

Algoritmos de Ordenação (Parte 1)

Prof. Jefferson T. Oliva

Algoritmos e Estrutura de Dados I (AE22CP)
Engenharia de Computação
Departamento Acadêmico de Informática (Dainf)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Campus Pato Branco

- Método da bolha (*bubblesort*)
- Ordenação por seleção (*selection sort*)
- Ordenação por inserção (*insertion sort*)

- Ordenação (ou classificação): Tornar mais simples, rápida e viável a recuperação de uma determinada informação, em um conjunto grande de informações
- Terminologia básica:
 - Arquivo de tamanho n é uma sequência de n itens (X_1, X_2, \dots, X_n)
 - O i -ésimo componente do arquivo é chamado de item
 - Ordenação pela chave
 - Essa chave pode ser numérica (*int* ou *float*) ou *string*

Introdução

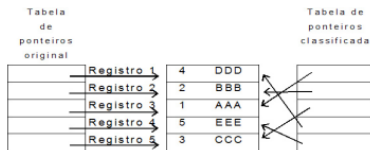
- Terminologia básica:
 - Ordenação interna
 - Ordenação externa
 - Ordenação estável
 - Ordenação pode ocorrer sobre os próprios registros ou sobre uma tabela auxiliar de ponteiros

Registro 1	4	DDD
Registro 2	2	BBB
Registro 3	1	AAA
Registro 4	5	EEE
Registro 5	3	CCC

Arquivo Original

1	AAA
2	BBB
3	CCC
4	DDD
5	EEE

Arquivo classificado



- Devido à relação entre a ordenação e a busca, surge uma pergunta: o arquivo deve ser classificado ou não?
- Eficiência de métodos de ordenação
 - Tempo para a execução do método
 - Espaço de memória necessário
- Normalmente o tempo gasto é medido pelo número de operações críticas
 - Comparação de chaves
 - Movimento de registros

- O resultado da mensuração do desempenho é uma fórmula em função de n e/ou notação assintótica (e.g. *big-oh*)
- Existem vários métodos de ordenação, por exemplo:
 - Método da bolha (*bubblesort*)
 - Ordenação por seleção (*selection sort*)
 - Ordenação por inserção (*insertion sort*)
 - *Quicksort*
 - *Heapsort*
 - *Shell sort*
 - Ordenação por intercalação (*mergesort*)
 - Ordenação por contagem (*counting sort*)
 - ...

Método da bolha (*bubblesort*)

Método da bolha (*bubblesort*)

- Ordenação por troca: em cada comparação pode haver troca de posições entre itens comparados
- Percorre o arquivo sequencialmente várias vezes, na qual cada elemento é comparado com o seu sucessor
- Fácil compreensão e implementação
- Um dos métodos de ordenação menos eficiente
- O método é estável

Método da bolha (*bubblesort*)

- Implementação

```
void bubblesort(int v[], int n){  
    int i, j, x;  
  
    for (i = 0; i < n - 1; i++)  
        for (j = 0; j < n - i - 1; j++)  
            if (v[j] > v[j + 1]){  
                x = v[j];  
                v[j] = v[j + 1];  
                v[j + 1] = x;  
            }  
}
```

Método da bolha (*bubblesort*)

- Implementação (com uma melhoria)

```
void bubblesort(int v[], int n){
    int i, j, x, troca = 1;

    for (i = 0; (i < n - 1) && troca; i++){
        troca = 0;

        for (j = 0; j < n - i - 1; j++)
            if (v[j] > v[j + 1]){
                x = v[j];
                v[j] = v[j + 1];
                v[j + 1] = x;
                troca = 1;
            }
    }
}
```

Método da bolha (*bubblesort*)

- Exemplo:

- Caracteres vermelhos: par de chaves em processamento
- Realce em amarelo: indica onde deve haver troca de posição entre chaves
- Realce em verde: indica as chaves cujo processamento está finalizado

i	j	X[0]	X[1]	X[2]	X[3]	X[4]	X[5]	X[6]	X[7]
-	-	25	57	48	37	12	92	86	33
0	0	25	57	48	37	12	92	86	33
0	1	25	57	48	37	12	92	86	33
0	1	25	48	57	37	12	92	86	33
0	2	25	48	57	37	12	92	86	33
0	2	25	48	37	57	12	92	86	33
0	3	25	48	37	57	12	92	86	33
0	3	25	48	37	57	12	92	86	33
0	4	25	48	37	12	57	92	86	33
0	5	25	48	37	12	57	92	86	33
0	5	25	48	37	12	57	86	92	33
0	6	25	48	37	12	57	86	92	33
0	6	25	48	37	12	57	86	33	92

