

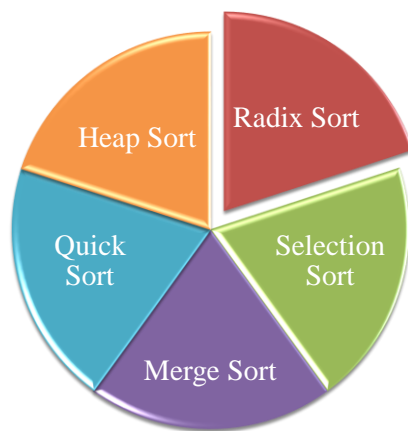
Cấu trúc dữ liệu và giải thuật

CÁC THUẬT TOÁN SẮP XẾP

Giảng viên:
Văn Chí Nam – Nguyễn Thị Hồng Nhung – Đặng Nguyễn Đức Tiến

Nội dung

2



Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Giới thiệu

Bài toán sắp xếp
Các thuật toán sắp xếp

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Giới thiệu

- Bài toán sắp xếp: Sắp xếp là quá trình xử lý một danh sách các phần tử để đặt chúng theo một thứ tự thỏa yêu cầu cho trước
- Ví dụ: danh sách trước khi sắp xếp:
 $\{1, 25, 6, 5, 2, 37, 40\}$
Danh sách sau khi sắp xếp:
 $\{1, 2, 5, 6, 25, 37, 40\}$
- Thông thường, sắp xếp giúp cho việc tìm kiếm được nhanh hơn.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Giới thiệu

5

- ◉ Các phương pháp sắp xếp thông dụng:

- ▣ Bubble Sort
- ▣ Selection Sort
- ▣ Insertion Sort
- ▣ Quick Sort
- ▣ Merge Sort
- ▣ Heap Sort
- ▣ Radix Sort



Cần tìm hiểu các phương pháp sắp xếp và lựa chọn phương pháp phù hợp khi sử dụng.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

6

Sắp xếp chọn

Selection Sort

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Ý tưởng

7

- ◉ Mô phỏng cách sắp xếp tự nhiên nhất trong thực tế
 - ▣ Chọn phần tử nhỏ nhất và đưa về vị trí đúng là đầu dãy hiện hành.
 - ▣ Sau đó xem dãy hiện hành chỉ còn $n-1$ phần tử.
 - ▣ Lặp lại cho đến khi dãy hiện hành chỉ còn 1 phần tử.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Thuật toán

8

Các bước của thuật toán:

- ◉ **Bước 1.** Khởi gán $i = 0$.
- ◉ **Bước 2.** Bước lặp:
 - ▣ 2.1. Tìm $a[\min]$ nhỏ nhất trong dãy từ $a[i]$ đến $a[n-1]$
 - ▣ 2.2. Hoán vị $a[\min]$ và $a[i]$
- ◉ **Bước 3.** So sánh i và n :
 - ▣ Nếu $i \leq n$ thì *tăng i thêm 1* và lặp lại bước 2.
 - ▣ Ngược lại: Dừng thuật toán.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Ví dụ

9



Đánh giá

10

◉ Đánh giá giải thuật:

▣ Số phép so sánh:

- Tại lượt i bao giờ cũng cần (n-i-1) số lần so sánh
- Không phụ thuộc vào tình trạng dãy số ban đầu

$$\text{Số phép so sánh} = \sum_{i=0}^{n-1} (n-i-1) = \frac{n(n-1)}{2}$$

Đánh giá

11

◉ Số phép gán:

▣ Tốt nhất: $\sum_{i=0}^{n-1} 4 = 4n$

▣ Xấu nhất:

$$\sum_{i=0}^{n-1} (4 + n - i - 1) = \frac{n(n+7)}{2}$$

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Đánh giá

12

◉ Độ phức tạp của thuật toán (không thay đổi): $O(n^2)$

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

13

Sắp xếp vun đống

Heap Sort

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Ý tưởng

14

- ◉ Ý tưởng: khi tìm phần tử nhỏ nhất ở bước i , phương pháp Selection sort không tận dụng được các thông tin đã có nhờ vào các phép so sánh ở bước $i-1 \rightarrow$ cần khắc phục nhược điểm này.
- ◉ J. Williams đã đề xuất phương pháp sắp xếp Heapsort.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Heap

