

STATISTICA E ANALISI DEI DATI

Capitolo 1 – Introduzione ad R

Dott. Stefano Cirillo
Dott. Luigi Di Biasi

a.a. 2025-2026

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Cos'è R?

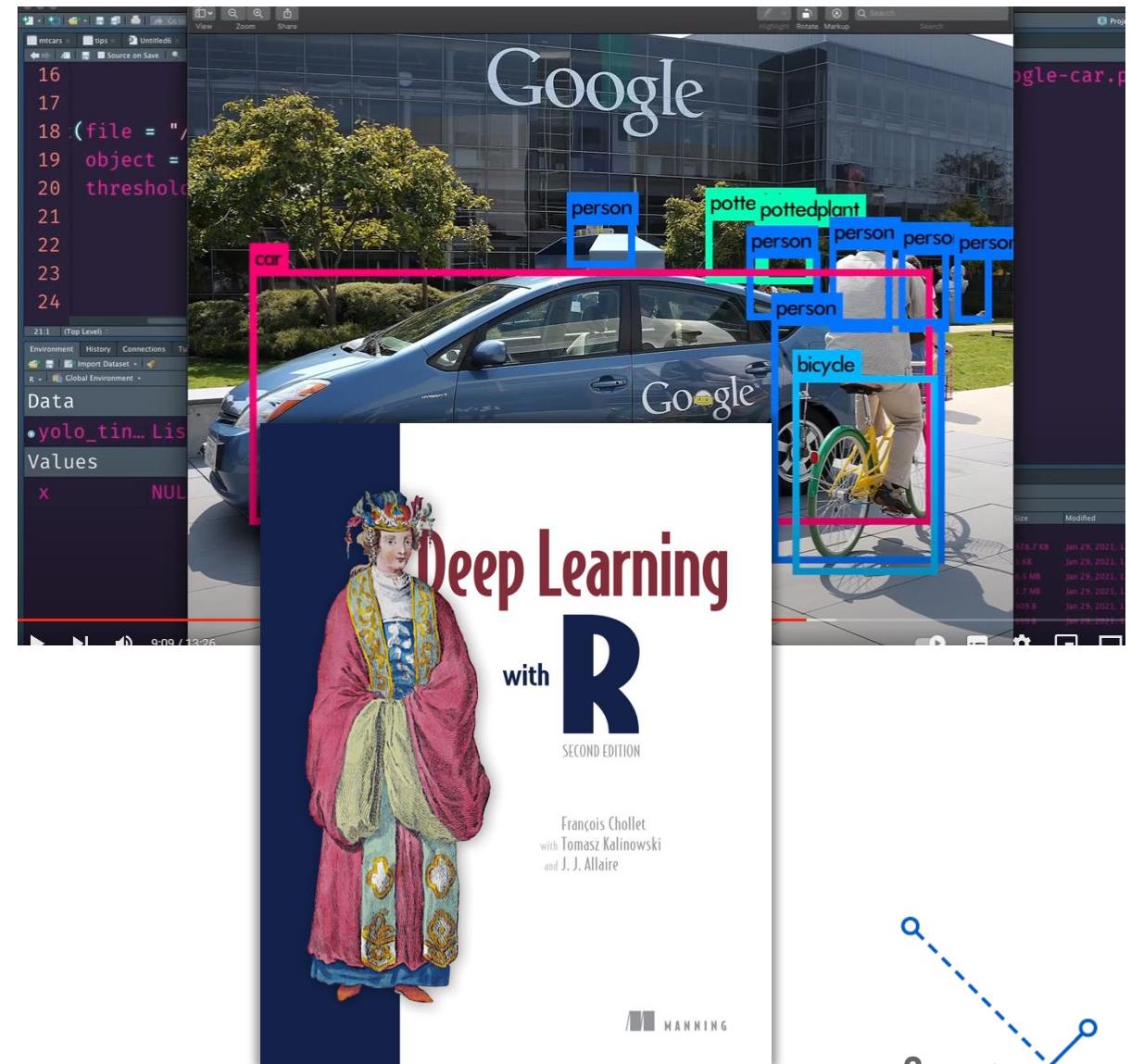
- R è sia **un linguaggio di programmazione** che un **software** che consente di **elaborare dati, usare strumenti statistici, eseguire calcoli e creare grafici** (e molto di più...).
- Dispone di un insieme di strumenti per:
 - il calcolo su **vettori, matrici, dataframe**;
 - manipolare dati per eseguire operazioni di preprocessing;
 - calcolare statistiche ed eseguire operazioni complesse;



L'AMBIENTE INTEGRATO R

Cos'è R?

- R è sia un **linguaggio di programmazione** che un **software** che consente di elaborare dati, usare strumenti statistici, eseguire calcoli e creare grafici (e molto di più...).
- Dispone di un insieme di strumenti per:
 - il calcolo su vettori, matrici, data frame;
 - manipolare dati per eseguire operazioni di preprocessing;
 - calcolare statistiche ed eseguire operazioni complesse;

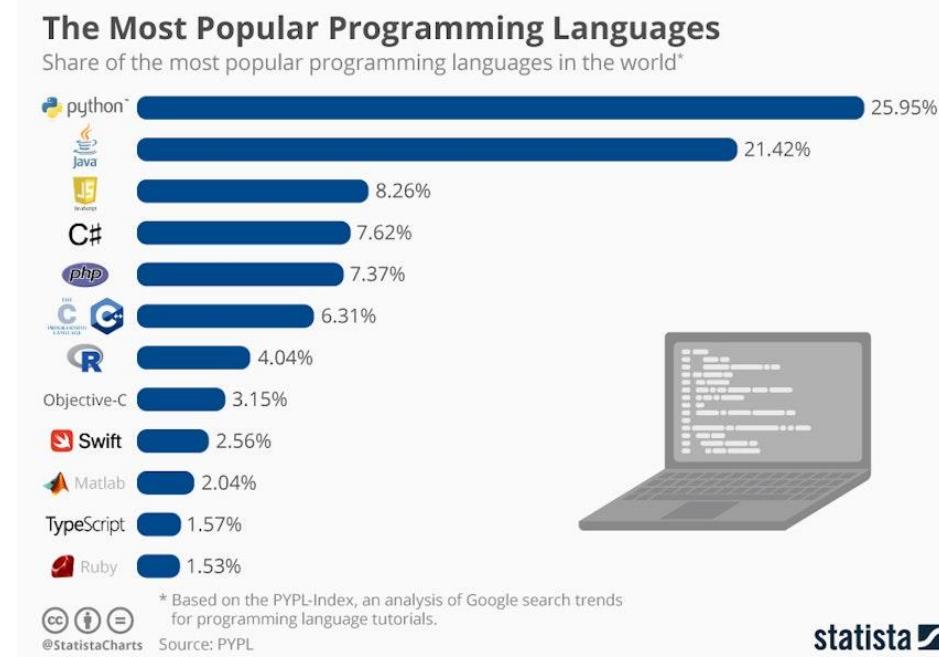


L'AMBIENTE INTEGRATO R

- I progressi della tecnologia hanno aperto la strada a strumenti di analisi dei dati sempre più potenti, sofisticati ed espansivi
- Esempi di tali strumenti includono soluzioni aziendali di IBM e SAP, nonché [alteryx](#), [Microsoft Power BI](#), [Tableau](#), [SAS](#) e [Google TensorFlow](#).
- Allo stesso tempo, la difficoltà di utilizzo di potenti linguaggi di programmazione come [R](#) e [Python](#) sono diminuite man mano che la diffusione di programmi educativi e corsi mirati all'insegnamento della programmazione sono cresciuti e la quantità di contenuti online gratuiti è aumentata [\[1\]](#)



[1] <https://rforhr.com/overviewR.html>



INTRODUZIONE - PERCHÉ R?

R **non è semplicemente un software statistico**: è un ambiente e un linguaggio di programmazione che consente di manipolare dati, eseguire calcoli matematici avanzati e scrivere funzioni

- R è distribuito liberamente sotto licenza GNU-GPL (General Public License)
- R è disponibile per diverse architetture e per i più comuni sistemi operativi: Windows, MacOS, Linux, Unix

Le origini

- 1996: viene sviluppata la **prima versione** da R. Gentleman e da R. Ihaka del Dipartimento di Statistica dell'Università di Auckland
- 1997-1999: insieme ad altri ricercatori (statistici ed informatici) viene costituito il gruppo principale di sviluppo (**R Development Core Team**)

INTRODUZIONE - PERCHÉ R?

- 2003: nasce la **R Foundation for Statistical Computing** organizzazione no-profit che si occupa di promuovere lo sviluppo e la diffusione, di fornire supporto legale per le questioni di copyright e di rappresentare un punto di riferimento per il mondo istituzionale, imprenditoriale e accademico
- 2004: l'Austrian Association for Statistical Computing organizza la prima di una **serie di conferenze internazionali** dedicate alla diffusione di nuove funzionalità e pacchetti di R e allo scambio di nuove idee e promozione di nuovi progetti
- 2006: nasce **Use-R** collana editoriale dedicata agli utenti di R dell'editore Springer
- Settembre 2025: viene rilasciata la versione R-4.5.1
 - Oggi la comunità di sviluppatori si è molto allargata e fornisce aggiornamenti ed implementazioni continuamente.
 - La filosofia di R è quella di un ambiente di sviluppo **aperto**, di libero utilizzo e dove chiunque può contribuire e condividere le proprie esperienze e applicazioni

VANTAGGI DI R

- R è un ambiente di programmazione interattivo potente e flessibile per il calcolo statistico e la ricerca
- R di per se non è difficile da imparare, ma come con qualsiasi nuova lingua (parlata o al computer) o linguaggio di programmazione, la curva di apprendimento iniziale può essere un po' ripida e un po' scoraggiante
- **Queste slide non sono destinate a coprire tutto ciò che c'è da sapere su R - sarebbe un compito impossibile!**
- Lo scopo principale è di aiutare a scalare la curva di apprendimento iniziale e di fornire le abilità di base e la sicurezza necessarie per l'uso statistico di R



VANTAGGI DI R

- Viene sviluppato seguendo la filosofia della programmazione **object-oriented**:
 - Di conseguenza è possibile estendere il linguaggio tramite la definizione di **nuove funzioni e concetti**.
- E' un linguaggio di programmazione **interpretato**:
 - il sistema è in grado di elaborare i comandi inseriti **immediatamente**, senza passare per un processo di compilazione.
- Inoltre è **multiplataforma**!

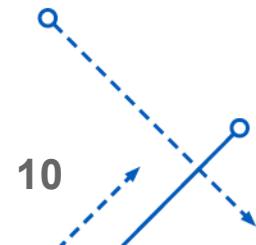


SVANTAGGI DI R

- **Prestazioni:**
 - R può essere inefficiente in termini di memoria e velocità, specialmente per l'elaborazione di grandi dataset. Non è il linguaggio più performante per operazioni intensive in termini di calcolo.
- **Curva di apprendimento:**
 - Per chi è abituato a linguaggi come Python, l'apprendimento di R può risultare inizialmente complesso, a causa della sua sintassi peculiare e del diverso paradigma di programmazione.
- **Gestione della memoria:**
 - Poiché R carica l'intero dataset in memoria (RAM), può risultare limitato nel gestire dataset molto grandi senza strumenti esterni come data.table o tecniche specifiche per la gestione della memoria.

SVANTAGGI DI R

- **Meno adatto per produzione:**
 - R non è comunemente usato per lo sviluppo di applicazioni software o in ambienti di produzione, rispetto a linguaggi come Python o Java.
- **Ecosistema frammentato:**
 - A volte esistono molteplici pacchetti che fanno la stessa cosa, creando confusione su quale sia il migliore da utilizzare. Alcuni pacchetti sono meno documentati rispetto ad altri.
- **Difficoltà con le operazioni non statistiche:**
 - Anche se eccelle nella statistica e nella manipolazione di dati, per compiti di sviluppo generale o per applicazioni al di fuori dell'analisi dati può risultare meno flessibile.



