

Ватутин Э.И.

Курский государственный технический университет

**СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ
СОРТИРОВКИ МАССИВОВ**

Курск 2007

Основные определения

Массив – упорядоченная именованная последовательность однотипных элементов, хранящаяся в смежных ячейках памяти

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53	26	52	51	34	97	16	32	28	18	68
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка – расположение элементов массива в соответствии с каким-либо правилом (обычно по возрастанию или убыванию значения ключа)

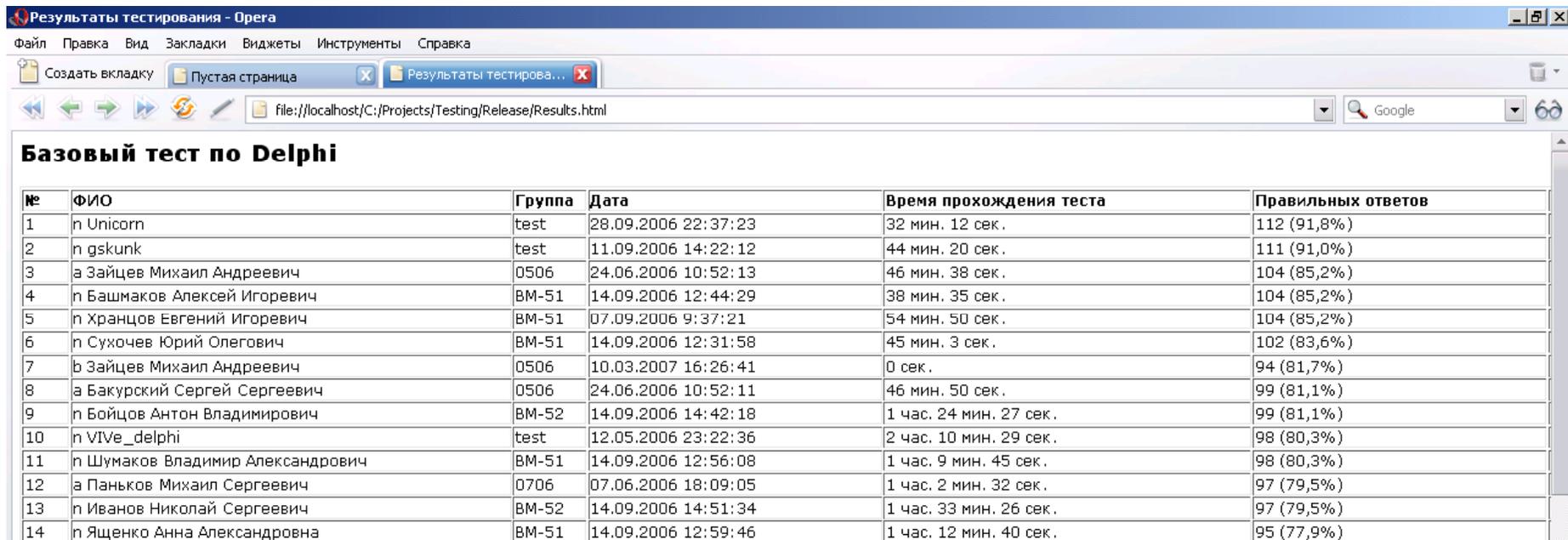
5	16	18	19	21	26	28	32	34	48	51	52	53	54	55	59	68	85	92	97
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

$$a_i \leq a_{i+1}, \quad i = \overline{1, N-1}$$

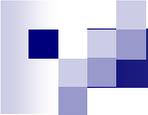
Примеры применения на практике

Программирование – применяются очень часто
(бинарный поиск в отсортированном массиве
производится за время $O(\log_2 N)$, линейный просмотр
элементов – $O(N)$)

Базы данных – сортировка данных перед выводом



№	ФИО	Группа	Дата	Время прохождения теста	Правильных ответов
1	n Unicorn	test	28.09.2006 22:37:23	32 мин. 12 сек.	112 (91,8%)
2	n gskunk	test	11.09.2006 14:22:12	44 мин. 20 сек.	111 (91,0%)
3	а Зайцев Михаил Андреевич	0506	24.06.2006 10:52:13	46 мин. 38 сек.	104 (85,2%)
4	n Башмаков Алексей Игоревич	BM-51	14.09.2006 12:44:29	38 мин. 35 сек.	104 (85,2%)
5	n Хранцов Евгений Игоревич	BM-51	07.09.2006 9:37:21	54 мин. 50 сек.	104 (85,2%)
6	n Сухочев Юрий Олегович	BM-51	14.09.2006 12:31:58	45 мин. 3 сек.	102 (83,6%)
7	б Зайцев Михаил Андреевич	0506	10.03.2007 16:26:41	0 сек.	94 (81,7%)
8	а Бакурский Сергей Сергеевич	0506	24.06.2006 10:52:11	46 мин. 50 сек.	99 (81,1%)
9	n Бойцов Антон Владимирович	BM-52	14.09.2006 14:42:18	1 час. 24 мин. 27 сек.	99 (81,1%)
10	n VIVe_delphi	test	12.05.2006 23:22:36	2 час. 10 мин. 29 сек.	98 (80,3%)
11	n Шумаков Владимир Александрович	BM-51	14.09.2006 12:56:08	1 час. 9 мин. 45 сек.	98 (80,3%)
12	а Паньков Михаил Сергеевич	0706	07.06.2006 18:09:05	1 час. 2 мин. 32 сек.	97 (79,5%)
13	n Иванов Николай Сергеевич	BM-52	14.09.2006 14:51:34	1 час. 33 мин. 26 сек.	97 (79,5%)
14	n Яценко Анна Александровна	BM-51	14.09.2006 12:59:46	1 час. 12 мин. 40 сек.	95 (77,9%)



Критерии сравнения алгоритмов сортировки

Трудоёмкость реализации – сложность реализации алгоритма сортировки (пузырьковая сортировка – 10 строк кода, быстрая сортировка с составными ключами – более 150 строк кода)

Асимптотическая временная и ёмкостная сложность – характеристики алгоритма сортировки (пузырьковая сортировка – $O(N^2)$, $E(1)$; сортировка Шелла – $O(N^{3/2})$, $E(1)$)

Средняя временная сложность – поведение алгоритма сортировки на практике (сортировка выбором – $O(N^2)$, сортировка вставками – $O(N^2)$; на практике сортировка выбором примерно в 2 раза медленнее)

