

## Levenshtein distance

**Bellezza Francesco**  
**Bertini Marco**

## Esempio

		k	i	t	t	e	n
	0	1	2	3	4	5	6
s	1	1	2	3	4	5	6
i	2	2	1	2	3	4	5
t	3	3	2	1	2	3	4
t	4	4	3	2	1	2	3
i	5	5	4	3	2	2	3
n	6	6	5	4	3	3	2
g	7	7	6	5	4	4	3

		S	a	t	u	r	d	a	y
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
S	1	0	1	2	3	4	5	6	7
u	2	1	1	2	2	3	4	5	6
n	3	2	2	2	3	3	4	5	6
d	4	3	3	3	3	4	3	4	5
a	5	4	3	4	4	4	4	3	4
y	6	5	4	4	5	5	5	4	3

[https://en.wikipedia.org/wiki/Levenshtein\\_distance](https://en.wikipedia.org/wiki/Levenshtein_distance)

## Il codice sequenziale

```
int m = string1.length()+1;  
int n = string2.length()+1;
```

```
vector<int> mat(m * n, 0);
```

```
for (int i = 0; i < m; i++)  
{  
    mat.at(i * n) = i;  
}
```

→ Inizializzazione prima  
riga della matrice.

```
for (int j = 0; j < n; j++)  
{  
    mat.at(j) = j;  
}
```

→ Inizializzazione prima  
colonna della matrice.



## Il codice sequenziale

```
int costoperation = 0;
for (int j = 1; j < n; j++)
{
    for (int i = 1; i < m; i++)
    {
        if (string1[i-1] == string2[j-1])
        {
            costoperation = 0;
        }
        else
        {
            costoperation = 1;
        }
        mat.at(i * n + j) = min(min(mat[(i-1) * n + j] + 1, mat[i * n + j - 1] + 1), mat[(i-1) * n + j - 1] + costoperation);
    }
}
return mat[m * n - 1];
```

- Con il doppio ciclo for itero sulla matrice delle distanze.
- Calcolo il costo dell'operazione di sostituzione (è uguale a 1 se le due stringhe nelle posizioni i-1 e j-1 hanno carattere diverso, 0 altrimenti).



## Il codice sequenziale

```
int costoperation = 0;
for (int j = 1; j < n; j++)
{
    for (int i = 1; i < m; i++)
    {
        if (string1[i-1] == string2[j-1])
        {
            costoperation = 0;
        }
        else
        {
            costoperation = 1;
        }
        mat.at(i * n + j) = min(min(mat[(i-1) * n + j] + 1, mat[i * n + j - 1] + 1), mat[(i-1) * n + j - 1] + costoperation);
    }
}
return mat[m * n - 1];
```

- Con il doppio ciclo for itero sulla matrice delle distanze.
- Calcolo il costo dell'operazione di sostituzione (è uguale a 1 se le due stringhe nelle posizioni i-1 e j-1 hanno carattere diverso, 0 altrimenti).
- Calcolo la distanza in posizione (i,j) della matrice in base alla distanza minima tra le due stringhe effettuando eventuali inserimenti, cancellazioni o sostituzioni.

## Il codice sequenziale

```
int costoperation = 0;
for (int j = 1; j < n; j++)
{
    for (int i = 1; i < m; i++)
    {
        if (string1[i-1] == string2[j-1])
        {
            costoperation = 0;
        }
        else
        {
            costoperation = 1;
        }
        mat.at(i * n + j) = min(min(mat[(i-1) * n + j] + 1, mat[i * n + j - 1] + 1), mat[(i-1) * n + j - 1] + costoperation);
    }
}
return mat[m * n - 1];
```

—————→ Perché anche se abbiamo parlato di matrice, utilizziamo un array?

- Con il doppio ciclo for itero sulla matrice delle distanze.
- Calcolo il costo dell'operazione di sostituzione (è uguale a 1 se le due stringhe nelle posizioni i-1 e j-1 hanno carattere diverso, 0 altrimenti).
- Calcolo la distanza in posizione (i,j) della matrice in base alla distanza minima tra le due stringhe effettuando eventuali inserimenti, cancellazioni o sostituzioni.

