

# R per l'analisi statistica multivariata

Introduzione al corso

**Tommaso Rigon**

**Università Milano-Bicocca**



# Struttura del corso

- L'insegnamento di **Analisi Statistica Multivariata** (ASM, 15 CFU) è articolato in 3 moduli.
  - **Modulo 1.** R per l'Analisi Statistica Multivariata (ASM-R, 3 CFU, I ciclo). **Docente:** prof. Tommaso Rigon.
  - **Modulo 2.** Analisi Esplorativa (ASM-AE, 6 CFU, II ciclo). **Docente:** prof. Aldo Solari.
  - **Modulo 3.** Modelli Statistici (ASM-MS, 6 CFU, III ciclo). **Docente:** prof. Bernardo Nipoti.
- 
- Il coordinatore del corso è il prof. Aldo Solari ([aldo.solari@unimib.it](mailto:aldo.solari@unimib.it)).

# Organizzazione del corso

- **Pagina e-learning:** <https://elearning.unimib.it/enrol/index.php?id=37030>
- **Pagina web** di **ASM** (15 CFU): <https://aldosolari.github.io/ASM/>
- **Pagina web** di **ASM-R** (3 CFU): <https://tommasorigon.github.io/introR/>
- **Pagina web** di **ASM-AE** (3 CFU): <https://aldosolari.github.io/AE/>
- Nella pagina web del corso potete trovare:
  - Ultimi avvisi
  - Materiale didattico da scaricare (slide, esercizi, etc.)
  - Modalità d'esame
  - Propedeuticità, regole del salto d'appello
  - Altro

- Questa attività formativa **deve essere preceduta** dal superamento e registrazione dei seguenti esami:
  - Algebra lineare;
  - Analisi Matematica I;
  - Calcolo delle Probabilità;
  - Statistica I.
- **Non è possibile iscriversi alle prove parziali** di R, AE, MS, senza aver prima registrato le attività formative sopra elencate.
- È tuttavia sempre **possibile frequentare** le lezioni.

# Registrazione del voto

- Il **voto finale** di ASM è determinato dalla **media** (ponderata con i rispettivi CFU) dei voti conseguiti nelle tre parti R, AE e MS (arrotondato all'intero più vicino).
- Il voto conseguito in ciascuna parte (R, AE e MS) rimane **valido per 4 anni**.
- Per poter registrare il voto di ASM, è necessario aver conseguito un voto sufficiente ( $\geq 18$ ) nelle prove di R, AE e MS ma anche **isciversi** all'appello di ASM.
- Quindi per registrare l'esame è necessario **isciversi all'appello** di ASM (15 CFU) ai fini della verbalizzazione.

# Salto d'appello

- In ottemperanza al Regolamento Didattico di Ateneo, per l'insegnamento ASM è previsto il **salto d'appello**.
- Per **motivi didattici**, agli studenti i quali nel primo appello della sessione Invernale ed Estiva consegnano un compito scritto, chiedendone la correzione, che palesa lacune tali da essere considerate non colmabili nel tempo che intercorre tra l'appello in questione ed il successivo, ovvero una **votazione inferiore a 9/30**.
- Per **motivi disciplinari**, agli studenti che durante gli esami scritti vengano sorpresi a **copiare**, a scambiare informazioni coi compagni, a riversare sull'elaborato informazioni provenienti da qualsiasi supporto di cui non è permesso l'utilizzo.
- Per **motivi organizzativi**, agli studenti che si **iscrivono** ripetutamente (3 volte consecutive) agli appelli **senza presentarsi**, senza effettuare la disiscrizione o avvisare per mail con adeguata motivazione per l'assenza.

- **Nome:** Tommaso Rigon
- **Email:** `tommaso.rigon@unimib.it`
- **Pagina personale:** `https://tommasorigon.github.io`
- **Ricevimento:** Martedì alle 17.30. Si prega di contattare il docente in anticipo.

## Testi di riferimento

- Albert, J. & M. Rizzo (2012). *R by Example*. Springer.

Link: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4614-1365-3.pdf>

- Robert, C. & G. Casella (2010). *Introducing Monte Carlo Methods with R*. Springer.

