

# RSTUDIO INTRO

Paolo Bosetti

11/23/2021

# CONTENUTI DEL CORSO

## CONTENUTI

- 1 L'ambiente RStudio
- 2 Il linguaggio R
- 3 Statistica descrittiva
- 4 Statistica inferenziale
- 5 Modelli di regressione lineare e lineare generalizzata
- 6 Serie temporali e modelli ARIMA

## NOTE

- Queste slide coprono solo la parte introduttiva (1.–4.)
- Il resto è disponibile come notebook

*Questa presentazione è realizzata in RStudio e sarà disponibile con il resto del materiale su github: <https://github.com/pbosetti/tsm-stat>.*

# L'AMBIENTE RSTUDIO

## AMBIENTE

- Installazione: prima R, poi RStudio
- RStudio lavora su cartelle o (meglio) **progetti** (.Rproj)
- Un progetto contiene anche impostazioni specifiche e comuni ai file nella cartella
- Una **sessione** di RStudio può operare su un unico progetto
- Si possono aprire più sessioni contemporaneamente

## ATTIVITÀ

- Editing di script .R e notebook .Rmd
- Esecuzione del codice e gestione dell'ambiente dati
- Plotting
- Gestione file di progetto
- Generazione di report (in  $\text{\LaTeX}$ , HTML, RTF, ...)
- Tracciamento del codice (Git)
- Gestione delle librerie (estensioni di linguaggio)

# IL LINGUAGGIO R

- R è un linguaggio ad alto livello, dichiarativo, interpretato, a sintassi C-like
- R è sia un linguaggio, sia un interprete
- R è un *dynamically typed language*
- R è nato come versione GNU open source di S, un linguaggio proprietario per analisi statistiche
- RStudio è una IDE proprietaria (ma free) per R

# IL LINGUAGGIO R

## ASSEGNAZIONI

```
a <- 1
# ma anche
b = 2
# tuttavia si preferisce la notazione a freccia,
# perché funziona anche così:
3 -> c
# per visualizzare il valore di una variabile:
c
## [1] 3
# in un colpo solo:
(d <- "stringa")
## [1] "stringa"
```

# IL LINGUAGGIO R

## ARRAY

```
# Si costruiscono con l'operatore c():  
v1 <- c(10, 2, 7.5, 3)  
# oppure con una sequenza:  
v2 <- 1:10  
# anche con passo specificato:  
v3 <- seq(1, 10, 0.5)  
# Le funzioni si chiamano con le parentesi tonde,  
# separando argomenti con ,
```

# IL LINGUAGGIO R

## MATRICI

# Si costruiscono con l'operatore `matrix()`

```
(m1 <- matrix(1:10, 2, 5))
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]  
## [1,]    1    3    5    7    9  
## [2,]    2    4    6    8   10
```

# IL LINGUAGGIO R

## OPERATORI

```
# Le variabili sono nativamente degli array.
```

```
# Gli scalari sono solo array di dimensione 1
```

```
length(a)
```

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

```
length(v1)
```

```
## [1] 4
```

```
# Gli operatori agiscono quindi sempre su array:
```

```
a * 2
```

```
## [1] 2
```

```
v3 + 2
```

```
## [1] 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0
```

```
## [16] 10.5 11.0 11.5 12.0
```



# IL LINGUAGGIO R

## INDICIZZAZIONE

- La sintassi di indicizzazione di R è molto flessibile e potente
- si usano sempre le parentesi quadre `[r,c]`, la **base è 1**
- se un indice manca, significa “tutte le righe|colonne”

```
v1[3]
```

```
## [1] 7.5
```

```
m1[1,1]
```

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

```
m1[2,]
```

```
## [1] 2 4 6 8 10
```

```
m1[,]
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
```

```
## [1,]    1    3    5    7    9
```

```
## [2,]    2    4    6    8   10
```