## Il codice sequenziale

Abbiamo utilizzato un vettore linearizzato per memorizzare una matrice. Per accedere alla posizione  $(i,j)$  della matrice è sufficiente accedere alla posizione  $(i*n)+j$ , dove  $n$  sono il numero di colonne della matrice.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----



## Il codice sequenziale

Abbiamo utilizzato un vettore linearizzato per memorizzare una matrice. Per accedere alla posizione  $(i,j)$  della matrice è sufficiente accedere alla posizione  $(i*n)+j$ , dove  $n$  sono il numero di colonne della matrice.

Matrice di dimensione 3x4

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

Voglio accedere all'elemento in  
posizione (1,2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----



## Il codice sequenziale

Abbiamo utilizzato un vettore linearizzato per memorizzare una matrice. Per accedere alla posizione  $(i,j)$  della matrice è sufficiente accedere alla posizione  $(i*n)+j$ , dove  $n$  sono il numero di colonne della matrice.

Matrice di dimensione 3x4

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

Voglio accedere all'elemento in  
posizione (1,2)

1° Riga				2° Riga							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

$\text{vet}[1*4+2]=\text{vet}[6]$

## L'idea dietro il codice parallelo

- L'algoritmo presenta implicitamente molte dipendenze, quindi non è semplice da parallelizzare.
- L'idea consiste nel parallelizzare il calcolo degli elementi della matrice delle distanze all'interno di una anti-diagonale della matrice.

1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
3	4	5	6	7
4	5	6	7	8
5	6	7	8	9



## L'idea dietro il codice parallelo

- L'algoritmo presenta implicitamente molte dipendenze, quindi non è semplice da parallelizzare.
- L'idea consiste nel parallelizzare il calcolo degli elementi della matrice delle distanze all'interno di una anti-diagonale della matrice.

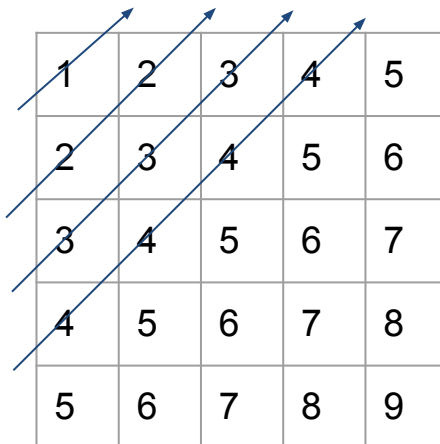
1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
3	4	5	6	7
4	5	6	7	8
5	6	7	8	9

→ L'ordine di calcolo delle anti-diagonali deve essere rispettato.  
Celle con lo stesso numero possono essere calcolate contemporaneamente.



## L'idea dietro il codice parallelo

- L'algoritmo presenta implicitamente molte dipendenze, quindi non è semplice da parallelizzare.
- L'idea consiste nel parallelizzare il calcolo degli elementi della matrice delle distanze all'interno di una anti-diagonale della matrice.



1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
3	4	5	6	7
4	5	6	7	8
5	6	7	8	9

L'ordine di calcolo delle anti-diagonali deve essere rispettato.  
Celle con lo stesso numero possono essere calcolate contemporaneamente.



## Il codice parallelo

```
for(int i=1; i < m; i++){
    #pragma omp parallel
    {
        #pragma omp for nowait
        for (int count = 1; count<=i;count++){
            int j_start = 0;
            int i_start = i+1;
            int costoperation = 0;
            if(j_start + count< n && i_start - count>=1){
                j_start+=count;
                i_start-=count;
                if(string1[i_start-1]==string2[j_start-1]){
                    costoperation=0;
                } else {
                    costoperation=1;
                }
                mat.at(i_start * n + j_start) = min(min(mat[(i_start-1) * n + j_start] + 1, mat[i_start * n + j_start - 1] + 1), mat[(i_start-1) * n + j_start - 1] + costoperation);
            }
        }
    }
}
```

Visita matrice per anti-diagonali fino a completare la metà superiore della matrice delle distanze.