Método da bolha (*bubblesort*)

- Exemplo:

- Caracteres vermelhos: par de chaves em processamento
- Realce em amarelo: indica onde deve haver troca de posição entre chaves
- Realce em verde: indica as chaves cujo processamento está finalizado

i	j	X[0]	X[1]	X[2]	X[3]	X[4]	X[5]	X[6]	X[7]
1	0	25	48	37	12	57	86	33	92
1	1	25	48	37	12	57	86	33	92
1	1	25	37	48	12	57	86	33	92
1	2	25	37	48	12	57	86	33	92
1	2	25	37	12	48	57	86	33	92
1	3	25	37	12	48	57	86	33	92
1	4	25	37	12	48	57	86	33	92
1	5	25	37	12	48	57	86	33	92
1	5	25	37	12	48	57	33	86	92
2	0	25	37	12	48	57	33	86	92
2	1	25	37	12	48	57	33	86	92
2	1	25	12	37	48	57	33	86	92
2	2	25	12	37	48	57	33	86	92
2	3	25	12	37	48	57	33	86	92
2	4	25	12	37	48	57	33	86	92
2	4	25	12	37	48	33	57	86	92

Método da bolha (*bubblesort*)

- Exemplo:

- Caracteres vermelhos: par de chaves em processamento
- Realce em amarelo: indica onde deve haver troca de posição entre chaves
- Realce em verde: indica as chaves cujo processamento está finalizado

i	j	X[0]	X[1]	X[2]	X[3]	X[4]	X[5]	X[6]	X[7]
3	0	25	12	37	48	33	57	86	92
3	0	12	25	37	48	33	57	86	92
3	1	12	25	37	48	33	57	86	92
3	2	12	25	37	48	33	57	86	92
3	3	12	25	37	48	33	57	86	92
3	3	12	25	37	33	48	57	86	92
4	0	12	25	37	33	48	57	86	92
4	1	12	25	37	33	48	57	86	92
4	2	12	25	37	33	48	57	86	92
4	2	12	25	33	37	48	57	86	92
5	0	12	25	33	37	48	57	86	92
5	1	12	25	33	37	48	57	86	92

Método da bolha (*bubblesort*)

- Eficiência do *bubblesort* com melhorias
 - O número de trocas não é maior que o número de comparações
 - Vantajoso em conjuntos pré-ordenados
 - Redução do número de comparações em cada passagem:
 - 1a. passagem: $n - 1$ comparações
 - 2a. passagem: $n - 2$ comparações
 - ...
 - $(n - 1)$ a. passagem: 1 comparação
 - Total: $\frac{(n^2+n)}{2}$
 - Complexidade (pior caso): $O(n^2)$

Método da bolha (*bubblesort*)

- Links interessantes:
 - Dança húngara:
<https://www.youtube.com/watch?v=lyZQPjUT5B4>
 - Simulador gráfico do *bubblesort*:
<https://visualgo.net/bn/sorting>

Ordenação por seleção (*selection sort*)

Ordenação por seleção (*selection sort*)

- Ordenação por seleção: escolhe o maior ou o menor elemento do conjunto para cada iteração para colocá-lo em sua devida posição
- Ideia básica
 - 1 Selecionar o maior elemento do conjunto (ou o menor)
 - 2 Trocá-lo com o último elemento (ou o primeiro, caso seja procurado o menor elemento)
 - 3 Repetir os dois passos anteriores com os $n - 1$ elementos restantes, após com os $n - 2$ e assim por diante

Ordenação por seleção (*selection sort*)

- Implementação

```
void selectsort(int v[], int n){
    int i, j, p, aux;

    for (i = n - 1; i >= 1; i--){
        p = i;

        for (j = 0; j < i; j++)
            if (v[j] > v[p])
                p = j;

        if (p != i){
            aux = v[i];
            v[i] = v[p];
            v[p] = aux;
        }
    }
}
```

Ordenação por seleção (*selection sort*)

- Exemplo

i	p	X[0]	X[1]	X[2]	X[3]	X[4]	X[5]	X[6]	X[7]
-	-	25	57	48	37	12	92	86	33
7	5	25	57	48	37	12	33	86	92
6	6	25	57	48	37	12	33	86	92
5	1	25	33	48	37	12	57	86	92
4	2	25	33	12	37	48	57	86	92
3	3	25	33	12	37	48	57	86	92
2	1	25	12	33	37	48	57	86	92
1	0	12	25	33	37	48	57	86	92

Ordenação por seleção (*selection sort*)

