ALG 09b

Vícedimenzionální data

Řazení vícedimenzionálních dat

Zabudované řazení v Javě

Experimentální porovnání řadících algoritmů na vícedimenzionálních datech

Vícedimenzionální data

2.4
1.7
0.2
3.1
-1.1
3.0

d = 6

1	2	3	4	5	6	. . .
2.4	0.4	-0.1	3.2			
1.7	1.2	-0.1	2.7			
0.2	4.9	-0.2	2.4			
3.1	6.2	3.2	-3.2			
-1.1	9.0	5.6	-0.2			
3.0	-0.1	-1.1	0.9			

Datový prvek je vektor délky d (= dimenze vektoru)

Řazené pole obsahuje (typicky) vektory stejné délky

2.4		2.4		2.4
1.7		1.7		1.8
0.2	<	0.2	<	0.1
3.1		3.2		3.1
-1.1		-5.4		-5.3
3.0		2.9		2.8

Dvojici vektorů porovnáváme po složkách od začátku, první neshodná dvojice složek určuje pořadí vektorů.

Přímé a neefektivní řazení vícedimenzionálních dat

Vstupní pole

1	2	3	4	5	6	7
4	0	4	2	4	3	0
0	1	0	4	3	3	4
4	2	4	0	4	1	4
3	4	4	2	3	3	3

Řadící algoritmus

Seřazené pole

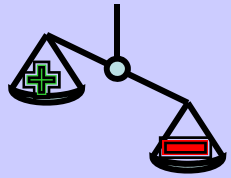
1	2	3	4	5	6	7
0	0	2	3	4	4	4
1	4	4	3	0	3	0
2	4	0	1	4	4	4
4	3	2	3	3	3	4

Klad

Bezprostřední přístup k datům je rychlý.

Zápor

Výměna prvků je pomalá, musí se fyzicky přesouvat.

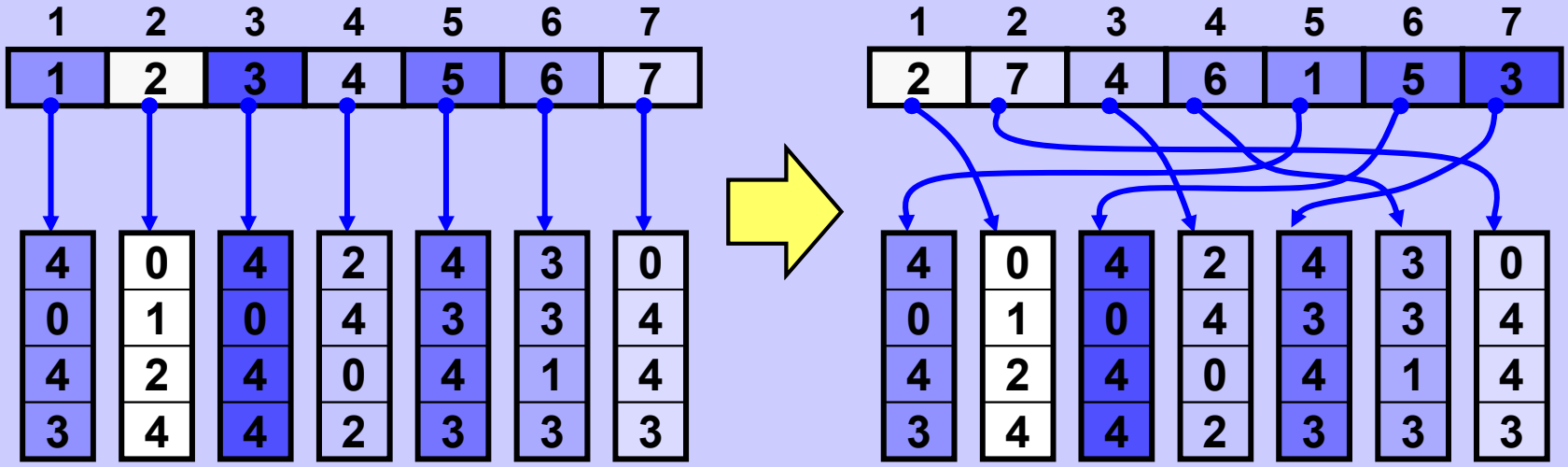


Zápor převažuje

Řazení vícedimenzionálních dat s pomocnými ukazateli

Pole pomocných ukazatelů na datové prvky

Řadíme pouze ukazatele podle velikosti jim odpovídajících dat.

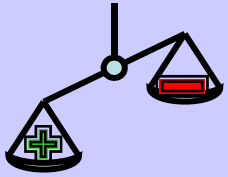


Klad

Výměna prvků je rychlá, děje se pouze výměnou ukazatelů.

Zápor

Přístup k datům pomocí ukazatelů je pomalejší.



