

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KHOA HỌC - KỸ THUẬT MÁY TÍNH



KIẾN TRÚC MÁY TÍNH

BÀI TẬP LỚN VẤN ĐỀ 5 QUICK SORT

Thành viên nhóm: Vũ Quốc Huy - 1913579.
Hà Lê Thiên phú - 1914651.
Lê Hoàng Phúc - 1810440.

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH, THÁNG 12/2020



Contents

1	Giới thiệu	2
2	Cơ sở lý thuyết	2
3	Testcases	2
3.1	Testcase 1	2
3.2	Testcase 2	4
3.3	Testcase 3	5
3.4	Testcase 4	6
3.5	Testcase 5	7
3.6	Testcase 6	8
3.7	Testcase 7	9
3.8	Testcase 8	10
3.9	Testcase 9	11
3.10	Testcase 10	12

1 Giới thiệu

Trong cuộc sống, ta sẽ gặp rất nhiều trường hợp cần phải sắp xếp lại một dãy số nguyên theo thứ tự tăng dần. Có rất nhiều phương pháp ta có thể dùng để giải quyết vấn đề này, nhưng vấn đề là phương pháp nào mang lại hiệu quả cao nhất. Trong bài báo cáo này, chúng ta sẽ tìm hiểu về một phương pháp sắp xếp thường hay được sử dụng bởi độ hiệu quả cao, đó chính là thuật toán Quick Sort.

Quick Sort là thuật toán sắp xếp thuộc loại chia để trị với độ phức tạp trong trường hợp tốt nhất là $O(n \log n)$ và trường hợp tệ nhất là $O(n^2)$

2 Cơ sở lý thuyết

Hàm Quicksort được gọi với dữ liệu vào là mảng $arr[]$, index $left$ và index $right$. Khi được gọi, ta gán giá trị của $left$ cho $pivot$, của low cho l , của $right$ cho r . Sau đó ta cho chạy vòng lặp lớn nếu $l < r$:

Ta chạy vòng lặp bé từ r giảm dần đến khi ta tìm thấy phần tử mà tại đó $arr[r] < arr[pivot]$ hoặc nếu $r \leq left$. Sau đó ta chạy vòng lặp bé từ l tăng dần đến khi ta tìm thấy phần tử mà tại đó $arr[l] > arr[pivot]$ hoặc $l \geq right$. Nếu sau khi chạy 2 vòng lặp này mà $l < r$, ta đổi chỗ giá trị của $arr[l]$ và $arr[r]$. Ngược lại, nếu $l \geq r$, ta đổi chỗ giá trị của $arr[pivot]$ và $arr[r]$, sau đó gọi đệ quy hàm quicksort phần mảng bên trái của pivot và phần mảng bên phải của pivot.

Sau khi các hàm đệ quy đã thực thi xong, ta kết thúc chương trình.

3 Testcases

3.1 Testcase 1

Mảng 20 phần tử ta xét là: -98, -81, -71, -68, -61, -57, -55, -52, -43, -38, -33, 1, 14, 24, 27, 29, 42, 69, 74, 99.

