

# 算法与数据结构体系课程

liuyubobobo

更多关于快速排序法

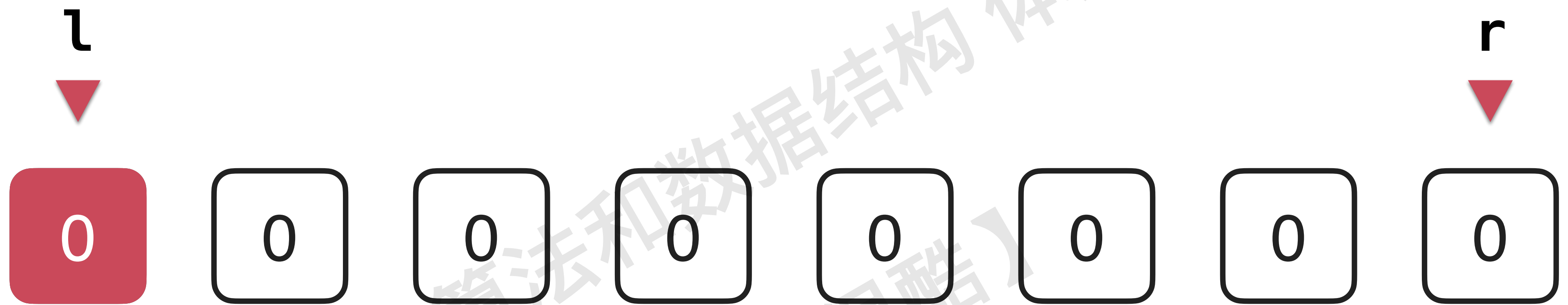
慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 快速排序法还有问题

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

实践：展示快速排序法的问题

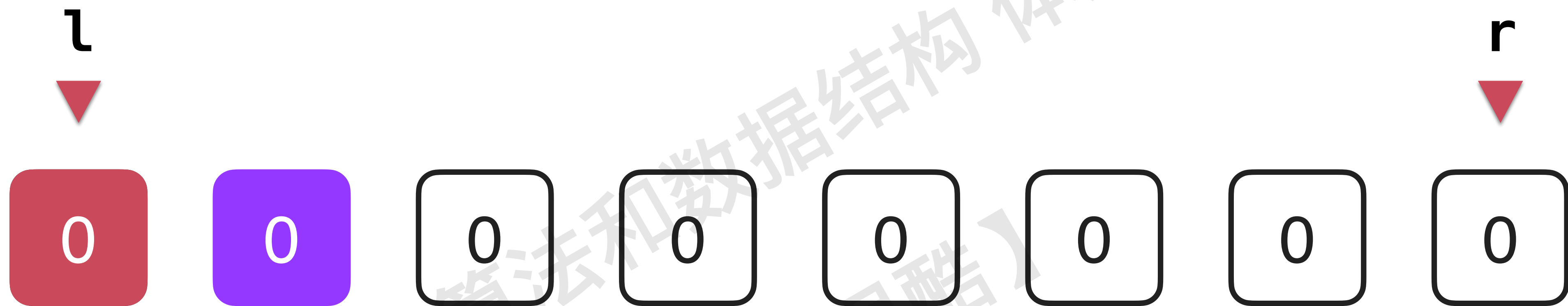
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] < v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] \geq v$

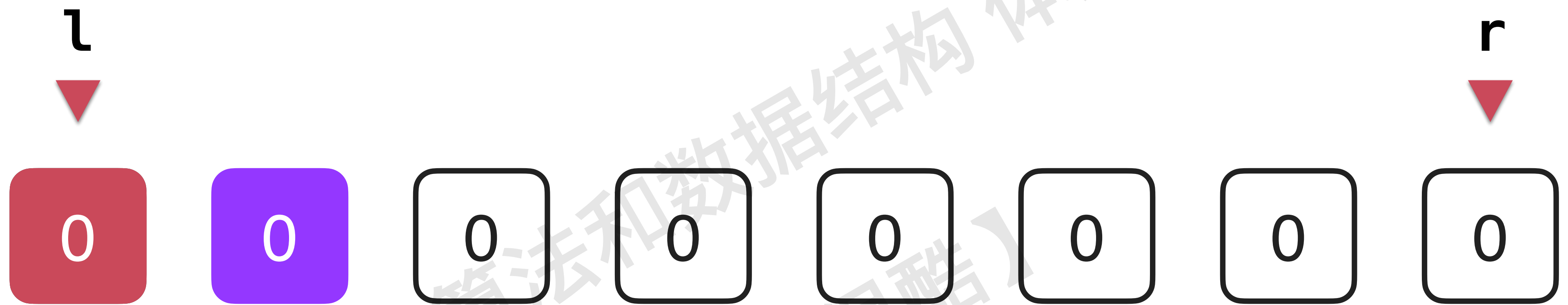
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] < v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] \geq v$

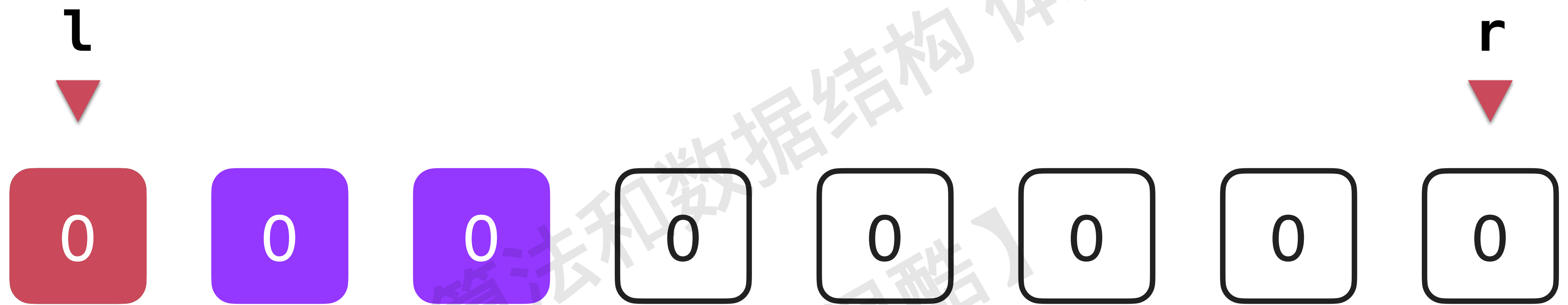
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] < v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] \geq v$

# 快速排序法还有问题

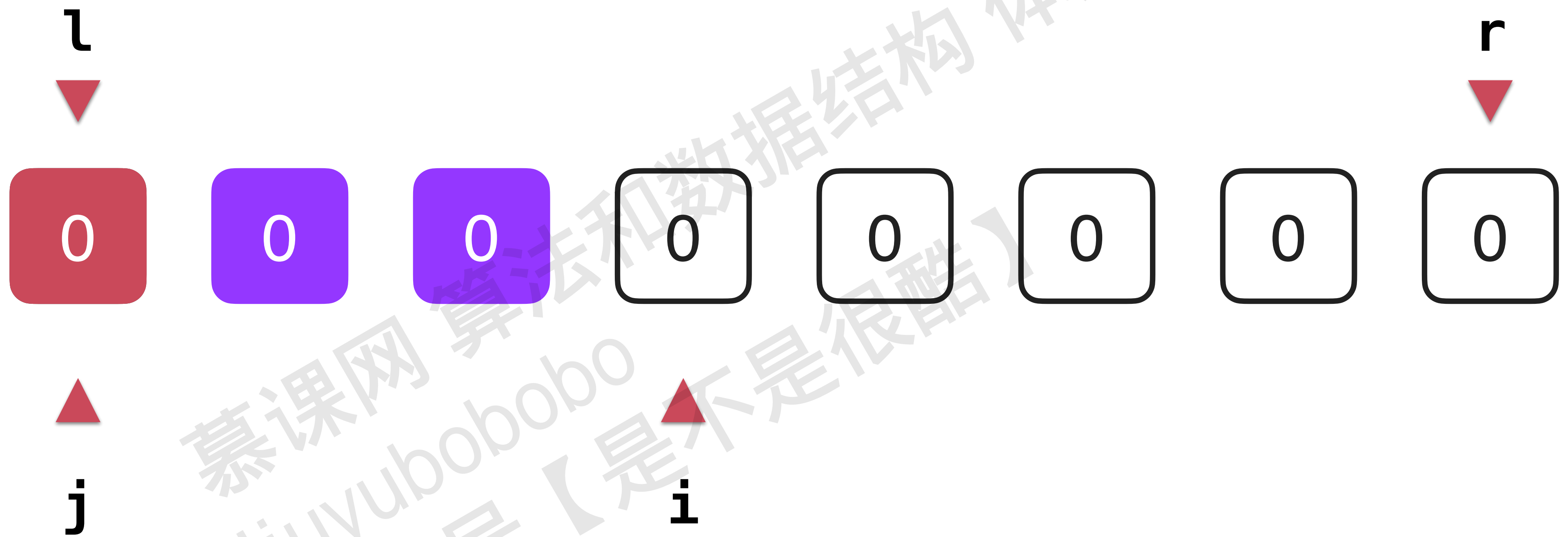


$\text{arr}[l+1 \dots j] < v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] \geq v$