TESTI

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
Alzola+Harrell-Hmisc-Design-Intro.pdf	2006-09-25 04:45	2.2M	
Baggott-refcard-v2.pdf	2013-01-05 12:05	532K	
Barnier-intro_R.pdf	2013-09-13 08:50	1.4M	
Baron-rpsych.pdf	2003-09-09 13:42	230K	
Beasley-BioestatisticaUsandoR.pdf	2005-02-22 11:32	553K	
Beasley-BioestatisticaUsandoRDados.zip	2005-02-22 11:32	1.4K	
Biecek-R-basics.pdf	2008-08-20 16:43	1.8M	
Bliese_Multilevel.pdf	2022-03-14 10:55	1.1M	
Brotaux-Introduction-au-R.tar.gz	2002-06-05 15:13	107K	
Brotaux-Introduction-au-R.zip	2002-06-05 15:13	107K	
Burns-unwilling_S.pdf	2003-02-25 17:31	70K	
Charpentier_Dutang_actuarial_avec_R.pdf	2013-01-05 17:06	11M	
Chicana-Introduccion_al_uso_de_R.pdf	2014-05-12 18:40	3.8M	
CvicensiR1.pdf	2009-02-17 11:13	2.6M	
DellOmodarme-esercitazioni-R.pdf	2012-09-21 17:14	2.3M	
Ding-R-intro_cn.pdf	2006-07-12 14:17	1.0M	
Dormann+Kuehn_AngewandteStatistik.pdf	2010-05-30 17:21	2.4M	
Dudek_Procedury_R.zip	2009-04-16 14:51	151K	
Dudek_Spis_tresci_R.pdf	2009-04-16 14:51	532K	
Epicalc_Book.pdf	2008-04-24 11:10	2.4M	
Eschgfeller-mabbs-algoritmi.pdf	2005-03-25 01:25	3.7M	
Faraway-PRA.pdf	2002-07-23 13:07	1.0M	
Farnsworth-EconometricsInR.pdf	2008-10-27 12:09	460K	
Farnsworth-EconometricsInR.tgz	2008-10-27 12:09	68K	
Fondamenti-0405.pdf	2005-09-16 14:32	2.6M	
Frascati-FormularioStatisticaR.pdf	2008-10-17 11:23	2.4M	
Frascati-Rpackages.pdf	2006-10-16 14:16	161K	
FundamentalsOfProbAndMStatistics-Slovak.pdf	2010-05-17 20:59	761K	

- Sul sito ufficiale di R sono disponibili diversi manuali accessibili in modo gratuito di R
- I manuali sono disponibili in diverse lingue (tra cui italiano)

<https://cran.r-project.org/doc/contrib/>

Index of /doc

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
FAQ/	2024-09-24 11:02	-	
Rnews/	2024-02-25 16:33	-	
contrib/	2016-06-06 11:30	-	
html/	2003-11-25 19:30	-	
manuals/	2024-09-24 11:02	-	
misc/	2000-02-28 13:06	-	

Apache Server at cran.r-project.org Port 443

STATISTICA E ANALISI DEI DATI

Capitolo 1.1 – Installazione e Configurazione di R

Dott. Stefano Cirillo
Dott. Luigi Di Biasi

a.a. 2025-2026

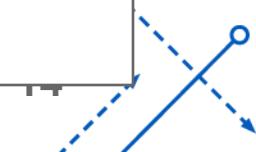
L'AMBIENTE INTEGRATO R

Dove si scarica?

- R è un software open source scaricabile gratuitamente sotto la licenza GPL (General Public License). Sul sito del progetto “The R Project for Statistical Computing”, <http://www.r-project.org/>, è possibile trovare ogni tipo di supporto per l'utilizzo di R.
- Inoltre dal sito di “The Comprehensive R Archive Network (CRAN)”, <http://cran.r-project.org/>, è possibile accedere ai numerosi mirror del CRAN per scaricare l'ultima versione di R.

Meanwhile...

Per chi ha la possibilità, potrebbe essere interessante eseguire il download di R durante questa introduzione.



INSTALLARE R

A screenshot of a Google search results page for the query "R". The top bar shows the URL: google.com/search?q=R&oq=R&aqs=chrome..69i57j35i39j69i60l3j69i65l3.2197j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8. Below the search bar, the Google logo is on the left, followed by the letter "R". To the right are icons for microphone and search. The main search result is for "The R Project for Statistical Computing", with the URL https://www.r-project.org. The snippet describes R as a free software environment for statistical computing and graphics, compatible with various platforms. It also notes a visit history entry. Below the snippet are two cards: one for "The Comprehensive R Archive ..." and another for "R-4.1.1 for Windows (32/64 bit)".

← → ⌂ google.com/search?q=R&oq=R&aqs=chrome..69i57j35i39j69i60l3j69i65l3.2197j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Google R

https://www.r-project.org ▾ Traduci questa pagina

The R Project for Statistical Computing

R is a free software environment for statistical computing and graphics. It compiles and runs on a wide variety of UNIX platforms, Windows and MacOS.

Hai visitato questa pagina molte volte. Ultima visita: 16/09/21

Risultati di r-project.org

The Comprehensive R Archive ... About R
CRAN is a network of ftp and web servers around the world that ...

R-4.1.1 for Windows (32/64 bit)
If you want to double-check that the package you have ...

CRAN - Mirrors
If you want to host a new mirror at your institution, please have a ...

oppure direttamente:

<https://www.r-project.org/>

INSTALLARE R

- Cliccare su CRAN (nel riquadro a sinistra) → Selezionare il Mirror (Italy - Padova o Milano)

Hungary

<https://cran.r-project.hu/>

Iceland

<https://cran.hafro.is/>

India

<https://cran.icts.res.in/>

<https://mirror.niser.ac.in/cran/>

Indonesia

<https://cran.usk.ac.id/>

Iran

<https://cran.um.ac.ir/>

Italy

<https://cran.mirror.garr.it/CRAN/>

<https://cran.stat.unipd.it/>

Japan

<https://ftp.yz.yamagata-u.ac.jp/pub/cran/>

Korea

<https://cran.yu.ac.kr/>

Mexico

<https://cran.itam.mx/>

Morocco

<https://mirror.marwan.ma/cran/>

Netherlands

<https://mirrors.evoluso.com/CRAN/>

<https://mirror.lyrahosting.com/CRAN/>

New Zealand

<https://cran.stat.auckland.ac.nz/>

Norway

<https://cran.uib.no/>

Portugal

<https://cran.radicaldevelop.com/>

Nandor Tamaskovics

Marine Research Institute

International Centre for Theoretical Sciences

National Institute of Science Education and Research (NISER)

Universitas Syiah Kuala

Ferdowsi University of Mashhad

Garr Mirror, Milano

University of Padua

Yamagata University

Yeungnam University

Instituto Tecnologico Autonomo de Mexico

MARWAN

Evoluso.com

Lyra Hosting

University of Auckland

University of Bergen

RadicalDevelop, Lda

INSTALLARE R

- Cliccare su CRAN (nel riquadro a sinistra) → Selezionare il Mirror (Italy - Padova o Milano)



CRAN

[Mirrors](#)

[What's new?](#)

[Search](#)

[CRAN Team](#)

[About R](#)

[R Homepage](#)

[The R Journal](#)

[Software](#)

[R Sources](#)

[R Binaries](#)

[Packages](#)

[Task Views](#)

[Other](#)

[Documentation](#)

[Manuals](#)

[FAQs](#)

[Contributed](#)

[Donations](#)

[Donate](#)

The Comprehensive R Archive Network

Download and Install R

Precompiled binary distributions of the base system and contributed packages, **Windows and Mac** users most likely want one of these versions of R:

- [Download R for Linux \(Debian, Fedora/Redhat, Ubuntu\)](#)
- [Download R for macOS](#)
- [Download R for Windows](#)

R is part of many Linux distributions, you should check with your Linux package management system in addition to the link above.

Source Code for all Platforms

Windows and Mac users most likely want to download the precompiled binaries listed in the upper box, not the source code. The sources have to be compiled before you can use them. If you do not know what this means, you probably do not want to do it!

- The latest release (2024-06-14, Race for Your Life) [R-4.4.1.tar.gz](#), read [what's new](#) in the latest version.
- The CRAN directory [src/base-prerelease](#) contains R alpha, beta, and rc releases as daily snapshots in time periods before a planned release.
- Between releases, the same directory [src/base-prerelease](#) contains snapshots of current patched and development versions. Please read about [new features and bug fixes](#) before filing corresponding feature requests or bug reports.
- Alternatively, daily snapshots are [available here](#).
- Source code of older versions of R is [available here](#).
- Contributed extension [packages](#).

1. Selezionare Download R for Windows (o Mac o Linux a seconda dell'OS) → Cliccare su **Base**
2. Cliccare su Download R version (**ultima release**)
3. Avviare il Download e installare seguendo la procedura guidata

R FOR MACOS

- Cliccare su 'Download and Install R'

R for macOS

This directory contains binaries for the base distribution and of R and packages to run on macOS. R and package binaries for R versions older than 4.0.0 are only available from the [CRAN archive](#) so users of such versions should adjust the CRAN mirror setting (<https://cran-archive.r-project.org>) accordingly.

Note: Although we take precautions when assembling binaries, please use the normal precautions with downloaded executables.

R 4.5.1 "Great Square Root" released on 2025/06/13

Please check the integrity of the downloaded package by checking the signature:

`pkgutil --check-signature R-4.5.1-arm64.pkg`

in the *Terminal* application. If Apple tools are not available you can check the SHA1 checksum of the downloaded image:

`openssl sha1 R-4.5.1-arm64.pkg`

Latest release:

For Apple silicon (M1,2,..) Macs:

[R-4.5.1-arm64.pkg](#)

SHA1-hash: 0db802fa0e544168794a6d648c73a48c2b51a5d
(ca. 97MB, notarized and signed)

For older Intel Macs:

[R-4.5.1-x86_64.pkg](#)

SHA1-hash: 5384a1b3458a28030fc043e64c113e3af40f4c58
(ca. 100MB, notarized and signed)

R 4.5.1 binary for macOS 11 (**Big Sur**) and higher, signed and notarized packages.

Contains R 4.5.1 framework, R.app GUI 1.82, Tcl/Tk 8.6.12 X11 libraries and Texinfo 6.8. The latter two components are optional and can be omitted when choosing "custom install", they are only needed if you want to use the `tcltk` R package or build package documentation from sources.

macOS Ventura users: there is a known bug in Ventura preventing installations from some locations without a prompt. If the installation fails, move the downloaded file away from the *Downloads* folder (e.g., to your home or Desktop).

Note: the use of X11 (including `tcltk`) requires [XQuartz](#) (version 2.8.5 or later). Always re-install XQuartz when upgrading your macOS to a new major version.