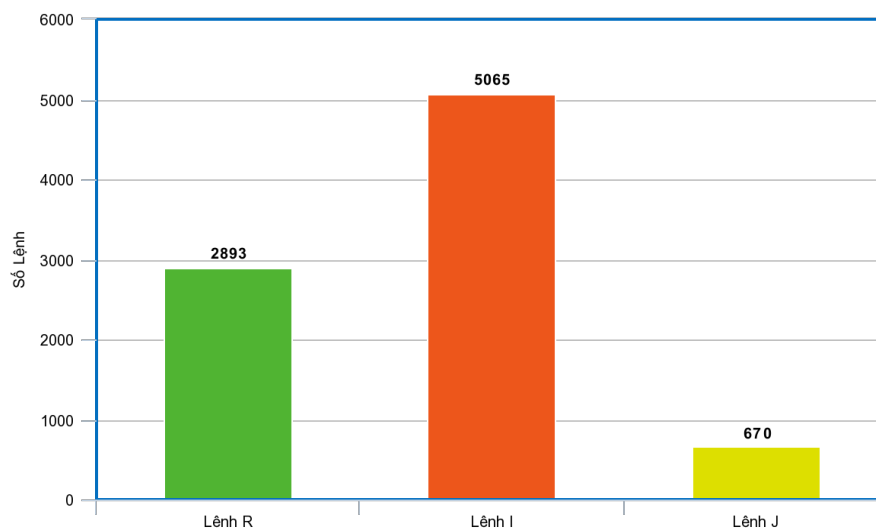
Kết quả thu được khi chạy chương trình:



```
Before QuickSort:      -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
Current:               -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99
After QuickSort:       -98 -81 -71 -68 -61 -57 -55 -52 -43 -38 -33 1 14 24 27 29 42 69 74 99

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:



3.2 Testcase 2

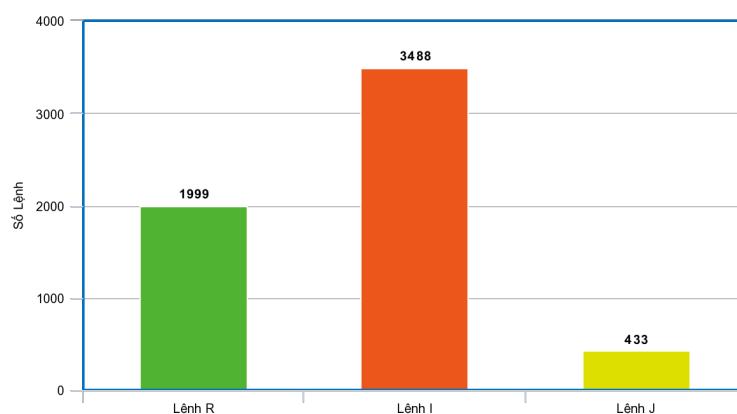
Mảng 20 phần tử ta xét là: -91, 77, -22, 53, 35, -41, -51, 3, -77, 31, 84, 76, 52, -98, -76, 9, -61, -15, 4, 48.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      -91 77 -22 53 35 -41 -51 3 -77 31 84 76 52 -98 -76 9 -61 -15 4 48
Current:               -98 -91 -22 53 35 -41 -51 3 -77 31 84 76 52 77 -76 9 -61 -15 4 48
Current:               -98 -91 -77 -61 -76 -41 -51 -22 3 31 84 76 52 77 35 9 53 -15 4 48
Current:               -98 -91 -77 -61 -76 -41 -51 -22 3 31 84 76 52 77 35 9 53 -15 4 48
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -41 -51 -22 3 31 84 76 52 77 35 9 53 -15 4 48
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 3 31 84 76 52 77 35 9 53 -15 4 48
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 84 76 52 77 35 9 53 31 4 48
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 48 76 52 77 35 9 53 31 4 84
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 35 4 31 9 48 77 53 52 76 84
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 9 4 31 35 48 77 53 52 76 84
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 4 9 31 35 48 77 53 52 76 84
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 4 9 31 35 48 76 53 52 77 84
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 4 9 31 35 48 52 53 76 77 84
Current:               -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 4 9 31 35 48 52 53 76 77 84
After QuickSort:       -98 -91 -77 -76 -61 -51 -41 -22 -15 3 4 9 31 35 48 52 53 76 77 84

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:



3.3 Testcase 3

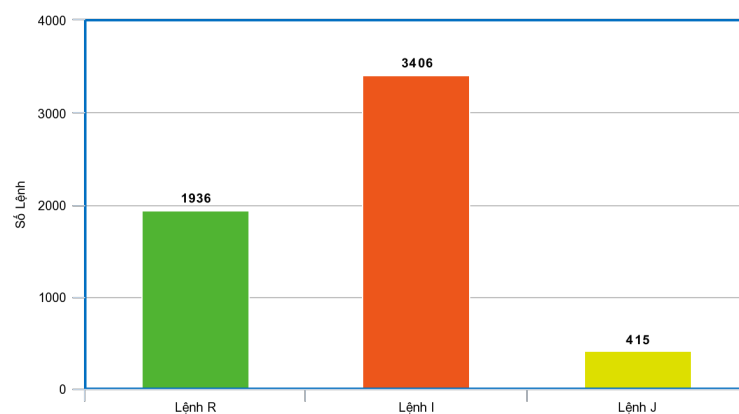
Mảng 20 phần tử ta xét là: 23, -98, -7, 33, -68, 94, -24, -51, 1, -93, -23, -71, 86, -69, 52, 58, 24, -34, 42, -36.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      23 -98 -7 33 -68 94 -24 -51 1 -93 -23 -71 86 -69 52 58 24 -34 42 -36