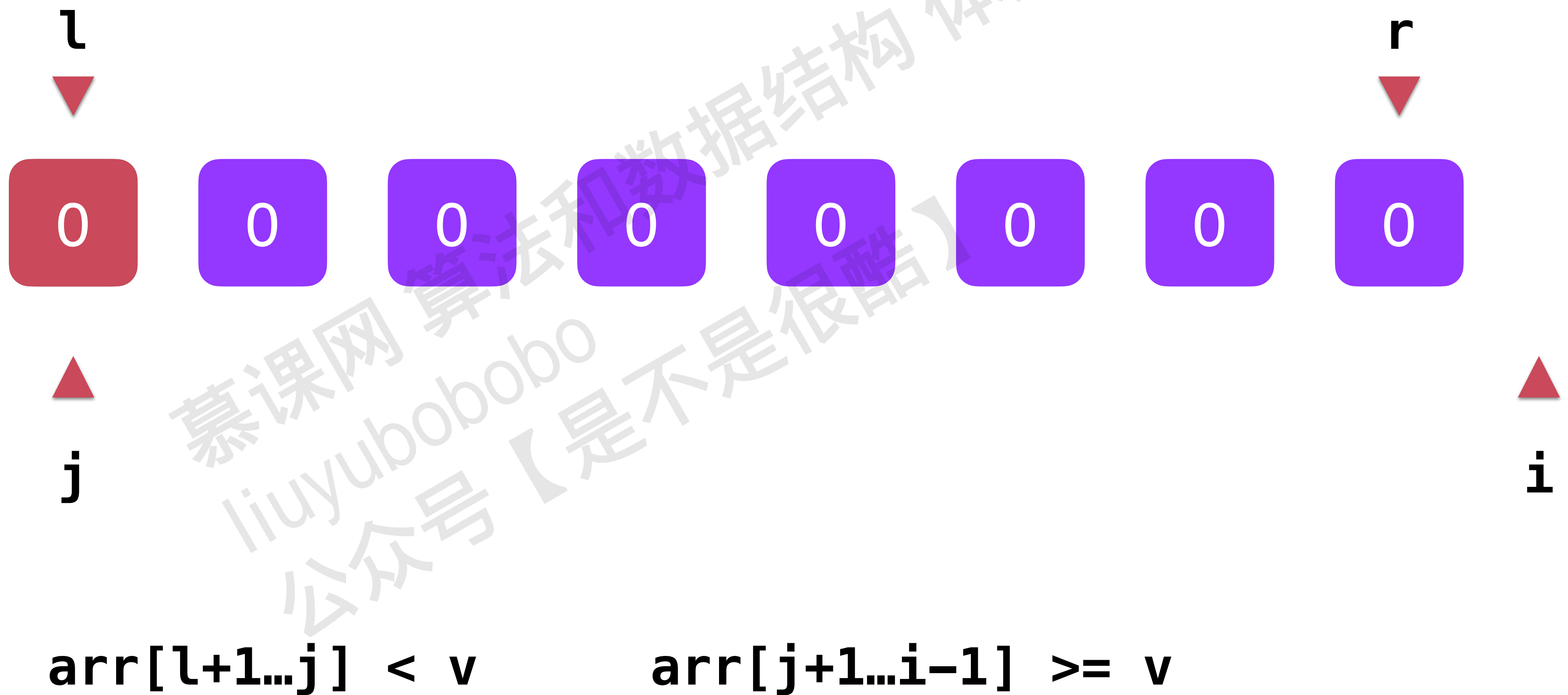
# 快速排序法还有问题



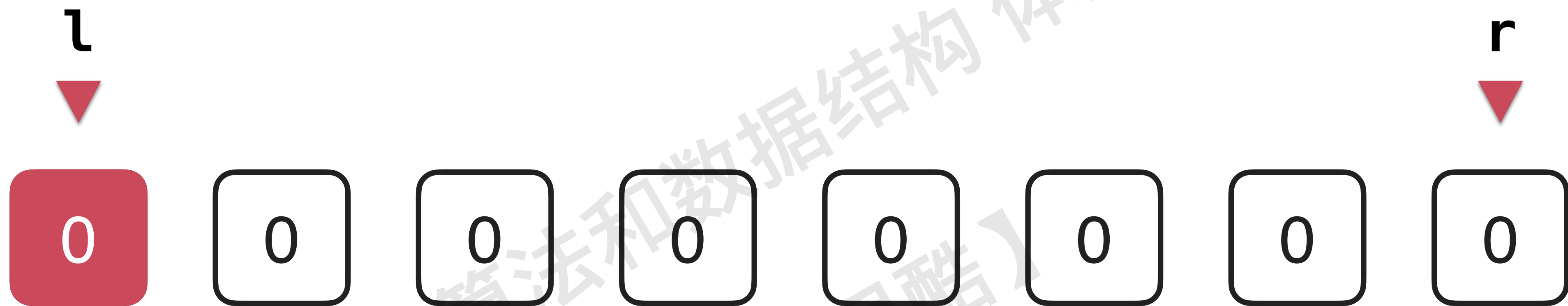
$\text{arr}[l+1 \dots j] < v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] \geq v$

# 快速排序法还有问题



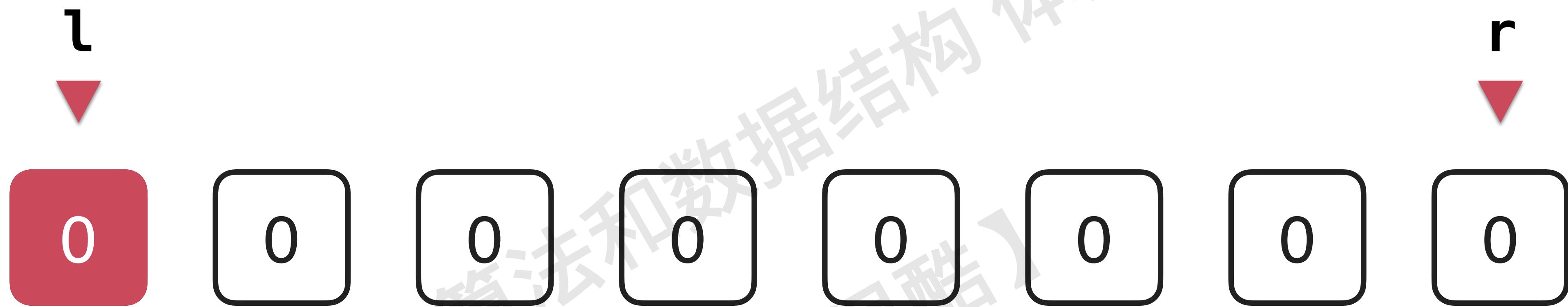
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$

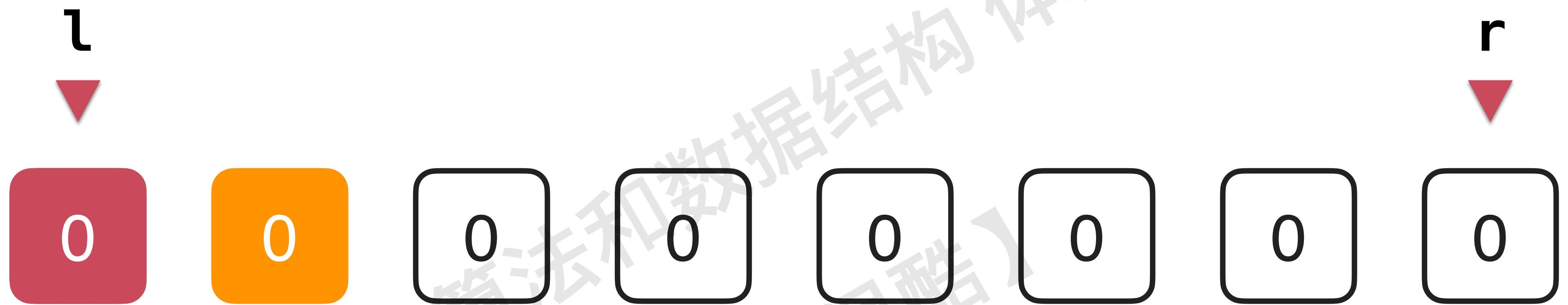
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$

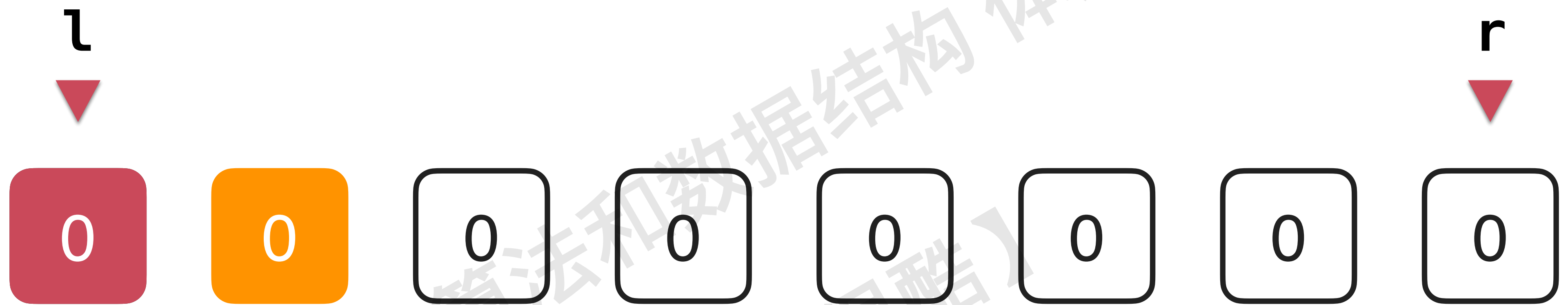
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$

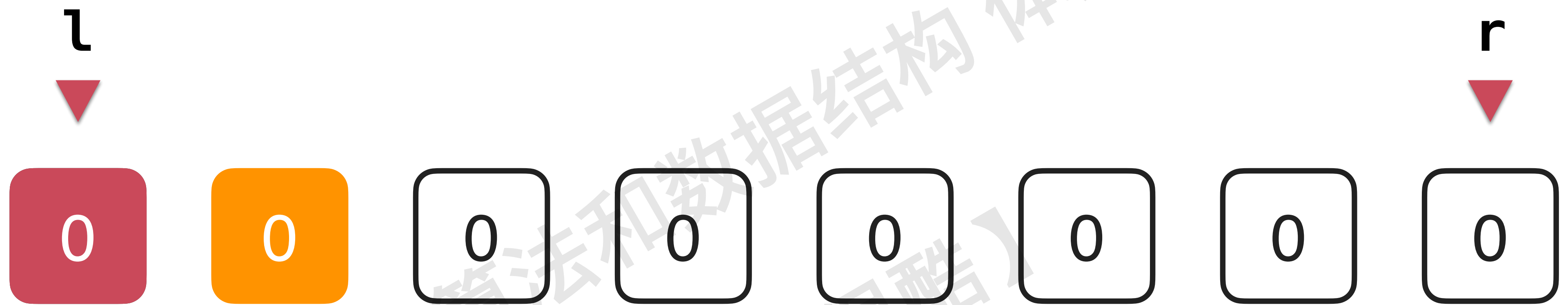
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$

