

Disciplina: Estrutura de Dados

Professora: Jaqueline Brigladori Pugliesi

Métodos de Ordenação ou Métodos de Classificação

Conceitos Básicos

- Ordenar: processo de rearranjar um conjunto de objetos em uma ordem ascendente ou descendente.
- A ordenação visa facilitar a recuperação posterior de itens do conjunto ordenado.
 - Catálogo telefônico.
- Notação utilizada nos algoritmos:
 - Os algoritmos trabalham sobre os registros de um arquivo.
 - Cada registro possui uma chave utilizada para controlar a ordenação.
 - Podem existir outros componentes em um registro.
- Os métodos de classificação interna são divididos em cinco grupos de acordo com a técnica empregada, são eles:
 1. Classificação por Inserção (inserção direta e shellsort)
 2. Classificação por Troca (bubblesort e quicksort)
 3. Classificação por Seleção (seleção direta e heapsort)
 4. Classificação por Distribuição (distribuição de chaves e radixsort)
 5. Classificação por Intercalação (mergesort)

Classificação por Troca

- Na classificação por troca, a classificação de um conjunto de registros é feita através de comparações entre os elementos e trocas sucessivas desses elementos entre posições no arquivo.

Método BubbleSort

- É o método mais simples, de entendimento e programação mais fáceis.
- É um dos mais conhecidos e utilizados métodos de ordenação de arquivos.
- Não apresenta um desempenho satisfatório se comparado com os demais.

- Baseia-se em trocas de valores entre posições consecutivas, levando os valores mais altos (ou mais baixos) para o final do arquivo.
- Exemplo:
 - 18 15 20 12 compara os dois primeiros elementos – desordenado – troca
 - 15 18 20 12 segundo com o terceiro – ordenados,
então terceiro com o quarto – desordenado – troca
 - 15 18 12 20 chegamos ao final – o 20 está na posição final!
trocar o segundo com o terceiro elemento
 - 15 12 18 20 chega ao fim e reinicia o processo
compara os dois primeiros elementos – desordenado – troca
 - 12 15 18 20 Arquivo ordenado!!!

Método Quicksort

- Proposto por Hoare em 1960 e publicado em 1962.
- É o algoritmo de ordenação interna mais rápido que se conhece para uma ampla variedade de situações.
- Provavelmente é o mais utilizado.
- A ideia básica é dividir o problema de ordenar um conjunto com n itens em dois problemas menores.
- Os problemas menores são ordenados independentemente.
- Os resultados são combinados para produzir a solução final.
- A parte mais delicada do método é o processo de partição.
- O vetor A[Esq..Dir] é rearranjado por meio da escolha arbitrária de um pivô x.
- O vetor A é particionado em duas partes:
 - a parte esquerda com chaves menores ou iguais a x.
 - a parte direita com chaves maiores ou iguais a x.
- Algoritmo para o particionamento:
 1. Escolha arbitrariamente um pivô x.
 2. Percorra o vetor a partir da esquerda até que $A[i] \geq x$.
 3. Percorra o vetor a partir da direita até que $A[j] \leq x$.
 4. Troque $A[i]$ com $A[j]$.
 5. Continue este processo até os apontadores i e j se cruzarem.

- Ao final, o vetor $A[\text{Esq}::\text{Dir}]$ está particionado de tal forma que:
 - Os itens em $A[\text{Esq}]$, $A[\text{Esq} + 1]$, ..., $A[j]$ são menores ou iguais a x .
 - Os itens em $A[i]$, $A[i + 1]$, ..., $A[\text{Dir}]$ são maiores ou iguais a x .

- Ilustração do processo de partição:

1 2 3 4 5 6

O R **D** E N A

A R **D** E N O

A **D** R E N O

- O pivô x é escolhido como sendo $A[(i + j) / 2]$.
- Como inicialmente $i = 1$ e $j = 6$, então $x = A[3] = D$.
- Ao final do processo de partição i e j se cruzam em $i = 3$ e $j = 2$.
- O anel interno do procedimento Particao é extremamente simples.
- Razão pela qual o algoritmo Quicksort é tão rápido.
- Exemplo do estado do vetor em cada chamada recursiva da função Ordena:

Chaves iniciais: O R D E N A

1 A D R E N O

2 A D

3 E R N O

4 N R O

5 O R

A D E N O R

- Vantagens:
 - É extremamente eficiente para ordenar arquivos de dados.
 - Necessita de apenas uma pequena pilha como memória auxiliar.
 - Requer cerca de $n \log n$ comparações em média para ordenar n itens.
- Desvantagens:
 - Sua implementação é muito delicada e difícil: um pequeno engano pode levar a efeitos inesperados para algumas entradas de dados.
 - O método não é estável.