1. Selezionare il pacchetto [R-4.*.*-arm64.pkg](#)
2. Avviare il Download e installare seguendo la procedura guidata

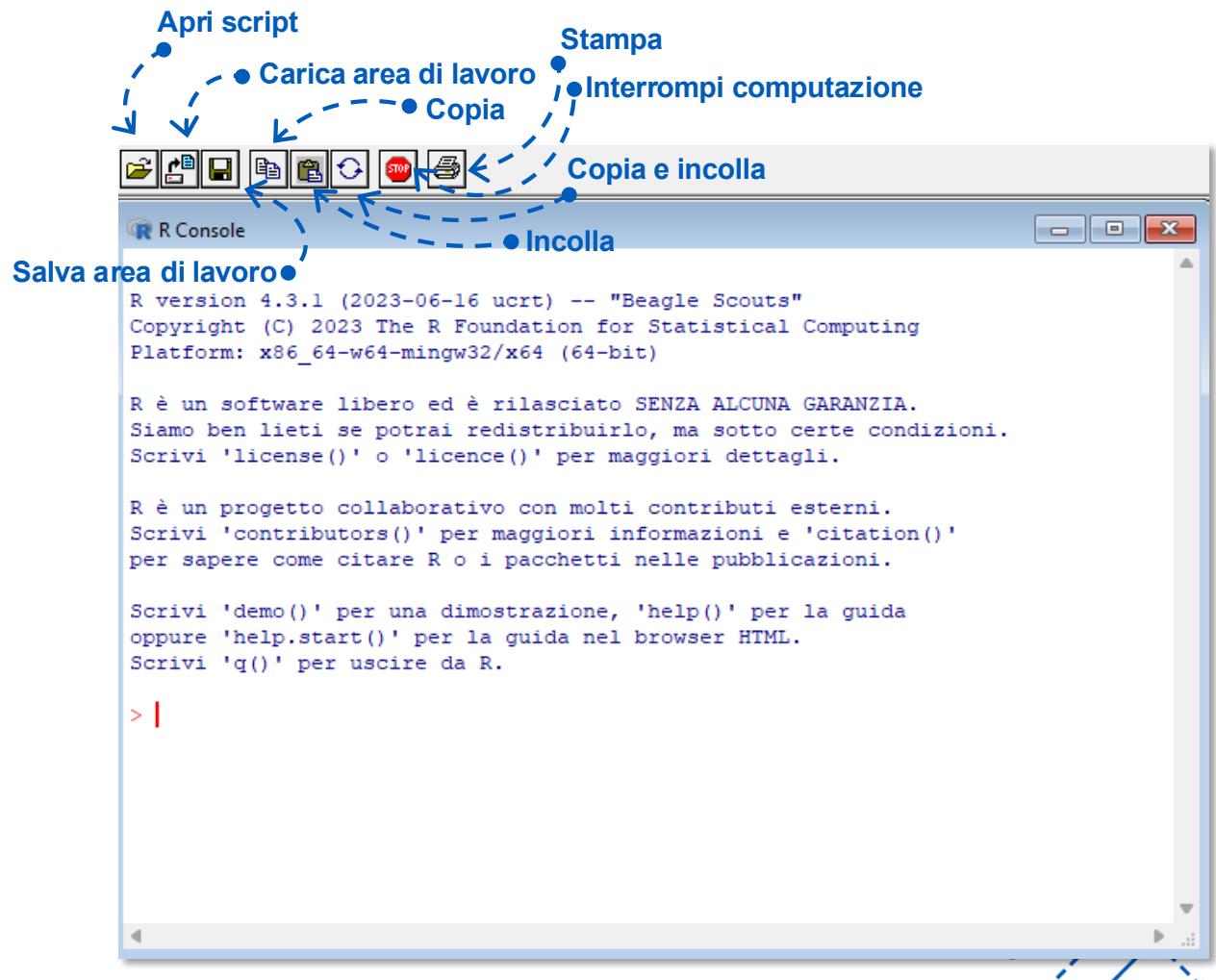
TERMINOLOGIA

- **Console**: finestra di lavoro che si apre all'avvio di R;
- **Workspace**: area di memoria (area di lavoro) che contiene tutti gli oggetti creati dall'utente;
- **Directory di lavoro**: cartella in cui salveremo il nostro lavoro e da cui importiamo i dati;
- **Script**: file di testo (blocco note, emacs, tex, doc ...) in cui si scrivono i comandi R che si eseguono in console:
 - indispensabile quando i codici sono lunghi
 - utile per eseguire le istruzioni senza scriverle nuovamente
 - chiarisce le idee

L'AMBIENTE INTEGRATO R

La console

- Così come in altri software simili (Matlab, Octave, Weka) la **console** è l'interfaccia principale di comunicazione tra utente e R.
 - Permette di interagire «direttamente» con il processore di comandi di R.
 - Permette l'accesso a tutte le funzionalità base (anche grafiche!);
 - Nel tempo sono state sviluppate delle IDE per semplificare lo sviluppo di script.



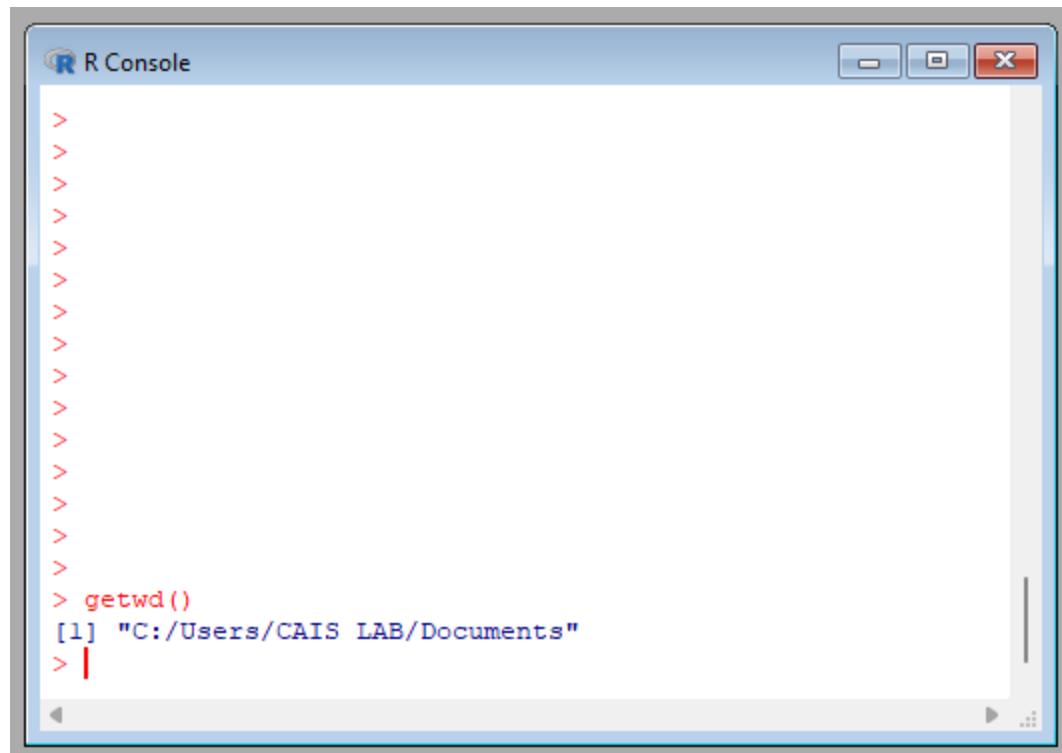
L'AMBIENTE INTEGRATO R

Il workspace

- L'area di lavoro di R (workspace) **è l'ambiente in cui R memorizza oggetti** come variabili, funzioni, dati e risultati durante una sessione.
- Può essere immaginata come una specie di "**memoria temporanea**" che contiene tutto ciò che è stato creato o caricato durante l'ultimo avvio di R.
- **L'area di lavoro può essere salvata e ricaricata** su un supporto di memorizzazione di massa e può essere «navigata» alla stregua di una «cartella».
- Le funzioni `ls()`, `getwd()` e `setwd()` permettono di «spostarsi» tra aree di lavoro diverse.

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Il workspace

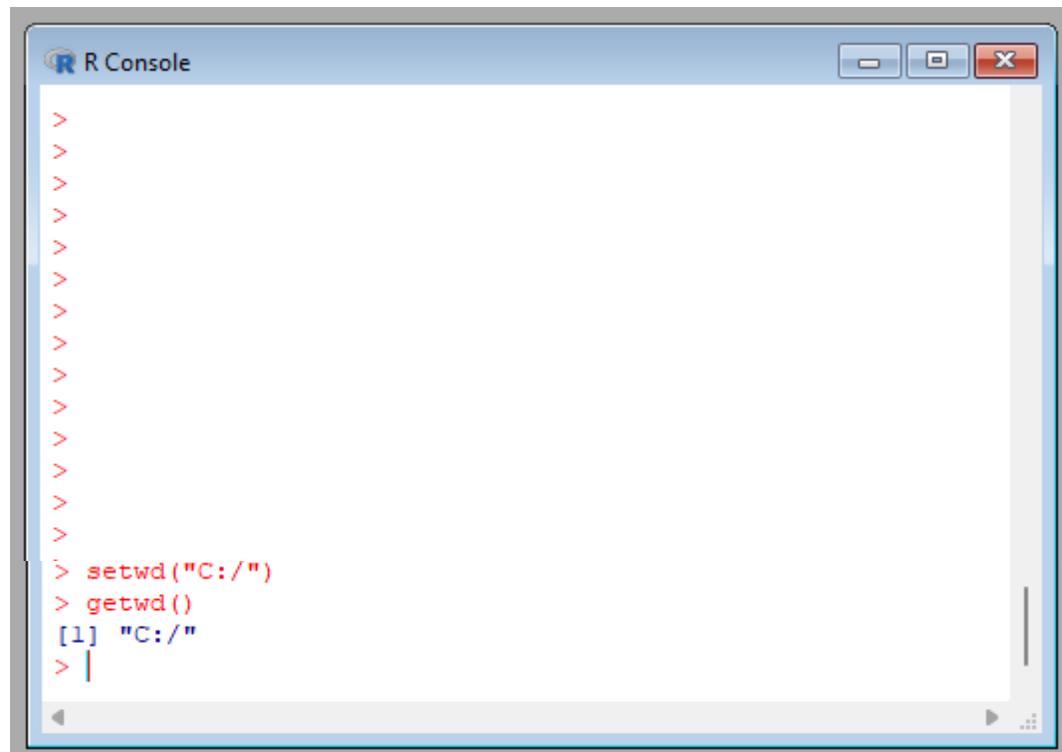


The screenshot shows the R Console window with the title "R Console". The console area contains several red prompt symbols (>) followed by a single blue command: `> getwd()`. Below the command, the output is displayed in blue text: `[1] "C:/Users/CAIS LAB/Documents"`. A vertical scroll bar is visible on the right side of the console window.

- `getwd()` Restituisce la directory di lavoro corrente, ovvero il percorso del file system in cui R cerca i file da caricare e salva i risultati.

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Il workspace



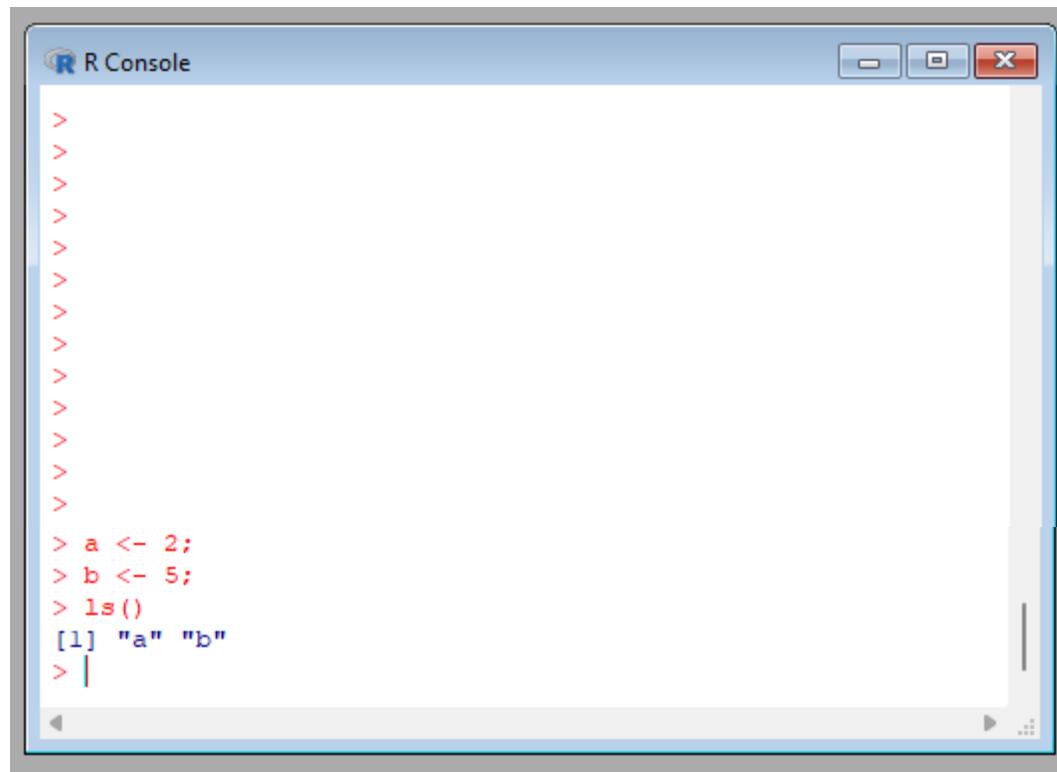
The screenshot shows the R Console window titled "R Console". The window has a blue header bar with the title and standard window controls (minimize, maximize, close). The main area of the window displays the R command-line interface. The user has entered several commands:

```
>
>
>
>
>
>
>
>
>
>
>
>
>
>
>
>
> setwd("C:/")
> getwd()
[1] "C:/"
> |
```

- **getwd()** Restituisce la directory di lavoro corrente, ovvero il percorso del file system in cui R cerca i file da caricare e salva i risultati.
- **setwd()** Imposta una nuova directory di lavoro. È utile per cambiare il percorso di lavoro corrente, ad esempio quando si lavora su diversi progetti.