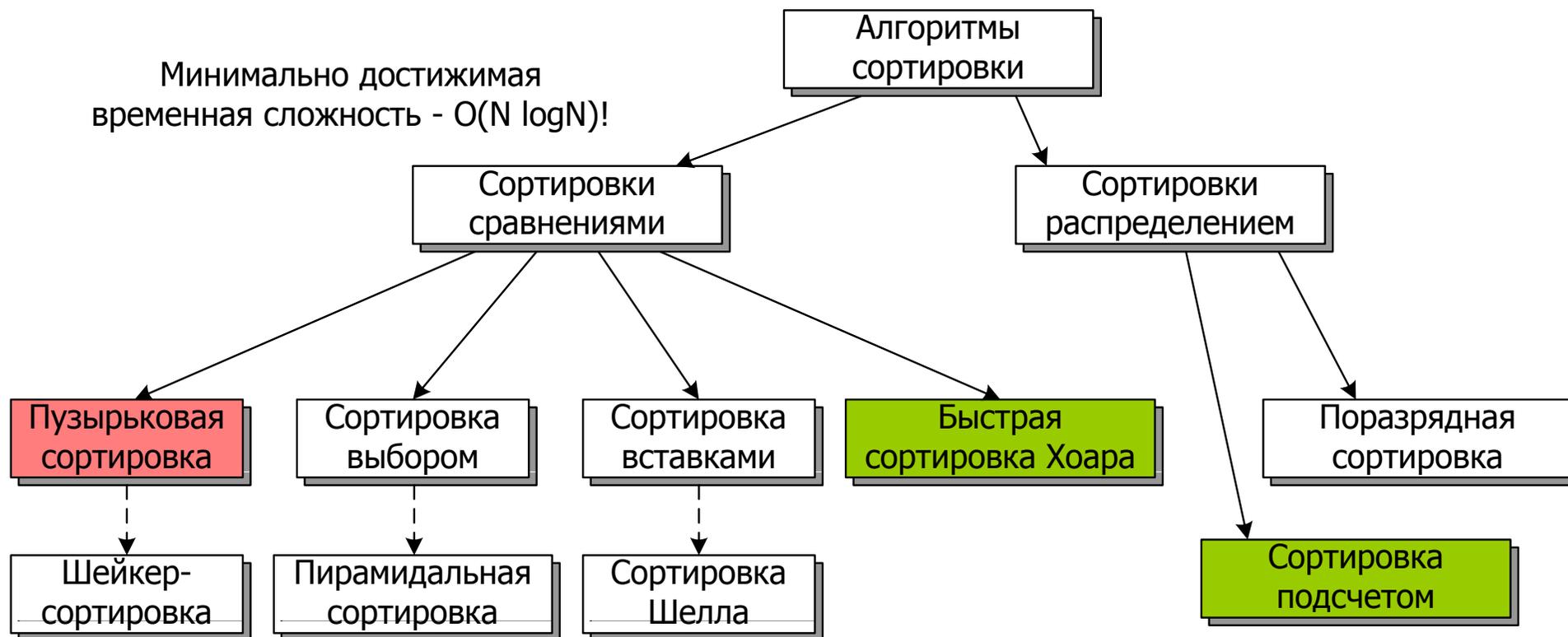
Устойчивость – сортировка называется устойчивой, если она не меняет порядка следования равных элементов (актуально в БД при последовательной сортировке данных по различным ключам)

Естественность поведения – возможность использовать частичную отсортированность массива (пузырьковая сортировка обладает естественностью поведения, быстрая сортировка Хоара – нет)

Универсального алгоритма сортировки, оптимального для всех возможных применений, не существует!

Классификация алгоритмов сортировки

Минимально достижимая
временная сложность - $O(N \log N)$!



Пузырьковая сортировка

Основная идея алгоритма – сравнение соседних элементов и их обмен в случае неправильного расположения

Асимптотические сложности

$O(N^2)$ $E(1)$

Улучшения

1. Использование переменной-флажка окончания сортировки
2. Запоминание индекса последнего обмена
3. Чередование направления просмотра (шейкер-сортировка)

Вариант с улучшениями **устойчивый** и **довольно естественный**

```
repeat  
  Changed := False;  
  for I := 1 to N-1 do  
    if Arr[I] > Arr[I+1] then begin  
      Tmp := Arr[I];  
      Arr[I] := Arr[I+1];  
      Arr[I+1] := Tmp;  
      Changed := True;  
    end;  
until not Changed;
```

Самый медленный алгоритм
(несмотря на улучшения)!



Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
5	19	21	48	55	54	59	53	85	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
5	19	21	48	55	54	59	53	85	92

Пример пузырьковой сортировки

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	92	85	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	92	54	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	92	59	53
5	19	21	55	48	85	54	59	92	53

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
5	19	21	48	55	54	59	53	85	92

Пример пузырьковой сортировки

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример пузырьковой сортировки

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример пузырьковой сортировки

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример пузырьковой сортировки

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	53	55	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример пузырьковой сортировки

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	53	55	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	53	55	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример пузырьковой сортировки

5	19	21	55	48	85	54	59	92	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	55	48	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	85	54	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	85	59	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	85	53	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	55	54	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	59	53	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

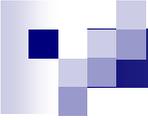
5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	55	53	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	53	55	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	54	53	55	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	19	21	48	53	54	55	59	85	92
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Сортировка выбором

Основная идея алгоритма – разбиение массива на отсортированную и неотсортированную части, нахождение в неотсортированной части минимального элемента и помещение его в отсортированную

Асимптотические сложности

$O(N^2)$ $E(1)$

Характеризуется **неустойчивостью** и **неестественным поведением**

```
for I := 1 to N-1 do begin  
  Min := I;  
  for J := I+1 to N do  
    if Arr[J] < Arr[Min] then  
      Min := J;  
  Tmp := Arr[I];  
  Arr[I] := Arr[Min];  
  Arr[Min] := Tmp;  
end;
```



Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

5	19	21	48	53	54	85	92	59	55
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

5	19	21	48	53	54	85	92	59	55
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

5	19	21	48	53	54	85	92	59	55
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

5	19	21	48	53	54	85	92	59	55
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	59	92	85

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

5	19	21	48	53	54	85	92	59	55
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	59	92	85
5	19	21	48	53	54	55	59	92	85

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

5	19	21	48	53	54	85	92	59	55
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	59	92	85
5	19	21	48	53	54	55	59	92	85
5	19	21	48	53	54	55	59	85	92

Пример сортировки выбором

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	55	92	85	54	59	53
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	92	85	54	59	55
5	19	21	48	53	54	85	92	59	55

5	19	21	48	53	54	85	92	59	55
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	92	59	85
5	19	21	48	53	54	55	59	92	85
5	19	21	48	53	54	55	59	92	85
5	19	21	48	53	54	55	59	85	92
5	19	21	48	53	54	55	59	85	92

Пирамидальная сортировка

Основная идея алгоритма – можно ли выбрать минимальный элемент за время, меньшее чем $O(N)$? Можно с использованием структуры данных, называемой пирамидой...

Асимптотические сложности

$O(N \log N)$ $E(1)$

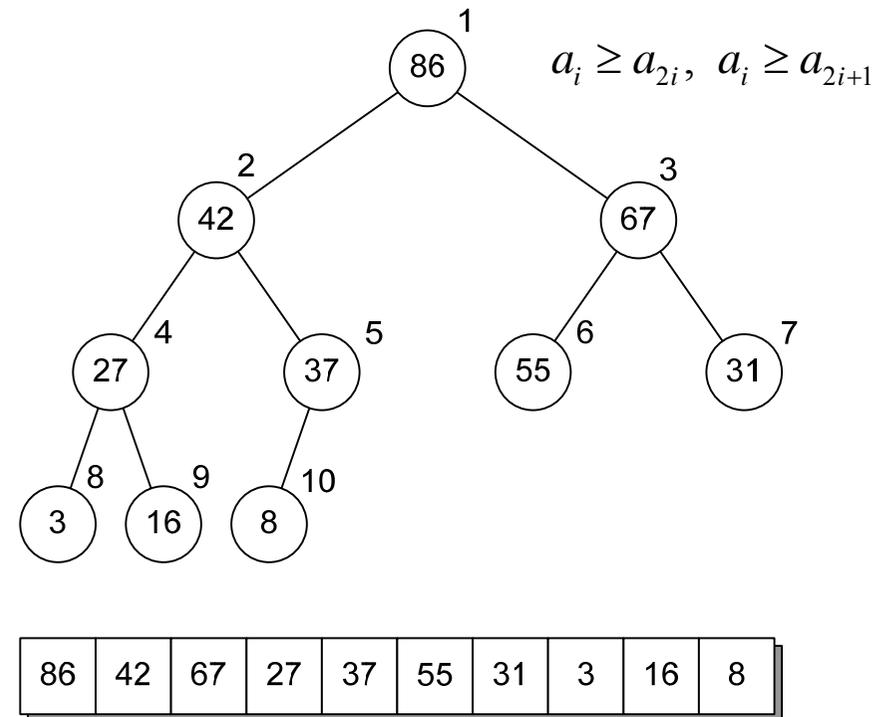
Характеризуется **неустойчивостью** и **неестественным поведением**

```
procedure DownHeap(K, M: Integer);
var
  NewItem, Child: Integer;
begin
  NewItem := Arr[K];
  while K <= M div 2 do begin
    Child := 2*K;
    if (Child < M) and (Arr[Child] < Arr[Child+1]) then
      Inc(Child);
    if NewItem >= Arr[Child] then
      break;
    Arr[K] := Arr[Child];
    K := Child;
  end;
  Arr[K] := NewItem;
end;

begin
  for I := N div 2 downto 1 do
    DownHeap(I, N);

  for I := N downto 1 do begin
    Tmp := Arr[I];
    Arr[I] := Arr[1];
    Arr[1] := Tmp;

    DownHeap(1, I-1);
  end;
end.
```