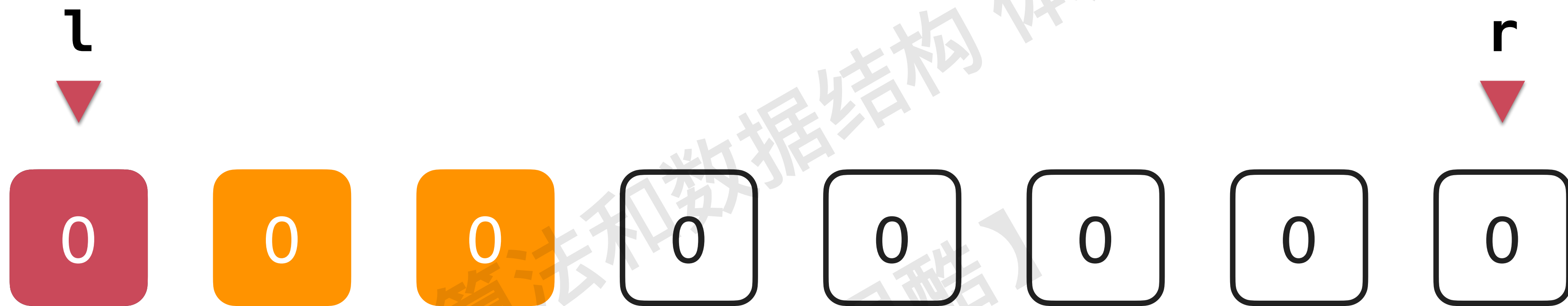
# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$

# 快速排序法还有问题

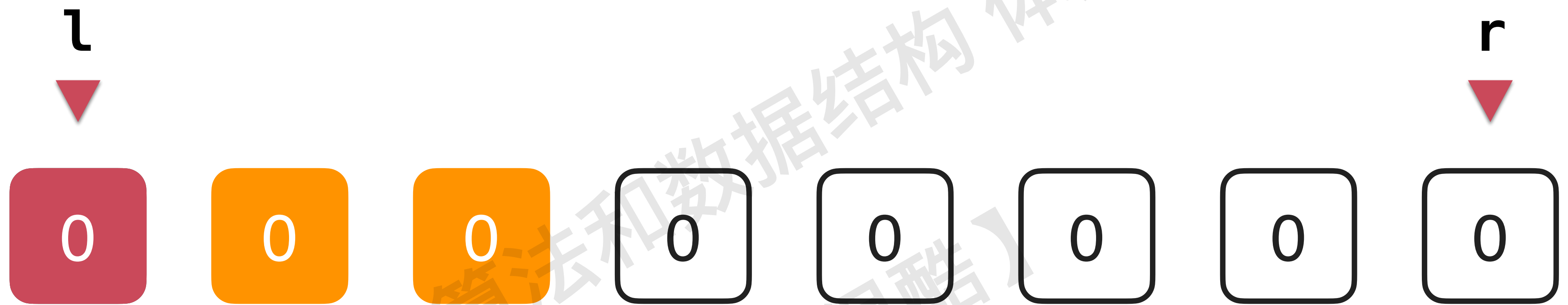


$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$



# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$

# 快速排序法还有问题



$\text{arr}[l+1 \dots j] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots i-1] > v$

# 解决方案

双路快速排序法

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是挺酷】

# 双路快速排序法

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# Partition2

$\text{arr}[l+1 \dots i-1] < v$

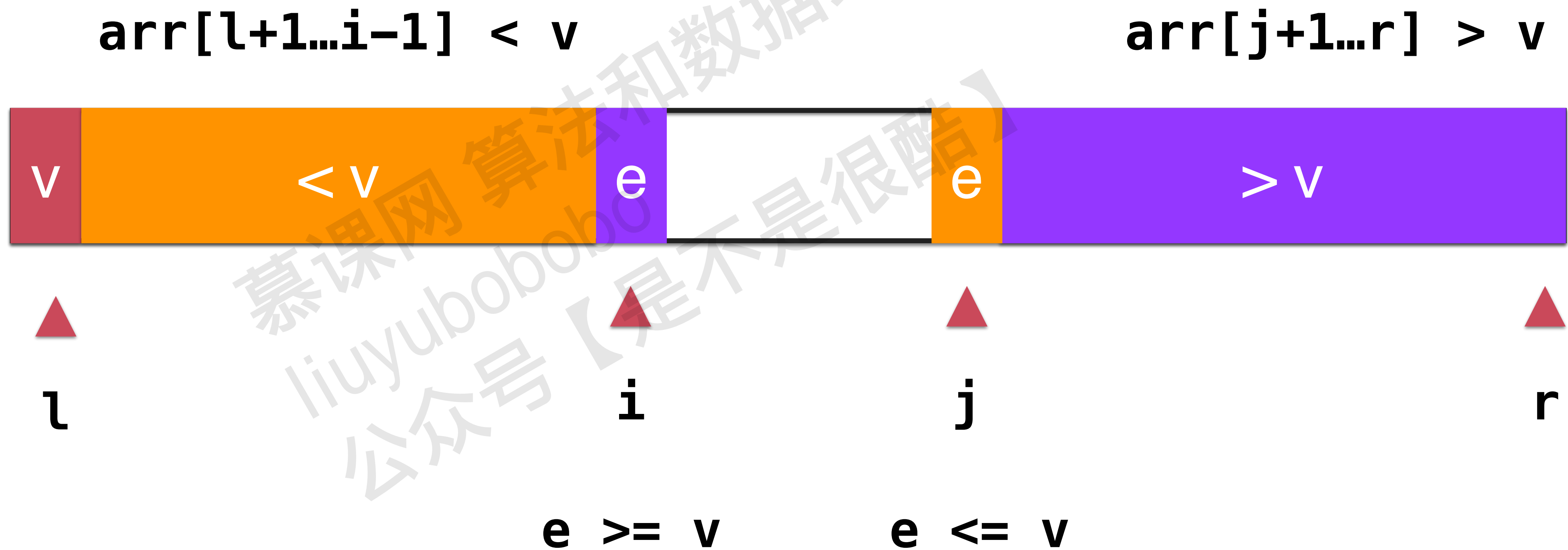
$\text{arr}[j+1 \dots r] > v$



$e \geq v$

$e \leq v$

# Partition2



# Partition2

$\text{arr}[l+1 \dots i-1] < v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] > v$



$e \geq v$

$e \leq v$

# Partition2

$\text{arr}[l+1 \dots i-1] < v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] > v$



$e \geq v$

$e \leq v$



# Partition2

$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$



$l$

$i$

$j$

$r$

$e \geq v$

$e \leq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$arr[l+1 \dots i-1] \leq v$

$arr[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

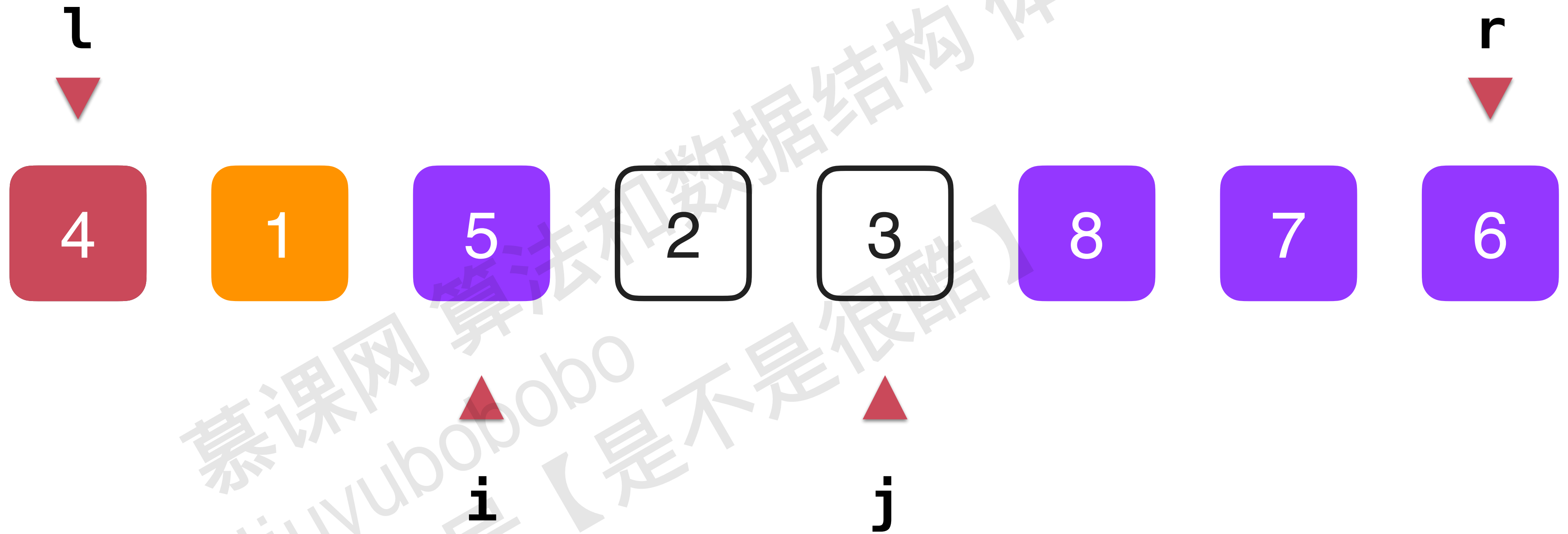
# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$



# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$arr[l+1 \dots i-1] \leq v$