# IL LINGUAGGIO R

## INDICIZZAZIONE

- Un indice può essere anche un'array di posizioni o un'array di valori booleani

```
v1[c(2,4,1)]
```

```
## [1] 2 3 10
```

```
v2[v2 %% 2 == 0]
```

```
## [1] 2 4 6 8 10
```

```
v2 %% 2 == 0 # operatore modulo (resto)
```

```
## [1] FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE
```

## NOTA

- TRUE e FALSE possono essere abbreviati in T e F

# IL LINGUAGGIO R

## FUNZIONI

- Le funzioni sono *first class objects*, cioè sono variabili come altre
- possono essere assegnate a variabili e passate a funzioni

```
my_fun <- function(x) x^2
```

```
my_fun(1:5)
```

```
## [1] 1 4 9 16 25
```

```
your_fun <- my_fun
```

```
your_fun(6)
```

```
## [1] 36
```

```
my_apply <- function(x, f) f(x)
```

```
my_apply(10, my_fun)
```

```
## [1] 100
```

# IL LINGUAGGIO R

## FUNZIONI

- Se la definizione richiede più righe, si usa un **blocco** tra `{}`
- Ogni funzione ritorna **sempre** l'ultima espressione valutata
- Oppure esplicitamente mediante `return()`

## CONTROLLO DI FLUSSO

- `if(cond) expr`
- `if(cond) cons.expr else alt.expr`
- `for(var in seq) expr`
- `while(cond) expr`
- `repeat expr`
- `break`
- `next`

# IL LINGUAGGIO R

## ARGOMENTI DELLE FUNZIONI

- Gli argomenti possono essere indicati per posizione o per nome
- Gli argomenti nominati possono comparire in qualsiasi ordine
- Gli argomenti possono avere un default, in tal caso sono opzionali

```
f <- function(x, y, n=10, test=F) {  
  ifelse(test, 0, x^y + n)  
}
```

```
f(2, 10)
```

```
## [1] 1034
```

```
f(test=F, y=10, x=2)
```

```
## [1] 1034
```

```
f(test=T)
```

```
## [1] 0
```

# IL LINGUAGGIO R

## DATAFRAME

- In R più che matrici si usano dataframe
- Si tratta di tabelle organizzate per colonne, internamente omogenee ma potenzialmente di tipi differenti

```
df <- data.frame(A=1:10, B=letters[1:10])
```

```
head(df)
```

```
##    A B
## 1 1 a
## 2 2 b
## 3 3 c
## 4 4 d
## 5 5 e
## 6 6 f
```

# IL LINGUAGGIO R

## DATAFRAME

- Un dataframe può essere indicizzato come una matrice (due indici)
- Oppure selezionando una colonna con la notazione \$

```
df[2,2]
```

```
## [1] "b"
```

```
df$B[2]
```

```
## [1] "b"
```

```
# anche in assegnazione
```

```
df$C <- LETTERS[1:10]
```

```
head(df, 3)
```

```
##      A B C
```

```
## 1  1 a A
```

```
## 2  2 b B
```

```
## 3  3 c C
```

## PLOT

- I principali comandi di plot sono:
  - `plot`: interfaccia generica
  - `lines`: plotta una serie come linea, accetta l'opzione `add=T`
  - `points`: plotta una serie come punti, accetta l'opzione `add=T`
  - `curve`: plotta una funzione di `x`, accetta l'opzione `add=T`
  - `abline`: plotta una linea retta
  - `hist`: istogramma
  - `boxplot`: ditto



## STIMATORI

- Media campionaria: `mean(x, na.rm=F)`
- Varianza campionaria: `var(x, na.rm=F)`
- Deviazione standard: `sd(x, na.rm=F)`
- Mediana: `median(x, na.rm=F)`
- Moda: `mode(x, na.rm=F)`
- Covarianza: `cov(x, y, na.rm=F)`
- Correlazione: `cor(x, y, na.rm=F)`  $=: \text{cov}(x, y) / (\sigma_x \sigma_y)$