15

◉ Định nghĩa Heap:

- ▣ Giả sử xét trường hợp sắp xếp tăng dần, Heap được định nghĩa là một dãy các phần tử a_1, a_{1+1}, \dots, a_r thỏa: với mọi i thuộc $[1, r]$ (chỉ số bắt đầu từ 0)

$$a_i \geq a_{2i+1}$$

$$a_i \geq a_{2i+2} \quad \{(a_i, a_{2i+1}), (a_i, a_{2i+2}) \text{ là các cặp phần tử liên đới}\}$$

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Các tính chất của Heap

16

- ◉ Nếu a_1, a_{1+1}, \dots, a_r là một heap thì phần tử a_1 (đầu heap) luôn là phần tử lớn nhất.
- ◉ Mọi dãy a_i, a_{i+1}, \dots, a_r với $2i + 1 > r$ là heap.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Thuật toán

17

- ◉ Giai đoạn 1: Hiệu chỉnh dãy ban đầu thành heap (bắt đầu từ phần tử giữa của dãy)
- ◉ Giai đoạn 2: sắp xếp dựa trên heap.
 - ▣ Bước 1: đưa phần tử lớn nhất về vị trí đúng ở cuối dãy
 - ▣ Bước 2:
 - Loại bỏ phần tử lớn nhất ra khỏi heap: $r = r - 1$
 - Hiệu chỉnh lại phần còn lại của dãy.
 - ▣ Bước 3: So sánh r và l :
 - Nếu $r > l$ thì lặp lại bước 1.
 - Ngược lại, dừng thuật toán.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Heap Sort

18

- ◉ Mã giả (Tựa ngôn ngữ lập trình C):

```
void HeapSort(int a[], int n)
{
    TaoHeap(a, n-1);
    r = n-1;
    while(r > 0)
    {
        HoanVi(a[0], a[r]);
        r = r - 1;
        HieuChinh(a, 0, r);
    }
}
```

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Heap Sort

19

◉ Mã giả:

```
void TaoHeap(int a[], int r)
{
    int l = r/2;
    while(l > 0)
    {
        HieuChinh(a, l, r);
        l = l - 1;
    }
}
```

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Heap Sort

20

◉ Mã giả:

```
void HieuChinh(int a[], int l, int r)
{
    i = l; j = 2*i+1; x = a[i];
    while(j <= r)
    {
        if(có đủ 2 phần tử liên đới)
            //xác định phần tử liên đới lớn nhất
        if(a[j] < x) //thỏa quan hệ liên đới
            //dừng
        else
            //hiệu chỉnh
            //xét khả năng hiệu chỉnh lan truyền
    }
}
```

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Heap Sort

27

- ◉ Đánh giá giải thuật:
 - ▣ Độ phức tạp của giải thuật (không thay đổi): $O(n \log_2 n)$

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

28

Sắp xếp nhanh

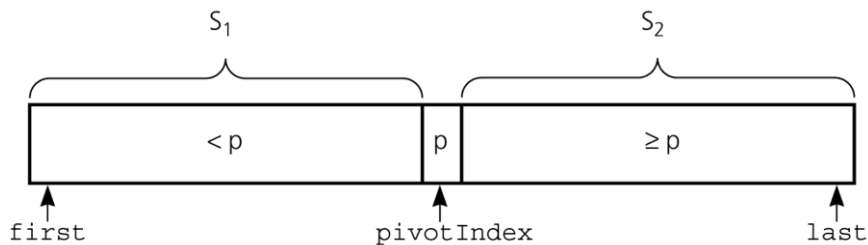
Quick Sort

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Ý tưởng

29

- Phân chia dãy cần sắp xếp thành 2 phần **S1** và **S2** dựa vào phần tử mốc **p**:



Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Ý tưởng

30

- QuickSort(array[], first, last)**

Nếu ($\text{first} < \text{last}$)

{

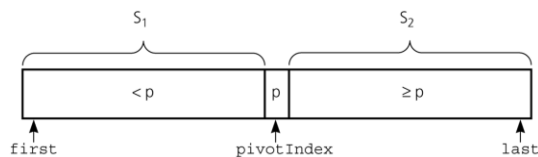
Chọn phần tử mốc **pivot**.