Classificação por Seleção

- É realizada através de sucessivas seleções do menor elemento.
- Durante o processo o menor valor encontrado é colocado na sua posição correta final e o processo é repetido para os elementos que ainda não foram selecionados.

Método Seleção Direta

- Um dos algoritmos mais simples de ordenação.
- Possui melhor desempenho que o método Bubblesort, porém, só deve ser utilizado em pequenos conjuntos de dados.
- Baseia-se na fixação da primeira posição e na busca do menor elemento quando então é feita a troca dos valores. No final, tem-se o menor valor (ou o maior, conforme a comparação) na primeira posição.
- Este primeiro passo garante que o menor elemento fique na primeira posição.
- Continuando a buscar os demais elementos, comparando-os com a segunda posição (já desconsiderando a primeira posição, que foi anteriormente ordenada em relação ao arquivo como um todo).
- Exemplo:
10 20 12 5 8 15 fixa a 1ª posição, procura o menor elemento e troca pela 1ª posição
5 20 12 10 8 15 fixa a 2ª posição e repete o processo
5 8 12 10 20 15 3ª posição e repete o processo
5 8 10 12 20 15
5 8 10 12 20 15
5 8 10 12 15 20 Arquivo ordenado!
- Vantagens:
 - Custo linear no tamanho da entrada para o número de movimentos de registros.
 - É o algoritmo a ser utilizado para arquivos com registros muito grandes.
 - É muito interessante para arquivos pequenos.
- Desvantagens:
 - O fato de o arquivo já estar ordenado não ajuda em nada, pois o custo continua quadrático.
 - O algoritmo não é estável.

Método Heapsort

- Possui o mesmo princípio de funcionamento da ordenação por seleção.
- Algoritmo:
 - Selecione o menor item do vetor.
 - Troque-o com o item da primeira posição do vetor.
 - Repita essas duas operações com os $n-1$ itens restantes, depois com os $n-2$ itens, até que reste apenas um elemento.
- O custo para encontrar o menor (ou o maior) item entre n itens é $n-1$ comparações.
- Isso pode ser reduzido utilizando uma fila de prioridades.

Filas de Prioridades

- É uma estrutura de dados onde a chave de cada item reflete sua habilidade relativa de abandonar o conjunto de itens rapidamente.
- Aplicações:
 - SOs usam filas de prioridades, nas quais as chaves representam o tempo em que eventos devem ocorrer.
 - Métodos numéricos iterativos são baseados na seleção repetida de um item com maior (menor) valor.
 - Sistemas de gerência de memória usam a técnica de substituir a página menos utilizada na memória principal por uma nova página.

Filas de Prioridades - Tipo Abstrato de Dados

- Operações:
 1. Constrói uma fila de prioridades a partir de um conjunto com n itens.
 2. Informa qual é o maior item do conjunto.
 3. Retira o item com maior chave.
 4. Insere um novo item.
 5. Aumenta o valor da chave do item i para um novo valor que é maior que o valor atual da chave.
 6. Substitui o maior item por um novo item, a não ser que o novo item seja maior.
 7. Altera a prioridade de um item.
 8. Remove um item qualquer.
 9. Ajunta duas filas de prioridades em uma única.

Filas de Prioridades - Algoritmos de Ordenação

- As operações das filas de prioridades podem ser utilizadas para implementar algoritmos de ordenação.
- Basta utilizar repetidamente a operação Insere para construir a fila de prioridades.
- Em seguida, utilizar repetidamente a operação Retira para receber os itens na ordem reversa.
- O uso de listas lineares não ordenadas corresponde ao método da seleção.
- O uso de listas lineares ordenadas corresponde ao método da inserção.
- O uso de heaps corresponde ao método Heapsort.

Heaps

- É uma sequência de itens com chaves $c[1], c[2], \dots, c[n]$, tal que:

$$c[i] \geq c[2i];$$

$$c[i] \geq c[2i + 1];$$

para todo $i = 1; 2; \dots; n/2$.

