2.向量

（e）起泡排序

邓俊辉

deng@tsinghua.edu.cn

排序器：统一入口

```
template <typename T>
void Vector<T>::sort(Rank lo, Rank hi) { //区间[lo, hi)
    switch (rand() % 5) { //可视具体问题的特点灵活选取或扩充
        case 1 : bubbleSort(lo, hi); break; //起泡排序
        case 2 : selectionSort(lo, hi); break; //选择排序（习题）
        case 3 : mergeSort(lo, hi); break; //归并排序
        case 4 : heapSort(lo, hi); break; //堆排序（第10章）
        default: quickSort(lo, hi); break; //快速排序（第12章）
    }
} //在此统一接口下，具体算法的不同实现，将在后续各章节陆续讲解
```

起泡排序

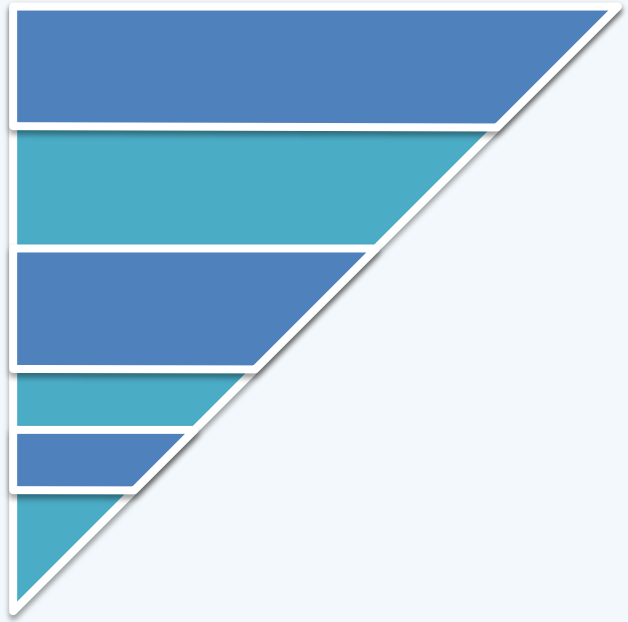
```
❖template <typename T> void Vector<T>::bubbleSort(Rank lo, Rank hi)
  { while (!bubble(lo, hi--)); } //逐趟做扫描交换，直至全序

❖template <typename T> bool Vector<T>::bubble(Rank lo, Rank hi) {
     bool sorted = true; //整体有序标志
     while (++lo < hi) //自左向右，逐一检查各对相邻元素
        if (_elem[lo - 1] > _elem[lo]) { //若逆序，则
           sorted = false; //意味着尚未整体有序，并需要
           swap(_elem[lo - 1], _elem[lo]); //交换
        }
     return sorted; //返回有序标志
  } //乱序限于[0, √n)时，仍需O(n^3/2)时间——按理，O(n)应已足矣
```

再改进

```
❖template <typename T> void Vector<T>::bubbleSort(Rank lo, Rank hi)
  { while (lo < (hi = bubble(lo, hi))); } //逐趟扫描交换，直至全序

❖template <typename T> Rank Vector<T>::bubble(Rank lo, Rank hi) {
    Rank last = lo; //最右侧的逆序对初始化为[lo - 1, lo]
    while (++lo < hi) //自左向右，逐一检查各对相邻元素
       if (_elem[lo - 1] > _elem[lo]) { //若逆序，则
          last = lo; //更新最右侧逆序对位置记录，并
          swap(_elem[lo - 1], _elem[lo]); //交换
       }
    return last; //返回最右侧的逆序对位置
  } //前一版本中的逻辑型标志sorted，改为秩last
```



综合评价

- 效率与第一章针对整数数组的版本相同，最好$O(n)$，最坏$O(n^2)$
- 输入含重复元素时，算法的**稳定性**（stability）是更为细致的要求

  重复元素在输入、输出序列中的相对次序，是否保持不变？

  输入：6，7_a，3，2，7_b，1，5，8，7_c，4

  输出：1，2，3，4，5，6，7_a，7_b，7_c，8 //stable

  1，2，3，4，5，6，7_a，7_c，7_b，8 //unstable

  以上起泡排序算法是稳定的吗？是的！为什么？

- 在起泡排序中，元素a和b的相对位置发生变化，只有一种可能：

  经分别与其它元素的交换，二者相互**接近**直至**相邻**

  在接下来一轮扫描交换中，二者因**逆序**而交换位置

- 在if一句的判断条件中，若把“>”换成“>=”，将有何变化？