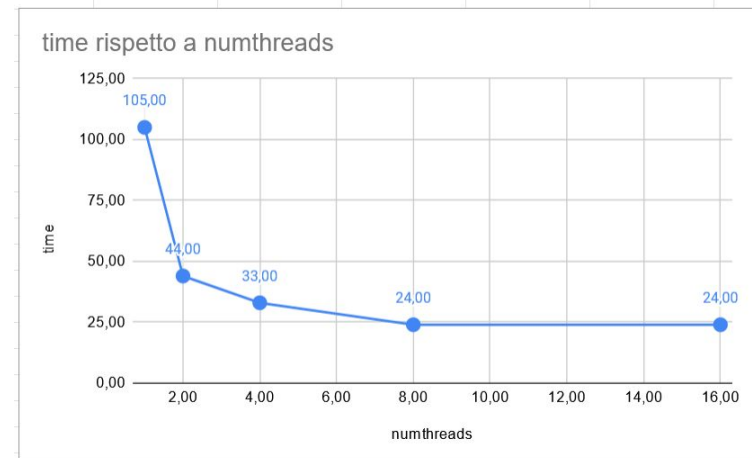
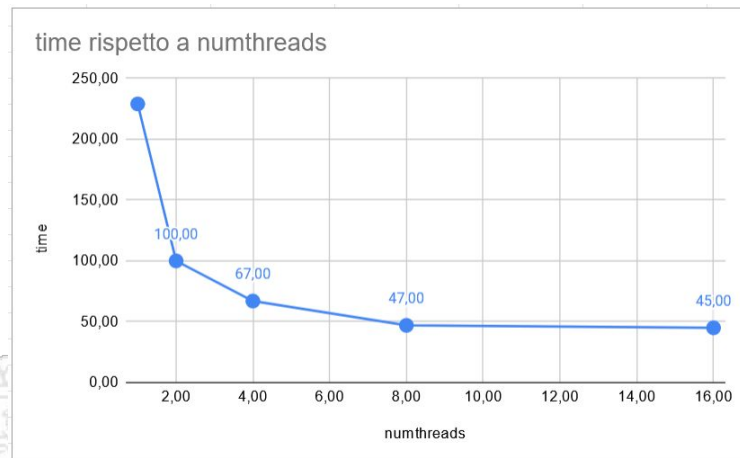
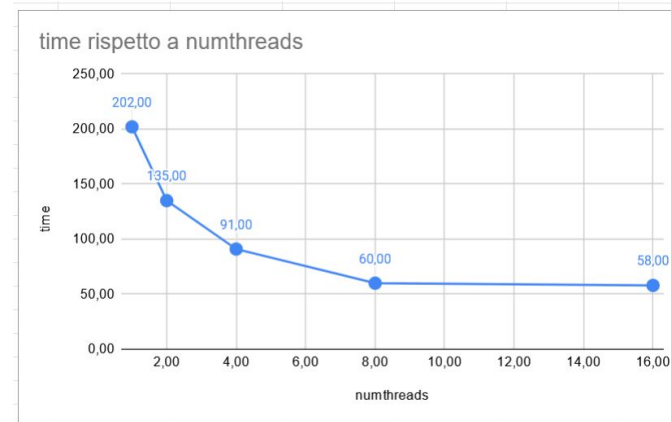
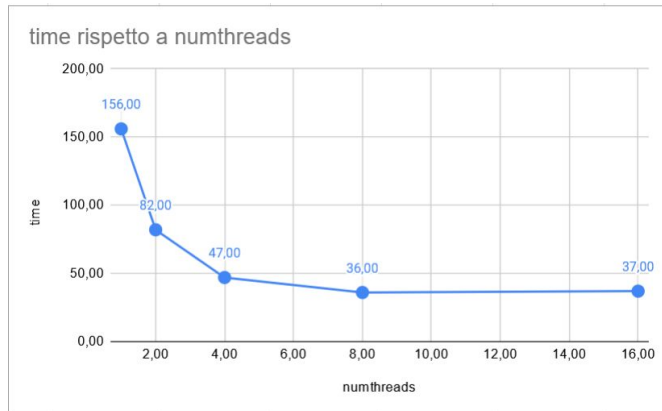
## Il codice parallelo

```
for (int j=2; j <= n; j++){  
    #pragma omp parallel  
    {  
        #pragma omp for nowait  
        for(int count=1; count < n; count++){  
            int j_start = j-1;  
            int i_start = m;  
            int costoperation = 0;  
            if(j_start + count < n && i_start - count >= 1){  
                j_start += count;  
                i_start -= count;  
                if(string1[i_start-1] == string2[j_start-1]){  
                    costoperation = 0;  
                } else {  
                    costoperation = 1;  
                }  
                mat.at(i_start * n + j_start) = min(min(mat[(i_start-1) * n + j_start] + 1, mat[i_start * n + j_start - 1] + 1), mat[(i_start-1) * n + j_start - 1] + costoperation);  
            }  
        }  
    }  
    //printmatrix(mat,m,n);  
    return mat[m * n - 1];  
}
```