- A definição pode ser facilmente visualizada em uma árvore binária completa.
- O algoritmo não necessita de nenhuma memória auxiliar.
- Dado um vetor $A[1], A[2], \dots, A[n]$.
- Os itens $A[n/2 + 1], A[n/2 + 2], \dots, A[n]$ formam um heap:
 - Neste intervalo não existem dois índices i e j tais que $j = 2i$ ou $j = 2i + 1$.

	1	2	3	4	5	6	7
Chaves iniciais:	O	R	D	E	N	A	S
Esq = 3		O	R	S	E	N	A
Esq = 2			O	R	S	E	N
Esq = 1				S	R	O	E

1	2	3	4	5	6	7
S	R	O	E	N	A	D
R	N	O	E	D	A	S
O	N	A	E	D	R	
N	E	A	D	O		
E	D	A	N			
D	A	E				
A	D					

- Os itens de $A[4]$ a $A[7]$ formam um heap.
- O heap é estendido para a esquerda (Esq = 3), englobando o item $A[3]$ pai dos itens $A[6]$ e $A[7]$.
- A condição de heap é violada:

- O heap é refeito trocando os itens D e S.
- O item R é incluído no heap ($Esq = 2$), o que não viola a condição de heap.
- O item O é incluído no heap ($Esq = 1$).
- A Condição de heap violada:
 - O heap é refeito trocando os itens O e S heap, encerrando o processo.
- Vantagens:
 - O comportamento do Heapsort é sempre $O(n \log n)$, qualquer que seja a entrada.
- Desvantagens:
 - O anel interno do algoritmo é bastante complexo se comparado com o do Quicksort.
 - O Heapsort não é estável.

Classificação por Inserção

Método Inserção Direta

- Método preferido dos jogadores de cartas.
- Algoritmo:
 - Em cada passo a partir de $i=2$ faça:
 - Selecione o i -ésimo item da sequência fonte.
 - Coloque-o no lugar apropriado na sequência destino de acordo com o critério de ordenação.
- O método é ilustrado abaixo:

	1	2	3	4	5	6
Chaves iniciais:	O	R	D	E	N	A
$i = 2$	O	R	D	E	N	A
$i = 3$	D	O	R	E	N	A
$i = 4$	D	E	O	R	N	A
$i = 5$	D	E	N	O	R	A
$i = 6$	A	D	E	N	O	R

- As chaves em negrito representam a sequência destino.
- O processo de ordenação pode ser terminado pelas condições:

- Um item com chave menor que o item em consideração é encontrado.
- O final da sequência destino é atingido à esquerda.
- Solução:
 - Utilizar um registro sentinela na posição zero do vetor.

Método Shellsort

- Proposto por Shell em 1959. É uma extensão do algoritmo de ordenação por inserção direta.
- Problema com o algoritmo de ordenação por inserção direta:
 - Troca itens adjacentes para determinar o ponto de inserção.
 - São efetuadas $n - 1$ comparações e movimentações quando o menor item está na posição mais à direita no vetor.
- O método de Shell contorna este problema permitindo trocas de registros distantes um do outro.
- Os itens separados de h posições são rearranjados.
- Todo h -ésimo item leva a uma sequência ordenada.
- Tal sequência é dita estar h -ordenada.
- Exemplo de utilização:

	1 2 3 4 5 6
Chaves iniciais:	O R D E N A
$h = 4$	N A D E O R
$h = 2$	D A N E O R
$h = 1$	A D E N O R

- Quando $h = 1$ Shellsort corresponde ao algoritmo de inserção direta.
- A implementação do Shellsort não utiliza registros sentinelas.
- Seriam necessários h registros sentinelas, uma para cada h -ordenação.
- Ordenação com sequência $h = \{1, 3, 4\}$

25 57 48 37 12 92 86 33

	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	25	57	48	37	12	92	86	33

$h = 4$ - foram comparadas as posições 1 com 5 (trocados 25 e 12), 2 com 6 (sem trocas), 3 com 7 (sem trocas) e 4 com 8 (trocados 37 com 33).

2. 12 57 48 33 25 92 86 37

$h = 3$ - foram comparadas as posições 1 com 4, com 7 (sem trocas), 2 com 5 com 8 (2 trocas) e 3 com 6 (sem trocas).

3. 12 25 48 33 37 92 86 57

$h = 1$ - A partir deste ponto o procedimento se reduz ao da ordenação por inserção direta.

4. 12 25 33 37 48 57 86 92

Resultado final.