

### 3 Quick Sort

#### 快速排序

问题:

将无序序列  $s$  进行排序。

解法 1:

本问题对无序序列  $s$  进行升序排序, 排序后  $s$  是从小到大的。

对于长度为  $n$ , 下标在左开右闭区间  $[0, n)$  中的序列  $s$ , 将其分为  $left$ 、 $right$  和  $mid$  三个部分, 其中  $mid$  是中间值,  $left$  和  $right$  都是无序,  $left$  所有元素小于等于  $mid$ ,  $right$  所有元素大于等于  $mid$ 。

在每一轮排序中, 选取  $s[0]$  作为这个  $mid$  值, 将剩下的  $s[1, n-1]$  分成  $left$  和  $right$  两个部分, 分别放在  $mid$  左右。然后对于  $left$  和  $right$ , 递归的重复上面这个操作, 直到  $left$  和  $right$  只剩小于等于 3 个元素, 则直接进行排序, 即可得到升序序列  $s$ , 算法结束。

只看第 1 轮, 将  $p = s[0]$  作为  $mid$  值, 再设置  $low = 0$ ,  $high = n - 1$ 。因为  $p$  已经记录了  $s[0]$  的值, 我们可以将一个小于等于  $p$  的值放在这里。当  $low < high$  时,  $high$  向左寻找第一个  $s[high] < p$  值, 该  $s[high]$  属于  $left$  部分, 令  $s[low] = s[high]$ ; 然后  $low$  向右寻找第一个  $s[low] > p$ , 该  $s[low]$  属于  $right$  部分, 令  $s[high] = s[low]$ 。重复上面这个过程, 直到  $low \geq high$ , 这时  $s[0, low-1]$  都小于等于  $p$ ,  $s[high, n-1]$  都大于等于  $p$ , 令  $s[low] = p$  即完成了第 1 轮的放置过程。

对于下面这个长度为 6 的无序序列  $s$  进行升序排序, 初始时  $p = s[0] = 45$ ,  $low = 0$ ,  $high = 5$ :

0	1	2	3	4	5
45	90	3	83	17	25
low			high		

(1)  $high$  向左找到第一个满足  $s[high] < p$  即  $high = 5$ , 令  $s[low] = s[high]$ , 如下图;

0	1	2	3	4	5
25	90	3	83	17	25
low			high		

(2) 然后  $low$  向右找到第一个满足  $s[low] > p$  即  $low = 1$ , 令  $s[high] = s[low]$ , 如下图;

0	1	2	3	4	5
25	90	3	83	17	90

low high

(3) 重复第(1)步, high 向左找到第一个满足 $s[high] < p$ 即 $high = 4$ , 令 $s[low] = s[high]$ , 如下图;

0	1	2	3	4	5
25	17	3	83	17	90

low high

(4) 重复第(2)步, low 向右找到第一个满足 $s[low] > p$ 即 $low = 3$ , 令 $s[high] = s[low]$ , 如下图;

0	1	2	3	4	5
25	17	3	83	83	90

low high

(5) 重复第(1)步, high 向左找到第一个满足 $s[high] < p$ 即 $high = 2$ , 但此时 $low \geq high$ , 直接令 $s[low] = p$ , 第 1 轮的放置结束, 分别对 $s[0, 2]$ 和 $s[4, 5]$ 继续这个过程, 直到 left 和 right 的长度小于等于 1, 最终整个序列都是升序的, 算法结束, 如下图;

0	1	2	3	4	5
25	17	3	45	83	90

high low

对于长度  $n$  的序列  $s$ , 每一轮放置所需要的时间为 $O(n)$ , 总共需要 $\log_2 n$ 轮, 该算法的时间复杂度为 $O(n \cdot \log_2 n)$ 。