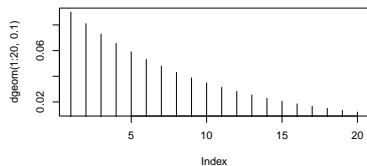
## DISTRIBUZIONI

- In R, le funzioni relative alle distribuzioni sono 4 per ciascuna distribuzione:
  - generazione di numeri casuali, prefisso `r`
  - densità di probabilità (PDF), prefisso `d`
  - probabilità cumulata (CDF), prefisso `p`
  - quantile ( $CDF^{-1}$ ), prefisso `q`
- Ai prefissi vanno aggiunti i nomi delle distribuzioni: `unif`, `norm`, `t`, `f`, `chisq`, `pois`, `binom`, `geom`, `gamma`, `weibull`, ...
- Ad esempio:
  - `rnorm(n, 0, 1)` genera  $n$  campioni normali standard  $N(0, 1)$
  - `pt(t, n)` calcola la CDF del valore  $t$  da una distribuzione  $t_n$
  - `qf(p, n1, n2)` calcola il quantile per la probabilità  $p$  su una  $\chi^2_{n_1, n_2}$

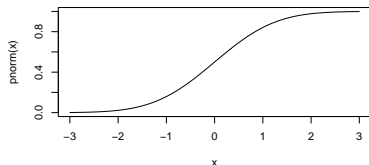
# STATISTICA DESCRITTIVA

## ESEMPIO

```
plot(dgeom(1:20, 0.1), typ="h")
```



```
curve(pnorm(x), xlim=c(-3, 3))
```

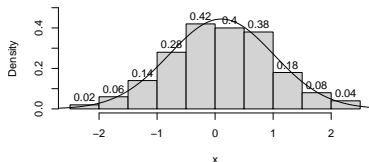


# STATISTICA DESCRITTIVA

## ESEMPIO

```
set.seed(1)
x <- rnorm(100)
m <- mean(x); s <- sd(x)
hist(x, prob=T, ylim=c(0, 0.5), labels=T)
curve(dnorm(x, mean=m, sd=s), xlim=c(-3, 3), add=T)
```

Histogram of x

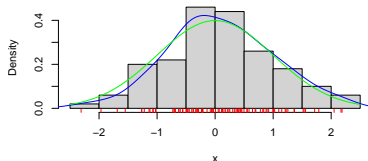


# STATISTICA DESCRITTIVA

## KERNEL DENSITY ESTIMATE (KDE)

```
set.seed(123)
x <- rnorm(100)
hist(x, prob=T)
rug(x, col="red")
lines(density(x), col="blue")
curve(dnorm(x), add=T, col="green")
```

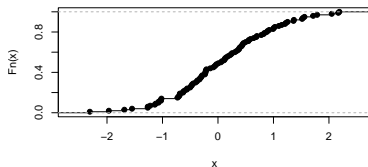
Histogram of x



## KERNEL DENSITY ESTIMATE (KDE)

```
plot(ecdf(x))
```

ecdf(x)



# STATISTICA INFERENZIALE

## TEST DI IPOTESI

- Un *test statistico* prevede sempre una coppia di ipotesi
- L'ipotesi nulla  $H_0$  è sempre l'ipotesi di non-significatività
- L'ipotesi alternativa  $H_1$  suppone che un effetto sia statisticamente significativo, cioè maggiore della varianza tipica del sistema

$$H_0 : \quad \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \quad \mu_1 \neq \mu_2$$

## MATRICE DI CONFUSIONE

$H_0$	Accettata	Rifiutata
Vera	OK	Errore Tipo I
Falsa	Errore Tipo II	OK

## PROBABILITÀ DI ERRORE

- $\alpha$  è la probabilità di rifiutare  $H_0$  quando  $H_0$  è vera (tipo-I)
- $\beta$  è la probabilità di accettare  $H_0$  quando  $H_0$  è falsa (tipo-II)
- $P = 1 - \beta$  è la **potenza** di un test

