
- Modellistica dei sistemi biologici macroscopici (modelli di ecosistemi a più specie interagenti; modelli di sviluppo/estinzione di specie, modelli epidemiologici, etc..).
- Simulazione dei sistemi dinamici lineari e non-lineari in ambito biologico con l'ausilio di Matlab/Simulink.

## ➤ Breve descrizione dei singoli argomenti trattati

Analisi del comportamento dinamico di tali modelli, siano essi lineari e non-lineari, attraverso strumenti sia matematici che di simulazione avanzata:

- Analisi di stabilità dei punti di equilibrio (Lyapunov) e soluzione periodiche.
- Analisi delle traiettorie del sistema nel piano delle fasi (Teorema di Poincarè-Bendixon).
- Esempi di analisi (lineare e non-lineare) di modelli di interesse in ambito biologico e biomedico.
- Utilizzo di Matlab/Simulink per l'analisi di sistemi in ambito biologico e biomedico.

## ➤ Breve descrizione dei singoli argomenti trattati

Tecniche e algoritmi di predizione del comportamento dinamico dei sistemi a partire dai dati:

- Sintesi e identificazione di modelli ARMA e ARMAX (predittori ad un passo).
- Metodi di ottimizzazione (minimi quadrati e algoritmi genetici).
- Il concetto di retroazione (feedback) con esempi in ambito biomedico.
- Sintesi di Osservatori di stato (osservatore di Luemberger).
- Applicazione delle tecniche di predizione in ambito biologico e biomedico.
- Uso della piattaforma Matlab/Simulink per l'identificazione e l'ottimizzazione.
- Esempi di costruzione di algoritmi predittivi in Simulink.

## ➤ Eventuali conoscenze di base pregresse

- Fondamenti di sistemi dinamici

*Si sottolinea che nel corso delle attività formative previste verranno sempre di volta in volta richiamati tutti i concetti di base necessari per una comprensione agevole ed efficace degli argomenti del Corso*

## ➤ Modalità di svolgimento dell'esame ed indicazione del materiale didattico

- *Modalità di svolgimento dell'esame*: Prova scritta seguita da accertamento orale che prevede discussione di un progetto di gruppo assegnato durante il corso da svolgere con l'ausilio della piattaforma simulativa Matlab/Simulink.
- *Reperibilità* : mercoledì dalle 15:00 alle 17:00, presso lo studio del docente al 2 piano della palazzina 3/A, sita nel plesso di via Claudio, stanza 2.20.
- *Materiale didattico* :  
Slides del corso (<https://www.docenti.unina.it/stefania.santini>) ;  
Libri di testo:
  1. Mathematical Modeling in Systems Biology, Brian P. Ingalls, MIT Press, 2013.
  2. Sistemi dinamici: modellistica, dinamica e controllo, L. Benvenuti, A. De Santis e L. Farina, MaC-Graw Hill Education, 2009.



## ➤ Utilità e applicabilità delle conoscenze acquisite al mondo del lavoro

Gli ambiti professionali tipici per il laureato magistrale in Ingegneria Biomedica sono quelli dell'innovazione, dello sviluppo, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi in ambito sanitario.

In quest'ottica il corso fornisce competenze sulla progettazione, implementazione software e utilizzo di algoritmi predittivi avanzati per la diagnostica e la terapia sfruttabili nel contesto della nuova sanità digitale (ad es. predizione tramite dati epigenetici).

Tirocini extra-moenia presso aziende che operano nel mondo dei servizi per la Sanità Digitale ed in connessione con strutture sanitarie.