Link: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4419-1576-4.pdf>

## Testi di consultazione

- Il materiale didattico fornito sulla pagina web.

- Adler, J. (2012). *R in a nutshell*. O'Reilly.

- Golemund, G. & Wickham, H. (2016). *R for Data Science*. O'Reilly.

- Venables, W. N., Smith D. M. & the R Core Team (2021). *An Introduction to R*.

Link: <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>



# Analisi statistica multivariata

- L'analisi statistica multivariata riguarda l'**analisi congiunta** di **più variabili** misurate sul medesimo insieme di unità statistiche.
- Nei corsi precedenti (ad es. Statistica I), ci si è concentrati su una o due variabili alla volta. In contesti reali le variabili coinvolte sono quasi sempre ben più di 2.
- Il **modulo AE** è la naturale prosecuzione di un corso di statistica descrittiva, applicato al caso in cui le variabili sono più di 2.
- Il **modulo MS** estende e analizza nel dettaglio il **modello lineare**, nel caso in cui le variabili esplicative sono molte.
- Le tecniche per l'analisi di dati multivariati possono avere una natura descrittiva / esplorativa (AE) oppure inferenziale (MS).

## ASA Statement on the Role of Statistics in Data Science (2015)

While there is not yet a consensus on what precisely constitutes data science, three professional communities, all within computer science and/or statistics, are emerging as foundational to data science:

- Database Management enables transformation, conglomeration, and organization of data resources;
  - **Statistics** and Machine Learning convert **data into knowledge**;
  - Distributed and Parallel Systems provide the **computational infrastructure** to carry out data analysis.
- 
- È quindi chiaro che la statistica moderna non può prescindere dall'uso di software.
  - <https://magazine.amstat.org/blog/2015/10/01/asa-statement-on-the-role-of-statistics-in-data-science/>

- Un laureato/a in statistica che ambisce a fare carriera come statistico/a, non deve sottovalutare l'importanza degli aspetti informatici e computazionali.
- È sufficiente visitare **LinkedIn** o altri siti web simili, per verificare che la conoscenza di almeno un software di programmazione (R, Python, Julia, etc) è un requisito essenziale.
- Il **ruolo dello statistico** non è quello del programmatore. Lo statistico interviene principalmente per decidere **cosa fare** (analisi statistica) più che sul **come fare** (implementazione informatica).
- Il “cosa” ed il “come” sono concetti legati a doppio filo: lo statistico deve sapersi interfacciare con i programmatori, o perfino svolgere l'intero lavoro in autonomia.

# Annuncio di lavoro I

## Analytics Expert



McKinsey & Company  
Milan, Lombardy, Italy

6 days ago · 4 applicants



Full-time · Mid-Senior level



10,001+ employees · Management Consulting



Actively recruiting

Apply

Save

### Job description

#### Qualifications

- MBA or MS in Computer Science, Physics, Engineering, Applied Math, Quantitative social sciences or related field
- 8+ years of technical experience in predictive analytics, machine learning, optimization
- 2+ years of experiences from client facing position is a plus
- Strong understanding and background applying complex algorithms and logic to process data
- Proven experience extracting, importing, profiling, cleaning, standardization, transforming, converting, warehousing, archiving, and validating large complex sets of data
- Ability to apply and advise on state-of-the-art advanced analytic and quantitative tools and modeling techniques in order to derive business insights, solve complex business problems and improve decisions
- **Fluent in a number of the following technologies R, Python, Julia, SQL, Spark, Hadoop, Tensorflow, Amazon AWS**
- Strong communication skills, especially around breaking down complex structures into digestible and relevant points for a diverse set of clients and colleagues, at all levels
- Critical thinking and creative problem-solving skills
- Ability to influence and work in teams
- Strong desire to learn and develop, within a dynamic, self-led organization
- Willingness to travel and work also on international projects
- Fluency in English and Italian

# Annuncio di lavoro II

## Data Scientist



Coop Consorzio Nord Ovest  
Pieve Emanuele, Lombardy, Italy

1 day ago · 57 applicants



Full-time · Associate



201-500 employees · Supermarkets



Easy Apply

Save

### Job description

**Coop Consorzio Nord Ovest**, azienda della galassia Coop, leader nel mercato della GDO, ricerca per la sede di Pieve Emanuele (MI) una risorsa da inserire come **Data scientist**, a riporto diretto del Direttore generale:

#### Finalità del ruolo:

- Supportare le strategie aziendali e indirizzarle verso la transizione digitale.
- Contribuire ad identificare strategie e soluzioni per aumentare qualità, velocità ed affidabilità di accesso al dato.
- Essere tra i promotori di una cultura del dato all'interno dell'azienda.
- Progettare, implementare e gestire i processi di *Data management*.