Dựa vào giá trị pivot, phân hoạch dãy **array** thành 2 dãy mới **S1** ($\text{first} \dots \text{pivotIndex}-1$) và **S2** ($\text{pivotIndex}+1 \dots \text{last}$)

QuickSort (array, first, pivotIndex-1)

QuickSort (array, pivotIndex + 1, last)

}

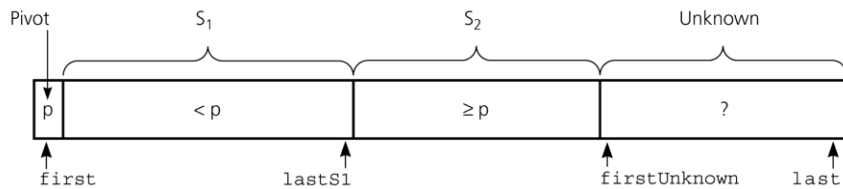


Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Phân hoạch

31

- Sử dụng thêm 2 chỉ số **lastS1** và **firstUnknown** để phân hoạch.
- Tiếp tục phân hoạch khi **firstUnknown ≤ last**.

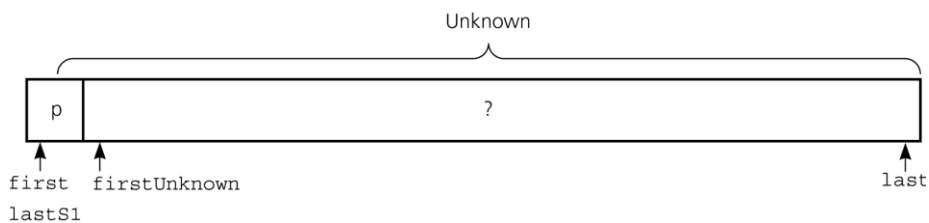


Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Phân hoạch

32

- Khởi tạo
 - ▣ `lastS1 = first`
 - ▣ `firstUnknown = first + 1`



Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Phân hoạch

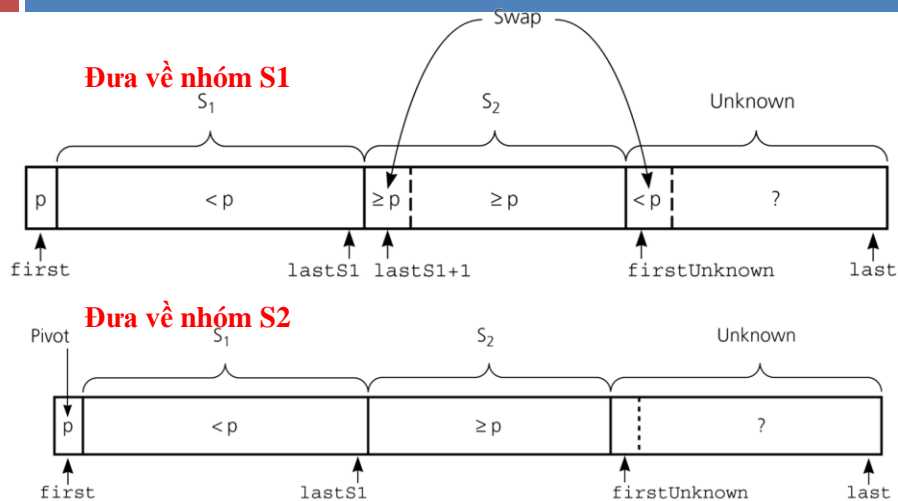
33

- Trong khi còn phân hoạch:
 - Nếu giá trị tại **firstUnknown** nhỏ hơn giá trị **pivot**
 - Chuyển sang nhóm S1
 - Ngược lại
 - Chuyển sang nhóm S2
- Kết thúc phân hoạch:
 - Đưa pivot về đúng vị trí (đổi chỗ giá trị **lastS1** và **first**).
 - $\text{pivotIndex} = \text{lastS1}$

