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

DAINF
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
CÂMPUS PATO BRANCO

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Sumário

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

Introdução

- 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 $(X_1, X_2, ..., X_n)$
  - O i-ésimo componente do arquivo é chamado de item
  - Ordenação pela chave
    - Essa chave pode ser numérica (*int* ou *float*) ou *string*

Introdução

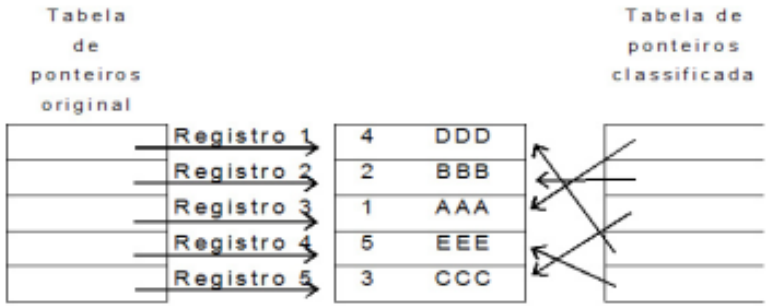
- Terminologia básica:
  - Ordenação interna
  - Ordenação externa
  - Ordenação estável
  - Ordenação pode ocorrer sobre os próprios registros ou sobre uma tabela auxiliar de ponteiros

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



Introdução

- Devido à relação entre a ordenação e a busca, surge uma pergunta: o aquivo 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

Introdução

- 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*)
  - ...

Sumário

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`

Sumário

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=ROalU379l3U`
  - 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	$O(n^2)$

Referências I


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.