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Il workspace



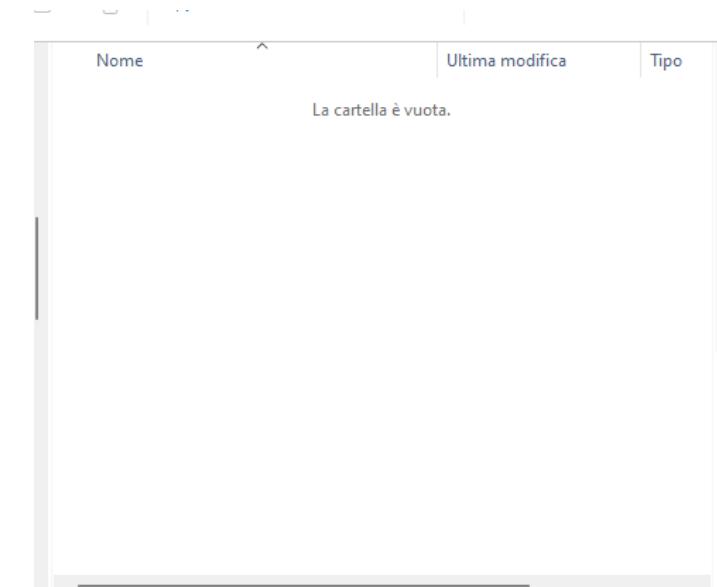
The screenshot shows the R Console window with the title "R Console". The console area contains the following text:

```
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
> a <- 2;  
> b <- 5;  
> ls()  
[1] "a" "b"  
> |
```

Per salvare l'intero workspace su disco è necessario utilizzare il comando `save.image("nomefile.rData")`

- Se creiamo due oggetti (variabili intere) in R, possiamo poi visualizzare il contenuto del workspace tramite il comando `ls()`

Attenzione: il contenuto del workspace non viene salvato automaticamente su disco!



L'AMBIENTE INTEGRATO R

Il workspace

- Se creiamo due oggetti (variabili intere) in R,

Fate attenzione!

Ogni sessione di R ha un **ambiente** che memorizza le informazioni attive.

Nel caso in cui chiudiate R **senza salvare l'area di lavoro**, potreste perderne il contenuto.

E' sempre consigliabile salvare l'area di lavoro periodicamente.

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Salvataggio di oggetti singoli

- R permette il salvataggio anche di singoli oggetti anziché di tutta l'area di lavoro.
- Per salvare uno o più oggetti è possibile usare la funzione **save()**
- R supporta diversi formati di file per le operazioni di salvataggio dell'output (ad esempio, può scrivere direttamente vettori e metrici in formato csv).
- Tuttavia, per il salvataggio RAW di oggetti sono disponibili I formati ASCII e BINARIO.

```
R version 4.3.1 (2023-06-16 ucrt) -- "Beagle scouts"  
Copyright (c) 2023 The R Foundation for statistical computing  
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
```

```
R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.  
You are welcome to redistribute it under certain conditions.  
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.
```

```
R is a collaborative project with many contributors.  
Type 'contributors()' for more information and  
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.
```

```
Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or  
'help.start()' for an HTML browser interface to help.  
Type 'q()' to quit R.
```

```
> I save(obj1, . . . , objn, file = "dati.rda")
```

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Caricamento di oggetti nell'area di lavoro corrente

The screenshot shows the R Console window. The command history is as follows:

```
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
>  
> ls()  
character(0)  
> load("myws.rData")  
> ls()  
[1] "a" "b"  
>
```

Annotations with arrows point to specific parts of the code:

- An arrow points from the text "la prima chiama ls() restituisce un vettore vuoto" to the line `ls()`.
- An arrow points from the text "dopo la chiamata a load() il vettore contiene gli oggetti a e b" to the line `load("myws.rData")`.

```
R version 4.3.1 (2023-06-16 ucrt) -- "Beagle Scouts"  
Copyright (c) 2023 The R Foundation for statistical computing  
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
```

```
R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.  
You are welcome to redistribute it under certain conditions.  
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.
```

```
R is a collaborative project with many contributors.  
Type 'contributors()' for more information and  
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.
```

```
Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or  
'help.start()' for an HTML browser interface to help.  
Type 'q()' to quit R.
```

```
> | load("myws.rData")
```

L'AMBIENTE INTEGRATO R

La guida in linea

- R dispone di una esaustiva guida in linea, richiamabile attraverso il comando **help(nome_comando)** oppure tramite la sintassi stringata **?nome_comando**.

```
R version 4.3.1 (2023-06-16 ucrt) -- "Beagle Scouts"  
Copyright (c) 2023 The R Foundation for statistical computing  
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
```

```
R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.  
You are welcome to redistribute it under certain conditions.  
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.
```

```
R is a collaborative project with many contributors.  
Type 'contributors()' for more information and  
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.
```

```
Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or  
'help.start()' for an HTML browser interface to help.  
Type 'q()' to quit R.
```

```
> I help(nomeComando)
```

L'AMBIENTE INTEGRATO R

La guida in linea

- R dispone di una esaustiva guida in linea, richiamabile attraverso il comando **help(nome_comando)** oppure tramite la sintassi stringata **?nome_comando**.
- Tuttavia, dati gli sviluppi degli LLM anche Gemini e ChatGPT sono in grado di fornire buoni consigli su come usare i comandi di R

```
R version 4.3.1 (2023-06-16 ucrt) -- "Beagle Scouts"  
Copyright (c) 2023 The R Foundation for statistical computing  
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
```

```
R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.  
You are welcome to redistribute it under certain conditions.  
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.
```

```
R is a collaborative project with many contributors.  
Type 'contributors()' for more information and  
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.
```

```
Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or  
'help.start()' for an HTML browser interface to help.  
Type 'q()' to quit R.
```

```
> I?nomeComando
```

- ?Syntax
- ?Arithmetic
- ?Logic
- ?Comparison
- ?Extract
- ?Control

STATISTICA E ANALISI DEI DATI

Capitolo 1.2 – Notebook e Kernel R

Dott. Stefano Cirillo
Dott. Luigi Di Biasi

a.a. 2025-2026

R AND JUPYTER-NOTEBOOK

- Cos'è Jupyter Notebook?
 - Jupyter Notebook è un **ambiente interattivo basato su browser** che permette di scrivere ed eseguire codice, visualizzare risultati, e documentare il flusso di lavoro in modo integrato
- **Caratteristiche Principali:**
 - Supporta diversi linguaggi di programmazione (Python, R, Julia, ecc.).
 - Facilita la combinazione di codice eseguibile con testo descrittivo, visualizzazioni e formule matematiche.
 - Ideale per l'analisi dei dati, la visualizzazione e la creazione di report.
 - ...

KERNEL

- **Cos'è un Kernel?**
 - Un processo che esegue il codice all'interno di un notebook Jupyter.
 - Agisce come un interprete o un compilatore, traducendo il codice in istruzioni comprensibili dal computer
- **A Cosa Servono?**
 - Esecuzione del codice: Prende il codice scritto nelle celle e lo esegue.
 - Interattività: Permette di eseguire codice riga per riga o cella per cella, ottenendo risultati immediati.
 - Visualizzazione: Mostra i risultati dell'esecuzione (grafici, tavole, testo).
 - Supporto a molteplici linguaggi: Grazie ai diversi kernel disponibili, puoi utilizzare Python, R, Julia e molti altri.
- **Tipi di Kernel:**
 - **IPython**: Il kernel standard per Python.
 - **IRkernel**: Per l'analisi statistica con R.
 - E molti altri: Scala, SQL, e persino linguaggi meno comuni.



R AND JUPYTER-NOTEBOOK

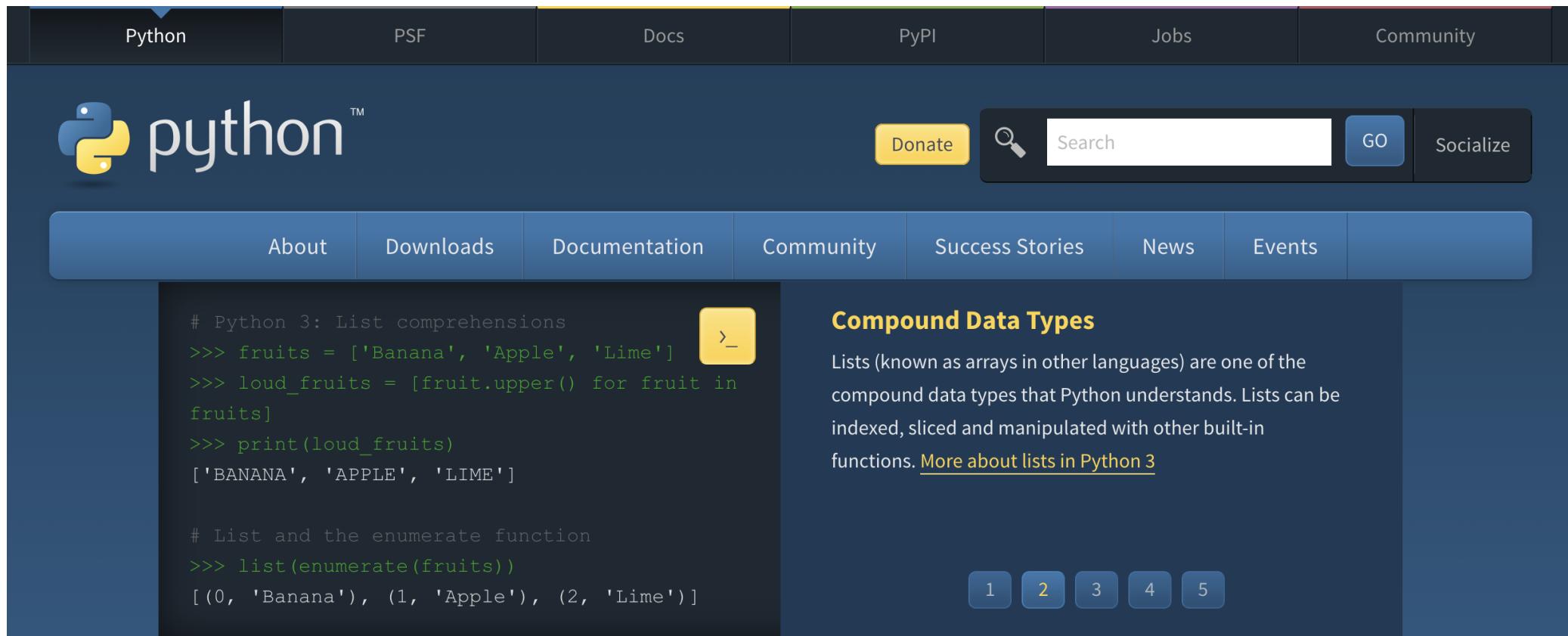
The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with the following details:

- Header:** "jupyter Running Code Last Checkpoint: 10 months ago", "File Edit View Run Kernel Settings Help", "Interface Python 3 (ipykernel) ○".
- Title:** "Running Code"
- Text:** "First and foremost, the Jupyter Notebook is an interactive environment for writing and running code. The notebook is capable of running code in a wide range of languages. However, each notebook is associated with a single kernel. This notebook is associated with the IPython kernel, therefore runs Python code."
- Section:** "Code cells allow you to enter and run code"
- Text:** "Run a code cell using `Shift-Enter` or pressing the button in the toolbar above:"
- Code Cells:**
 - [1]: `a = 10`
 - [2]: `print(a)`
10
- Note:** "There are two other keyboard shortcuts for running code:
 - `Alt-Enter` runs the current cell and inserts a new one below.
 - `Ctrl-Enter` run the current cell and enters command mode."
- Section:** "Managing the Kernel"
- Text:** "Code is run in a separate process called the Kernel. The Kernel can be interrupted or restarted. Try running the following cell and then hit the button in the toolbar above."
- Code Cell:** [3]: `import time
time.sleep(10)`
- Note:** "If the Kernel dies you will be prompted to restart it. Here we call the low-level system `libc.time` routine with the wrong argument via `ctypes` to segfault the Python interpreter."