#### Attività principali del ruolo:

- Utilizzare i dati per supportare ed orientare le strategie di business.
- Controllare gli indicatori statistici e favorire la *cluster analysis*.
- Sviluppare una reportistica a supporto dell'analisi stessa.
- Utilizzare i dati e le analisi effettuate per monitorare le azioni di marketing e quelle di business.
- Implementare i sistemi di *business analytics*.

#### Si richiede:

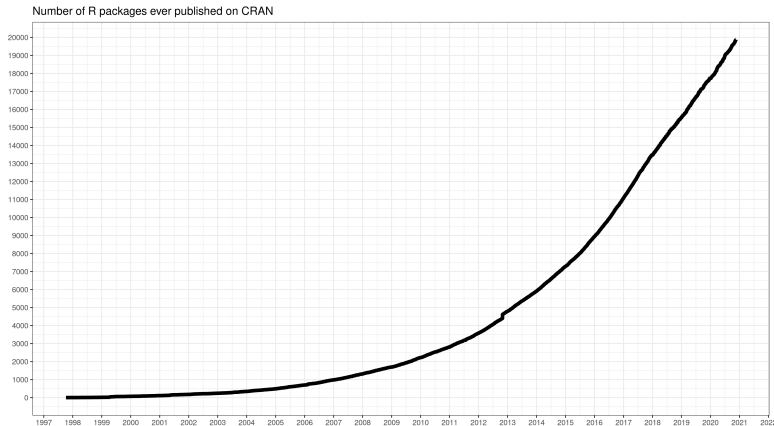
- Laurea in discipline tecnico-scientifiche.
- Esperienza pregressa con soluzioni *data warehouse*.
- Conoscenza approfondita di modelli e algoritmi matematico statistici.
- Conoscenza di strumenti di analisi e reportistica statistica.
- Buona conoscenza dei linguaggi di programmazione Python e R e delle principali librerie di analisi di dati e *machine learning*.
- Capacità di analisi ed individuazione dei fenomeni e dei KPI di controllo.
- Capacità di presentare i risultati in maniera sintetica e lineare.

- Il software **R** è contemporaneamente un **linguaggio di programmazione** ed un **software per l'analisi dei dati**.
- È distribuito gratuitamente dal gruppo **The R Project for Statistical Computing** (<http://www.r-project.org>).
- Un gruppo di ricercatori, l'**R Core Team**, costituito oggi da circa 20 membri, si occupa dei codici sorgente.
- Il software **R** è in continua evoluzione: dalla versione 0.64 si è giunti ad oggi (Agosto 2021) allo sviluppo della versione 4.1.1 (Kick Things).
- È previsto un aggiornamento semestrale in quanto il gruppo di sviluppatori rilascia una **major release** all'anno e una sua **patch** ogni 6 mesi.

# Perché proprio R?

- Perché si è deciso di usare **R** e non altri strumenti informatici, tra cui i linguaggi Python, Julia da un lato e i costosissimi software STATA, SAS, SPSS dall'altro?
- **R** è probabilmente il più popolare linguaggio di programmazione tra i **statistici e data scientist**. Esiste da più di 20 anni e può quindi contare su un'ampia base di supporto.
- **R** è open-source e **gratuito**.
- **R** è sviluppato **da statistici per gli statistici**. Non è quindi un software generalista riadattato per l'analisi dei dati, ma uno strumento con delle precise finalità statistiche.
- **R** è lo strumento primario per la **ricerca statistica**: tutte le volte che un nuovo metodo viene studiato, tendenzialmente viene pubblicato anche il corrispondente **pacchetto R**.

# Numero di pacchetti R pubblicati sul CRAN



- Il numero di pacchetti **R** disponibili sul CRAN (Comprehensive R Archive Network) continua a crescere **esponenzialmente**.