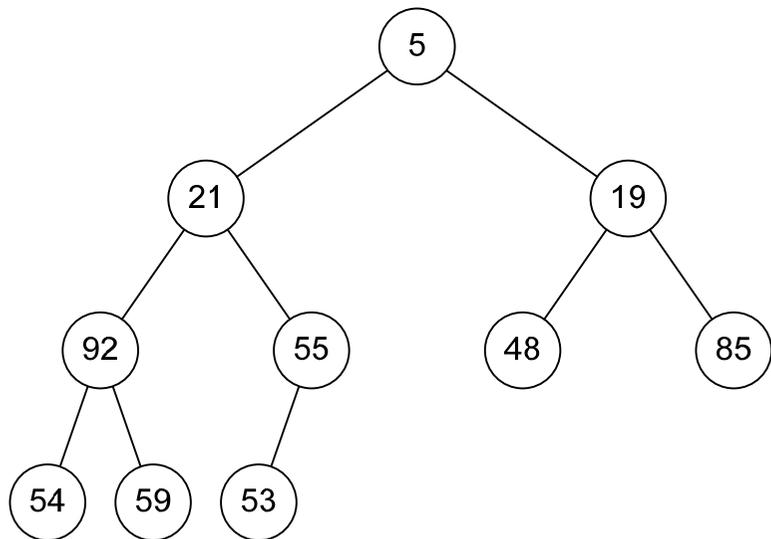


1 этап – построение пирамиды

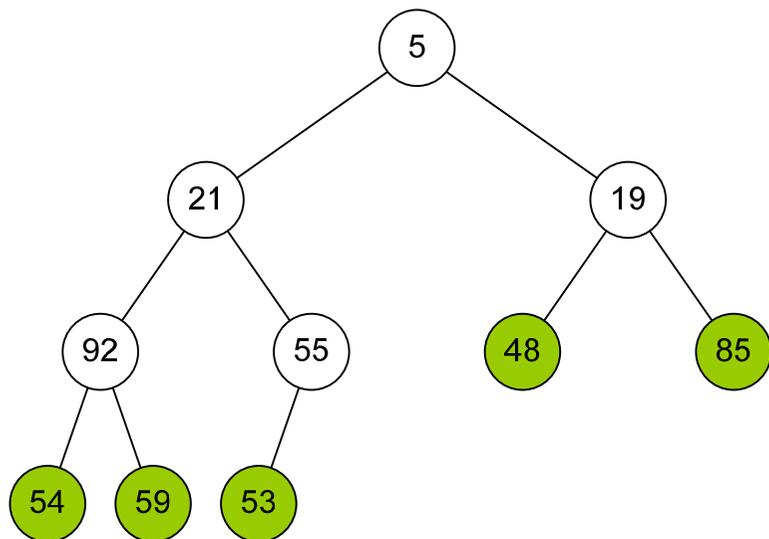
5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1 этап – построение пирамиды

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



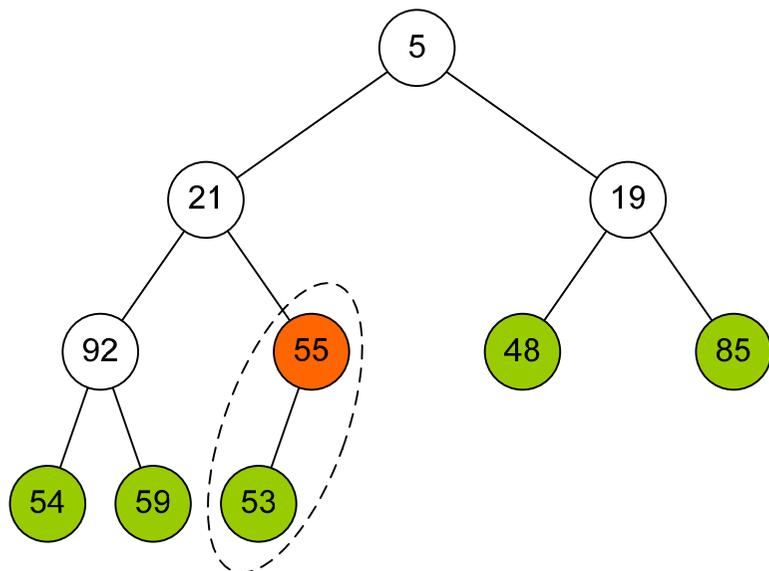
1 этап – построение пирамиды



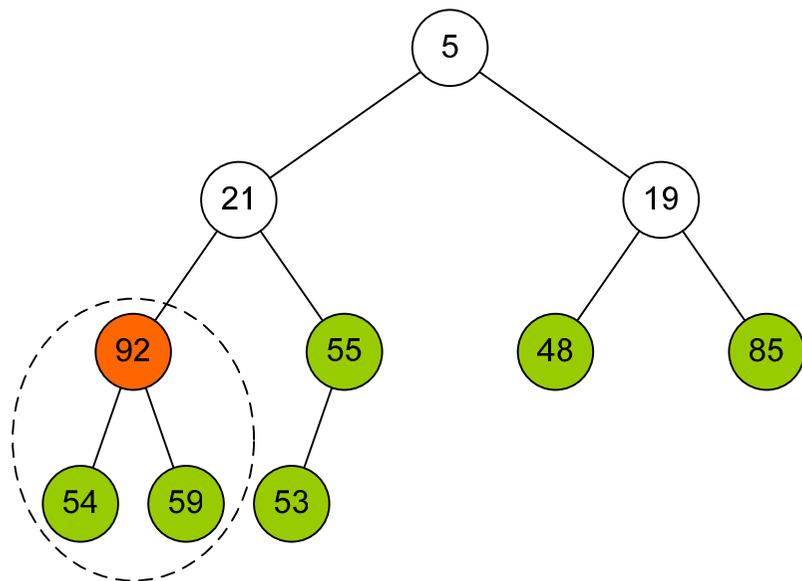
Готовая часть пирамиды (листья дерева), удовлетворяющая свойствам пирамиды, окрашена в зеленый цвет

Для остальных элементов возможно потребуются изменения...