R AND JUPYTER-NOTEBOOK

Prerequisiti:

- **R installato:** Devi avere R installato sul tuo sistema. Puoi scaricarlo dal sito ufficiale di R (<https://www.r-project.org/>)
- **Python:** Occorre installare Python per installazioni di jupyter e conda
<https://www.python.org/>



The screenshot shows the Python.org homepage with a dark blue header. The header features a Python logo, the word "python" in white, and several navigation links: Python, PSF, Docs, PyPI, Jobs, and Community. Below the header is a search bar with "Search" and "GO" buttons, and links for "Donate" and "Socialize". A secondary navigation bar below the header includes links for About, Downloads, Documentation, Community, Success Stories, News, and Events. The main content area contains two code snippets in a light gray box. The first snippet demonstrates list comprehensions:# Python 3: List comprehensions
>>> fruits = ['Banana', 'Apple', 'Lime']
>>> loud_fruits = [fruit.upper() for fruit in fruits]
>>> print(loud_fruits)
['BANANA', 'APPLE', 'LIME']

```
The second snippet shows how to use the enumerate function with a list:
```

List and the enumerate function
>>> list(enumerate(fruits))
[(0, 'Banana'), (1, 'Apple'), (2, 'Lime')]

```
To the right of the code snippets is a section titled "Compound Data Types" with a sub-section about lists. A yellow callout box highlights the first line of the first code snippet. At the bottom right, there is a large red "X" icon.
```

Compound Data Types

Lists (known as arrays in other languages) are one of the compound data types that Python understands. Lists can be indexed, sliced and manipulated with other built-in functions. [More about lists in Python 3](#)

1 2 3 4 5

R AND JUPYTER-NOTEBOOK

Prerequisiti:

- **Jupyter Notebook installato in un ambiente Conda:** Assicurati di avere già installato Jupyter Notebook nel tuo ambiente Conda preferito
 - <https://conda.io/projects/conda/en/latest/user-guide/install/index.html>

The screenshot shows the official Conda website at conda.io. The navigation bar includes links for Conda, Conda-build, Miniconda, and conda.org. The main content area is titled "Regular installation". It instructs users to follow instructions for their operating system, with links for Windows, macOS, and Linux. To the right, there's a sidebar with links for "On this page", "System requirements", and "Regular installation", along with "Edit on GitHub" and "Show Source" buttons. A small decorative icon of a dashed line with arrows is in the bottom right corner.

CONDA

Conda Conda-build Miniconda conda.org

Search ⌘ + K

Navigation

User guide

- Getting started with conda

Installing conda

- Installing on Windows
- Installing on macOS
- Installing on Linux
- RPM and Debian Repositories for Miniconda

Tasks

Configuration

Concepts

Troubleshooting

Cheatsheet

Configuration

Regular installation

Follow the instructions for your operating system:

- [Windows](#)
- [macOS](#)
- [Linux](#)

Installing in silent mode

You can use [silent installation](#) of Miniconda, Anaconda, or Miniforge for deployment or testing or building services, such as GitHub Actions.

Follow the silent-mode instructions for your operating system:

- [Windows](#)
- [macOS](#)
- [Linux](#)

On this page

System requirements

Regular installation

Installing in silent mode

Cryptographic hash verification

Edit on GitHub

Show Source

R AND JUPYTER-NOTEBOOK

Installazione R Kernel in Notebook:

- **Attiva l'ambiente Conda:** Apri il tuo terminale o prompt dei comandi e attiva l'ambiente Conda in cui hai installato Jupyter:
 - `conda activate nome_del_tuo_ambiente`
- Installa il pacchetto `irkernel`:
 - `conda install -c r r-irkernel`
- Installa il Kernel R:
 - Esegui il seguente comando **nella bash di R** per installare il kernel R:
 - `install.packages('IRkernel')`
 - `IRkernel::installspec()`
 - Oppure:
 - `install.packages("devtools")`
 - `devtools::install_github("IRkernel/IRkernel")`
 - `IRkernel::installspec()`

R AND JUPYTER-NOTEBOOK

Installazione R Kernel in Notebook in caso di ERRORI:

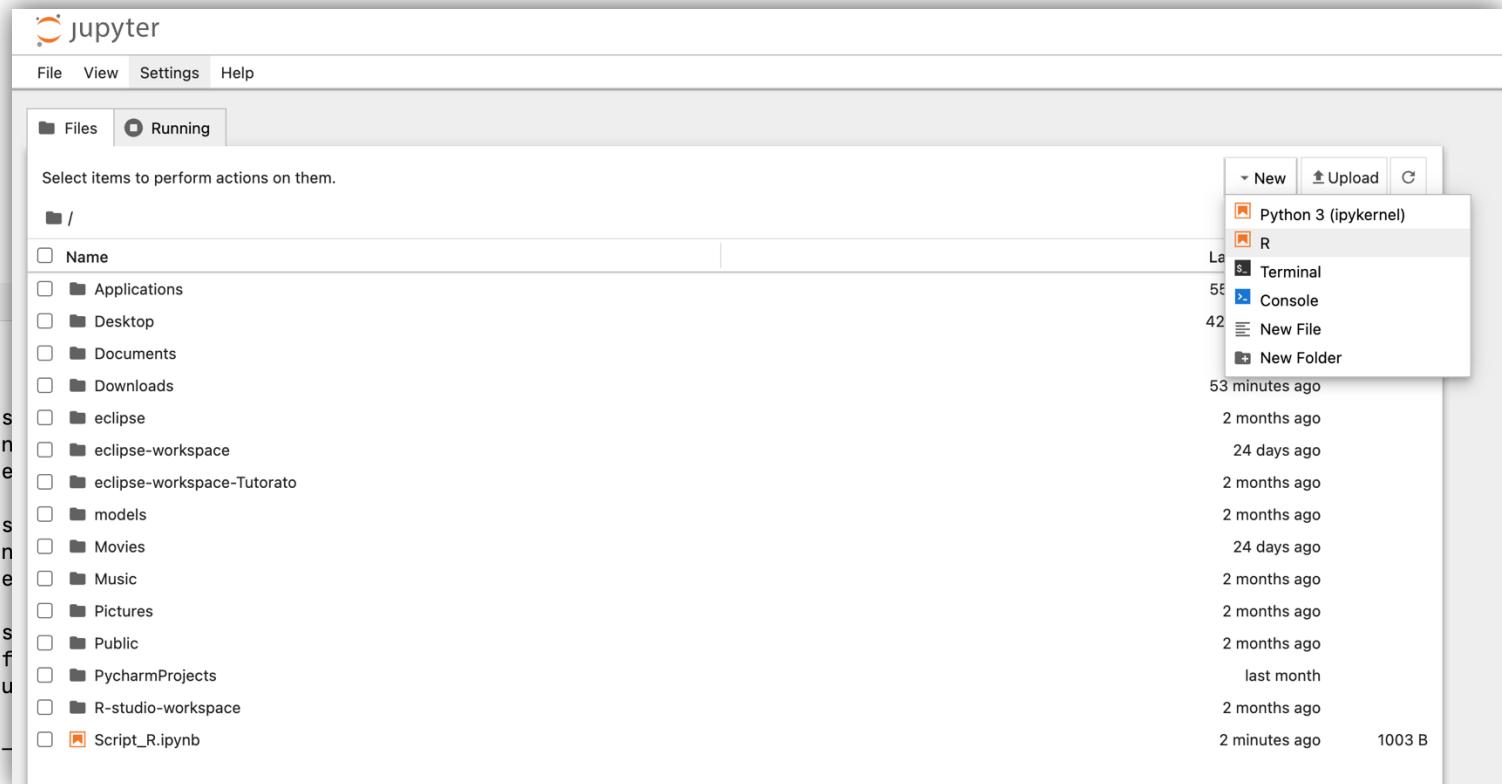
- In caso di errori, eseguire:
 - `conda install --solver=classic conda-forge::conda-libmamba-solver conda-forge::libmamba conda-forge::libmambapy conda-forge::libarchive`
 - `conda install r-base`
 - `conda config --add channels conda-forge`
 - `conda install r-uuid`
 - `conda install conda-forge::blas`
 - `conda update -c defaults -c conda-forge -c r -all`
- Esegui il seguente comando **nella bash di R** per installare il kernel R:
 - `install.packages("devtools")`
 - `devtools::install_github("IRkernel/IRkernel")`
 - `IRkernel::installspec()`
- In caso di altri errori, è consigliato l'utilizzo di LLM come Gemini

R AND JUPYTER-NOTEBOOK

Esecuzione di Jupyter-Notebook

- Eseguire da terminale cmd o bash:
➤ `jupyter-notebook`

```
stefanocirillo — jupyter-notebook — 89x30
(base) stefanocirillo@ ~ % jupyter-notebook
[I 2024-09-21 11:08:01.143 ServerApp] Extension package ipyparallel took
[W 2024-09-21 11:08:01.143 ServerApp] A `__jupyter_server_extension_points` fun
ot found in ipyparallel. Instead, a `__jupyter_server_extension_paths` fun
and will be used for now. This function name will be deprecated in future
yter Server.
[W 2024-09-21 11:08:01.149 ServerApp] A `__jupyter_server_extension_points` fun
ot found in jupyter_lsp. Instead, a `__jupyter_server_extension_paths` fun
and will be used for now. This function name will be deprecated in future
yter Server.
[W 2024-09-21 11:08:01.420 ServerApp] A `__jupyter_server_extension_points` fun
ot found in notebook_shim. Instead, a `__jupyter_server_extension_paths` fun
d and will be used for now. This function name will be deprecated in futu
upyter Server.
[I 2024-09-21 11:08:01.840 ServerApp] Extension package panel.io.jupyter_
took 0.4198s to import
[I 2024-09-21 11:08:01.840 ServerApp] ipyparallel | extension was successfully linked.
```



R AND JUPYTER-NOTEBOOK

Esecuzione di Jupyter-Notebook

- Eseguire da terminale cmd o bash:
➤ `jupyter-notebook`

```
stefanocirillo@ ~ % jupyter-notebook
[I 2024-09-21 11:08:01.143 ServerApp] Extension package ipyparallel took
[W 2024-09-21 11:08:01.143 ServerApp] A `__jupyter_server_extension_points` fun
ot found in ipyparallel. Instead, a `__jupyter_server_extension_paths` fun
and will be used for now. This function name will be deprecated in future
yter Server.
[W 2024-09-21 11:08:01.149 ServerApp] A `__jupyter_server_extension_points` fun
ot found in jupyter_lsp. Instead, a `__jupyter_server_extension_paths` fun
and will be used for now.
yter Server.
[W 2024-09-21 11:08:01.420
ot found in notebook_shim.
d and will be used for now
upyter Server.
[I 2024-09-21 11:08:01.840
took 0.4198s to import
[I 2024-09-21 11:08:01.840
```

The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with an R kernel session. The top navigation bar includes File, View, Settings, Help, Files (selected), and Running. The main area displays a file tree under the / directory, listing Applications, Desktop, Documents, Downloads, eclipse, eclipse-workspace, eclipse-workspace-Tutorato, models, and Movies. On the right, a sidebar shows recent files: Python 3 (ipykernel) (56), R (55), Terminal (42), Console (42), New File (42), and New Folder (53). Below the file tree, a script titled "Script_R" is open, showing the code: `a <- 1
b <- 2
a + b`. The output cell [2]: shows the result: 3. The bottom right corner features a search icon (magnifying glass) and a page number 39.