$arr[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

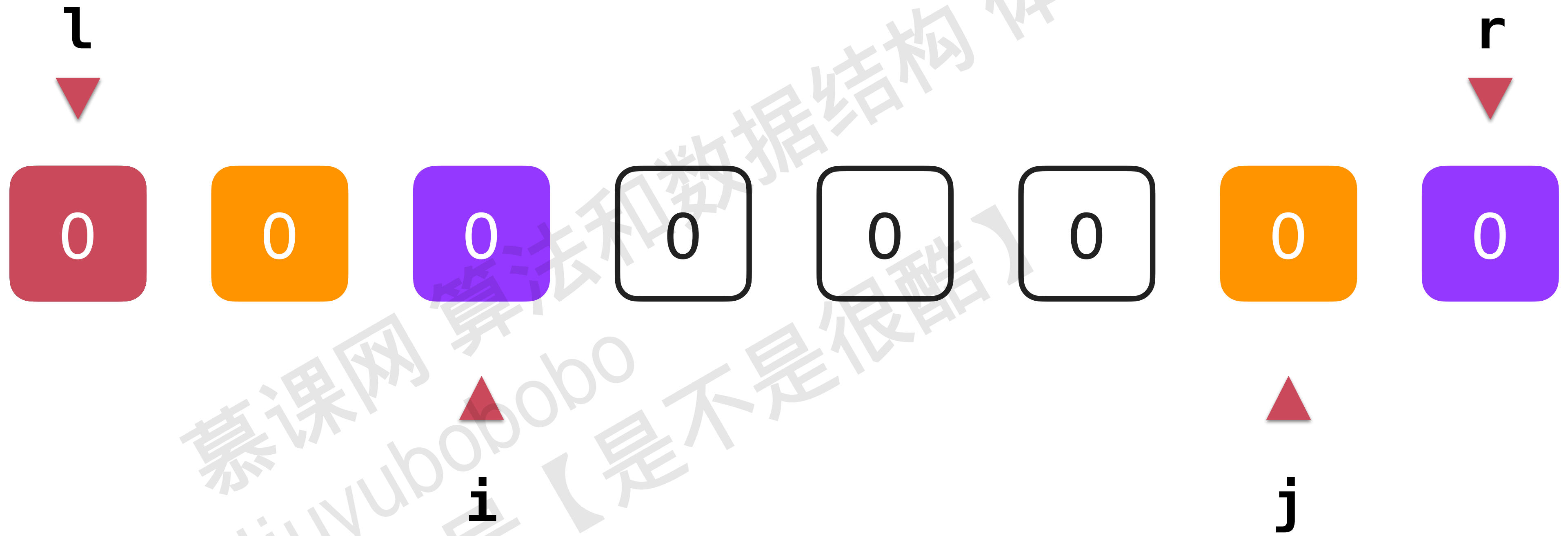
# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2

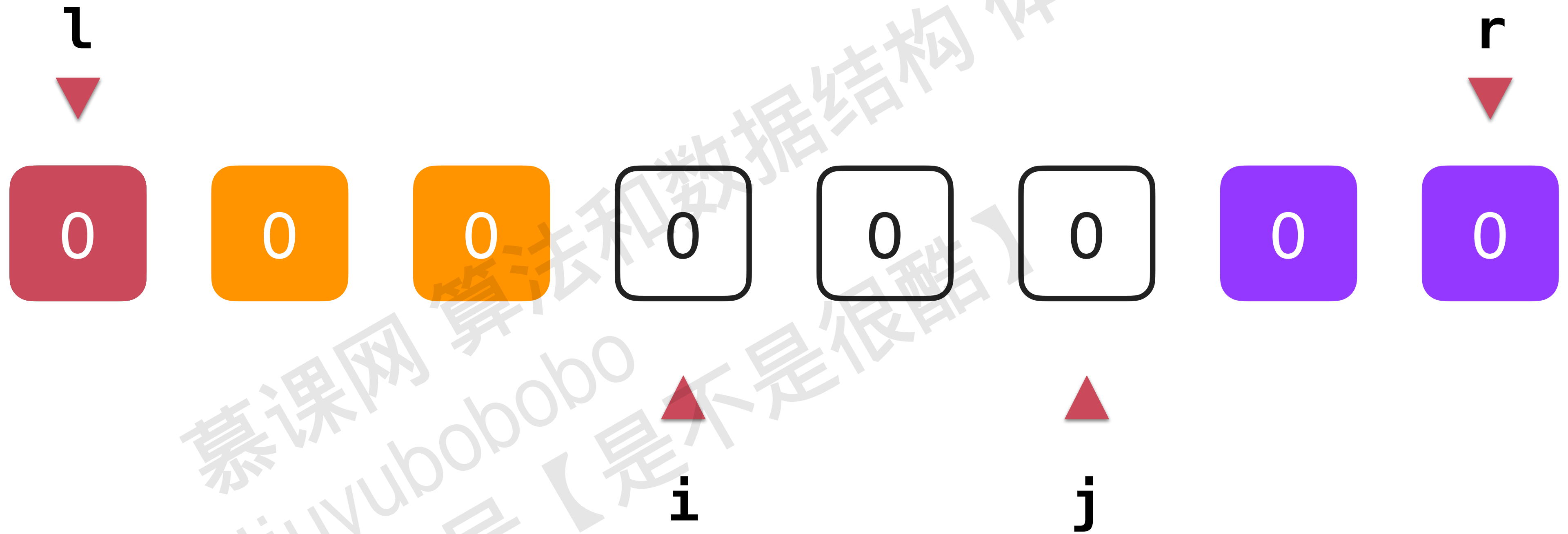


$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$



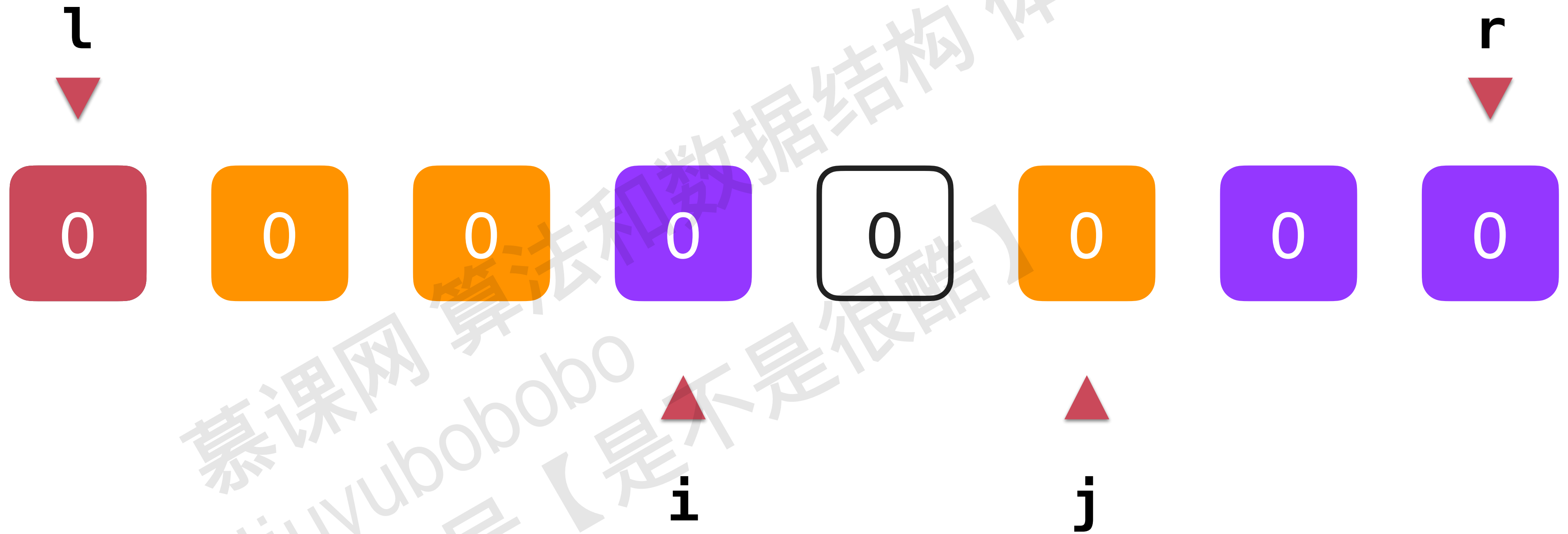
# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# Partition2