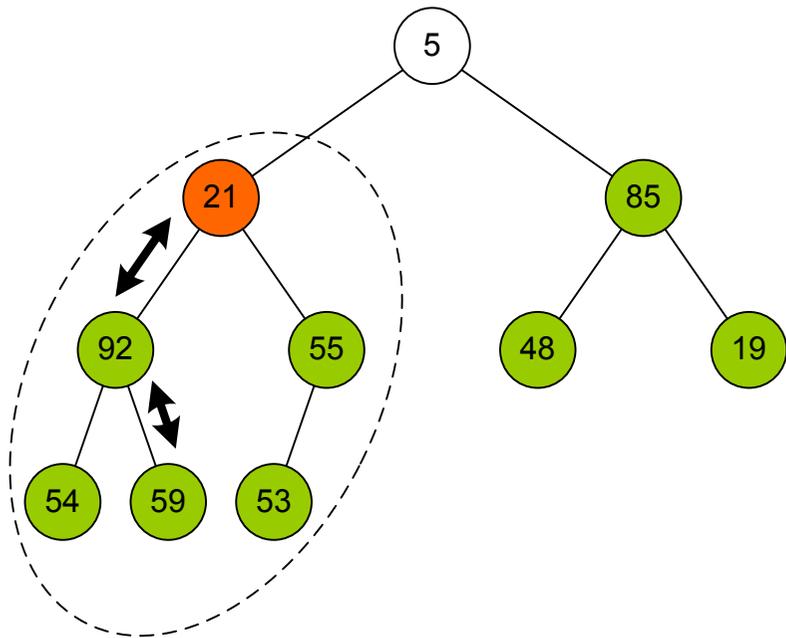
1 этап – построение пирамиды



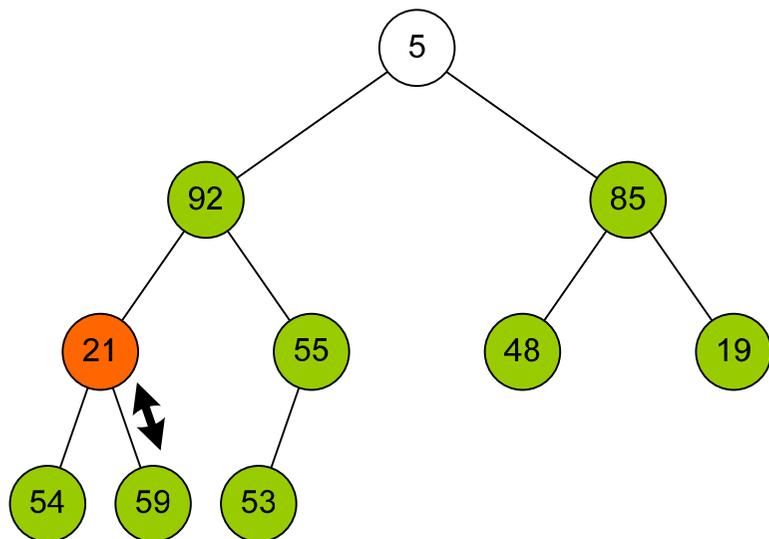
1 этап – построение пирамиды



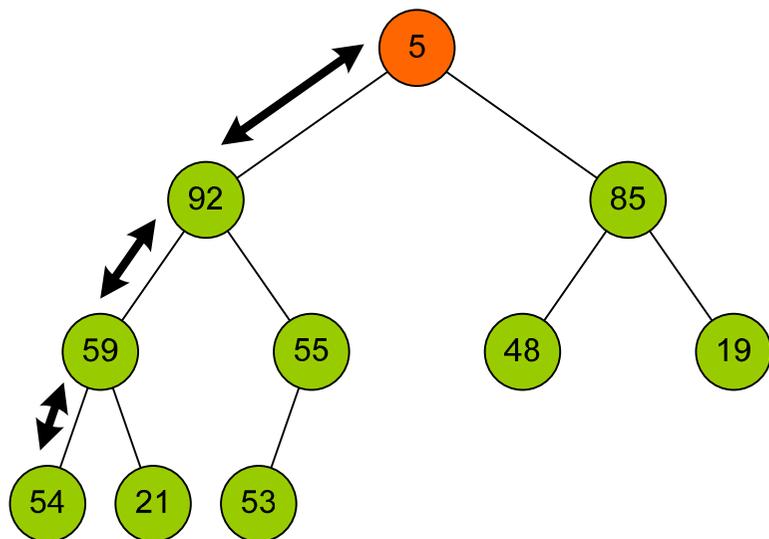
1 этап – построение пирамиды



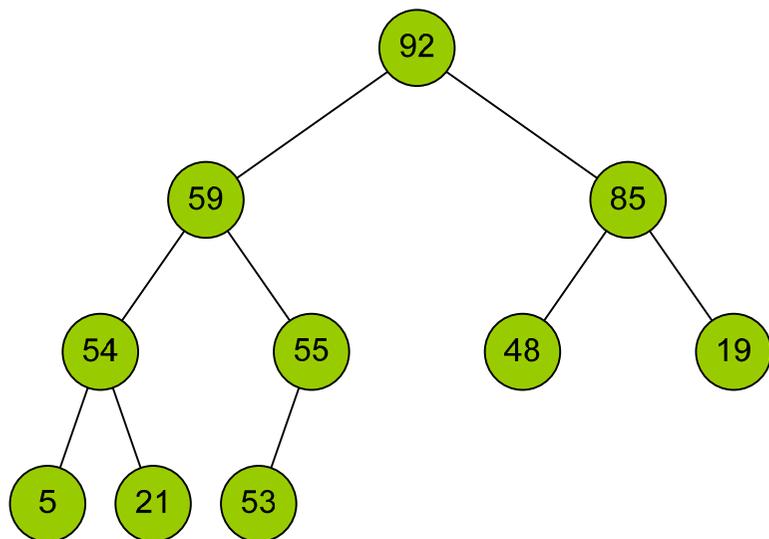