# Scaricare ed installare R

- Come menzionato, **R** è un software libero e viene distribuito con la licenza **GNU GPL**.
- Pertanto, per il download di **R** è sufficiente visitare il **Comprehensive R Archive Network** (<http://cran.r-project.org>), spesso abbreviato in **CRAN**.
- **R** è **multi-piattaforma**, ovvero disponibile per Windows, Mac e Linux:
  - Microsoft Windows: <http://cran.r-project.org/bin/windows/base/>
  - MacOS: <http://cran.r-project.org/bin/macosx/>
  - Linux: <http://cran.r-project.org/bin/linux/>
- **Nota**. Ovviamente, è fondamentale che installiate **R** sul vostro laptop personale, sia ai fini di questo corso che per gli esami successivi (non solo ASM!)

- **R** può essere utilizzato tramite linea di comando (R Console).
- **RStudio** (<http://www.rstudio.org>) è un software open-source separato da **R**, ma che grazie alla sua interfaccia intuitiva ne rende più agevole l'uso.
- RStudio è infatti un **IDE** (Integrated Development Environment).
- Anche RStudio è disponibile per differenti piattaforme (Windows, Mac, Linux).
- Per il download: <http://www.rstudio.com/products/rstudio/download/>
- L'uso di Rstudio è facoltativo, ma altamente raccomandato.

- Il **modulo R** è in larga misura una **revisione** di argomenti che dovrete già conoscere bene. Nello specifico, ci occuperemo di
  - Statistica descrittiva (Statistica I);
  - Calcolo delle probabilità;
  - Inferenza statistica (Statistica II).
- Al tempo stesso, il **modulo R** è un esame di **programmazione in R**.
- **Nota.** ASM-R non è una “introduzione” al software **R**. Lo scopo del corso è mostrare come risolvere **problemi statistici** reali disponendo di un **computer**.
- In altre parole, all'esame verranno valutati sia la **forma** (programmazione) che il **contenuto** (analisi statistica).

# Programma dettagliato

- Il corso ASM-R è costituito da 4 **macro-argomenti**.

## Introduzione ad R

- Concetti di base, elementi di programmazione, vettori, matrici, dataframes, funzioni.

## Statistica descrittiva

- Revisione degli argomenti di Statistica I usando R. Analisi descrittiva di un dataset.

## Calcolo delle probabilità

- Variabili aleatorie, numeri pseudo-casuali, applicazioni del metodo Monte Carlo.

## Inferenza statistica

- Metodi numerici per l'analisi di verosimiglianza.
- Metodi Monte Carlo per il calcolo delle proprietà di uno stimatore (distorsione, varianza, consistenza).

# Affrontare il corso

- Non è possibile imparare ad usare **R** semplicemente leggendo un libro o (peggio ancora) “studiando” dalle slides.
- Al contrario, la **pratica** è probabilmente ciò che determina la buona preparazione di uno studente.
- Un pessimo modo di impiegare il proprio tempo è tentare di memorizzare i comandi **R**.
- Viceversa, è importante svolgere il maggior numero possibile di **esercizi** sforzandosi di non guardare le soluzioni se non dopo aver provato a risolverlo.
- Nel caso aveste finito gli esercizi e aveste già risolto autonomamente la lista di esami precedenti, potete provare a risolvere in **R** gli esami delle altri corsi.

# Verso un uso di **R** moderno...

- Purtroppo, per ragioni di tempo, non affronteremo gli aspetti più **moderni** e recenti del software **R**. Alcuni importanti pacchetti sono menzionati nel seguito.
- Pacchetti `dplyr`, `tidyr`, `readr` facenti parte del cosiddetto `tidyverse`. Si tratta di strumenti estremamente efficienti per la manipolazioni di dataset.
- Pacchetto `ggplot2`. Rappresentazioni grafiche avanzate e di alta qualità, basate sul concetto di **grammar of graphics**.
- Pacchetto `shiny`. Strumenti per la creazione di siti web interattivi, in cui **R** rimane nel back-end.
- Un caso studio di Shiny: <http://bicocca-datalab.shinyapps.io/covid19/>