$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

# 实现双路快速排序法

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 实践：双路快速排序法

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 快速排序的复杂度分析

慕课网 算法与数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】



# 快速排序的复杂度分析

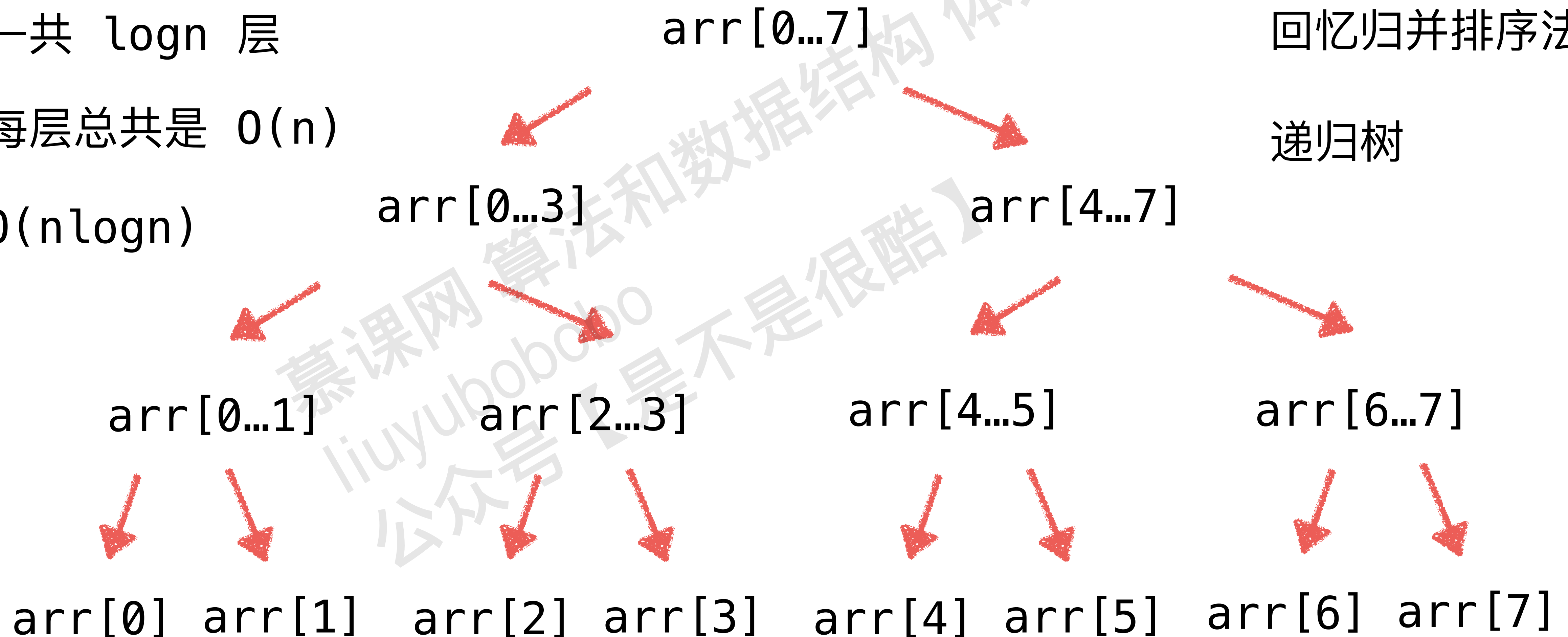
一共  $\log n$  层

每层总共是  $O(n)$

$O(n \log n)$

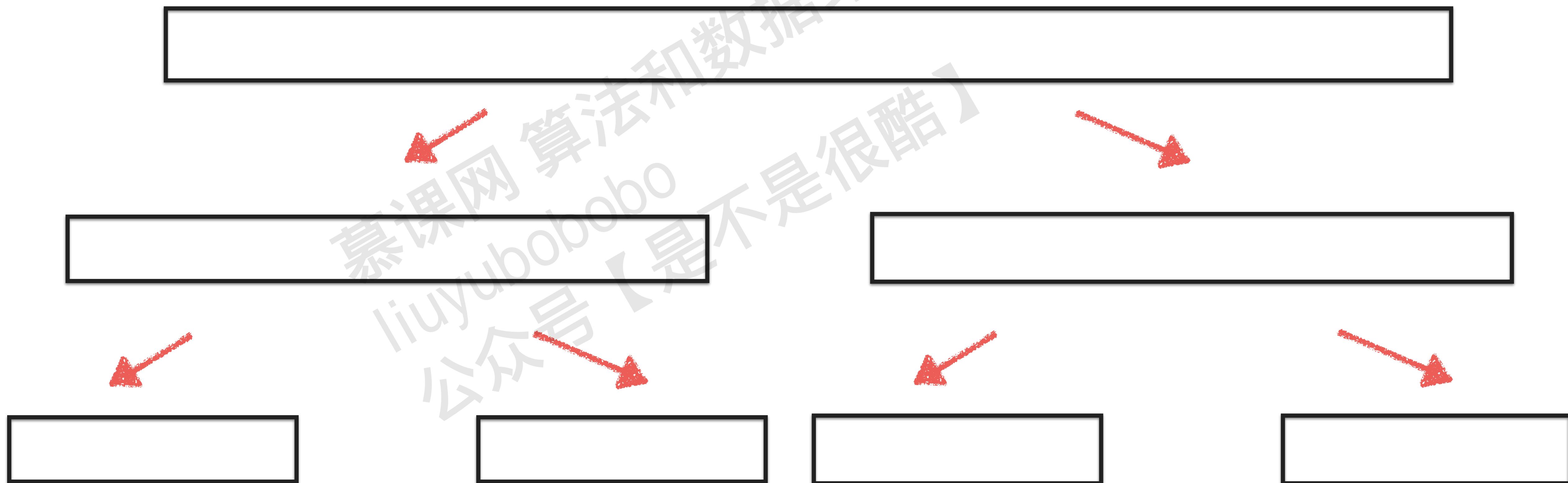
递归归并排序法

递归树



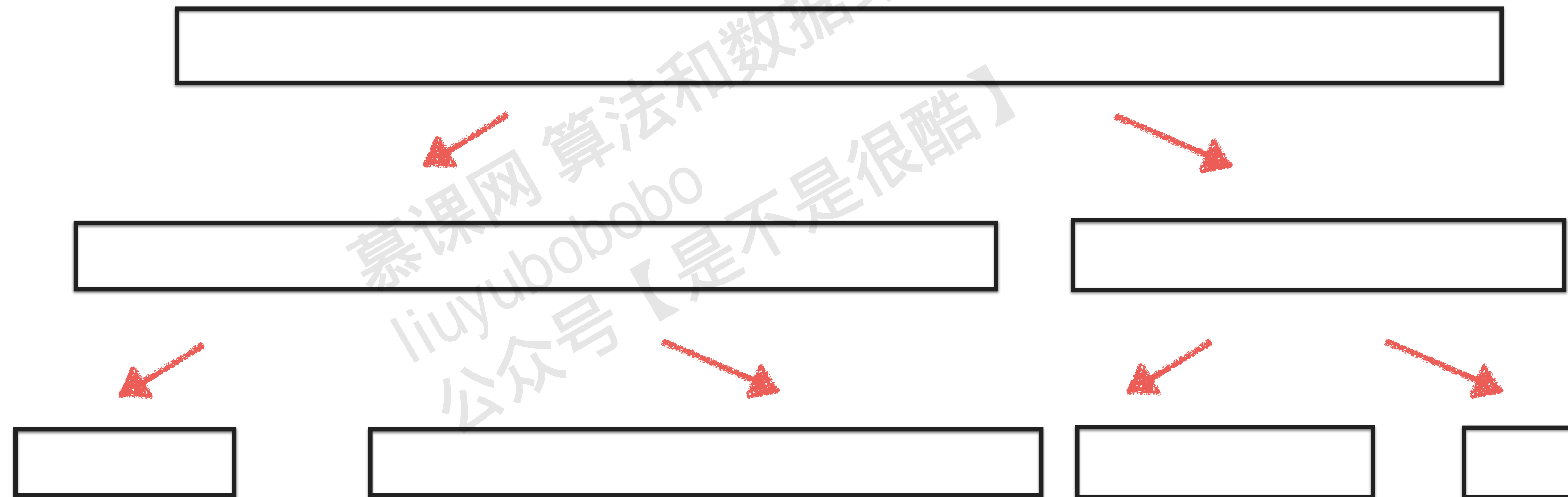
# 快速排序的复杂度分析

归并排序法