## SE FOSSE UN ALLARME ANTI-INTRUSIONE:

- $\alpha$  è la probabilità di falso allarme
- $\beta$  è la probabilità di un mancato allarme
- $P$  è l'affidabilità del sistema (probabilità che suoni quando deve)



## ESEMPIO ZERO

- Abbiamo due campioni  $y_1$  e  $y_2$  di  $n_1$  e  $n_2$  osservazioni
- Le due medie campionarie  $\bar{y}_1$  e  $\bar{y}_2$  sono sufficientemente simili da chiederci se vengano dalla stessa popolazione o no
- Nel primo caso, il valore atteso della popolazione del primo campione è uguale al valore atteso della popolazione del secondo:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
- Nel secondo caso invece  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$
- Questo problema corrisponde all'originale formulazione del test di Student di William Gosset, detto *Student*

## TEST DI STUDENT, O T-TEST

- Risulta che:

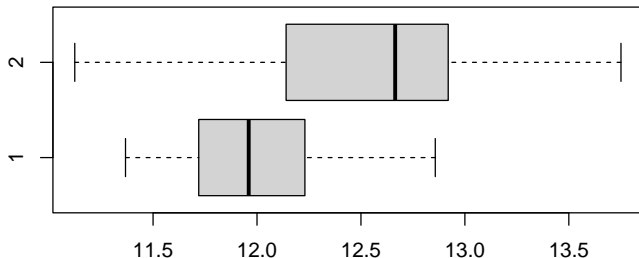
$$t_0 = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sim t_{n_1+n_2-1}, \text{ dove } S_p = \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{n_1 + n_2 - 2}$$

- dato che conosciamo la distribuzione di  $t_0$ , possiamo calcolare la probabilità di riscontrare un valore uguale o superiore a  $t_0$
- tanto più bassa è tale probabilità, detta  $p$ -value, tanto più è forte  $H_1$
- il  $p$ -value corrisponde alla probabilità di un errore di tipo-I,  $\alpha$

# STATISTICA INFERENZIALE

## T-TEST IN R

```
set.seed(123)
y1 <- rnorm(10, 12, 0.5); y2 <- rnorm(12, 12.5, 0.7)
boxplot(y1, y2, horizontal=T)
```



# STATISTICA INFERENZIALE

## T-TEST IN R

- per prima cosa si verifica l'**omoschedasticità**:

```
(vt <- var.test(y1, y2))
```

```
##
```

```
## F test to compare two variances
```

```
##
```

```
## data: y1 and y2
```

```
## F = 0.4531, num df = 9, denom df = 11, p-value = 0.2446
```

```
## alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
```

```
## 95 percent confidence interval:
```

```
## 0.1262847 1.7725487
```

```
## sample estimates:
```

```
## ratio of variances
```

```
## 0.4530969
```

# STATISTICA INFERENZIALE

## T-TEST IN R

- Poi si effettua il T-test appropriato:

```
t.test(y1, y2, var.equal=(vt$p.value>0.05))  
  
##  
## Two Sample t-test  
##  
## data: y1 and y2  
## t = -1.9339, df = 20, p-value = 0.0674  
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -1.05880157 0.04004476  
## sample estimates:  
## mean of x mean of y  
## 12.03731 12.54669
```

## OSSERVAZIONE

- In R, alcune funzioni possono ritornare degli *oggetti*
- Un oggetto raggruppa uno o più *attributi*, visualizzabili col comando `names()` e accessibili con la notazione `$`:

```
names(vt)
```

```
## [1] "statistic"      "parameter"      "p.value"        "conf.int"  
## [6] "null.value"     "alternative"     "method"         "data.name"
```

```
vt$p.value
```

```
## [1] 0.2446474
```