1 этап – построение пирамиды



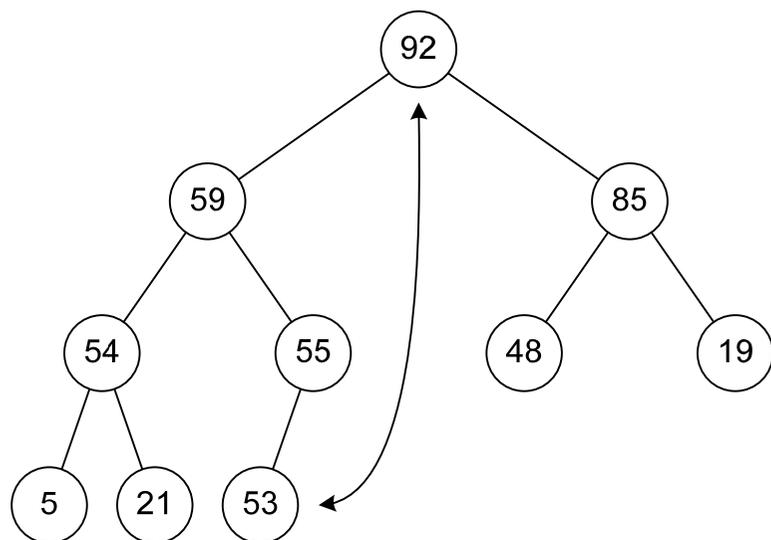
1 этап – построение пирамиды



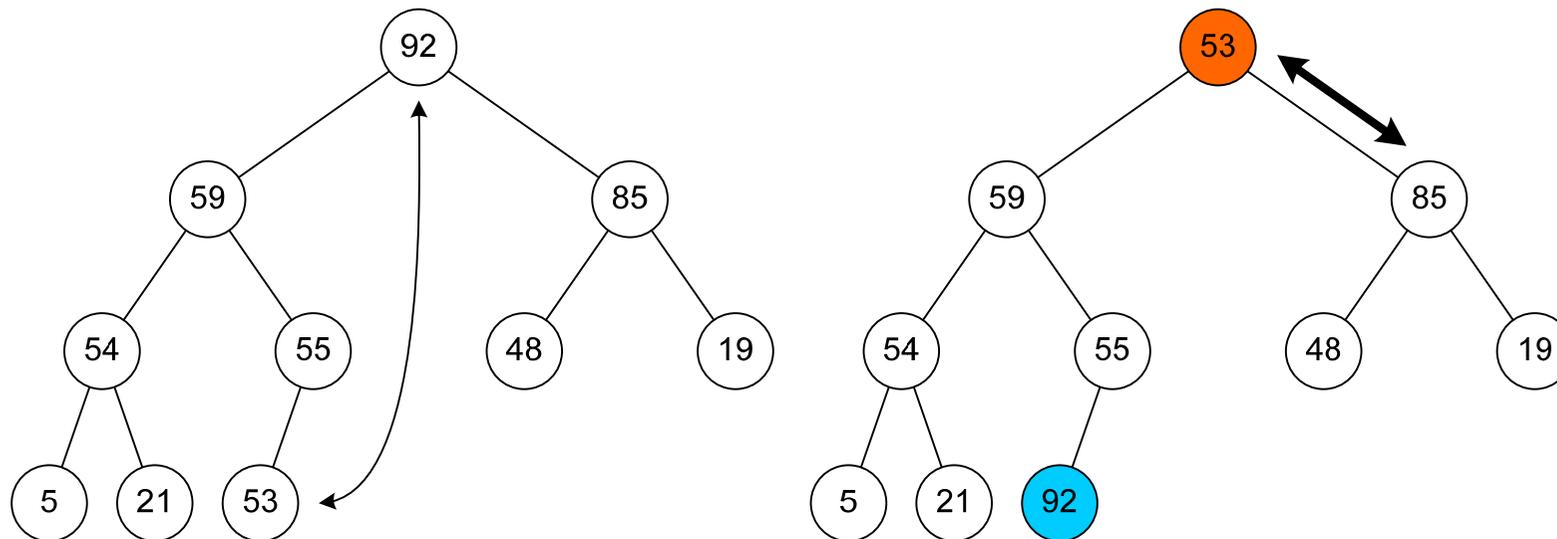
1 этап – построение пирамиды



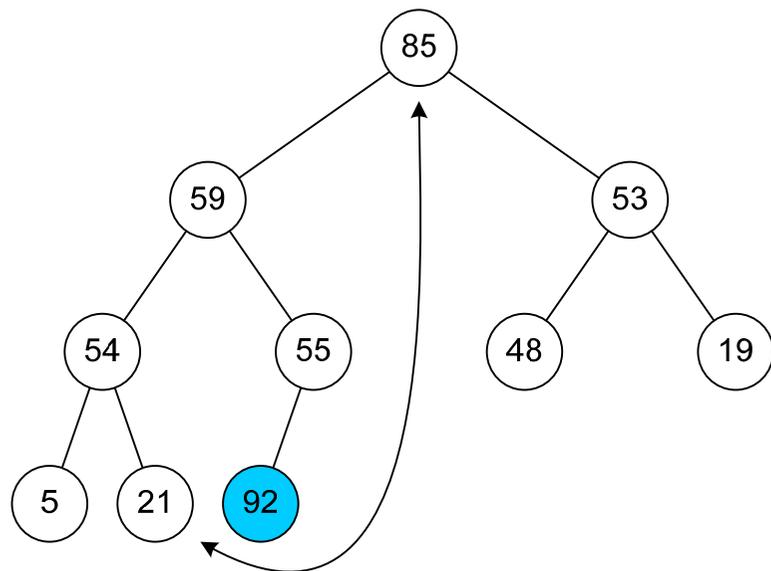
2 этап – сортировка



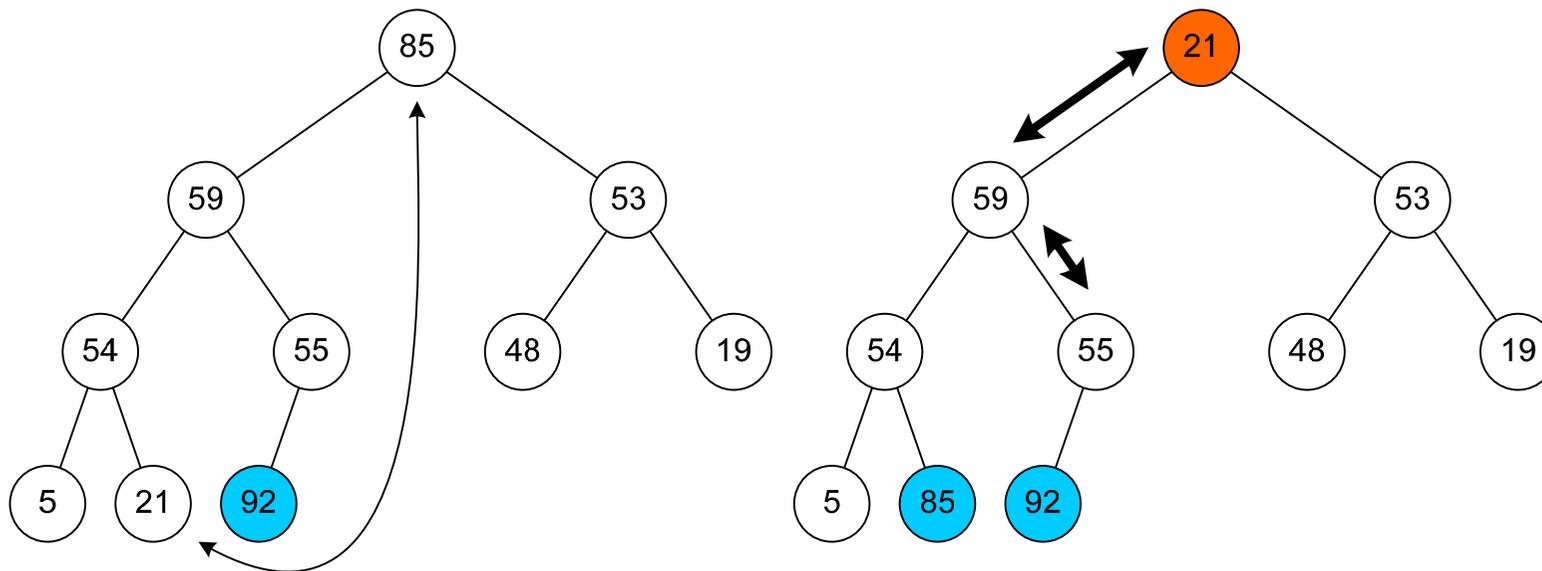