STATISTICA E ANALISI DEI DATI

Capitolo 1.3 – RStudio

Dott. Stefano Cirillo
Dott. Luigi Di Biasi

a.a. 2025-2026

R STUDIO

Un IDE per R: RStudio

- RStudio è un IDE di R sviluppato da Posit.
- Il suo scopo è quello di semplificare l'esperienza d'utilizzo dell'ambiente tramite una piattaforma studiata ad-hoc.
 - e di evitare di doversi interfacciare con R da riga di comando;
 - e, soprattutto, fornire un ambiente di «programmazione» IDE vicino agli standard contemporanei (con intellisense etc...)
- Il software è disponibile sia in versione free, sia a pagamento con funzionalità aggiuntive
- Per scaricare RStudio

<https://posit.co/download/rstudio-desktop/>

1. In corrispondenza di 2: Install RStudio, cliccare su Download RStudio Desktop for Windows
2. Seguire la procedura automatica per l'installazione

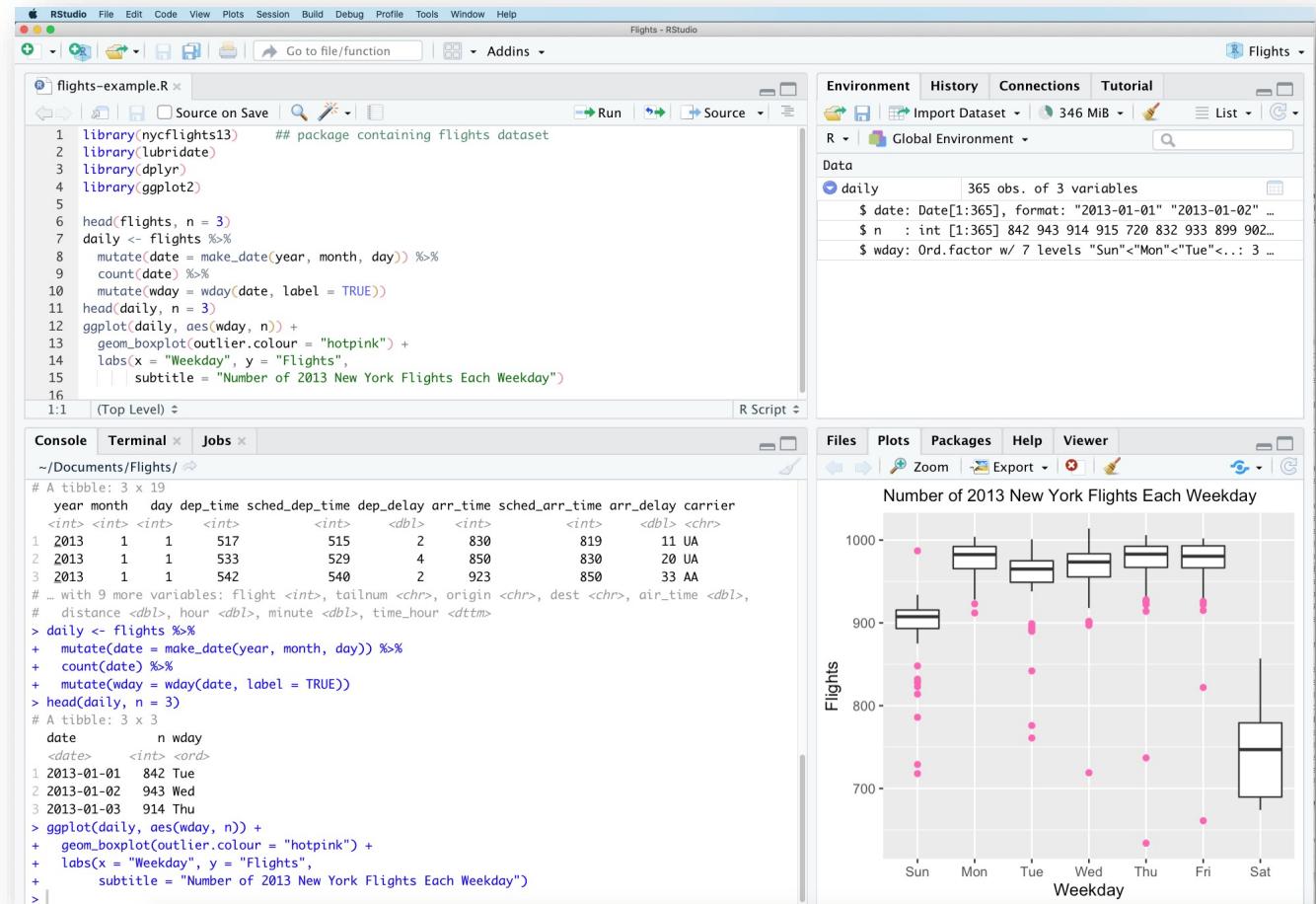
R STUDIO

RStudio è un ambiente di sviluppo integrato (IDE):

- è un software progettato per la realizzazione di applicazioni che aggrega strumenti di sviluppo comuni in un'unica interfaccia utente

PRO:

- **Facilita** l'uso del linguaggio di programmazione R (ad es. attraverso le funzioni di controllo e auto-completamento)
- **Rende immediato** l'accesso e la consultazione dell'aiuto (help) sulle funzioni
- Consente una **gestione facilitata** degli oggetti presenti nell'area di lavoro e dei file di dati



RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Console Terminal x Background Jobs x

R 4.3.3 ~/

```
R version 4.3.3 (2024-02-29 ucrt) -- "Angel Food Cake"
Copyright (c) 2024 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

R è un software libero ed è rilasciato SENZA ALCUNA GARANZIA.
Siamo ben lieti se potrai redistribuirlo, ma sotto certe condizioni.
Scrivi 'license()' o 'licence()' per maggiori dettagli.

R è un progetto collaborativo con molti contributi esterni.
Scrivi 'contributors()' per maggiori informazioni e 'citation()'
per sapere come citare R o i pacchetti nelle pubblicazioni.

Scrivi 'demo()' per una dimostrazione, 'help()' per la guida
oppure 'help.start()' per la guida nel browser HTML.
Scrivi 'q()' per uscire da R.
```

> |

Environment History Connections Tutorial

Import Dataset 85 MB

R Global Environment

Environment is empty

Oggetti contenuti «in memoria» workspace

Files Plots Packages Help Viewer Presentation

New Folder New Blank File Delete Rename More

Home

Name	Size	Modified
.Rhistory	0 B	Sep 19, 2024, 12:57 PM
Default.rdp	2.3 KB	Sep 18, 2024, 4:30 PM
desktop.ini	402 B	May 2, 2023, 10:51 AM
Dell		
IDM Computer Solutions		
Immagini		
MATLAB		
Modelli di Office personalizzati		
Musica		
Registrazioni di suoni		
Video		
Visual Studio 2022		

Directory corrente del «workspace»

19°C
Preval. nuvol.

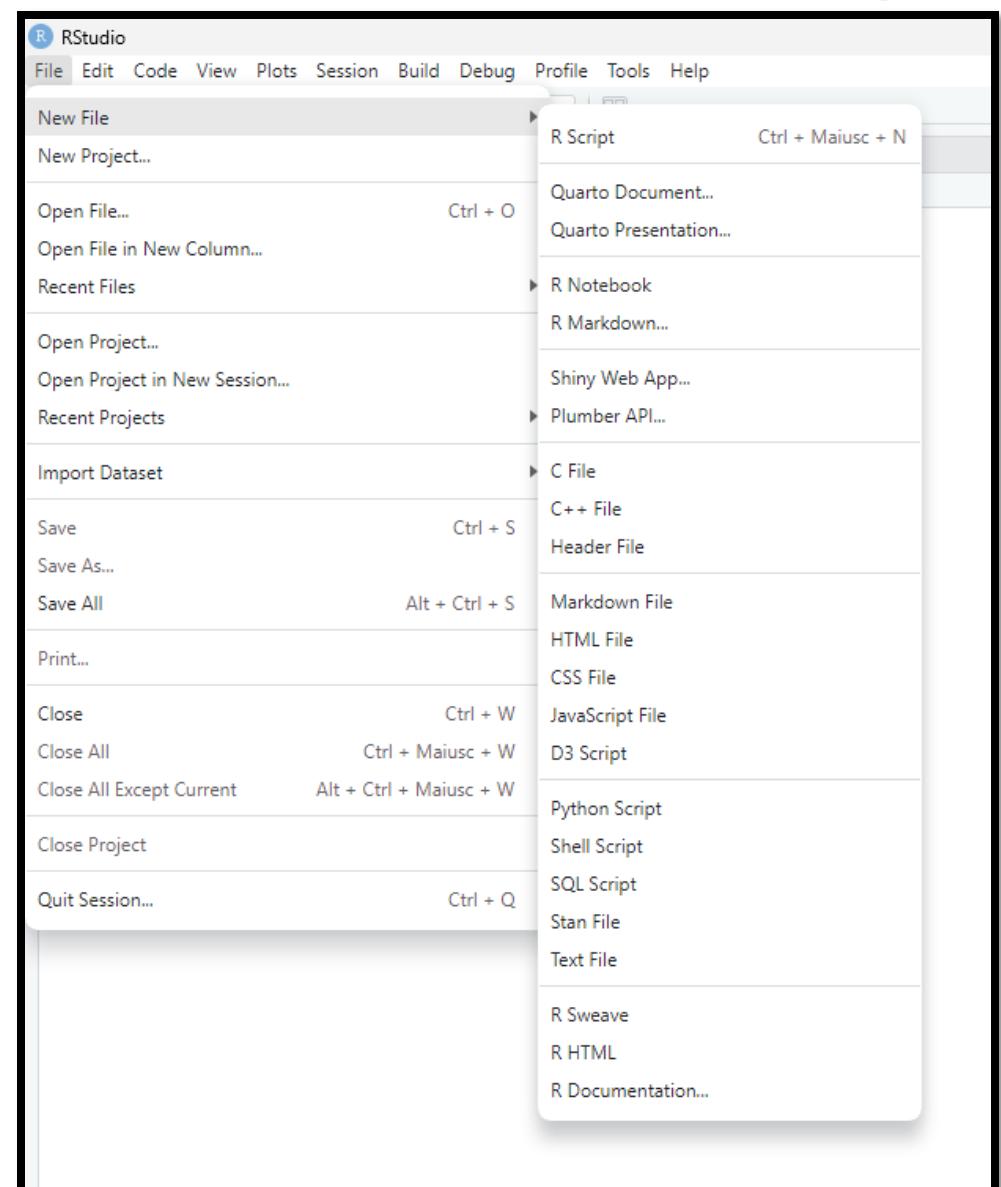
Cerca

12:57
19/09/2024

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Caratteristiche di R-Studio:

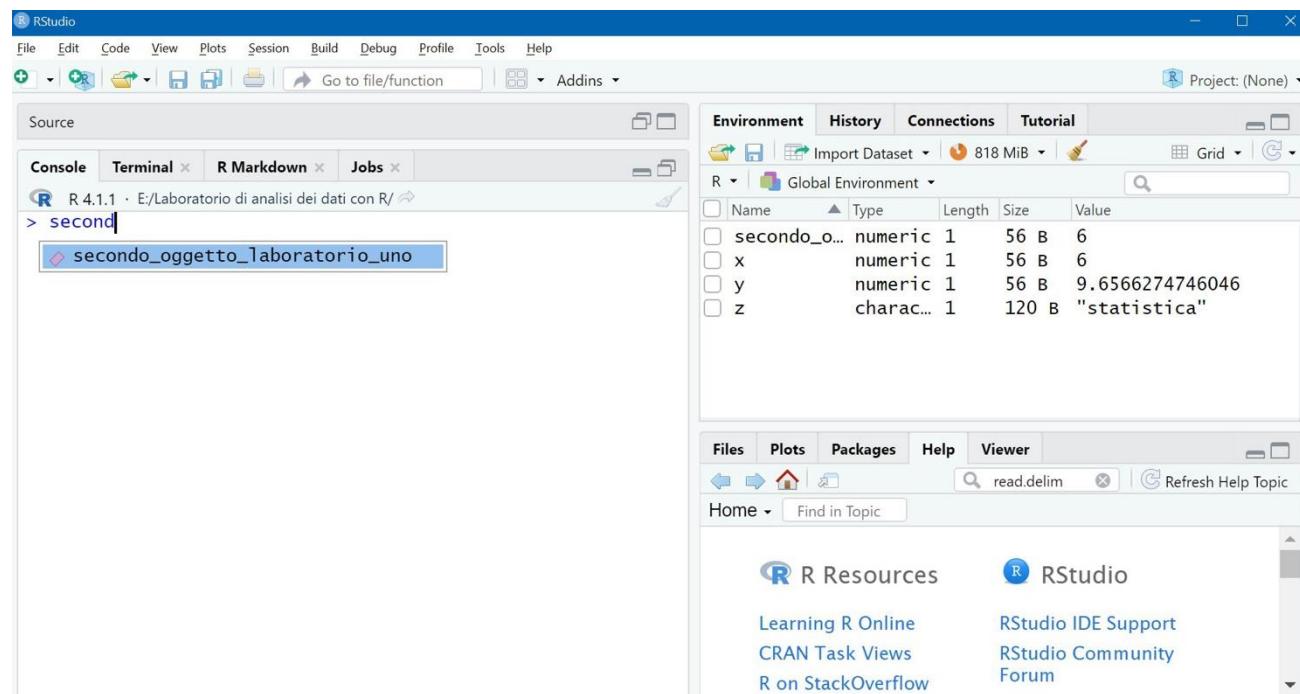
- Workbench personalizzabile con tutti gli strumenti necessari per lavorare con R in un unico posto (console, sorgente, grafici, spazio di lavoro, aiuto, cronologia, ecc.).
- **Editor con evidenziazione della sintassi e completamento automatico del codice.**
- **Esecuzione del codice direttamente dall'editor di sorgenti** (riga, selezione o file).
- Supporto completo per la creazione di documenti Sweave, TeX, **R Notebook** (e molti altri)
- Compatibile con Windows, Mac e Linux e dispone di una porta FreeBSD mantenuta dalla comunità.
- Può essere eseguito anche come server, consentendo a più utenti di accedere all'IDE di RStudio utilizzando un browser web.