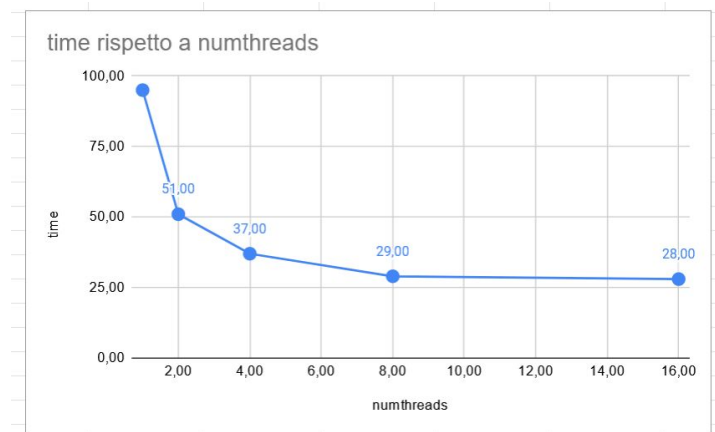
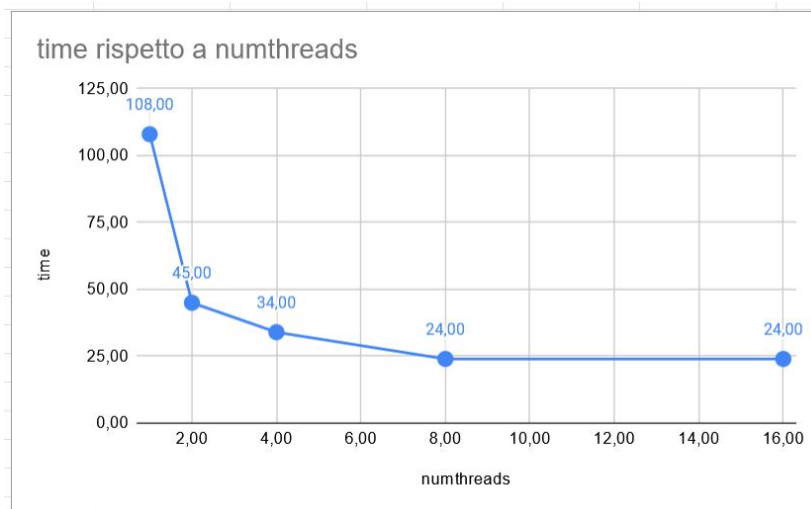
Visita matrice per anti-diagonali fino a completare la metà inferiore della matrice delle distanze.  
Infine si ritorna l'ultimo elemento della matrice, che contiene la distanza desiderata.



## Test effettuati



## Test effettuati cont.



- I tempi sono stati misurati tramite differenze di `omp_get_wtime()` prima e dopo l'esecuzione dei vari metodi.
- Abbiamo ottenuto uno speedup medio di circa 3.



## Considerazioni finali

- Il metodo parallelo riesce a raggiungere uno speedup rispetto a quello sequenziale di 3 volte con un numero di thread elevato.
- Aggiungere altri thread sopra una certa soglia non migliora ulteriormente le performance.
- Le direttive omp riescono quindi a velocizzare molto il confronto tra due stringhe.
- Gli esempi che sono stati considerati sono sufficientemente grandi per poter garantire una resa ancora più netta del programma parallelo rispetto a quello sequenziale.
- Con esempi più piccoli (stringhe di 20-30 caratteri) non sono state evidenziate differenze significative tra il codice sequenziale e codice parallelo