2 этап – сортировка



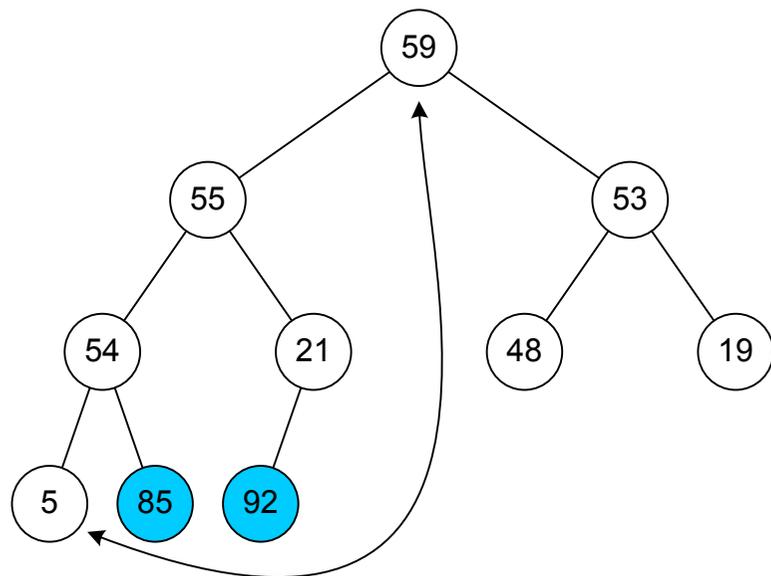
2 этап – сортировка



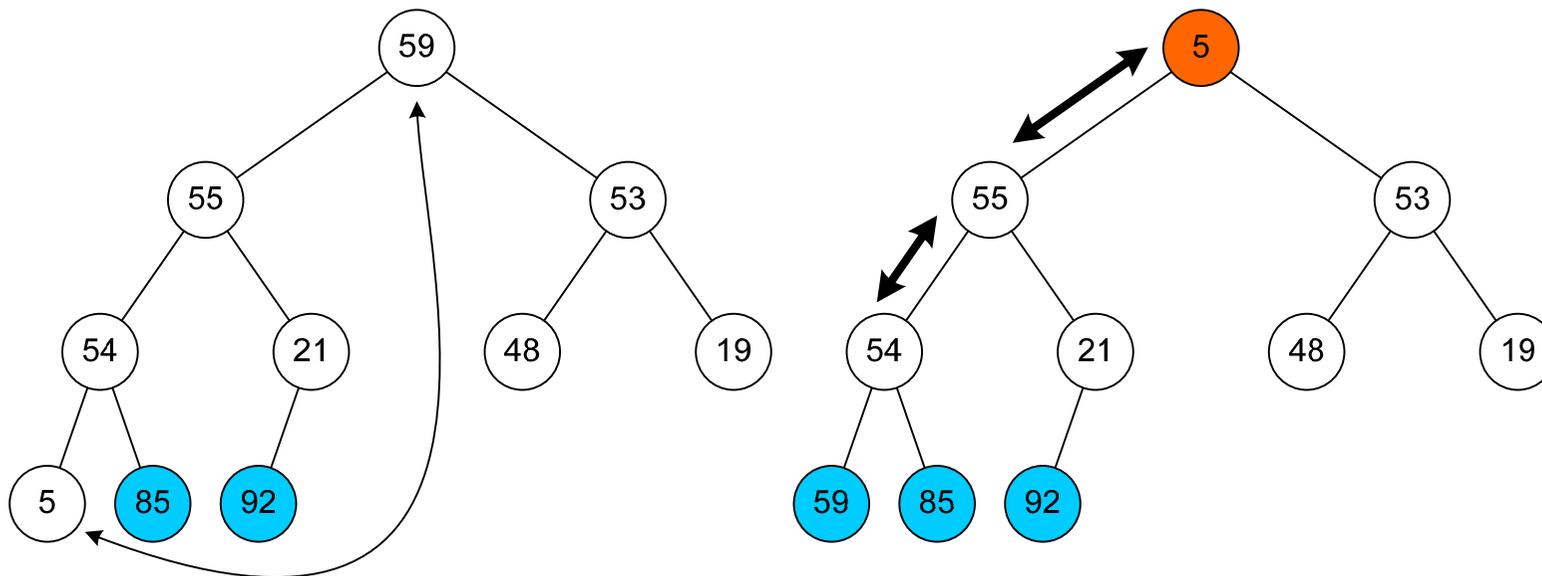
2 этап – сортировка



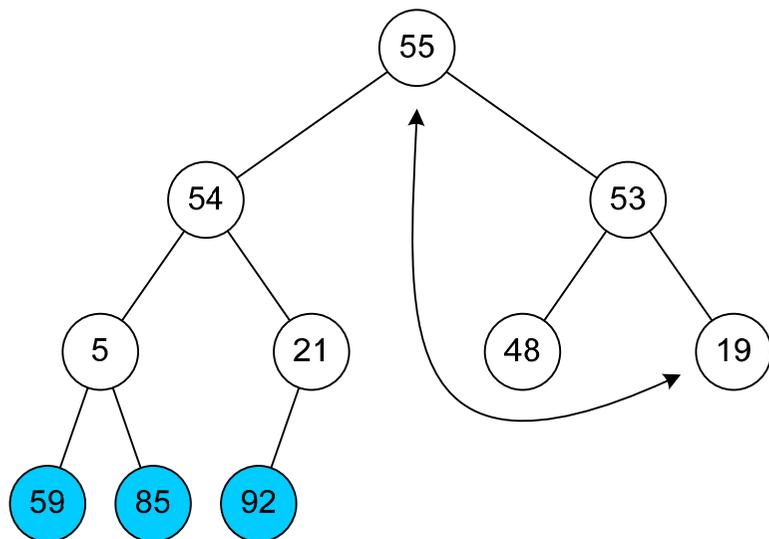
2 этап – сортировка



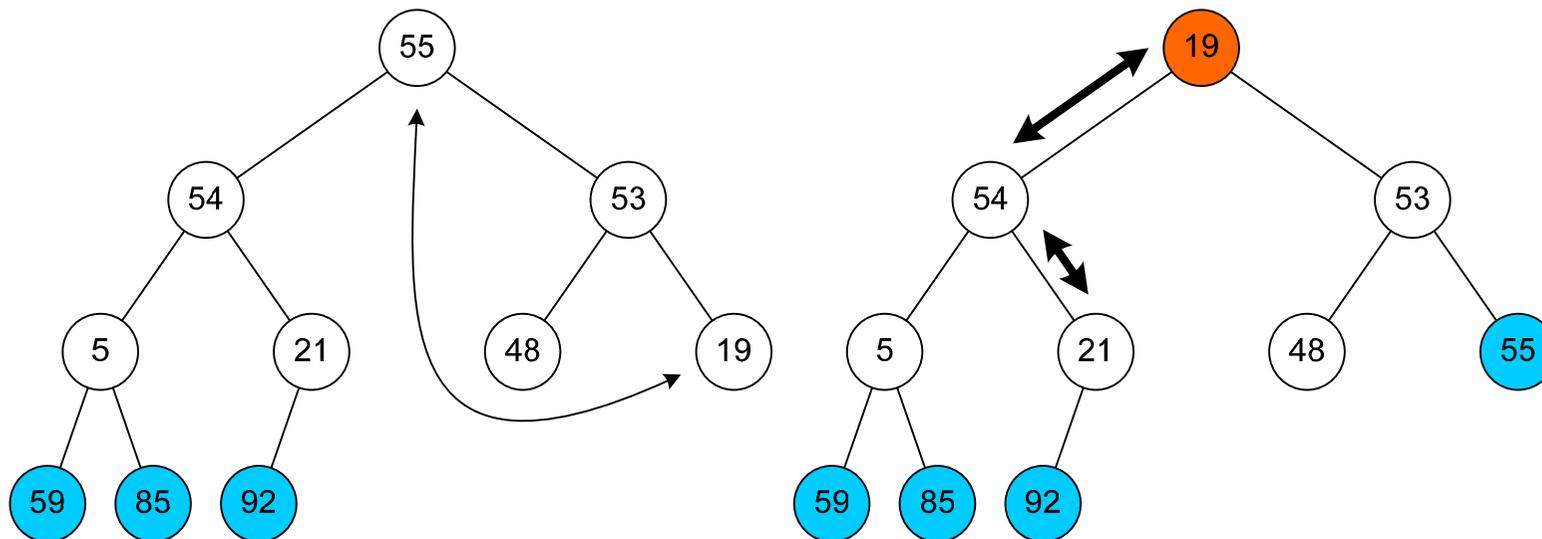