- Complexidade (pior caso): $O(n^2)$
- Esse método de ordenação é estável
- Simples implementação
- Um dos algoritmos mais rápidos para a ordenação de vetores pequenos
- Em vetores grandes, esse algoritmo é um dos mais lentos

Ordenação por seleção (*selection sort*)

- Links interessantes:
 - Dança cigana:
<https://www.youtube.com/watch?v=Ns4TPTC8whw>
 - Simulador gráfico do *select sort*:
<https://visualgo.net/bn/sorting>

Ordenação por inserção (*insertion sort*)

Ordenação por inserção (*insertion sort*)

- Ordenação por inserção: classifica um conjunto de registros inserindo registros em um arquivo classificado existente
- É o método que consiste em inserir informações em um conjunto já ordenado
- Algoritmo utilizado pelo jogador de cartas
 - As cartas são mantidas ordenadas nas mãos dos jogadores
 - Quando o jogador compra ou recebe uma nova carta, ele procura a posição que a nova carta deverá ocupar
- Bastante eficiente para pequenas entradas

Ordenação por inserção (*insertion sort*)

- Implementação

```
void insertsort(int v[], int n){  
    int i, x;  
  
    for (i = 1; i < n; i++){  
        x = v[i];  
  
        for (j = i - 1; (j >= 0) && (x < v[j]); j--)  
            v[j + 1] = v[j];  
  
        v[j + 1] = x;  
    }  
}
```


Ordenação por inserção (*insertion sort*)

- Exemplo

x	i	j	v[0]	v[1]	v[2]	v[3]	v[4]	v[5]	v[6]	v[7]
-	-	-	25	57	48	37	12	92	86	33
57	1	0	25	57	48	37	12	92	86	33
48	2	1	25	57	57	37	12	92	86	33
48	2	0	25	48	57	37	12	92	86	33
37	3	2	25	48	57	57	12	92	86	33
37	3	1	25	48	48	57	12	92	86	33
37	3	0	25	37	48	57	12	92	86	33
12	4	3	25	37	48	57	57	92	86	33
12	4	2	25	37	48	48	57	92	86	33
12	4	1	25	37	37	48	57	92	86	33
12	4	0	25	25	37	48	57	92	86	33
12	4	-1	12	25	37	48	57	92	86	33
92	5	4	12	25	37	48	57	92	86	33

Ordenação por inserção (*insertion sort*)

- Exemplo

x	i	j	v[0]	v[1]	v[2]	v[3]	v[4]	v[5]	v[6]	v[7]
86	6	5	12	25	37	48	57	92	92	33
86	6	4	12	25	37	48	57	86	92	33
33	7	6	12	25	37	48	57	86	92	92
33	7	5	12	25	37	48	57	86	86	92
33	7	4	12	25	37	48	57	57	86	92
33	7	3	12	25	37	48	48	57	86	92
33	7	2	12	25	37	37	48	57	86	92
33	7	1	12	25	33	37	48	57	86	92

Ordenação por inserção (*insertion sort*)

- Deve ser utilizado quando o arquivo está "quase" ordenado
- Desvantagem: alto custo de movimentação de elementos
- Complexidade (pior caso): $O(n^2)$

Ordenação por inserção (*insertion sort*)

- Links interessantes:
 - Dança romana:
<https://www.youtube.com/watch?v=R0a1U37913U>
 - Simulador gráfico do *insertion sort*:
<https://visualgo.net/bn/sorting>

Considerações Finais

- Comparações entre os algoritmos de ordenação simples:

Algoritmo	Melhor caso		
	Comparações	Trocas	Complexidade
bubblesort	n^2	0	$O(n^2)$
bubblesort com melhoria	n	0	$O(n)$
Selection sort	n^2	0	$O(n^2)$
Insertion sort	n	0	$O(n)$

Algoritmo	Caso médio e pior caso		
	Comparações	Trocas	Complexidade
bubblesort	n^2	n^2	$O(n^2)$
bubblesort com melhoria	n^2	n^2	$O(n^2)$
Selection sort	n^2	n	$O(n^2)$
Insertion sort	n^2	n^2	$O(n^2)$



Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C.
Introduction to Algorithms.
Third edition, The MIT Press, 2009.



Horowitz, E., Sahni, S. Rajasekaran, S.
Computer Algorithms.
Computer Science Press, 1998.



Rosa, J. L. G.
Métodos de Ordenação. SCE-181 – Introdução à Ciência da
Computação II.
Slides. Ciência de Computação. ICMC/USP, 2018.



Ziviani, N.
Projeto de Algoritmos - com implementações em Java e C++.
Thomson, 2007.