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Phân hoạch

34



Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Ví dụ

35

- Phân hoạch dãy số: 27, 38, 12, 39, 27, 16

Pivot	Unknown				
27	38	12	39	27	16

Pivot	S2	Unknown			
27	38	12	39	27	16

↑ ↑

Pivot	S1	S2	Unknown		
27	12	38	39	27	16

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Ví dụ

36

- Phân hoạch dãy số: 27, 38, 12, 39, 27, 16

Pivot	S1	S2	Unknown		
27	12	38	39	27	16

Pivot	S1	S2		U.K	
27	12	38	39	27	16

↑ ↑ ↑

Pivot	S1		S2		
27	12	16	39	27	38

↑ ↑

S1		Pivot	S2		
16	12	27	39	27	38

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Bài tập

37

- ◉ Chạy tay thuật toán Quick Sort để sắp xếp mảng A trong 2 trường hợp tăng dần và giảm dần.

$A = \{2, 9, 5, 12, 20, 15, -8, 10\}$

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Quick Sort

38

- ◉ **Đánh giá giải thuật:**
 - ▣ Hiệu quả phụ thuộc vào việc chọn giá trị mốc
 - Tốt nhất là phần tử median.
 - Nếu phần tử mốc là cực đại hay cực tiểu thì việc phân hoạch không đồng đều.
 - ▣ Bảng tổng kết:

	Độ phức tạp
Tốt nhất	$O(n \log_2 n)$
Trung bình	$O(n \log_2 n)$
Xấu nhất	$O(n^2)$

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

39

Sắp xếp trộn

Merge Sort

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Giới thiệu

40

- ◉ Thực hiện theo hướng chia để trị.
- ◉ Do John von Neumann đề xuất năm 1945.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Giải thuật

41

- Nếu dãy có chiều dài là 0 hoặc 1: đã được sắp xếp.
- Ngược lại:
 - ▣ Chia dãy thành 2 dãy con (chiều dài tương đương nhau).
 - ▣ Sắp xếp trên từng dãy con bằng thuật toán Merge Sort.
 - ▣ Trộn 2 dãy con (đã được sắp xếp) thành một dãy mới đã được sắp xếp.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

Giải thuật

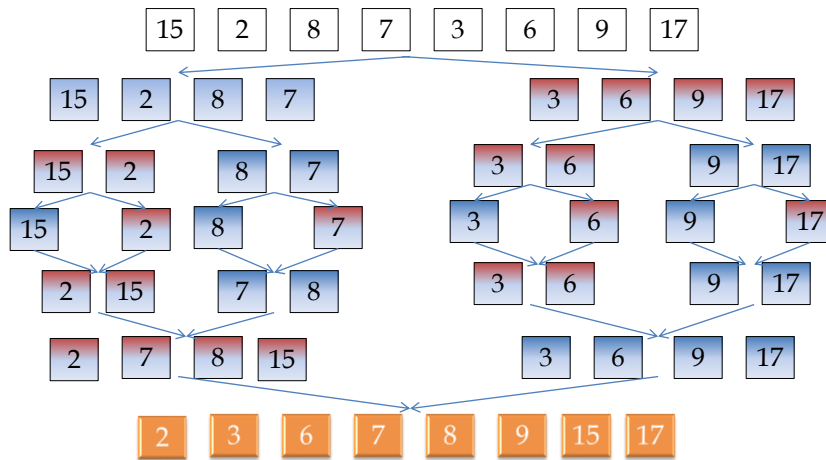
42

- Input: Dãy A và các chỉ số left, right (sắp xếp dãy A gồm các phần tử có chỉ số từ *left* đến *right*).
 - Output: Dãy A đã được sắp xếp
- ```
MergeSort(A, left, right)
{
 if (left < right) {
 mid = (left + right)/2;
 MergeSort(A, left, mid);
 MergeSort(A, mid+1, right);
 Merge(A, left, mid, right);
 }
}
```

