



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2014/2015

## IDENTIFICAZIONE DEI MODELLI E ANALISI DEI DATI B

<b>Anno immatricolazione</b>	2012/2013
<b>Anno offerta</b>	2014/2015
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ING-INF/04 (AUTOMATICA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA
<b>Curriculum</b>	INFORMATICA
<b>Anno di corso</b>	3°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (02/03/2015 - 12/06/2015)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	45 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	DE NICOLAO GIUSEPPE - 6 CFU
<b>Prerequisiti</b>	Nozioni base di teoria degli insiemi, logica, nozione di limite, derivata e integrale, massimizzazione di funzioni di una o più variabili.
<b>Obiettivi formativi</b>	Conoscenza delle nozioni di base di: teoria della stima (stima a massima verosimiglianza, stima a posteriori); identificazione di modelli mediante reti neurali; processi casuali (media, autocovarianza, densità spettrale di potenza, predizione ottima); identificazione di modelli ARMAX. Capacità di risolvere problemi di identificazione e predizione a partire dalla formalizzazione del problema di identificazione fino all'uso di strumenti informatici per stimare i parametri ed effettuare simulazioni.
<b>Programma e contenuti</b>	La teoria dell'identificazione raggruppa un insieme di metodologie che consentono di costruire modelli matematici di sistemi e segnali a partire dalla rilevazione di dati sperimentali. In presenza di sistemi complessi il cui comportamento è difficilmente riconducibile a leggi note, il ricorso a

tecniche di identificazione è spesso l'unico modo per ottenere modelli matematici da usare per la previsione, la simulazione e il controllo. I metodi presentati nel corso sono largamente applicati in settori eterogenei quali i controlli automatici, l'econometria, l'idrologia, la bioingegneria, la geofisica e le telecomunicazioni. Vengono richiamate alcune nozioni fondamentali di probabilità, teoria della stima e processi casuali. Vengono anche presentate le principali proprietà (stabilità e relazioni ingresso-uscita nel dominio del tempo e delle frequenze) dei sistemi lineari a tempo discreto. Nell'ambito dell'identificazione parametrica, ampio spazio è dedicato alla validazione dei modelli e alla scelta della loro complessità. Vengono anche illustrati e discussi alcuni metodi di identificazione basati sull'uso di reti neurali, analizzando vantaggi e svantaggi rispetto alle tecniche di identificazione tradizionali. Lo studio dei modelli dinamici affronta tre argomenti principali: la predizione ottima di processi casuali stazionari (filtraggio alla Wiener), l'identificazione di sistemi dinamici a tempo discreto e la stima spettrale (sia non parametrica che a massima entropia).

Fondamenti di calcolo delle probabilità:

nozione di probabilità;  
indipendenza statistica, probabilità condizionata, teorema della probabilità totale e di Bayes;  
prove di Bernoulli, eventi di Poisson;  
nozione di variabile casuale (V.C.), funzione di distribuzione e densità di probabilità, funzioni di V.C.;  
moda, mediana e momenti di una V.C.,  
V.C. congiunte: distribuzione, densità, momenti, indipendenza, incorrelazione, funzioni di V.C. congiunte;  
legge dei grandi numeri, V.C. gaussiane, teorema fondamentale della convergenza stocastica.

Fondamenti di statistica:

Nozione di stimatore, proprietà degli stimatori;  
momenti campionari e loro proprietà principali  
intervalli di confidenza per la media campionaria, la V.C. "t di Student"

Identificazione di modelli lineari nei parametri

Il metodo dei minimi quadrati, equazioni normali, identificabilità;  
Best Linear Unbiased Estimator: stimatore, varianza dei parametri;  
Validazione e scelta della complessità: test chi quadrato, test F, criteri FPE, AIC, MDL.

Teoria della stima:

il criterio della massima verosimiglianza: proprietà ed esempi;  
stima "a posteriori": stimatore di Bayes;  
crossvalidazione, effetti della complessità dei modelli su polarizzazione e varianza;  
identificazione di modelli non lineari nei parametri.

Identificazione mediante reti neurali:

reti neurali a base radiale;  
reti di perceptroni;  
generalizzazione, overfitting, dimensionamento delle reti.

Processi casuali e predizione ottima:

media, autocorrelazione, autocovarianza, indipendenza, incorrelazione;  
rumore bianco, passeggiata casuale, processi MA, AR, ARMA,  
equazioni di Yule-Walker;  
stazionarietà, densità spettrale di potenza, stima spettrale non  
parametrica;  
teorema della fattorizzazione spettrale, predittore ottimo.

Identificazione di modelli dinamici:

modelli a errore di uscita, ARX, ARMAX;  
l'approccio predittivo all'identificazione;  
stima ai minimi quadrati di modelli ARX: analisi probabilistica,  
persistente eccitazione.

**Metodi didattici**

Lezioni (ore/anno in aula): 75  
Esercitazioni (ore/anno in aula): 25  
Attività pratiche (ore/anno in aula): 8

**Testi di riferimento**

A. Papoulis. Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill.  
M. Bramanti. Calcolo delle probabilità e statistica. Esculapio.  
T. Söderstrom, P. Stoica. . System identification. Prentice-Hall.

**Modalità verifica  
apprendimento**

Esame scritto

**Altre informazioni**

Esame scritto

**Obiettivi Agenda 2030 per lo  
sviluppo sostenibile**

[Sbl legenda sviluppo sostenibile](#)