2 этап – сортировка



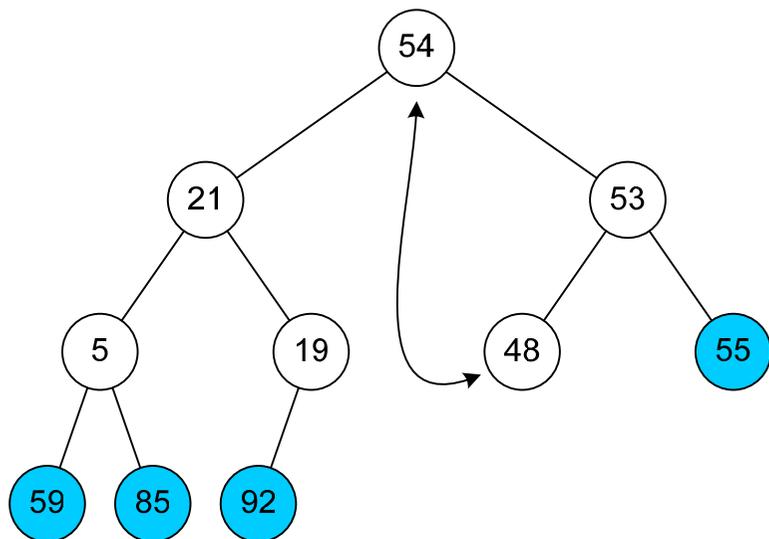
2 этап – сортировка



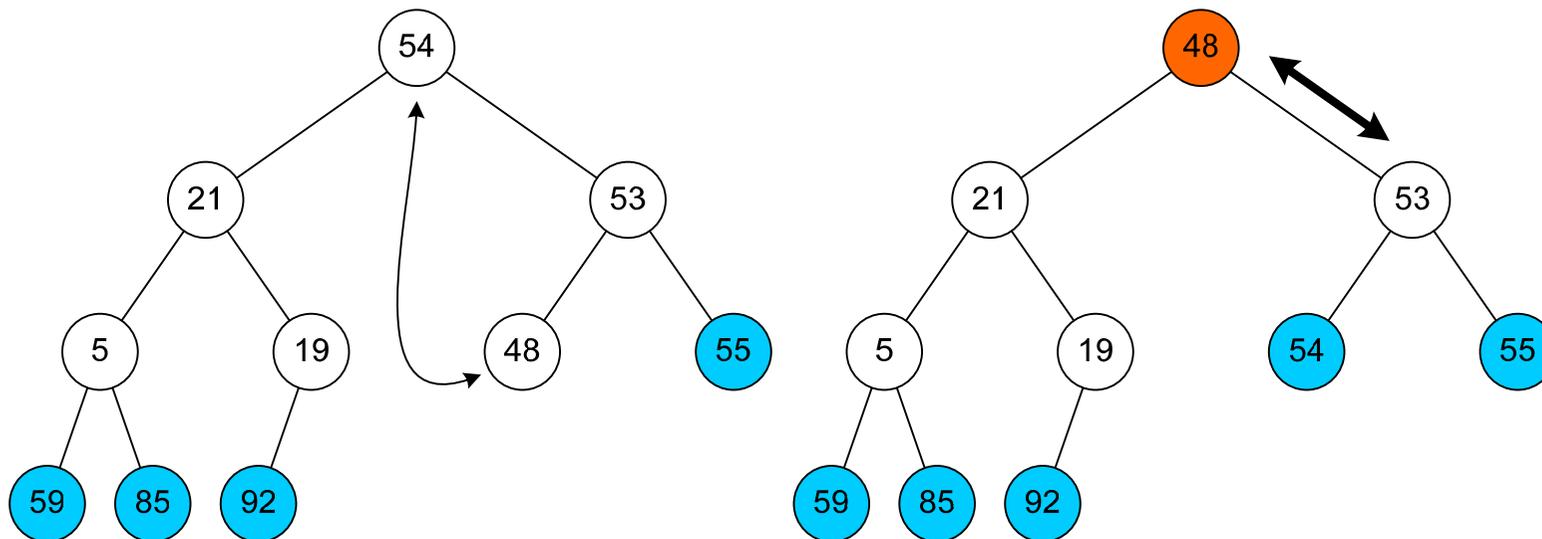
2 этап – сортировка



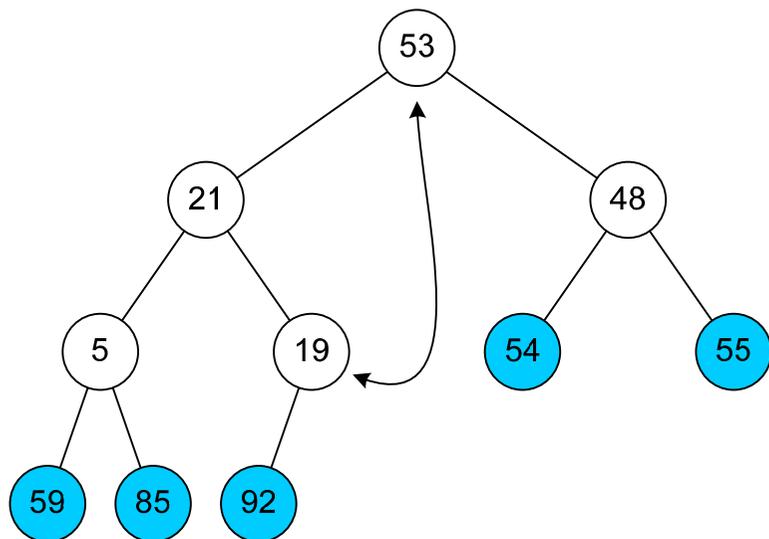
2 этап – сортировка



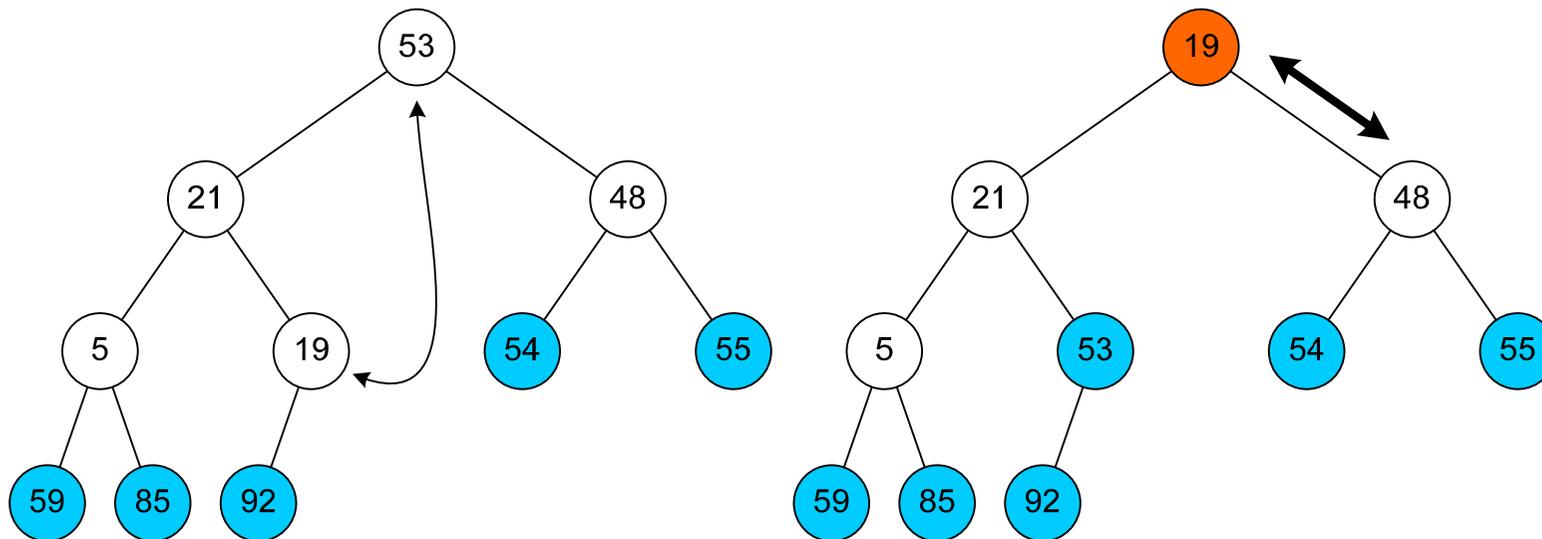
2 этап – сортировка