L'AMBIENTE INTEGRATO R

Caratteristiche di R-Studio:

- Posizionandosi nella Console, è possibile richiamare un oggetto iniziando a digitare il nome e, utilizzando la funzione di autocompletamento di RStudio, selezionarlo premendo “Enter”
- Per risalire invece all’istruzione con cui è stato generato un oggetto, bisogna accedere alla Command history o digitando il tasto “↑” (cliccando più volte si può risalire all’istruzione desiderata) o direttamente dal pannello History di RStudio. In questo pannello vengono conservate tutte le operazioni eseguite fino a quel momento



STATISTICA E ANALISI DEI DATI

Capitolo 1.4 – Let's Start with R

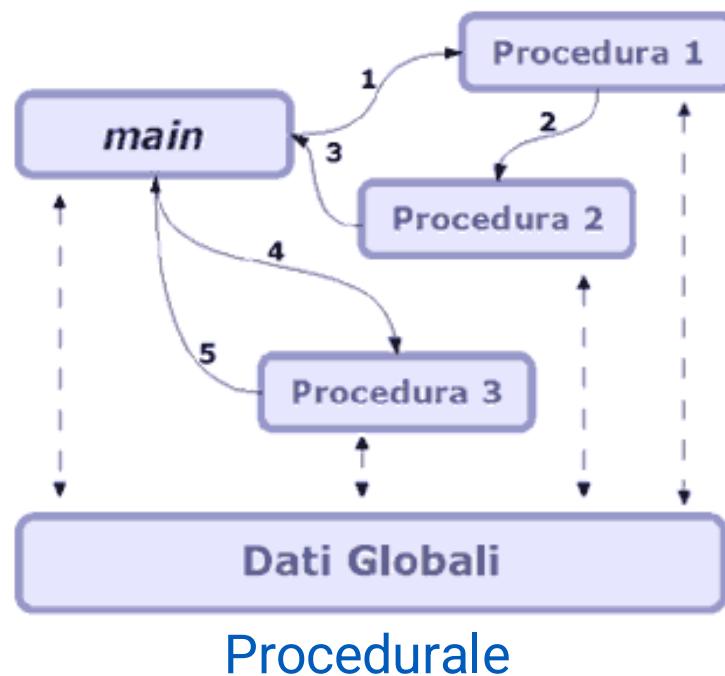
Dott. Stefano Cirillo
Dott. Luigi Di Biasi

a.a. 2025-2026

L'AMBIENTE INTEGRATO R

In che modo si programma R (e non in R!)

- R dispone offre un *linguaggio di interazione multi-paradigma* e mette a disposizione caratteristiche funzionali, OOP e di programmazione funzionale.



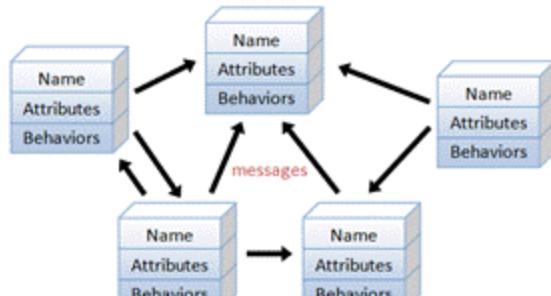
Il **paradigma procedurale** è supportato in R tramite l'uso di comandi sequenziali, cicli e condizioni.

```
R Console
>
>
>
> for (i in 1:5) {
+   print(i^2)
+ }
[1] 1
[1] 4
[1] 9
[1] 16
[1] 25
> |
```

L'AMBIENTE INTEGRATO R

In che modo si programma R (e non in R!)

- R supporta anche la **programmazione orientata agli oggetti** (OOP)



OOP

Tuttavia, R usa delle forme leggermente diverse rispetto ai linguaggi ai quali potreste essere abituati (Java, Python, C#, visual basic.net ☺):

Implementa due principali sistemi OOP: **S3** e **S4**.

S3 è molto semplice. E' basato su attributi che determinano il comportamento degli oggetti. Non richiede la definizione esplicita di classi.

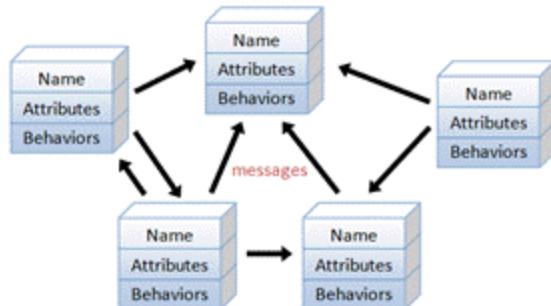
Si tagga un oggetto con `class()` e poi si definiscono metodi specifici per quella classe.

```
> class(x) <- "my_class"
> print.my_class <- function(obj) {
+   cat("Questo è un oggetto della classe 'my_class'\n")
+ }
> print(x)
Questo è un oggetto della classe 'my_class'
```

L'AMBIENTE INTEGRATO R

In che modo si programma R (e non in R!)

- R supporta anche la **programmazione orientata agli oggetti** (OOP)



OOP

S4 è più formale e robusto rispetto a S3. Richiede infatti la definizione esplicita di classi e metodi.

```
> setClass("Person",
+           slots = list(name = "character", age = "numeric"))
>
> setMethod("show", "Person", function(object) {
+   cat("Nome:", object$name, "\nEtà:", object$age, "\n")
+ })
>
> p <- new("Person", name = "Luca", age = 25)
> show(p)
Nome: Luca
Età: 25
> |
```

I PACKAGES

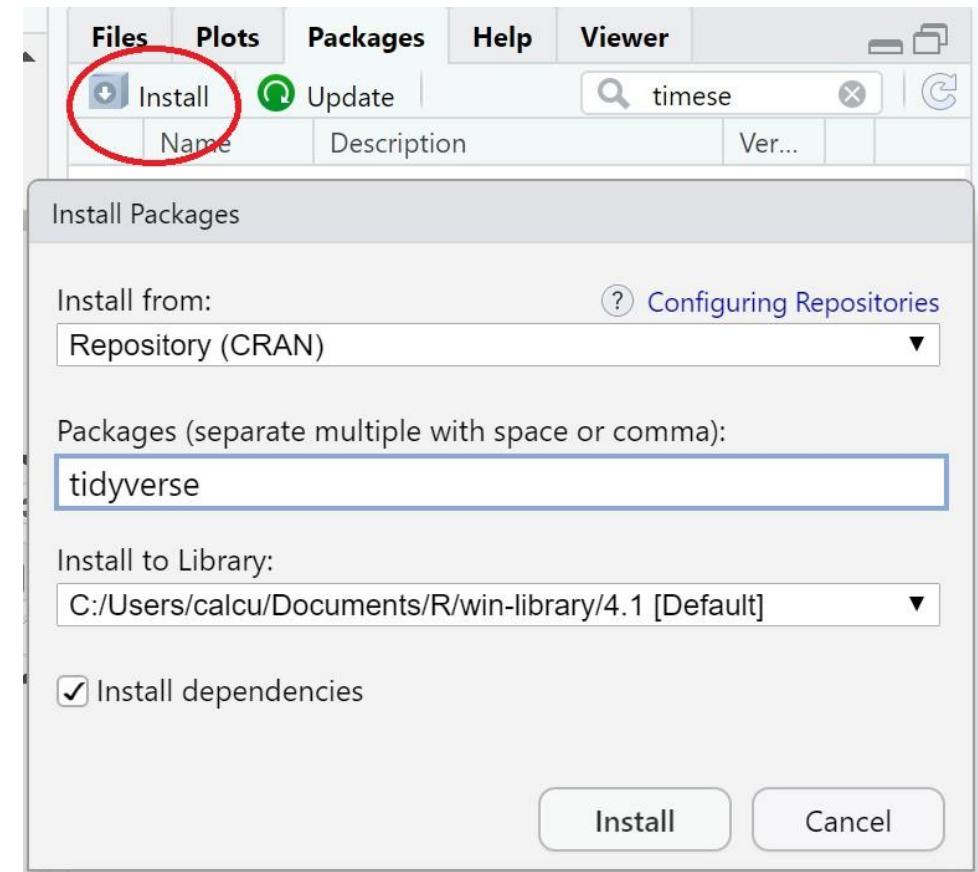
- R propone un set fondamentale di funzioni (base) accessibile a tutti gli utenti e la possibilità di installare o caricare delle **estensioni** per svolgere ulteriori compiti particolari
- In R queste estensioni sono i pacchetti (**packages** o **libraries**)
 - Si può accedere alla lista dei pacchetti installati usando il comando **library()**, senza indicare l'argomento oppure dal pannello Packages (in RStudio, in basso a destra)
 - Se si indica come argomento il nome di un pacchetto, R caricherà il pacchetto ed il suo contenuto sarà disponibile per l'utente
 - Ad es., possiamo caricare il pacchetto MASS con il comando **library(MASS)** (o anche **require(MASS)**)

```
> library(MASS)
```

I PACKAGES

- Sfruttando i vantaggi di RStudio, lo stesso pacchetto può essere caricato spuntando nella lista dei pacchetti installati il pacchetto desiderato

```
> library(MASS)
```



I PACKAGES

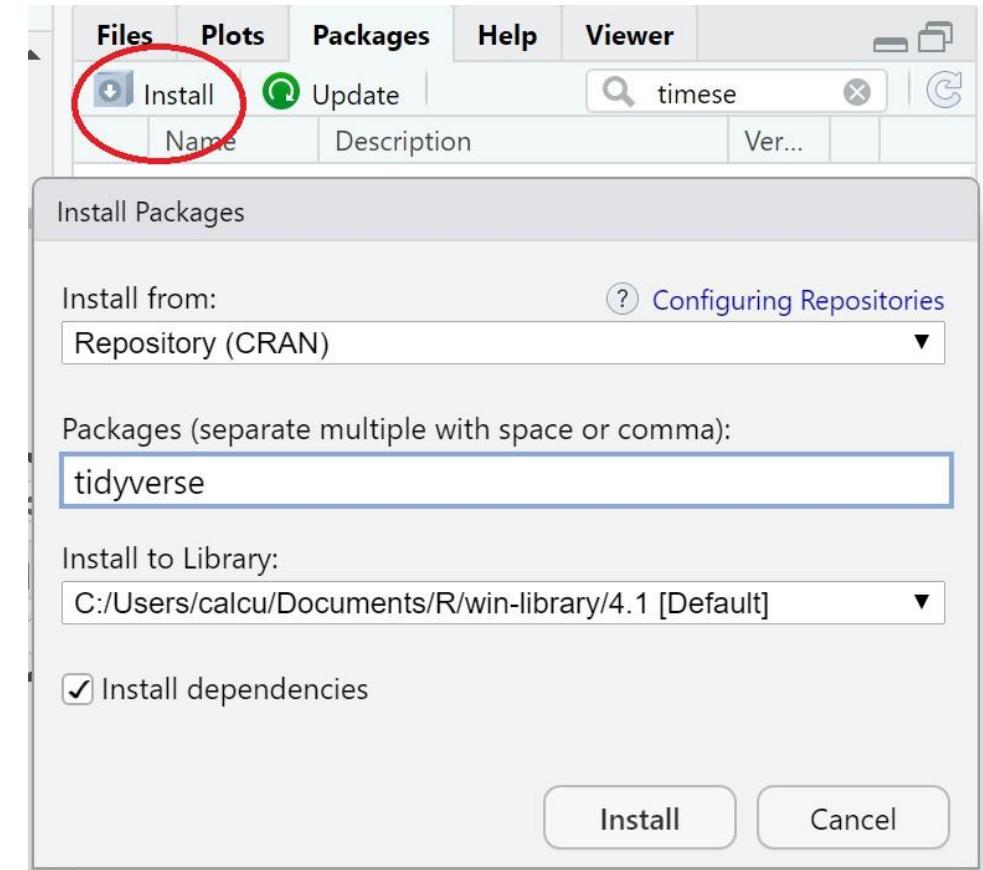
- Sfruttando i vantaggi di RStudio, lo stesso pacchetto può essere caricato spuntando nella lista dei pacchetti installati il pacchetto desiderato

```
> library(MASS)
```

- Prima di caricare un pacchetto è sempre necessario installarlo!
- Non tutti i pacchetti sono già installati in R, ad esempio il pacchetto *tidyverse* non lo è
- Per installare un pacchetto si può usare la funzione **install.packages("nome_del_pacchetto")**

```
> install.packages("tidyverse")
```