Klad převažuje

Pomocná funkce pro porovnání dvou vektorů

```
class L {

  int compare( int[] a, int[] b) {
    for( int i = 0; i < a.length; i++) {
      if (a[i] == b[i]) continue;
      if (a[i] < b[i]) return -1;
      else return +1;
    }
  return 0;
}
  ...
}
```

Insert sort pro 1D pole (opakování)

```
void insertSort (int [] a, int low, int high) {

int j;
  int insVal;
  for (i = low+1; i <= high; i++) {

    // find & make place for a[i]
    insVal = a[i];
    j = i-1;
    while ((j >= low) && (a[j] > insVal)) {
      a[j+1] = a[j];
      j--;
    }
   // insert a[i]
    a[j+1] = insVal;
  }
}
```

Insert sort pro řazení pole vektorů s využitím ukazatelů

```
void insertSort( int[][] a, int[] ptrs, int low, int high){

  int j;
  int insValPtr;
  for (int i = low+1; i <= high; i++) {
    // find & make place for a[i]
    insValPtr = ptrs[i];
    j = i-1;
    while ((j >= low) &&
           (L.compare(a[ptrs[j]], a[insValPtr]) == 1)) {
      ptrs[j+1] = ptrs[j];
      j--;
    }
    // insert a[i]
    ptrs[j+1] = insValPtr;
  }
}
```

Merge sort pro řazení pole vektorů s využitím ukazatelů I

```
void mergeSortCore (int[][] data, int ptr1[], int ptr2[],
                                        int low, int high){
  int half = (low+high)/2;
  int i;
  if (low >= high) return;          // too small!
                                                  // sort:
  mergeSortCore(data, ptr2, ptr1, low, half);    // left
  mergeSortCore(data, ptr2, ptr1, half+1, high); // right
  merge(data, ptr2, ptr1, low, high);     // merge halves
}

 void mergeSort (int[][] data, int [] ptr1) {
  initPtrs(ptr1);                        // init pointers
  int [] ptr2 = new int [data.length];
  initPtrs(ptr2);
  mergeSortCore(data, ptr1, ptr2, 0, data.length-1);
}
```

Merge sort pro řazení pole vektorů s využitím ukazatelů II

```
void merge( byte [][] data,  int inptr[], int outptr[],
                                    int low, int high) {
  int half = (low+high)/2;
  int i1 = low;
  int i2 = half+1;
  int j = low;
                                  // compare and merge
  while ((i1 <= half) && (i2 <= high))
    if ( compare(data[inptr[i1]], data[inptr[i2]]) <= 0)
         outptr[j++] = inptr[i1++];
    else outptr[j++] = inptr[i2++];
                                 // copy the rest
  while (i1 <= half) outptr[j++] = inptr[i1++];
  while (i2 <= high) outptr[j++] = inptr[i2++];
}
```

Quick sort pro řazení pole vektorů s využitím ukazatelů II

```
void sortQp( int[][] a, int[] ptrs, int low, int high) {
  int iL = low, iR = high, aux;
  int pivotPtr = ptrs[low];

  do {
    while (L.compare(a[ptrs[iL]],a[pivotPtr])==-1) iL++;
    while (L.compare(a[ptrs[iR]],a[pivotPtr])== 1) iR--;
    if (iL < iR) {                              //swap(a,iL,iR)
      aux = ptrs[iL]; ptrs[iL] = ptrs[iR]; ptrs[iR] = aux;
      iL++; iR--;
    }
    else
      if (iL == iR) { iL++; iR--;}

  } while(iL <= iR);

  if (low < iR)  sortQp(a, ptrs, low, iR);
  if (iL < high) sortQp(a, ptrs, iL, high);
}
```

Knihovní funkce řazení

Příklad použití zabudovaného řazení v Javě pro řazení pole celočíselných vektorů libovolné dimenze

```
import java.util.*;
...
class MyCompar implements Comparator {
  public int compare( Object obj1, Object obj2) {
   int [] a = (int []) obj1;
   int [] b = (int []) obj2;

   for( int i = 0; i < a.length; i++) {
    if (a[i] == b[i]) continue;
    if (a[i] < b[i]) return -1;
    else return +1;
  }
   return 0;
 }  } // end of class
// usage
int[][] MyDataArray = ...  ;  // any initialization
Arrays.sort(MyDataArray, new MyCompar());
```

Ilustrační experiment řazení

Prostředí

Intel(R) 1.8 GHz, Microsoft Windows XP SP3, jdk 1.6.0_16.

Organizace

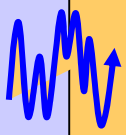
Pole celých čísel z intervalu <0,127> náhodně zamíchána generátorem pseudonáhodných čísel s rovnoměrným rozložením. Výsledky průměrovány přes větší počet běhů.

Závěr

Rozhodně neexistuje jedno univerzální řazení, včetně prostředků poskytovaných ve standardních knihovnách jazyka, které by bylo optimální za všech okolností.

Hraje roli velikost, dimenzionalita i stupeň předběžného seřazení dat.