Current:               -69 -98 -7 -36 -68 -34 -24 -51 1 -93 -23 -71 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -93 -98 -71 -69 -68 -34 -24 -51 1 -36 -23 -7 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -34 -24 -51 1 -36 -23 -7 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -34 -24 -51 1 -36 -23 -7 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 1 -24 -23 -7 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 1 -24 -23 -7 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -7 -24 -23 1 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -23 -24 -7 1 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -24 -23 -7 1 23 86 52 58 24 94 42 33
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -24 -23 -7 1 23 42 52 58 24 33 86 94
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -24 -23 -7 1 23 24 33 42 58 52 86 94
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -24 -23 -7 1 23 24 33 42 58 52 86 94
Current:               -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -24 -23 -7 1 23 24 33 42 52 58 86 94
After QuickSort:       -98 -93 -71 -69 -68 -51 -36 -34 -24 -23 -7 1 23 24 33 42 52 58 86 94

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:



3.4 Testcase 4

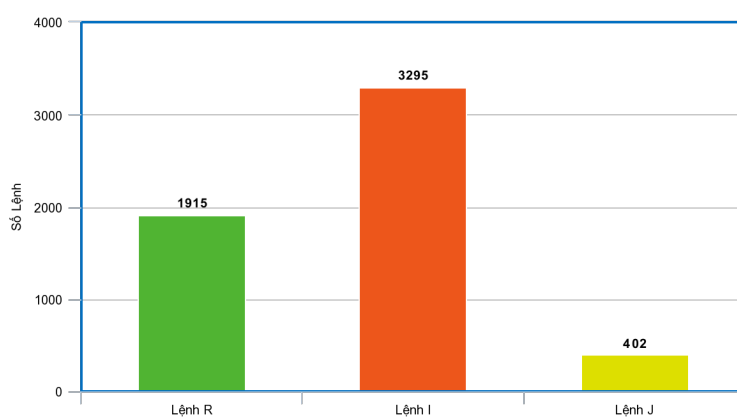
Mảng 20 phần tử ta xét là: -90, -5, -6, 32, -76, 61, -13, 98, -2, -22, 3, 46, -47, -40, -53, 34, -71, -21, 10, -75.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      -90 -5 -6 32 -76 61 -13 98 -2 -22 3 46 -47 -40 -53 34 -71 -21 10 -75
Current:               -90 -5 -6 32 -76 61 -13 98 -2 -22 3 46 -47 -40 -53 34 -71 -21 10 -75
Current:               -90 -47 -6 -75 -76 -21 -13 -71 -53 -22 -40 -5 46 3 -2 34 98 61 10 32
Current:               -90 -71 -53 -75 -76 -47 -13 -21 -6 -22 -40 -5 46 3 -2 34 98 61 10 32
Current:               -90 -75 -76 -71 -53 -47 -13 -21 -6 -22 -40 -5 46 3 -2 34 98 61 10 32
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -13 -21 -6 -22 -40 -5 46 3 -2 34 98 61 10 32
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -22 -21 -40 -13 -6 -5 46 3 -2 34 98 61 10 32
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -40 -22 -21 -13 -6 -5 46 3 -2 34 98 61 10 32
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -40 -22 -21 -13 -6 -5 10 3 -2 34 32 46 61 98
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -40 -22 -21 -13 -6 -5 -2 3 10 34 32 46 61 98
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -40 -22 -21 -13 -6 -5 -2 3 10 34 32 46 61 98
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -40 -22 -21 -13 -6 -5 -2 3 10 32 34 46 61 98