# 快速排序的复杂度分析

快速排序法



# 快速排序的复杂度分析

快速排序法

最坏复杂度

$O(n^2)$

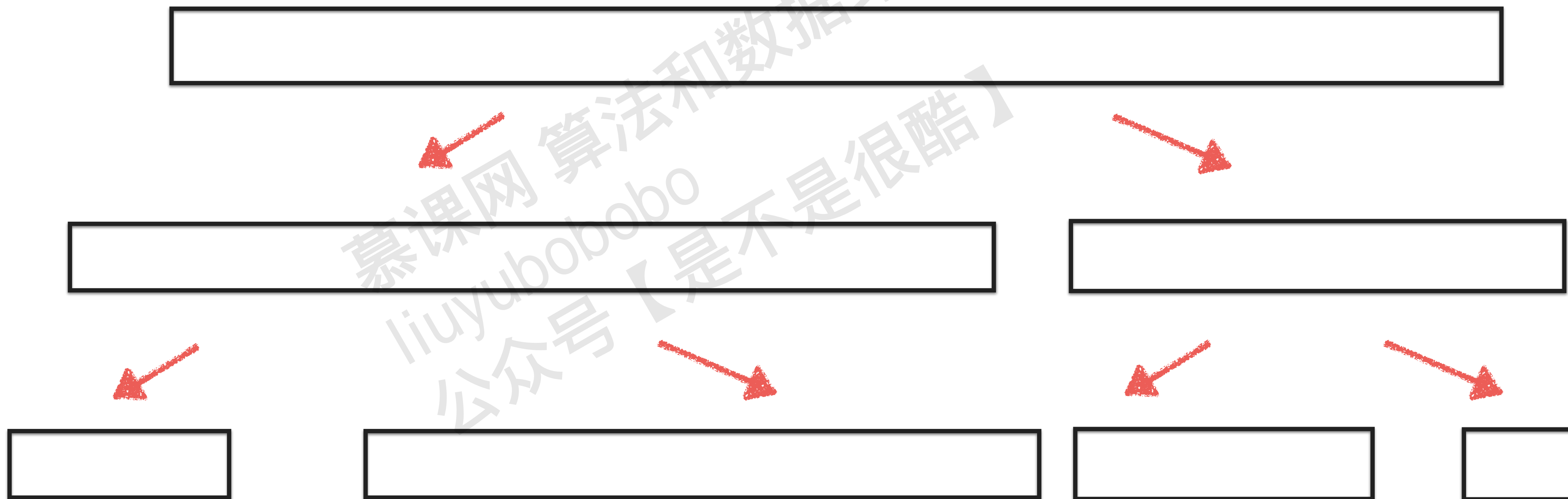
概率非常低

是一个随机算法

使用期望

# 快速排序的复杂度分析

数学期望的角度看：平分      层数的期望值： $O(\log n)$       复杂度期望值： $O(n \log n)$



# 快速排序的复杂度分析

更严谨的数学推导：参考《算法导论》

# 快速排序的复杂度分析

普通算法：看最差      能找到一组数据    100% 恶化

随机算法：看期望      没有一组数据能    100% 恶化

多次调用？ 尝试均摊分析

# 三路快速排序算法

慕课网 算法与数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】



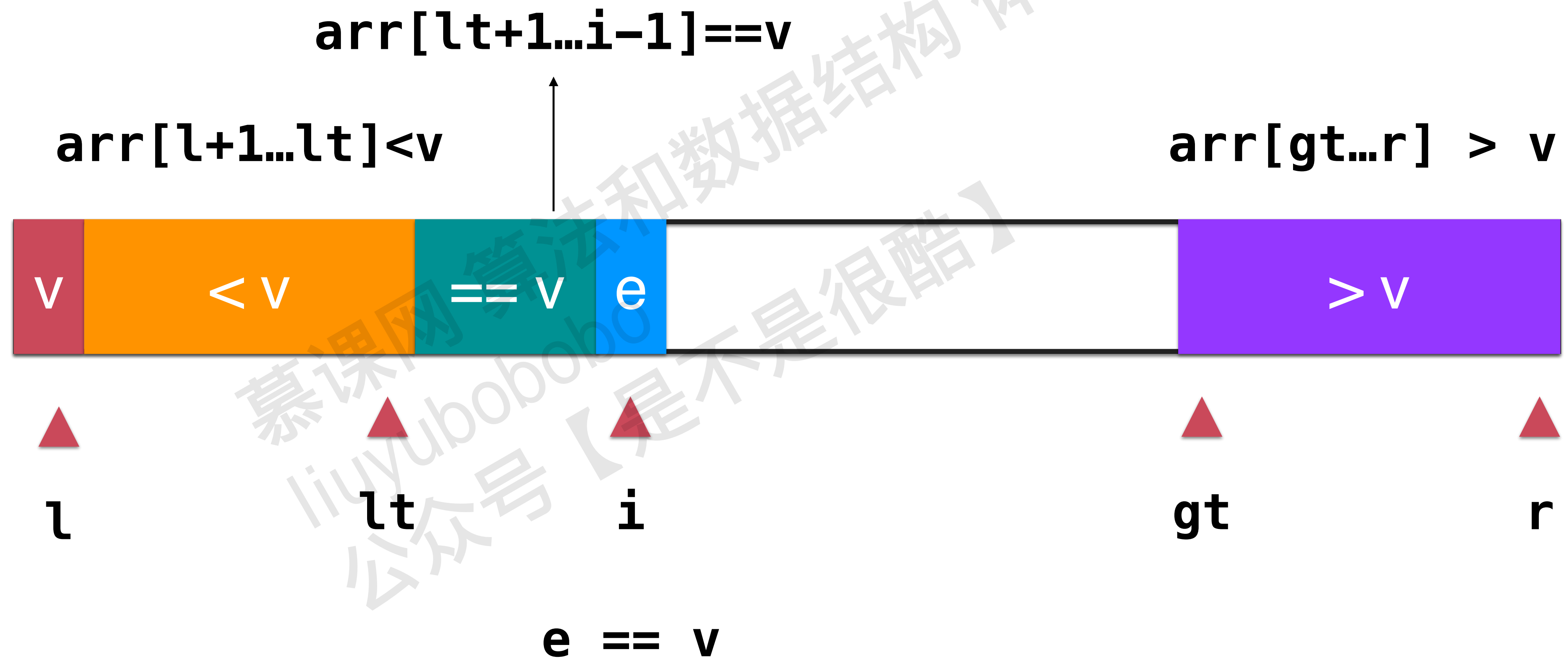
# Partition2



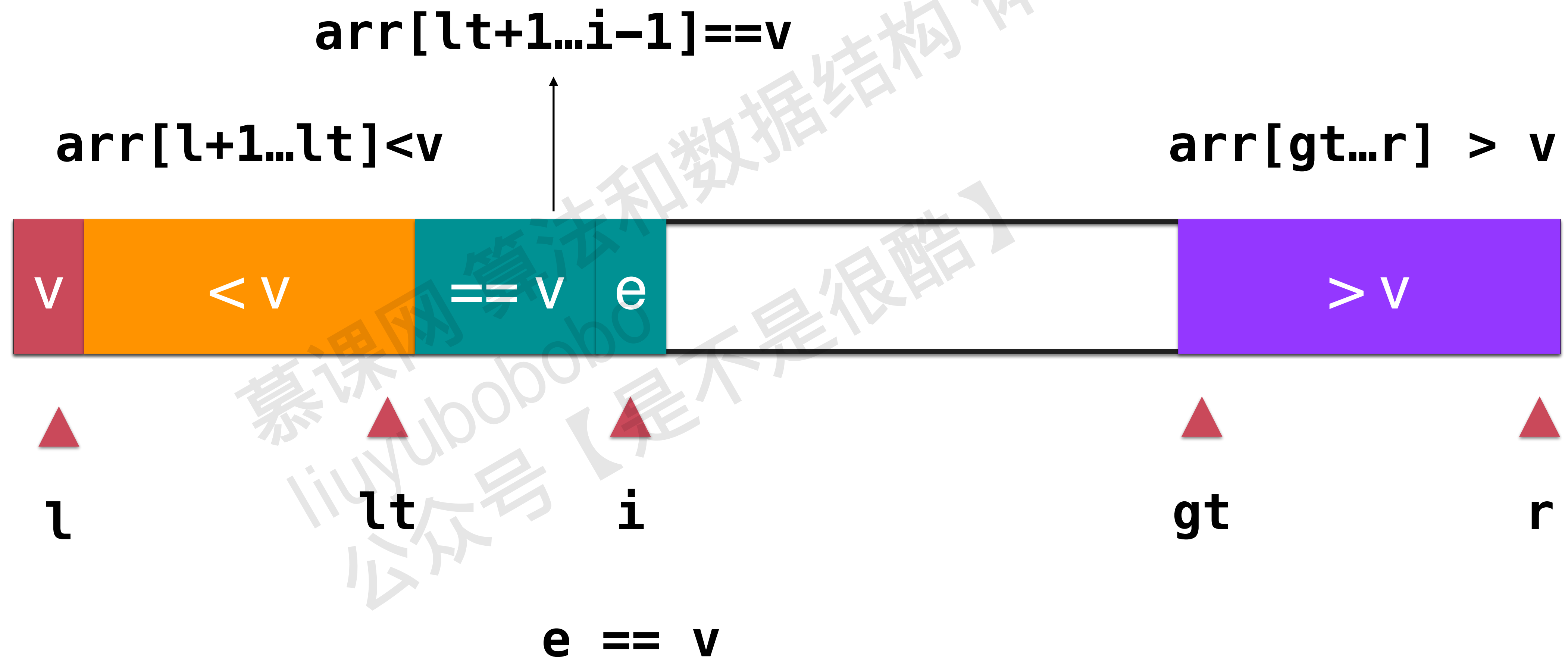
