



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## COURSE SYLLABUS

### Advanced Foundations of Mathematics for AI

2425-1-F9102Q001

---

#### Obiettivi

Il corso si propone di fornire i fondamenti matematici per gli algoritmi di ottimizzazione e di manipolazione dei dati che sono abitualmente usati nell'ambito dell'intelligenza artificiale. Vengono presentate alcune applicazioni, in modo che gli studenti siano in grado di risolvere problemi di ottimizzazione vincolata e non vincolata, analizzare i dati tramite tecniche di riduzione di dimensionalità e trasformate di Fourier, mentre la parte teorica costituirà una solida base per comprendere e padroneggiare le tecniche analoghe, più recenti, che vengono continuamente sviluppate in questo campo.

#### Contenuti sintetici

Il corso consiste di una parte teorica ed una di esercitazioni. La parte teorica comincerà dal richiamare i concetti di base di algebra lineare e di calcolo vettoriale che sono richiesti, per poi coprire gli argomenti dell'ottimizzazione (in particolare, l'ottimizzazione convessa), delle tecniche di riduzione di dimensionalità e delle trasformate di Fourier. Nelle esercitazioni sono forniti esempi di problemi collegati ed applicazioni.

#### Programma esteso

- Algebra lineare: autovalori, autovettori, diagonalizzazione e teorema spettrale. Matrici definite positive, decomposizione ai valori singolari.
- Trasformata e serie di Fourier: serie di Fourier per le funzioni periodiche, trasformata di Fourier di segnali continui e discreti. Definizioni e proprietà elementari, inversione e differenziazione, convoluzioni.
- Calcolo vettoriale: derivate parziali, differenziale, matrice Jacobiana, matrice Hessiana, teorema di Taylor.
- Ottimizzazione: punti critici non vincolati e caratterizzazione attraverso la matrice Hessiana, metodi di discesa del gradiente e di Newton. Teorema della funzione implicita, punti critici vincolati, moltiplicatori di

Lagrange.

- Ottimizzazione convessa: insiemi convessi, funzioni convesse. Coniugato convesso.
- Problemi di ottimizzazione convessa: definizioni, casi notevoli, dualità e condizioni di dualità forte e ottimalità.
- Tecniche di riduzione di dimensionalità lineari e nonlineari: proiettori lineari, analisi delle componenti principali, analisi delle componenti indipendenti, analisi delle componenti principali con metodo kernel.

## **Prerequisiti**

Fondamenti di analisi matematica: derivate, integrali, serie numeriche. Fondamenti di algebra lineare: spazi vettoriali ed applicazioni lineari, rappresentazione matriciale.

## **Modalità didattica**

Lezioni ed esercitazioni, per un totale di 56 ore, con alternanza di esercizi e spiegazioni all'interno di ciascuna lezione. Le lezioni saranno svolte in presenza, in modalità erogativa, e la presenza è caldamente raccomandata.

## **Materiale didattico**

M. P. Deisenroth, A. A. Faisal, C. S. Ong, Mathematics for Machine Learning, Cambridge University Press (2020).  
Note fornite dal docente.

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

Primo semestre.

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

L'esame è individuale e consiste di una parte scritta ed una orale. Nello scritto viene valutata l'abilità nell'applicare le nozioni matematiche alla soluzione di esercizi e problemi. In alternativa alla prova scritta si prevedono due prove in itinere scritte. L'esame orale si concentra, invece, sullo stabilire la conoscenza delle nozioni matematiche e sulla capacità di esprimerle in una maniera adeguata, oltre che sul determinare la comprensione dei processi deduttivi che legano gli oggetti matematici.

## **Orario di ricevimento**

Su appuntamento tramite email.

Ufficio: 3022, Università di Milano-Bicocca, Dipartimento di Matematica e Applicazioni, Via Roberto Cozzi 55 -

20125 Milano  
Edificio U5-Ratio.  
Email: alberto.maiocchi@unimib.it

## **Sustainable Development Goals**

ISTRUZIONE DI QUALITÀ | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | CITTÀ E COMUNITÀ  
SOSTENIBILI

---