Current:               -90 -76 -75 -71 -53 -47 -40 -22 -21 -13 -6 -5 -2 3 10 32 34 46 61 98
After QuickSort:       -90 -76 -75 -71 -53 -47 -40 -22 -21 -13 -6 -5 -2 3 10 32 34 46 61 98

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:



3.5 Testcase 5

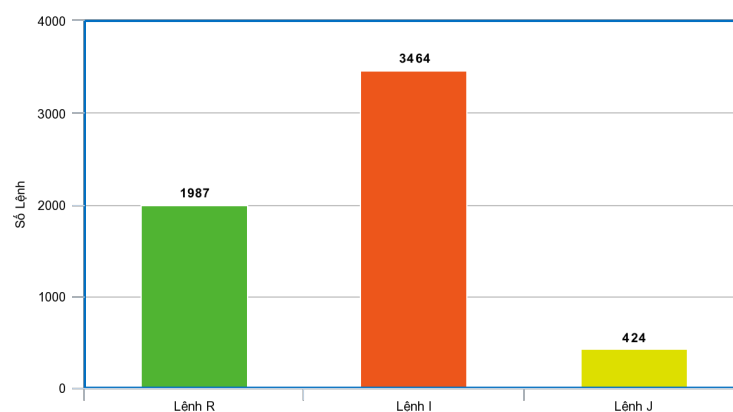
Mảng 20 phần tử ta xét là: 50, -15, -24, -38, -30, -67, -86, 8, 65, -50, 16, -13, -80, -83, 67, -98, 71, -68, -40, -56.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      50 -15 -24 -38 -30 -67 -86 8 65 -50 16 -13 -80 -83 67 -98 71 -68 -40 -56
Current:      -68 -15 -24 -38 -30 -67 -86 8 -56 -50 16 -13 -80 -83 -40 -98 50 71 67 65
Current:      -86 -98 -83 -80 -68 -67 -30 8 -56 -50 16 -13 -38 -24 -40 -15 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -30 8 -56 -50 16 -13 -38 -24 -40 -15 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -30 8 -56 -50 16 -13 -38 -24 -40 -15 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -30 8 -56 -50 16 -13 -38 -24 -40 -15 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -38 -40 -56 -50 -30 -13 16 -24 8 -15 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -50 -40 -56 -38 -30 -13 16 -24 8 -15 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -56 -50 -40 -38 -30 -13 16 -24 8 -15 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -56 -50 -40 -38 -30 -24 -15 -13 8 16 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -56 -50 -40 -38 -30 -24 -15 -13 8 16 50 71 67 65
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -56 -50 -40 -38 -30 -24 -15 -13 8 16 50 65 67 71
Current:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -56 -50 -40 -38 -30 -24 -15 -13 8 16 50 65 67 71
After QuickSort:      -98 -86 -83 -80 -68 -67 -56 -50 -40 -38 -30 -24 -15 -13 8 16 50 65 67 71

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:



3.6 Testcase 6

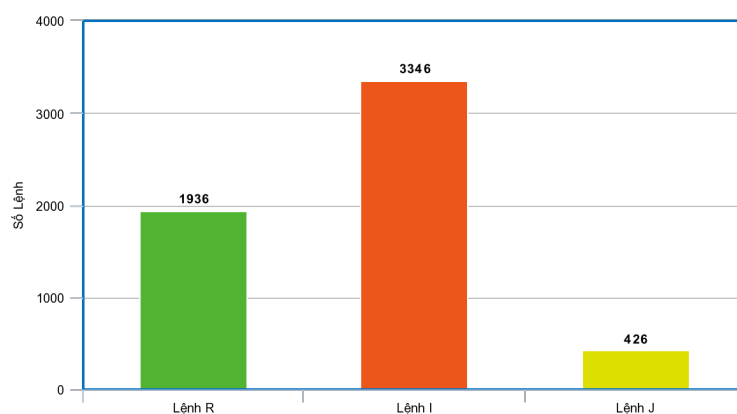
Mảng 20 phần tử ta xét là: 77, 43, -69, -71, -85, 30, 89, -49, -38, 49, -9, -77, -26, -29, -62, -60, 29, 0, -86, 1.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      77 43 -69 -71 -85 30 89 -49 -38 49 -9 -77 -26 -29 -62 -60 29 0 -86 1
Current:               -86 43 -69 -71 -85 30 1 -49 -38 49 -9 -77 -26 -29 -62 -60 29 0 77 89
Current:               -86 43 -69 -71 -85 30 1 -49 -38 49 -9 -77 -26 -29 -62 -60 29 0 77 89
Current:               -86 29 -69 -71 -85 30 1 -49 -38 0 -9 -77 -26 -29 -62 -60 43 49 77 89
