

*Università degli Studi di Milano*  
*Laurea Specialistica in Genomica Funzionale e Bioinformatica*  
*Corso di Linguaggi di Programmazione per la Bioinformatica*

## Liste

*Giorgio Valentini*  
e-mail: [valentini@dsi.unimi.it](mailto:valentini@dsi.unimi.it)

DSI – Dipartimento di Scienze dell' Informazione  
Università degli Studi di Milano

1

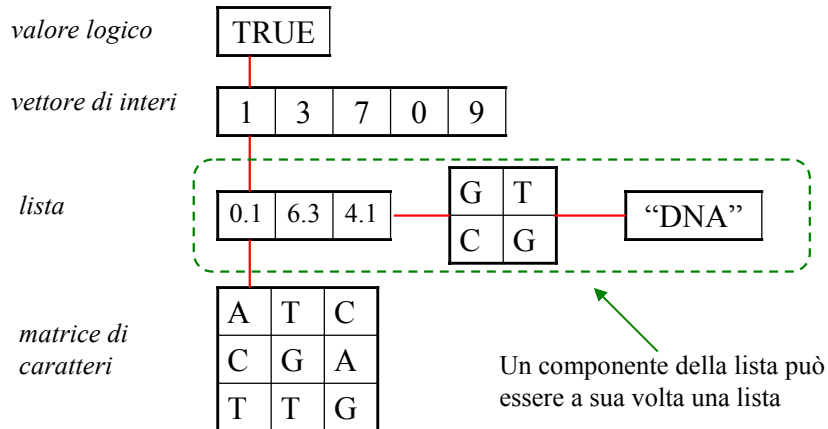
## Lista come insieme ordinato di oggetti eterogenei (1)

- Le liste rappresentano un *insieme ordinato di oggetti* (**componenti**)
- Le componenti possono non essere dello stesso tipo o modo. Quindi le liste rappresentano *insiemi di oggetti eterogenei*.
- I componenti possono essere ad es: un vettore numerico, un valore logico, una matrice, un array di caratteri, una funzione o anche un' altra lista.
- La lista è quindi una *struttura dati ricorsiva*, poichè una sua componente può essere a sua volta una lista (e la lista componente può avere come componente un' altra lista).

2

## Lista come insieme ordinato di oggetti eterogenei (2)

Una lista composta da oggetti eterogenei: un valore logico, un vettore di interi, un'altra lista ed una matrice di caratteri



3

## Costruzione di una lista

Per costruire le liste si usa la funzione **list**:

I componenti delle liste sono sempre **numerati**:

```
> li <- list(TRUE, c(1,3,7,0,9))
> li
[[1]]
[1] TRUE
[[2]]
[1] 1 3 7 0 9
```

E' però possibile assegnare alle componenti un **nome**:

```
> li <- list(val=TRUE,
vector=c(1,3,7,0,9))
> li
$val
[1] TRUE
$vector
[1] 1 3 7 0 9
```

4

## Accesso alle componenti di una lista

Esistono 3 modalità di accesso alle componenti di una lista:

1. Accesso tramite indice numerico
2. Accesso tramite il nome delle componenti
3. Accesso tramite indice “a caratteri”

5

## Accesso tramite indice numerico (1)

I componenti delle liste sono numerati ed è possibile accedere ad essi tramite indice numerico racchiuso fra doppie parentesi quadre.

Es:

```
> li <- list(val=TRUE, vector=c(1,3,7,0,9),
m=matrix(1:12,nrow=2))
> li[[1]]
[1] TRUE
> li[[2]]
[1] 1 3 7 0 9
> li[[3]]
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6]
[1,]   1   3   5   7   9  11
[2,]   2   4   6   8  10  12
```

6

## Accesso tramite indice numerico (2)

E' possibile accedere anche ai singoli elementi delle componenti:

Es:

```
> li <- list(val=TRUE, vector=c(1,3,7,0,9),
m=matrix(1:12,nrow=2))
> li[[2]][2] # accesso al II el. della II componente
# della lista (un vettore)
[1] 3
> li[[3]][1,] # accesso alla I riga della III
# componente (una matrice)
[1] 1 3 5 7 9 11
```

7

## Accesso tramite il nome delle componenti

Se le componenti hanno un nome è possibile accedere ad esse direttamente tramite il nome stesso

Es:

```
> li <- list(val=TRUE, vector=c(1,3,7,0,9),
m=matrix(1:12,nrow=2))
> li$val
[1] TRUE
> li$vector
[1] 1 3 7 0 9
```

Quindi `li$val` è equivalente a `li[[1]]` e `li$vector` a `li[[2]]`

Tramite la notazione `lista$nome` è possibile accedere anche ai singoli elementi delle componenti:

```
> li$vector[4]
[1] 0
> li$m[1,1]
[1] 1
```

8

## Accesso tramite indice “a caratteri”

Se le componenti hanno un nome è possibile accedere ad esse tramite indice “a caratteri”

Es:

```
> li <- list(val=TRUE, vector=c(1,3,7,0,9),  
m=matrix(1:12,nrow=2))  
> li[["m"]]  
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6]  
[1,]    1    3    5    7    9   11  
[2,]    2    4    6    8   10   12
```

Questa modalità può essere utile quando il nome della componente è memorizzato in un’altra variabile:

```
> v<-"vector"; li[[v]]  
[1] 1 3 7 0 9
```

9

## Gli operatori “[[]]” e “[ ]”

- L’ accesso alle componenti tramite gli operatori “[[]]” e “[ ]” produce risultati sostanzialmente differenti.
- “[[]]” è l’ operatore che seleziona l’ oggetto contenuto nella lista ( e l’ eventuale nome associato all’ oggetto non è incluso)
- “[ ]” è l’ operatore che seleziona una sottolista (si riferisce quindi ad un elemento di modo “lista”, e l’ eventuale nome associato all’ oggetto viene incluso )

10

## Gli operatori “[[]]” e “[[]]” - esempi

```
> li <- list(n=0.6798, s=c(rep("A",4),rep("T",4)))
> mode(li[1])
[1] "list"
> mode(li[[1]])
[1] "numeric"
> li[1] # viene stampato come una lista
$n
[1] 0.6798
> li[[1]] # viene stampato come un numero
[1] 0.6798
> sqrt(li[[1]])
[1] 0.8244998
> sqrt(li[1])# non si può fare la radice quadrata di una lista
Error in sqrt(li[1]) : Non-numeric argument to mathematical
function
> names(li[2]) # il nome è associato alla sottolista
[1] "s"
> names(li[[2]])# non è associato alcun nome all' oggetto
NULL
```

11

## Allungare e concatenare liste

Come qualsiasi altro oggetto accessibile tramite indici, le liste possono essere estese, aggiungendo specifiche componenti:

```
> li<-list(0.6798,
paste(c(rep("A",4),rep("T",4)),
collapse=""))
> li[3] <- list(TRUE)
> li
[[1]]
[1] 0.6798
[[2]]
[1] "AAAATTTT"
[[3]]
[1] TRUE
```

La concatenazione di liste è possibile tramite la funzione **c**:

```
> li1 <- list(TRUE,2)
> li2 <- list("pippo")
> li3<-list( c(1,2,3),
c("T","A","C"))
> li123 <- c(li1,li2,li3)
> li123
[[1]]
[1] TRUE
[[2]]
[1] 2
[[3]]
[1] "pippo"
[[4]]
[1] 1 2 3
[[5]]
[1] "T" "A" "C"
```

12

## Esercizi

1. Costruire una lista *li* composta da una matrice numerica 4X4, da un vettore di caratteri con 32 elementi, dalla stringa "topo", e da un'ulteriore lista composta da un vettore di 10 elementi numerici e dal valore logico FALSE.
2. Si estragga dalla lista  

```
li<-list(m=matrix(rnorm(64),nrow=8),s=c(rep("T",3),rep("G",5)))
```

(a) la II colonna della matrice (b) le "G" del vettore *s*.  
Si aggiunga quindi alla lista un vettore composto da 10 numeri casuali. E' possibile trasformare la lista ottenuta in un array?
3. E' possibile costruire un vettore di liste? In caso di risposta affermativa se ne fornisca un esempio.
4. Accedi in 3 modi diversi alla II componente della lista *li* dell'es.2
5. Spiega la differenza fra le due diverse modalità di accesso al primo elemento della lista *li*, *li[1]* e *li[[1]]*. Tramite la funzione *diag* si estragga la diagonale della matrice memorizzata nella lista *li*.
6. Una serie di campioni è sottoposto ad una serie di analisi, i cui risultati sono espressi in modalità diverse a seconda del tipo stesso delle analisi: come valori interi, valori reali, stringhe di caratteri, un insieme di 3 valori (debole, medio, intenso), come vettore di numeri reali, e come sequenze di lunghezza variabile di numeri reali. Proponi una struttura dati R per modellare i risultati delle analisi relative ai diverse campioni, motivando la scelta effettuata.