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Ví dụ

43



Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Đánh giá

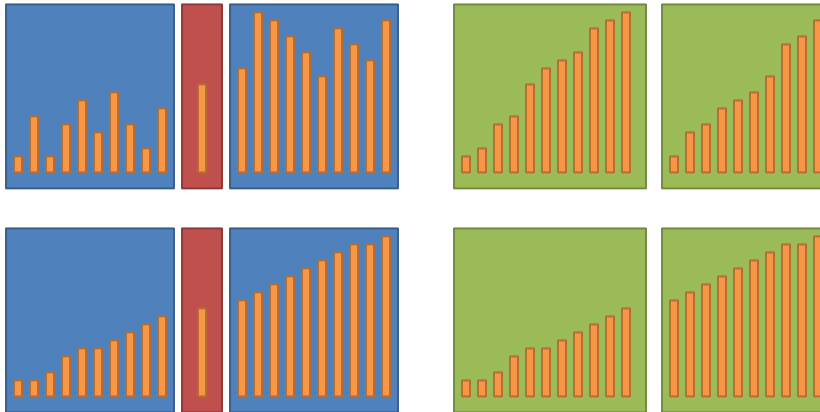
44

- Số lần chia các dãy con:  $\log_2 n$
- Chi phí thực hiện việc trộn hai dãy con đã sắp xếp tỷ lệ thuận với  $n$ .
- Chi phí của Merge Sort là  $O(n \log_2 n)$
- Thuật toán không sử dụng thông tin nào về đặc tính của dãy cần sắp xếp  $\Rightarrow$  chi phí thuật toán là không đổi trong mọi trường hợp

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## So sánh tư tưởng sắp xếp giữa Quick sort và Merge sort

45



Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

# Sắp xếp theo cơ số

## Radix Sort

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Ý tưởng

- ◉ Không dựa vào việc so sánh các phần tử
- ◉ Sử dụng các ‘thùng’ để nhóm các giá trị theo cơ số của vị trí đang xem xét.
- ◉ Nối kết các giá trị trong ‘thùng’ để tạo thành dãy sắp xếp.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Ví dụ

49

- ◉ Cho dãy số sau: 27, 78, 52, 39, 17, 46
- ◉ Cơ số: 10, Số lượng ký số: 2
- ◉ Xét ký số thứ nhất

| 0 | 1 | 2  | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  |
|---|---|----|---|---|---|----|----|----|----|
|   |   |    |   |   |   |    |    |    |    |
|   |   |    |   |   |   |    | 17 |    |    |
|   |   | 52 |   |   |   | 46 | 27 | 78 | 39 |

Kết hợp lại: **52, 46, 27, 17, 78, 39**

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Ví dụ

50

- ◉ Xét ký số thứ 2 của: 52, 46, 27, 17, 78, 39

| 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6 | 7  | 8 | 9 |
|---|----|----|----|----|----|---|----|---|---|
|   |    |    |    |    |    |   |    |   |   |
|   |    |    |    |    |    |   |    |   |   |
|   | 17 | 27 | 39 | 46 | 52 |   | 78 |   |   |

Kết hợp dãy có thứ tự: **17, 27, 39, 46, 52, 78**

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Đánh giá

51

- ◉ Độ phức tạp của thuật toán:  $O(n)$   
(Chi tiết hơn:  $O(k \cdot n)$  với  $k$  là số lượng ký số)

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

52

## Kết luận

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Kết luận

53

- Các thuật toán Bubble sort, Selection sort, Insertion sort
  - ▣ Cài đặt thuật toán đơn giản.
  - ▣ Chi phí của thuật toán cao:  $O(n^2)$ .
- Heap sort được cải tiến từ Selection sort nhưng chi phí thuật toán thấp hơn hẳn ( $O(n\log_2 n)$ )

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

## Kết luận

54

- Các thuật toán Quick sort, Merge sort là những thuật toán theo chiến lược chia để trị.
  - ▣ Cài đặt thuật toán phức tạp
  - ▣ Chi phí thuật toán thấp:  $O(n\log_2 n)$
  - ▣ Rất hiệu quả khi dùng danh sách liên kết.
  - ▣ Trong thực tế, Quick sort chạy nhanh hơn hẳn Merge sort và Heap sort.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015



## Kết luận

55

- ◉ Người ta chứng minh  $O(n \log_2 n)$  là ngưỡng chặn dưới của các thuật toán sắp xếp dựa trên việc so sánh giá trị của các phần tử.

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015

56

## Hỏi và Đáp

Cấu trúc dữ liệu và giải thuật – HCMUS 2015