Current:               -86 -62 -69 -71 -85 -60 1 -49 -38 0 -9 -77 -26 -29 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -77 -69 -71 -85 -62 1 -49 -38 0 -9 -60 -26 -29 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -85 -77 -71 -69 -62 1 -49 -38 0 -9 -60 -26 -29 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -85 -77 -71 -69 -62 1 -49 -38 0 -9 -60 -26 -29 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -85 -77 -71 -69 -62 -29 -49 -38 0 -9 -60 -26 1 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -85 -77 -71 -69 -62 -60 -49 -38 -29 -9 0 -26 1 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -85 -77 -71 -69 -62 -60 -49 -38 -29 -9 0 -26 1 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -85 -77 -71 -69 -62 -60 -49 -38 -29 -9 0 -26 1 29 30 43 49 77 89
Current:               -86 -85 -77 -71 -69 -62 -60 -49 -38 -29 -26 -9 0 1 29 30 43 49 77 89
After QuickSort:       -86 -85 -77 -71 -69 -62 -60 -49 -38 -29 -26 -9 0 1 29 30 43 49 77 89

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:



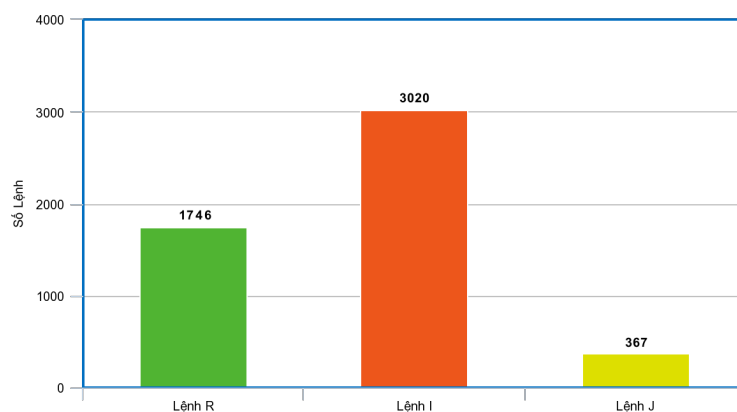
3.7 Testcase 7

Mảng 20 phần tử ta xét là: -32, -95, -87, 3, -28, 91, 42, 32, -55, -34, 51, -74, 13, -94, -31, -46, -1, -62, -84, -68. Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      -32 -95 -87 3 -28 91 42 32 -55 -34 51 -74 13 -94 -31 -46 -1 -62 -84 -68
Current:               -74 -95 -87 -68 -84 -62 -46 -94 -55 -34 -32 51 13 32 -31 42 -1 91 -28 3
Current:               -84 -95 -87 -94 -74 -62 -46 -68 -55 -34 -32 51 13 32 -31 42 -1 91 -28 3
Current:               -94 -95 -87 -84 -74 -62 -46 -68 -55 -34 -32 51 13 32 -31 42 -1 91 -28 3
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -62 -46 -68 -55 -34 -32 51 13 32 -31 42 -1 91 -28 3
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -46 -55 -34 -32 51 13 32 -31 42 -1 91 -28 3
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -55 -46 -34 -32 51 13 32 -31 42 -1 91 -28 3
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -55 -46 -34 -32 -28 13 32 -31 42 -1 3 51 91
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -55 -46 -34 -32 -31 -28 32 13 42 -1 3 51 91
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -55 -46 -34 -32 -31 -28 -1 13 3 32 42 51 91
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -55 -46 -34 -32 -31 -28 -1 13 3 32 42 51 91
Current:               -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -55 -46 -34 -32 -31 -28 -1 3 13 32 42 51 91
After QuickSort:       -95 -94 -87 -84 -74 -68 -62 -55 -46 -34 -32 -31 -28 -1 3 13 32 42 51 91
```