Výsledky experimentu



Náhodně uspořádaná data		Doba běhu v ms				
		Délka pole				
		10	100	1 000	10 000	100 000
Délka vektoru 2	Insert	0.0010	0.051	4.61	560	~75 000
	Quick	0.0014	0.027	0.41	5.66	81
	Merge	0.0014	0.025	0.38	5.36	74
	Java	0.0016	0.025	0.40	5.69	87
	Radix	0.0025	0.007	0.043	0.55	15
Délka vektoru 10	Insert	0.001	0.052	4.75	561	~120 000
	Quick	0.002	0.034	0.47	6.3	108
	Merge	0.002	0.026	0.38	5.3	81
	Java	0.003	0.029	0.39	5.7	102
	Radix	0.014	0.039	0.22	3.0	161
Délka vektoru 100	Insert	0.001	0.045	5.10	590	~300 000
	Quick	0.006	0.114	1.38	13.5	208
	Merge	0.001	0.012	0.35	5.7	81
	Java	0.002	0.026	0.31	7.9	147
	Radix	0.121	0.377	2.66	33.0	2765

nesoutěží

Výsledky experimentu

Vzestupně uspoř. data s 10% šumem		Doba běhu v ms				
		Délka pole				
		10	100	1 000	10 000	100 000
Délka vektoru 2	Insert	★ 0.0003	0.008	0.53	56	~6 000
	Quick	0.0012	✗ 0.050	✗ 0.81	✗ 10.4	✗ 112
	Merge	0.0010	0.017	0.25	3.8	46
	Java	0.0011	0.014	0.24	3.8	78
	Radix	✗ 0.0023	★ 0.006	★ 0.04	★ 0.45	★ 4
Délka vektoru 10	Insert	★ 0.0003	★ 0.01	0.57	59.5	~6 000
	Quick	0.0020	✗ 0.057	✗ 0.85	✗ 11.8	✗ 156
	Merge	0.0010	0.025	0.25	3.8	★ 50
	Java	0.0020	0.011	0.22	3.6	79
	Radix	✗ 0.0120	0.036	★ 0.20	★ 3.1	144
Délka vektoru 100	Insert	★ 0.0009	★ 0.011	0.55	55.1	~20 000
	Quick	0.0010	✗ 0.119	✗ 1.57	✗ 17.7	✗ 380
	Merge	✗ 0.0030	0.052	★ 0.51	★ 4.21	★ 101
	Java	✗ 0.0030	0.080	0.64	8.61	153
	Radix	0.1190	0.370	2.68	34.35	2750

nesoutěží

Výsledky experimentu

Sestupně uspoř. data s 10% šumem		Doba běhu v ms				
		Délka pole				
		10	100	1 000	10 000	100 000
Délka vektoru 2	Insert	★ 0.0003	0.008	0.53	56	~100 000
	Quick	0.0015	✗ 0.051	✗ 0.99	✗ 12.9	✗ 141
	Merge	0.0011	0.017	0.25	3.59	44
	Java	0.0016	0.022	0.30	4.38	87
	Radix	✗ 0.0026	★ 0.006	★ 0.02	★ 0.38	★ 6
Délka vektoru 10	Insert	★ 0.0003	★ 0.001	0.57	59.5	~110 000
	Quick	0.0011	✗ 0.058	✗ 1.00	✗ 14.7	✗ 186
	Merge	0.0020	0.017	0.26	3.9	★ 53
	Java	0.0030	0.020	0.28	4.7	89
	Radix	✗ 0.0130	0.037	★ 0.20	★ 3.2	172
Délka vektoru 100	Insert	✗ 0.009	0.049	9.6	1 031	~420 000
	Quick	0.007	✗ 0.144	✗ 1.97	✗ 21.8	✗ 453
	Merge	★ 0.004	★ 0.021	★ 0.46	★ 3.4	★ 69
	Java	★ 0.004	0.077	★ 0.45	9.4	200
	Radix	0.117	0.320	2.41	33.5	2 791

nesoutěží

Výsledky experimentu

Pokud lze použít Radix sort, je to výhodné zejména při nízké dimenzionalitě a velkém objemu dat, zrychlení vůči zabudovanému řazení jsme v tomto případě naměřili až 20 násobné.
Jinak při vysoké dimenzionalitě je výhodné použít vlastní implementaci Merge sortu, vůči jeho zabudované variantě je typicky rychlejší, někdy až o 50%.

Při střední dimenzionalitě dat (jedna nebo více desítek) jsou výkony Radix sortu, vlastní i zabudované varianty Merge sortu přibližně srovnatelné.

Při velmi malém rozsahu dat (nejvýše desítky) nezávisle na dimenzi je vhodné zvážit řazení pomocí Insert sortu, vůči zabudovanému řazení jsme naměřili až 10 násobné zrychlení.

Používání Quick sortu nespíše nelze ve většině případů doporučit.