$\text{arr}[l+1 \dots i-1] \leq v$

$\text{arr}[j+1 \dots r] \geq v$

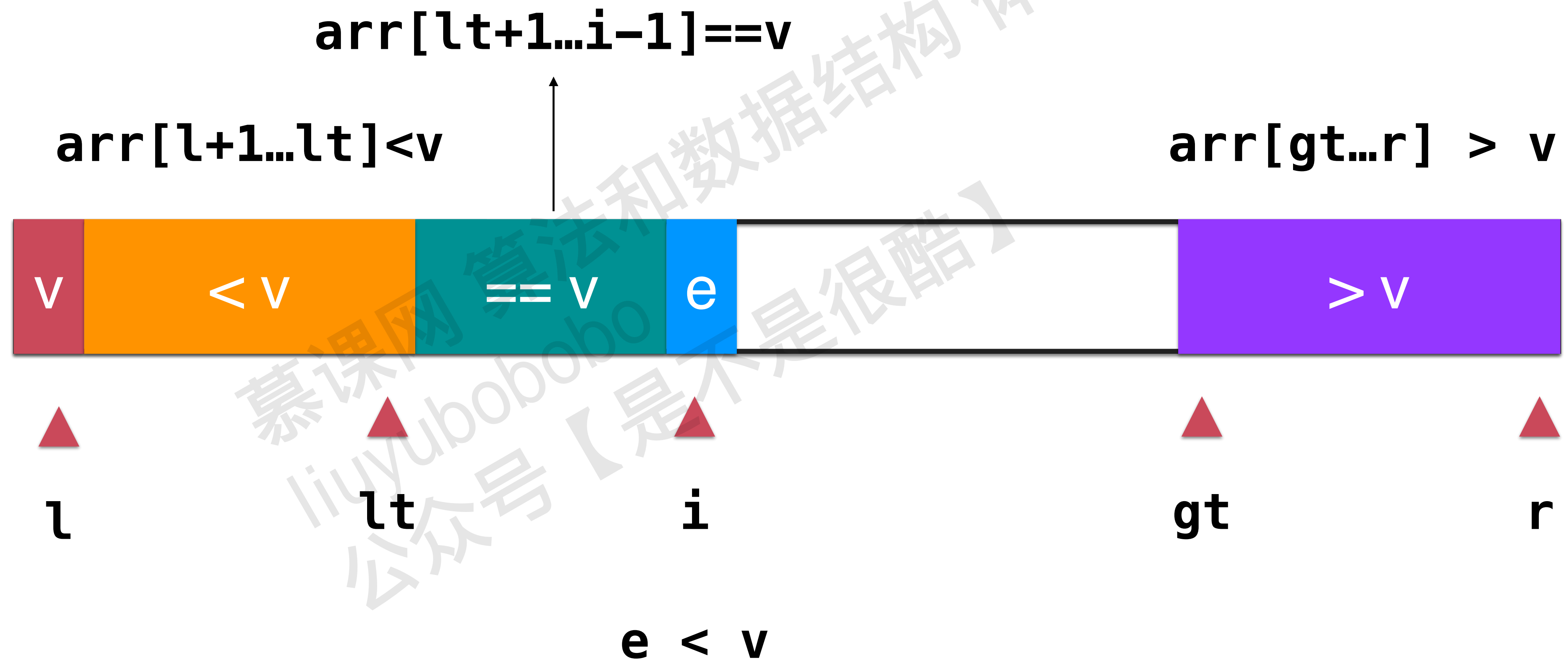
# Quick Sort 3 Ways



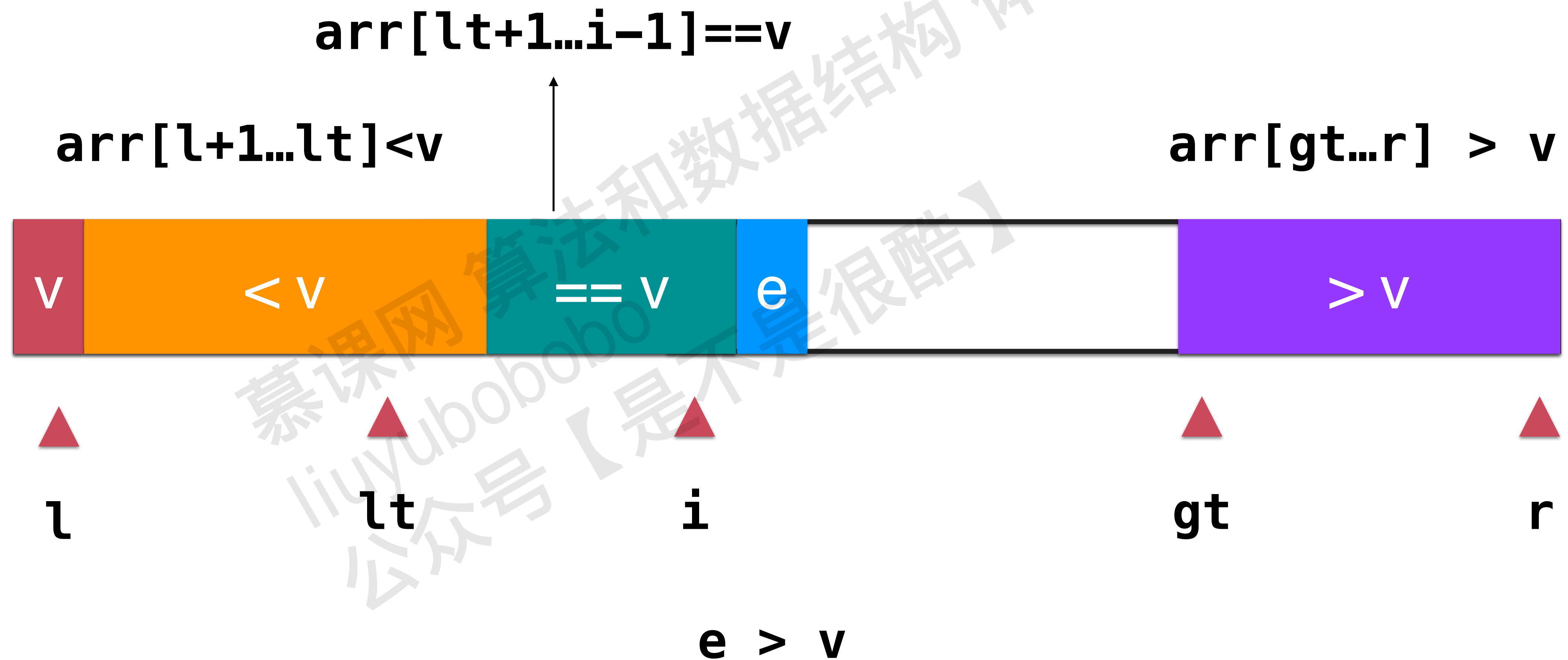
# Quick Sort 3 Ways



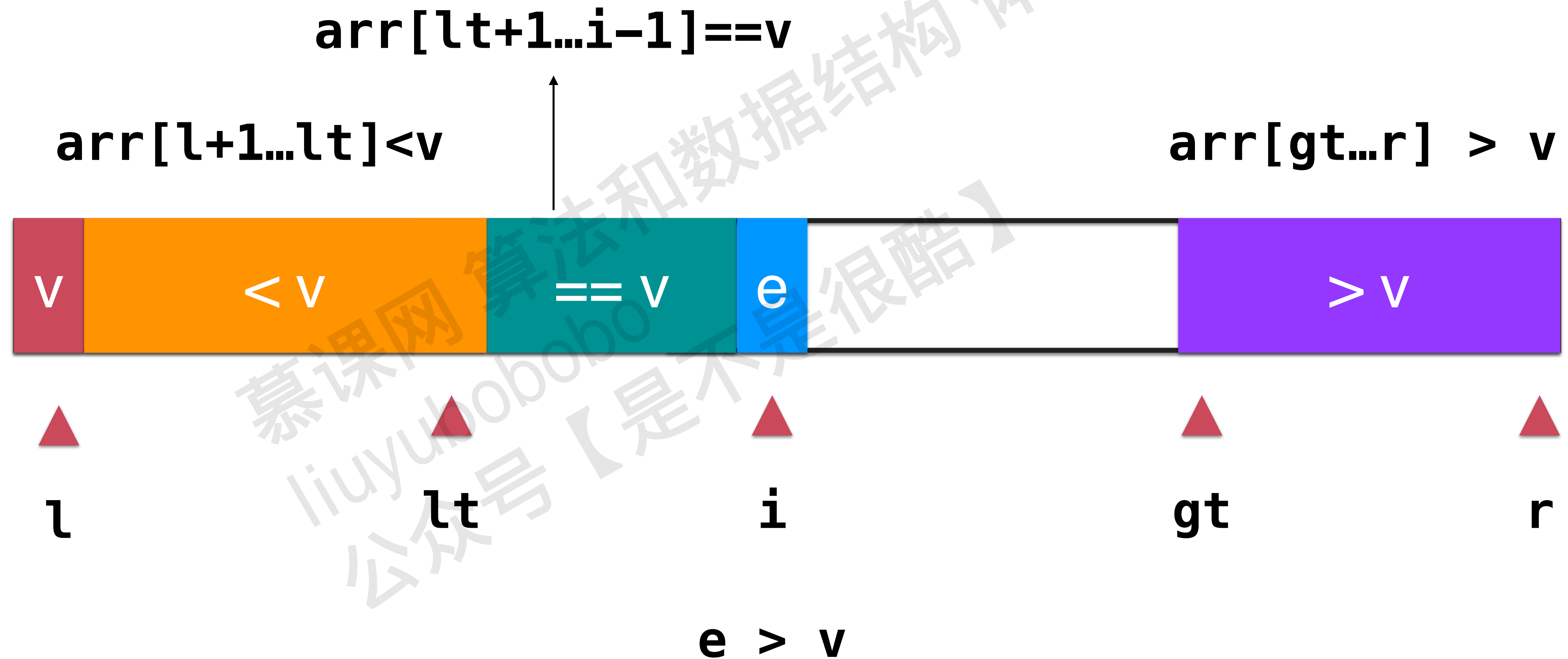
# Quick Sort 3 Ways



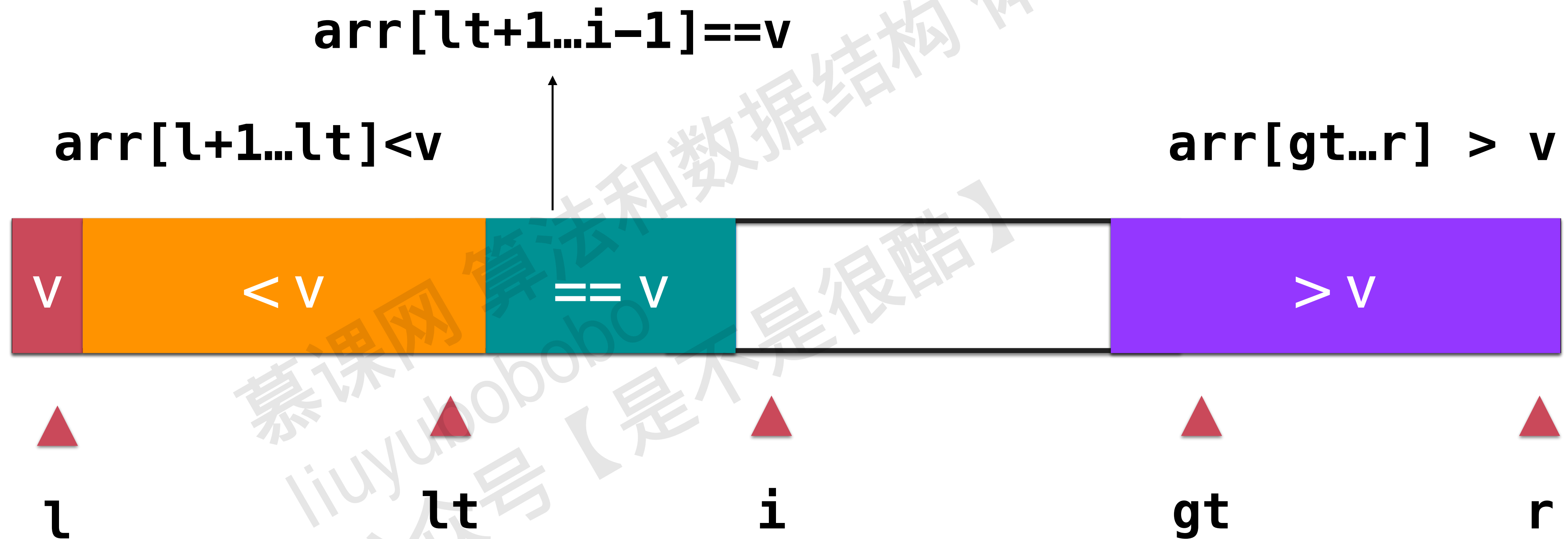
# Quick Sort 3 Ways



# Quick Sort 3 Ways



# Quick Sort 3 Ways



# Quick Sort 3 Ways

$\text{arr}[l+1 \dots lt] < v$     $\text{arr}[lt+1 \dots i-1] == v$     $\text{arr}[gt \dots r] > v$



