



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Matematica Numerica per il Machine Learning

2223-1-F4001Q110

---

#### Obiettivi

In coerenza con gli obiettivi formativi del Corso di Studio, in questo insegnamento vengono fornite agli studenti le conoscenze riguardanti alcune teorie matematiche e numeriche che stanno alla base del Machine Learning.

L'implementazione dei metodi avverrà utilizzando Python e/o l'ambiente di calcolo MATLAB (fornito dall'Ateneo con licenza individuale per tutti gli studenti). Alla fine del corso, con i codici sviluppati lo studente acquisirà l'abilità di implementare algoritmi elementari di Machine Learning e di comprendere parte della matematica dietro gli algoritmi.

#### Contenuti sintetici

- Formulazione matematica di problemi di regressione "generalizzati"
- Classificazione
- Reti Neurali
- Apprendimento e allenamento delle Reti Neurali

#### Programma esteso

##### Formulazione matematica di problemi di regressione "generalizzati"

- Richiami di Calcolo delle Probabilità
- Regressione Lineare. Model assessment e selezione: Minimizzazione Empirica, Spazio delle ipotesi, Scambio Bias-Varianza;
- Reproducing Kernel Hilbert Spaces (RKHS), Regolarizzazione, Interpretazione Bayesiana.

## Classificazione

- Strumenti di algebra lineare numerica: Singular value decomposition (SVD) a approssimazione low rank;
- Principal Component Analysis (PCA) e Kernel extension;
- Introduzione alla Linear Discriminant Analysis (LDA). Non-negative Matrix Factorization (NMF);
- Support Vector Machine (SVM) e Kernel Extension, Image mining, classificatori Tree based, Tree regression.

## Reti Neurali

- Motivazione e Definizione. Rappresentazione Matematica (Neuroni, Reti Neurali Artificiali, Reti Neurali Artificiali Feedforward)
- Proprietà di Approssimazione, Approssimazione Universale, Classi di Regolarità, Generative Adversarial Network

## Apprendimento e allenamento delle Reti Neurali

- Apprendimento delle Reti Neurali: Motivazione, Regressione/Classificazione;
- Ottimizzazione Numerica: Funzioni Loss , back propagation;
- Metodi di Discesa del Gradiente, Metodi Stochastic di Discesa del Gradiente, metodi del gradiente accelerati, metodi del secondo ordine, ottimizzazione e regolarizzazione vincolata (L2 , L1 , sparsa);
- Going Deep: Deep Learning. Vantaggi e Svantaggi. Regolarizzazione, Reti Neurali Convoluzionali.

## Laboratorio:

Implementazione in MATLAB e/o in Python di:

- Reti neurali Feed Forward
- Algoritmo di Back Propagation
- Metodo di discesa del Gradiente Stocastico  
Applicazioni al riconoscimento di immagini artificiali e naturali  
Utilizzo di toolbox MATLAB e/o Python per:
- Reti neurali convoluzionali

## Prerequisiti

Gli insegnamenti di matematica di base del corso di Laurea Triennale in Matematica.

## Modalità didattica

Lezioni e Laboratorio Informatico (8 CFU)

## Materiale didattico

Il materiale didattico sarà fornito dai docenti durante il corso.

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

2° semestre

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame è diviso in due parti:

- scrittura e presentazione di un progetto;
- esame orale.

Il voto è in trentesimi. L'esame si considera superato solo in entrambe le parti viene conseguita la sufficienza (18/30); le due parti concorrono in egual misura alla votazione finale.

Il progetto valuta l'abilità dello studente a risolvere problemi o affrontare argomenti nuovi utilizzando gli strumenti teorici e i codici sviluppati durante il corso. Viene incoraggiato il lavoro di gruppo (max 3 studenti) e premiata la qualità dell'esposizione.

Nella prova (orale o scritta) viene valutata la conoscenza e **comprensione** delle definizioni, dei risultati delle dimostrazioni e degli algoritmi presentati in aula, con particolare rilievo riguardo al rigore delle argomentazioni. Verranno inoltre valutate la competenza e la padronanza della materia richiedendo di individuare gli aspetti essenziali degli argomenti esposti.

Sono previsti 5 appelli d'esame (giugno, luglio, settembre, gennaio, febbraio).

## Orario di ricevimento

Su appuntamento.

## Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÀ

---