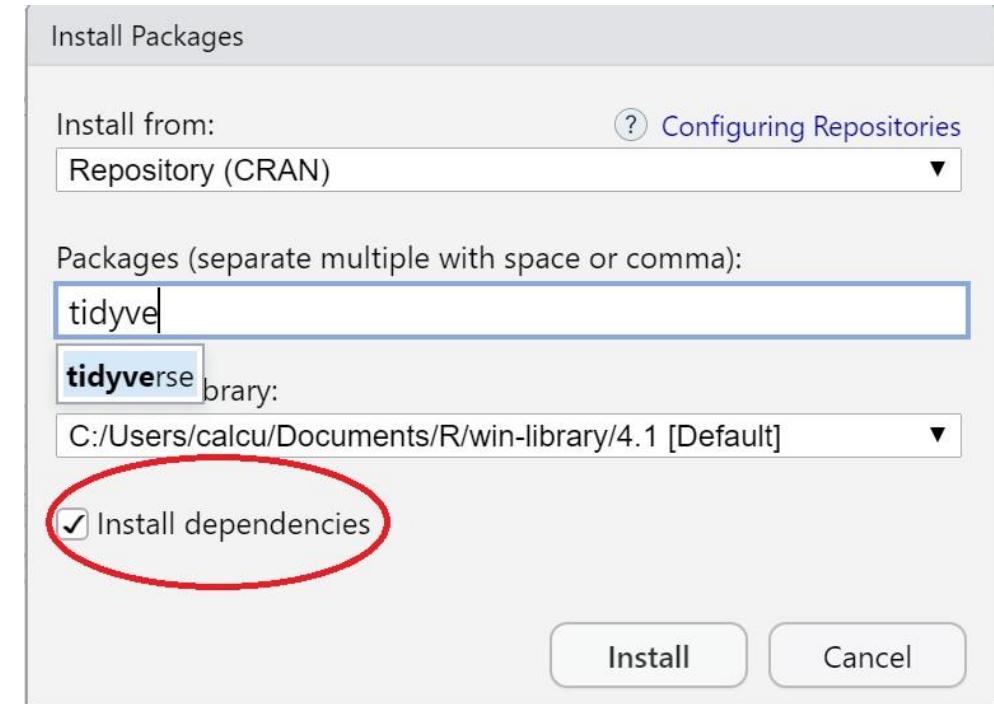
> library(tidyverse) # ora il pacchetto è caricato!



I PACKAGES

- Alcuni pacchetti potrebbero dipendere da altri pacchetti non installati per funzionare.
- Per indicare ad R di installare anche le dipendenze, basta inserire nel comando, dopo il nome del pacchetto l'istruzione

```
> install.packages("tidyverse", dependencies = TRUE)
```



L'AMBIENTE INTEGRATO R

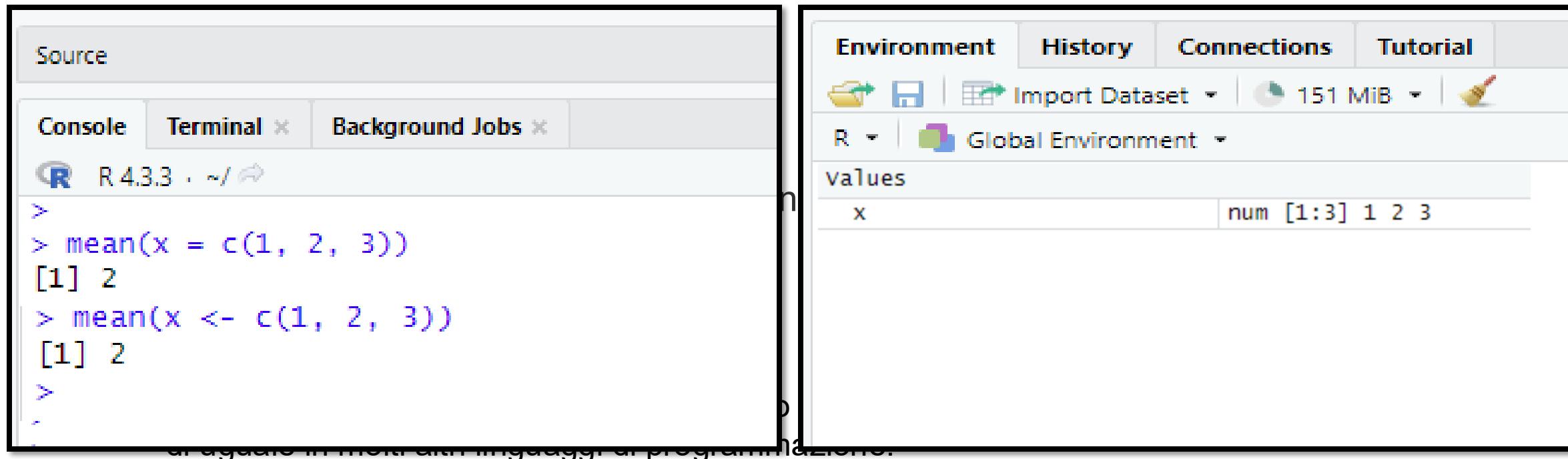
L'operatore di assegnazione

- R dispone di **tre** operatori di assegnazione
 - `a <- 0` (operatore di assegnazione tradizionale)
 - `a = 0`
 - `0 -> a`

Il primo e il terzo operatore hanno il classico significato di «assegnazione» così come il simbolo di uguale in molti altri linguaggi di programmazione.

Il secondo, sebbene possa essere normalmente utilizzato per «assegnare» un valore ad una oggetto, in R **ha il compito di assegnare valori a oggetti passati a una funzione senza creare un nuovo oggetto nel workspace**.

L'AMBIENTE INTEGRATO R



Il secondo, sebbene possa essere normalmente utilizzato per «assegnare» un valore ad una oggetto, in R ha il compito di **assegnare valori a oggetti passati a una funzione senza creare un nuovo oggetto nel workspace**.

OPERAZIONI CON R

Per costruire gli oggetti in R si utilizza il comando di **assegnamento** (“`<-`” o “`->`” o “`=`”)

```
> x <- 4 + 2  
> x
```

```
## [1] 6
```

```
> y = log(5) * sqrt(36)  
> y
```

```
## [1] 9.656627
```

```
> "statistica" -> z  
> z
```

```
## [1] "statistica"
```

OPERAZIONI CON R

In questo modo, gli oggetti x, y e z possono essere riutilizzati o modificati successivamente

Tutti gli oggetti creati risiedono nel Workspace; la funzione **ls()** permette di accedere all'elenco di questi oggetti

```
> ls()
```

```
## [1] "x" "y" "z"
```

Un oggetto può essere rimosso dal Workspace usando la funzione **rm()**

```
> rm(z) # elimina z dal workspace
```

```
> rm(list = ls()) # elimina tutti gli oggetti presenti nel Workspace
```

Le caratteristiche degli oggetti possono essere ottenute utilizzando ad es. le funzioni **class()**, **typeof()** e **str()** (i.e. structure)

- Quando il tipo di dato è semplice (stringa, numero, booleano) è equiparabile alla classe, quindi **class()**, **typeof()** restituiranno lo stesso risultato

OPERAZIONI CON R

```
> class(z)  
## [1] "character"
```

```
> typeof(z)  
## [1] "character"
```

- Quando il tipo di dato è strutturato attraverso **class()** otteniamo la classe dell'oggetto (ad es. *dataframe*) mentre attraverso **typeof()** otteniamo la caratteristica più a basso livello dell'oggetto (ad es. *list*). Attraverso invece **str()** si ottiene la composizione dell'oggetto strutturato e i valori contenuti negli attributi

COMMENTI E VARIABILI

Il carattere “#” è il simbolo di commento e tutto ciò che segue viene ignorato dall’ambiente

```
> # x è il primo oggetto creato y è il secondo  
> # oggetto
```

Attenzione! Se si creano oggetti che hanno gli stessi nomi di oggetti già presenti nel Workspace, il nuovo oggetto sovrascriverà il precedente e quest’ultimo non potrà essere recuperato

```
> x <- 6^3 + 10  
> x # x non è più 8 ma 226
```

```
## [1] 226
```

Nella scelta dei nomi degli oggetti bisogna rispettare alcune semplici regole

- x è diverso da X - R è **Case sensitive**

COMMENTI E VARIABILI

- Non si possono iniziare i nomi degli oggetti con un numero

```
> 2oggetto<-3+sqrt(8)
```

```
## Error: <text>:1:2: simbolo inatteso
##
1: 2oggetto
##
```

- Non si possono usare nomi di oggetti che contengono spazi, ";" o ","

```
> oggetto 2<-3/5
```

```
## Error: <text>:1:9: costante numerica inattesa
##
1: oggetto 2
##
```

- L'uso del "_" o dei "." invece è ammesso

COMMENTI E VARIABILI

```
> oggetto_2 <- 3/5  
> oggetto_2  
## [1] 0.6
```

- Non si possono usare le parole riservate *FALSE*, *TRUE*, *Inf*, *NA*, *Nan*, *NULL*, *break*, *else*, *for*, *function*, *if*, *in*, *next*, *repeat* e *while* come nome da assegnare ad un oggetto

```
> TRUE <- 2  
## Error in TRUE <- 2: membro di sinistra dell'assegnazione (do_set) non valido
```

È buona pratica **non assegnare agli oggetti nomi troppo lunghi o complessi**

```
> secondo_oggetto_laboratorio_uno <- 3 * 2 # sconsigliato!
```

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Principali operatori

```
> 15 + 5.6  
[1] 20.6
```

Addizione

```
> 15 - 5.6  
[1] 9.4
```

Sottrazione

```
> 15*5.6  
[1] 84
```

Moltiplicazione

```
> 3^1.8  
[1] 7.224674
```

Esponenziazione

```
> 19 %% 3  
[1] 1
```

Modulo

```
> 19 / 3  
[1] 6.333333
```

Divisione reale

```
> 19 %/% 3  
[1] 6
```

Divisione intera

```
> c(3,2,4)  
[1] 3 2 4
```

Operatore di concatenazione

```
> seq(2,12,3)  
[1] 2 5 8 11
```

Sequenza da *a* a *b* di *h*

```
> 0 : 8  
[1] 0 1 2 3 4 5 6 7 8
```

Operatore di sequenza

< <= >
>= == !=

Operatori
relazionali

& | !

Operatori
logici

L'AMBIENTE INTEGRATO R

Principali operatori

```
> x = 10  
> y <- 20  
> |
```

Addizione

```
> 15 - 5.6  
[1] 9.4
```

Sottrazione

```
> 15*5.6  
[1] 84
```

Moltiplicazione

```
> 3^1.8  
[1] 7.224674
```

Esponenziazione

```
> 19 %% 3  
[1] 1
```

Modulo

Divisione reale

Divisione intera

Operatore di concatenazione

Sequenza da *a* a *b* di *h*

Operatore di sequenza

R	Global Environment	Search
values		
x	10	
y	20	

Assegnamento

< <= >
>= == !=

Operatori
relazionali

& | !

Operatori
logici

Principali funzioni matematiche

- Radice quadrata di x
 > sqrt(x)
- Valore assoluto di x
 > abs(x)
- Funzione esponenziale e^x
 > exp(x)
- Logaritmo in base e di x
 > log(x)
- Logaritmo in base 2 di x
 > log2(x)
- Logaritmo in base 10 di x
 > log10(x)
- Logaritmo in base n di x
 > log(x, n)
- $\lfloor x \rfloor$ (il più grande intero $\leq x$)
 > floor(x)
- $\lceil x \rceil$ (il più piccolo intero $\geq x$)
 > ceiling(x)

- Troncamento di x
 > trunc(x)
- Arrotondamento di x
 > round(x, digits = n)
- Seno di x in radianti
 > sin(x)
- Coseno di x in radianti
 > cos(x)
- Tangente di x in radianti
 > tan(x)
- Arcoseno di y in radianti
 > asin(y)
- Arcocoseno di y in radianti
 > acos(y)
- Arcotangente di y in radianti
 > atan(y)
- Fattoriale di x
 > factorial(x)
- Coefficiente binomiale $n!/(x!(n-x)!)$
 > choose(n, x)

Principali

```
> x = 10
> y <- 20
> |
```

```
> 15 + 5.
[1] 20.6
```

Addizio

```
> 15 - 5.
[1] 9.4
```

Sottraz

```
> 15*5.6
[1] 84
```

Moltiplic

```
> 3^1.8
[1] 7.224031
```

Esponent

```
> 19 %% 3
[1] 1
```

Modulo

DOMANDE?

