



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Data Science e Modelli Statistici per il Trattamento dei Dati Non Strutturati

1920-3-E4102B076

---

#### Obiettivi formativi

Introdurre gli studenti alle moderne tecniche statistiche di classificazione non-supervisionata e riduzione della dimensionalità dei dati, con particolare enfasi su:

1. L'unità della struttura concettuale del problema e il legame tra questa e le tecniche statistiche.
2. La struttura logica e matematica sottostante gli algoritmi.
3. Le differenze e le diverse caratteristiche delle tecniche e degli algoritmi, con il relativo riflesso sui criteri di utilizzo nell'analisi dei dati.
4. I limiti intrinseci degli algoritmi statistici

In sintesi, l'obiettivo è fornire agli studenti una conoscenza e una competenza allo stato dell'arte degli strumenti di classificazione non-supervisionata, insieme ad una comprensione profonda della struttura delle tecniche e ad una capacità critica per quanto riguarda il loro utilizzo, in termini di concettualizzazione del problema da affrontare, scelta degli algoritmi, loro implementazione e validazione, analisi e interpretazione dei risultati.

In tal modo, l'insegnamento permette l'acquisizione di solide basi per le applicazioni in campo demografico, socio-economico, biostatistico e, in generale, in tutti gli ambiti in cui devono essere analizzati sistemi complessi e multidimensionali di dati.

#### Contenuti sintetici

Il corso introduce e motiva il problema della classificazione non-supervisionata e della riduzione della dimensionalità, mostrandone le sue applicazioni ad ambiti concreti, richiama gli strumenti matematici di base,

principalmente algebrici, e illustra le principali tecniche e i principali algoritmi di classificazione/riduzione, sia di tipo lineare che non-lineare e sia per dati numerici che non-numerici e parzialmente ordinati. La spiegazione delle tecniche è supportata da numerosi esempi su dati reali o simulati e dall'illustrazione dei codici sw che ne permettono l'implementazione.

## Programma esteso

1. Il problema della classificazione non-supervisionata e della riduzione della dimensionalità dei dati: esempi di analisi di dati sociali, di dati economici e di dati provenienti da discipline umanistiche.

2. Richiami di algebra lineare: spazi vettoriali, prodotti scalari, proiezioni ortogonali, norme matriciali.

3. Tecniche di analisi lineari:

- Decomposizione a Valori Singolari (SVD) e suo legame con l'analisi delle Componenti Principali.
- Non-negative Matrix Factorization e suo confronto con SVD.
- Il lemma di Johnson-Lindenstrauss e la riduzione della dimensionalità a distorsione limitata: Proiezioni Casuali
- Multidimensional Scaling.

4. Tecniche non-lineari:

- Dati su varietà differenziabili: Isomap
- Self-organizing map (SOM)
- Entropia, divergenza di Kullback-Liebler e riduzione della dimensionalità: SNE e t-SNE

5. Dati parzialmente ordinati:

- Estrazione di ranking da dati multidimensionali

6. I limiti degli algoritmi statistici: il teorema "no-free lunch".

## Prerequisiti

Non sono formalmente previsti prerequisiti, ma è necessaria una competenza di base di algebra lineare, statistica descrittiva e analisi dei dati.

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali ed esercitazioni e simulazioni, mediante linguaggio R, condotte dal docente

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Esame orale, per verificare, la comprensione delle logiche di fondo delle metodologie studiate e la loro formalizzazione analitica.

La scelta di questa modalità di verifica è dettata da:

1. La tipologia di contenuti del corso, di natura metodologica.
2. L'importanza che gli studenti acquisiscano una capacità argomentativa e di organizzazione del pensiero e siano in grado di effettuare collegamenti analogici fra le parti del programma, sollecitati dalle domande del docente.

Non sono previste modalità alternative di esame per i non frequentanti, né prove in itinere.

## **Testi di riferimento**

Geometric Structure of High-Dimensional Data and Dimensionality Reduction, Wang J. - Springer 2012.

Methods of Multivariate Analysis, Rencher A. C., Wiley 2002

Introduction to Lattices and Order (second edition), Davey B.A., Priestley H. A., CUP 2002 (capitolo 1).

Dispense e articoli forniti dal docente

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

I semestre I ciclo

## **Lingua di insegnamento**

Italiano

---