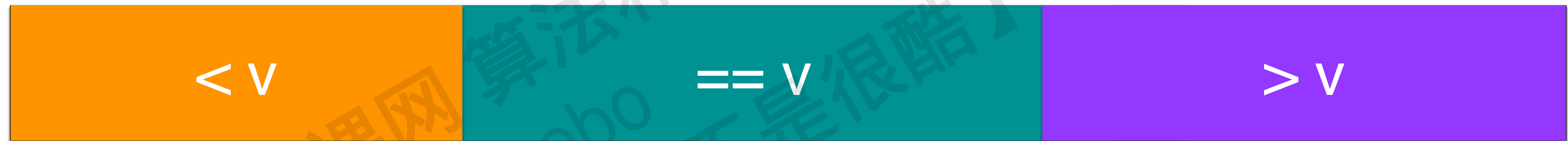


# Quick Sort 3 Ways

$\text{arr}[l \dots lt-1] < v$

$\text{arr}[lt \dots gt-1] == v$

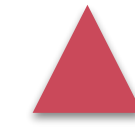
$\text{arr}[gt \dots r] > v$



$l$



$lt$



$gt$



$r$

$\text{sort}(l, lt - 1)$

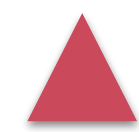
$\text{sort}(gt, r)$

# Quick Sort 3 Ways

$\text{arr}[l \dots lt-1] < v$

$\text{arr}[lt \dots gt-1] == v$

$\text{arr}[gt \dots r] > v$



$l$



$lt$



$gt$



$r$

所有元素都相同的数组:  $O(n)$

# 实现三路快速排序算法

慕课网 算法与数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 实践：实现三路快速排序算法

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 作业：Sort Colors

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 作业解析：Sort Colors

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

Select K

# Select K

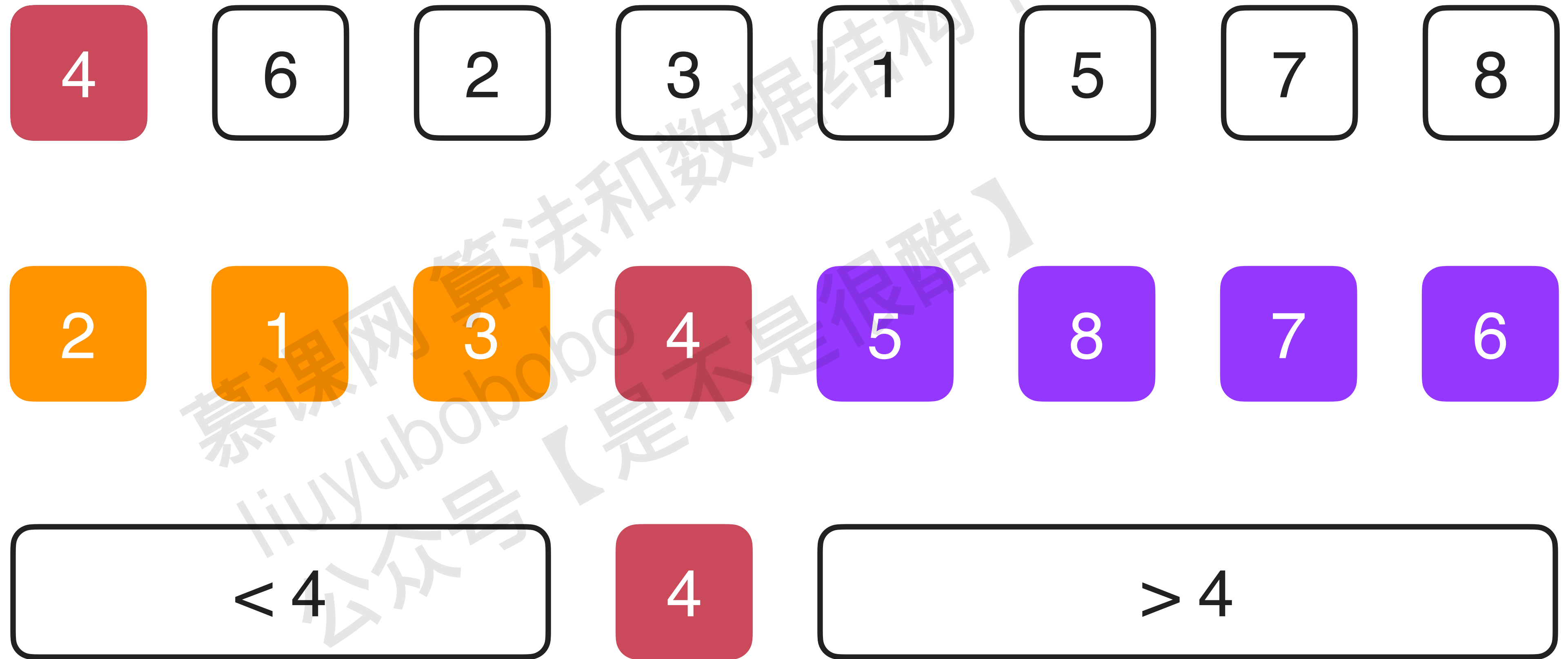
给出一个无序数组，找出数组的第  $K$  小的元素

排序； $\text{arr}[k - 1]$   $O(n \log n)$

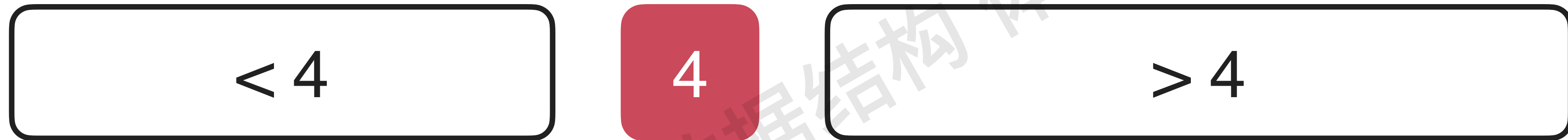
使用快速排序算法的思路，可以在  $O(n)$  时间完成



# Select K



# Select K



**p**

**k == p?**

找到了!

**k < p?**

到左边找

**k > p?**

到右边找

# Select K



**$k == p?$**

找到了!

**$k < p?$**

到左边找

**$k > p?$**

到右边找

复杂度分析

期望

$$n + n/2 + n/4 + \dots + 1$$

$$= 2n = O(n)$$

# Select K

<https://leetcode-cn.com/problems/zui-xiao-de-kge-shu-lcof/>

<https://leetcode-cn.com/problems/kth-largest-element-in-an-array/>

# 作业解析：Select K

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 快速排序算法总结

慕课网 算法和数据结构 体系课程  
liuyubobobo  
公众号【是不是很有趣】

# 快速排序法总结

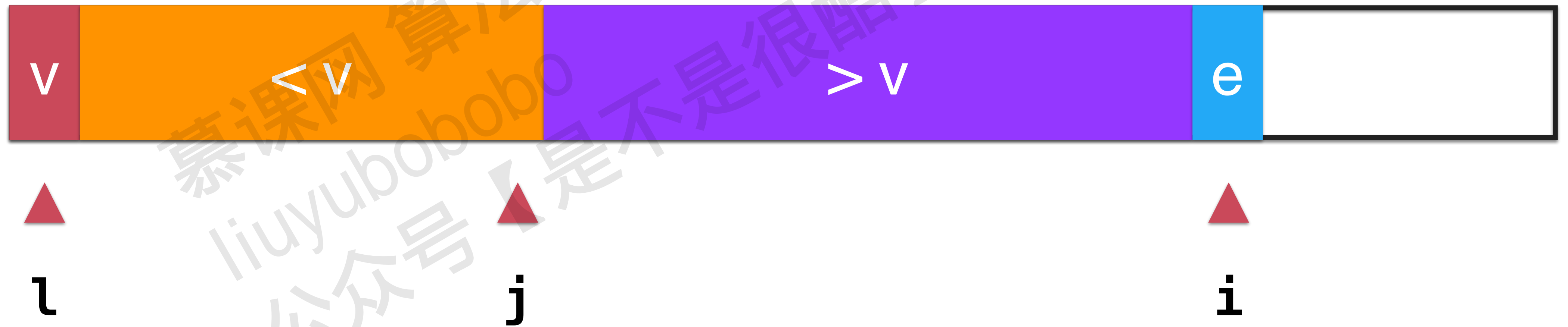
快速排序整体思想：



# 快速排序法总结

单路快速排序

$\text{arr}[l+1\dots j] < v$     $\text{arr}[j+1\dots i-1] > v$





# 快速排序法总结

单路快速排序

完全有序的数据退化

引入随机化

# 快速排序法总结

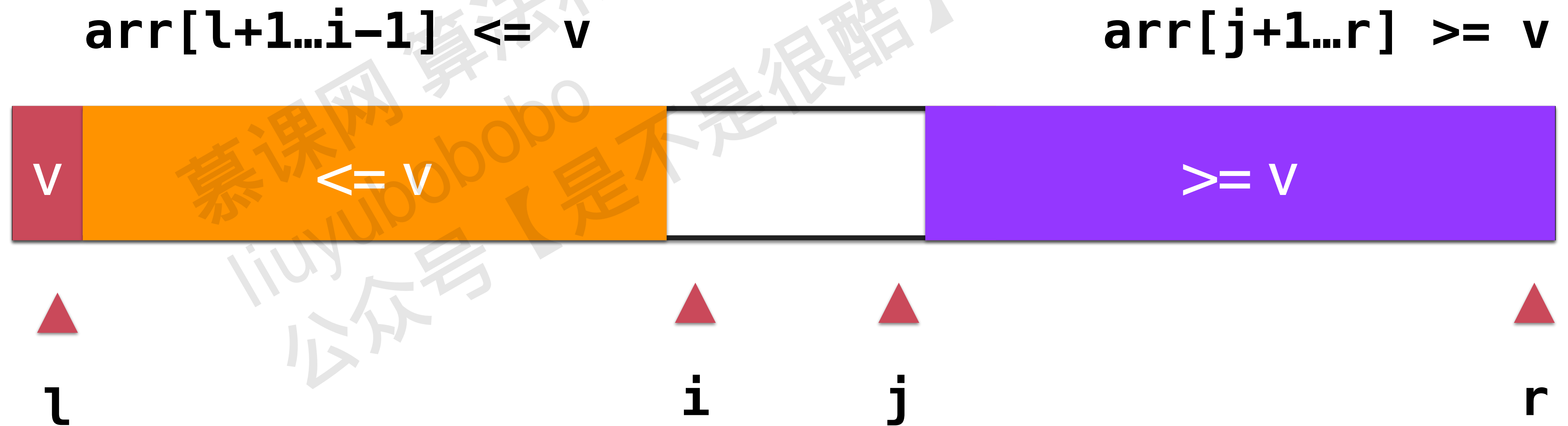
引入随机化

所有元素一样的数据退化

双路快速排序

# 快速排序法总结

双路快速排序



# 快速排序法总结

双路快速排序



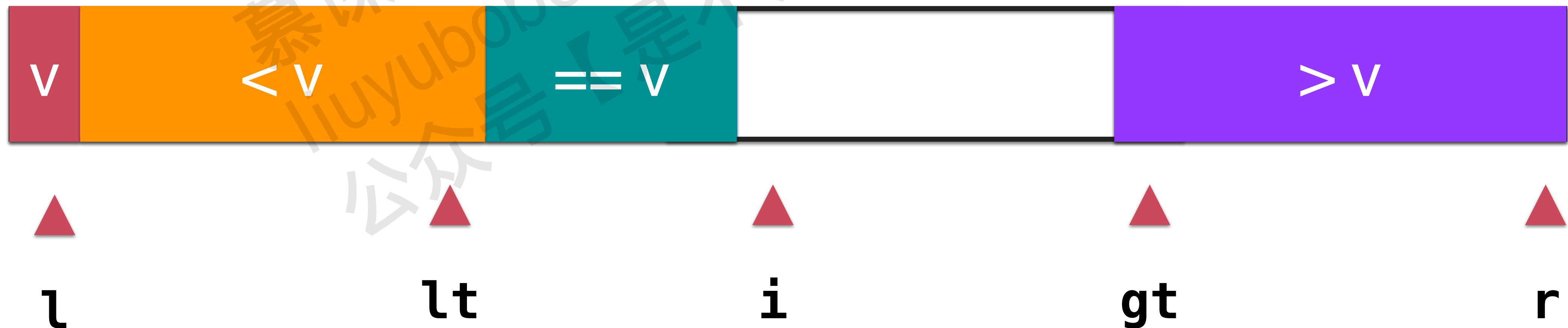
# 快速排序法总结

三路快速排序 所有元素都一样的数据:  $O(n)$

$arr[l+1...i-1] == v$

$arr[l+1...lt] < v$

$arr[gt...r] > v$



# 快速排序法总结

单路快速排序

随机化

双路快速排序

三路快速排序

# 快速排序法总结

普通算法：看最差      能找到一组数据   100%   恶化

随机算法：看期望      没有一组数据能   100%   恶化

多次调用？ 尝试均摊分析

# 快速排序法总结

快速排序算法的思想：

排序

SelectK



# 其他

欢迎大家关注我的个人公众号：是不是很酷



# 算法与数据结构体系课程

liuyubobobo