-- program is finished running --

Thống kê số lệnh:



3.8 Testcase 8

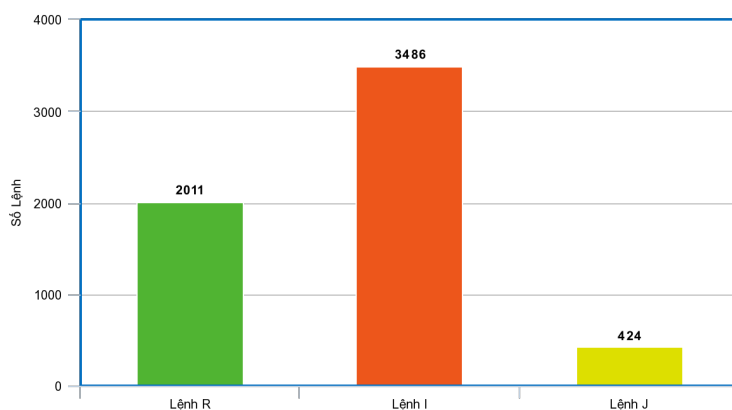
Mảng 20 phần tử ta xét là: -90, -85, -11, 42, 94, -38, 5, 27, 37, 55, -80, 81, 99, 38, -91, 29, -86, 82, -88, -60.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      -90 -85 -11 42 94 -38 5 27 37 55 -80 81 99 38 -91 29 -86 82 -88 -60
Current:               -91 -90 -11 42 94 -38 5 27 37 55 -80 81 99 38 -85 29 -86 82 -88 -60
Current:               -91 -90 -80 -60 -88 -38 -86 -85 -11 55 37 81 99 38 27 29 5 82 94 42
Current:               -91 -90 -86 -85 -88 -80 -38 -60 -11 55 37 81 99 38 27 29 5 82 94 42
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -38 -60 -11 55 37 81 99 38 27 29 5 82 94 42
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 55 37 81 99 38 27 29 5 82 94 42
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 29 37 42 5 38 27 55 99 82 94 81
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 42 38 37 55 99 82 94 81
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 42 38 37 55 99 82 94 81
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 37 38 42 55 99 82 94 81
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 37 38 42 55 99 82 94 81
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 37 38 42 55 81 82 94 99
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 37 38 42 55 81 82 94 99
Current:               -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 37 38 42 55 81 82 94 99
After QuickSort:       -91 -90 -88 -86 -85 -80 -60 -38 -11 5 27 29 37 38 42 55 81 82 94 99
```

-- program is finished running --

Thống kê số lệnh:



3.9 Testcase 9

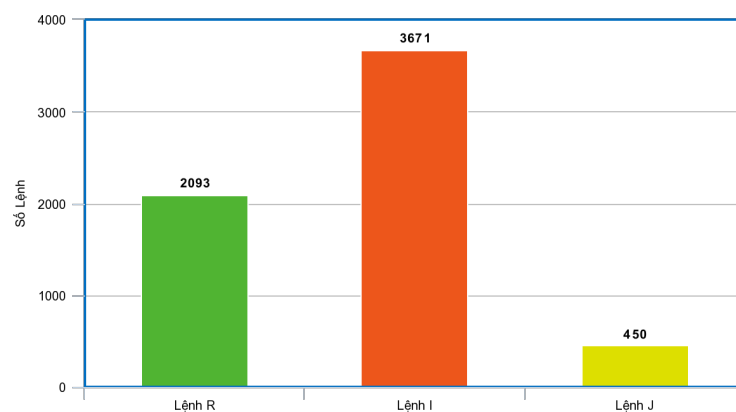
Mảng 20 phần tử ta xét là: 79, -48, -36, 63, -1, -59, 74, -75, -77, -91, 26, -42, -63, -16, -51, 36, -34, 54, 56, -26.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      79 -48 -36 63 -1 -59 74 -75 -77 -91 26 -42 -63 -16 -51 36 -34 54 56 -26
Current:               -26 -48 -36 63 -1 -59 74 -75 -77 -91 26 -42 -63 -16 -51 36 -34 54 56 79
Current:               -42 -48 -36 -34 -51 -59 -63 -75 -77 -91 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -75 -48 -91 -77 -51 -59 -63 -42 -34 -36 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -48 -51 -59 -63 -42 -34 -36 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -48 -51 -59 -63 -42 -34 -36 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -51 -59 -48 -42 -34 -36 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -51 -59 -48 -42 -34 -36 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -59 -51 -48 -42 -34 -36 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -59 -51 -48 -42 -36 -34 -26 26 74 -16 -1 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -59 -51 -48 -42 -36 -34 -26 -16 -1 26 74 36 63 54 56 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -59 -51 -48 -42 -36 -34 -26 -16 -1 26 56 36 63 54 74 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -59 -51 -48 -42 -36 -34 -26 -16 -1 26 54 36 56 63 74 79
Current:               -91 -77 -75 -63 -59 -51 -48 -42 -36 -34 -26 -16 -1 26 36 54 56 63 74 79
After QuickSort:       -91 -77 -75 -63 -59 -51 -48 -42 -36 -34 -26 -16 -1 26 36 54 56 63 74 79

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:



3.10 Testcase 10

Mảng 20 phần tử ta xét là: -89, -45, -74, -6, 8, 63, -84, -85, 74, 20, 87, 13, 88, -100, -29, 92, 100, -64, -30, 6.

Kết quả thu được khi chạy chương trình:

```
Before QuickSort:      -89 -45 -74 -6 8 63 -84 -85 74 20 87 13 88 -100 -29 92 100 -64 -30 6
Current:               -100 -89 -74 -6 8 63 -84 -85 74 20 87 13 88 -45 -29 92 100 -64 -30 6
Current:               -100 -89 -84 -85 -74 63 8 -6 74 20 87 13 88 -45 -29 92 100 -64 -30 6
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 63 8 -6 74 20 87 13 88 -45 -29 92 100 -64 -30 6
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -29 8 -6 6 20 -30 13 -64 -45 63 92 100 88 87 74
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -30 -45 -64 -29 20 6 13 -6 8 63 92 100 88 87 74
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 20 6 13 -6 8 63 92 100 88 87 74
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 20 6 13 -6 8 63 92 100 88 87 74
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 8 6 13 -6 20 63 92 100 88 87 74
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 -6 6 8 13 20 63 92 100 88 87 74
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 -6 6 8 13 20 63 92 100 88 87 74
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 -6 6 8 13 20 63 87 74 88 92 100
Current:               -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 -6 6 8 13 20 63 74 87 88 92 100
After QuickSort:       -100 -89 -85 -84 -74 -64 -45 -30 -29 -6 6 8 13 20 63 74 87 88 92 100

-- program is finished running --
```

Thống kê số lệnh:

