

# Algoritmi e Strutture Dati 2023-24

(M. Benerecetti)

## Contents

<b>1</b>	<b>Algoritmo di Conteggio</b>	<b>2</b>
1.1	Algoritmo di conteggio 2 . . . . .	3
1.2	Algoritmo di conteggio 3 . . . . .	4

# 1 Algoritmo di Conteggio

Descrivere un algoritmo che accetta come input un intero  $N \geq 1$  e produce in output il numero di coppie ordinate  $i, j \in \mathbb{N} \quad (i, j) : 1 \leq i \leq j \leq N$

Esempio:

- Input:  $N=4$
- Output: 10  $\{(1,1),(1,2),(1,3),(1,4),(2,2),(2,3),(2,4),(3,3),(3,4),(4,4)\}$

```
1 Conta(N):  
2   ris = 0;  
3   for i=1 to N do  
4     for j=1 to N do  
5       if i<=j then  
6         ris = ris+1  
7   return ris
```

Andiamo a definire per ogni riga un costo:

- 2) Assegnamento costante, 1 operazione elementare
- 3) Al primo giro: Assegnamento + confronto (2 operazioni elementari), successivi giri: Incremento+confronto (2 operazioni elementari)
- 4) idem 3
- 5) 2 letture + confronto (3 operazioni elementari)
- 6) lettura+scrittura+assegnamento (3 operazioni elementari)
- 7) 1 operazione elementare

Ognuna di queste operazioni (righe) vengono eseguite più di una volta, quindi il costo sarà maggiore, andiamo ad esprimerlo:

- 2) Costo = 1 (fuori dal ciclo)
- 3) La testa viene eseguita  $n+1$  volte poiché abbiamo anche l'ultima operazione per uscire dal ciclo, quindi Costo =  $2 * (n+1) = 2 * \sum_{i=1}^{N+1} 1$
- 4) Questo for verrà ripetuto  $N$  volte poiché il corpo del for viene eseguito  $N$  volte, quindi il suo costo sarà:

$$\underbrace{2}_{\text{costo dell'operazione}} * \underbrace{\sum_{i=1}^N}_{\text{for esterno}} \underbrace{\sum_{j=1}^{N+1} 1}_{\text{for interno}}$$

- 5) L'if stando in entrambi i for avrà un costo di:  $3 * \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+1} 1$

- 6) Questa operazione non ha un numero fisso di volte di esecuzione. Pertanto è necessario stabilirne un algoritmo per decretarne il numero. Pensandoci il numero di volte che questa operazione esegue dipende da  $N$  e dall'  $i$  fissate in precedenza. Calcolando, anche banalmente a mano, quante operazioni vengono eseguite ci troveremo con:

$N - i + 1$  volte che l'operazione viene eseguita.

- 7) Costo = 1 (fuori dal ciclo)

Dopo che viene effettuata l'analisi, possiamo andare a sommare tutti i risultati che abbiamo ottenuto in termini di unita (correggere accento) di tempo.

La funzione  $T(n)$  e (correggere) la funzione che ci tiene traccia della complessità dell'algoritmo.

Andiamo semplicemente a sommare i nostri risultati di ogni riga.

$$T(n) = 1 + 2 * (N) + 2 * (N^2 + N) + 3 * \frac{N(N+1)}{2}$$

Questo risultato è ottenuto semplificando le nostre sommatorie:

- 3)  $2 * \sum_{i=1}^{N+1} 1 = 2 * (N + 1)$
- 4)  $2 * \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^{N+1} 1 = 2 * \sum_{i=1}^N N + 1 = 2 * (N^2 + N)$
- 5)  $3 * \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^N 1 = 3 * \sum_{i=1}^N N = 3N^2$
- 6)  $\sum_{i=1}^N (N - i + 1) = N - (k - 1)$  cioè ad ogni ciclo il numero delle volte che viene eseguita questa operazione diminuisce costantemente di 1 (cioè dipendente dal salire di  $i$ ).

$$T(n) = \frac{13}{2}N^2 = \frac{9}{2}N + 4$$

Come vediamo questa funzione è quadratica, quindi cresce esponenzialmente nel tempo, molto pesante e lenta come funzione.

## 1.1 Algoritmo di conteggio 2

Dopo aver ottenuto i risultati dell'analisi sopra, possiamo dire che è sicuramente possibile semplificare il nostro codice in modo tale da far eseguire meno operazioni al nostro processore e quindi utilizzare meno tempo.

```

1 Conta(N):
2   ris = 0;
3   for i=1 to N do
4     ris = ris + (N-i+1)
5   return ris

```

Così facendo abbiamo semplicemente detto al nostro codice che deve sommare soltanto gli elementi che nel momento in cui  $i$  è fissato, sono  $\leq$  di se stesso.

Così facendo si dovrebbero eliminare molte operazioni inutili, analizziamo.

- 2) sempre 1 operazione
- 3)  $2 * \sum_{i=1}^{N+1} 1$
- 4)  $\sum_{i=1}^N 7 = 7 \cdot N$

Come possiamo osservare abbiamo eliminato il secondo for, dunque abbiamo eliminato la quadraticità, ora l'operazione a riga 4 viene eseguita solamente  $N$  volte, e il numero di operazioni semplici che esegue è fissato.

$$T(n) = 1 + 2(N + 1) + 7N + 1 = 9N + 4$$

## 1.2 Algoritmo di conteggio 3

Da come possiamo notare è possibile di nuovo semplificare l'ultima sommatoria della riga 4 dello scorso algoritmo.

Da

$$\sum_{i=1}^N N - i + 1 \rightarrow \sum_{i=1}^N i$$

Il risultato della sommatoria è lo stesso, se andiamo a semplificarlo.

$$\sum_{i=1}^N N - i + 1 = \sum_{i=1}^N i = \frac{N(N + 1)}{2}$$

```

1 Conta(N):
2   ris = 0
3   ris = ris + (N - i + 1)
4   return ris

```

In questo modo abbiamo eliminato qualsiasi ciclo e quindi il risultato sarà un numero fisso di operazioni.

- 1) 1 operazione
- 2) 5 operazioni elementari

$$T(n) = 5 + 1 = 6$$

In questo caso la funzione tempo per eseguire queste operazioni è fissa, non dipende da nessun  $N$ , dunque è la migliore soluzione possibile per questo algoritmo.