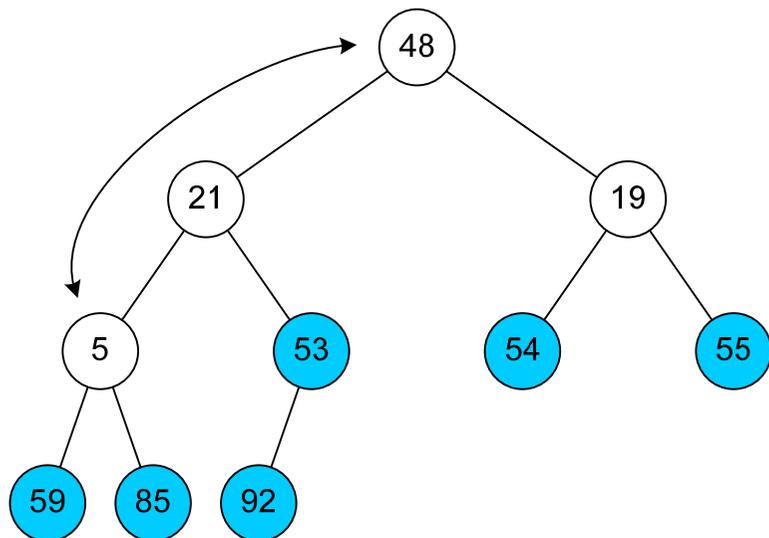
2 этап – сортировка



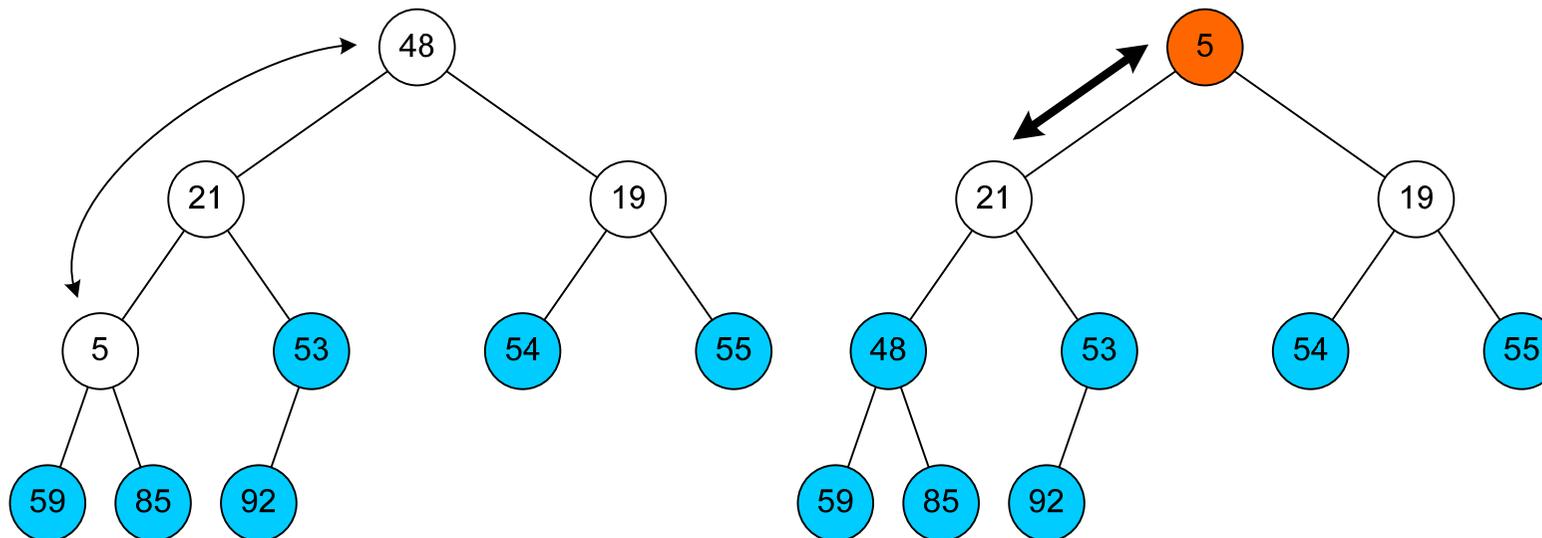
2 этап – сортировка



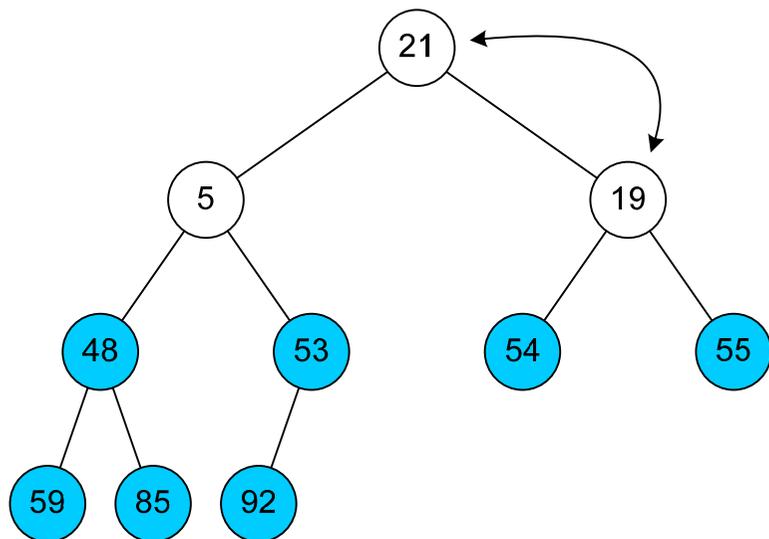
2 этап – сортировка



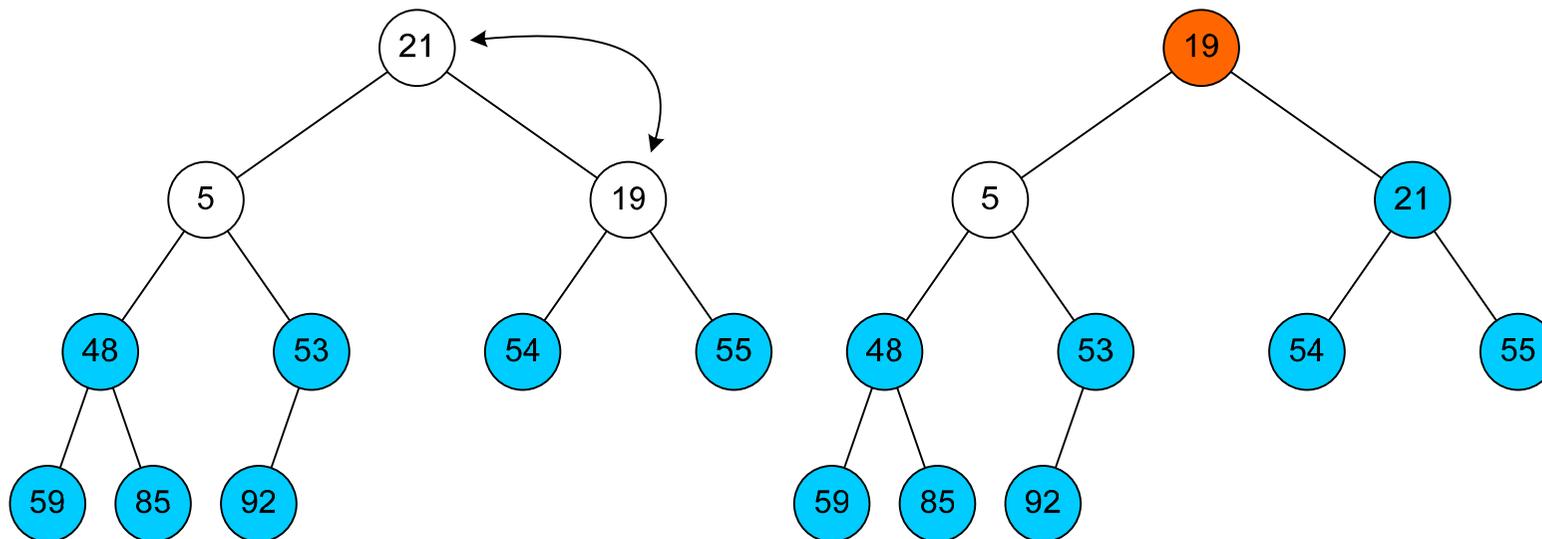
2 этап – сортировка



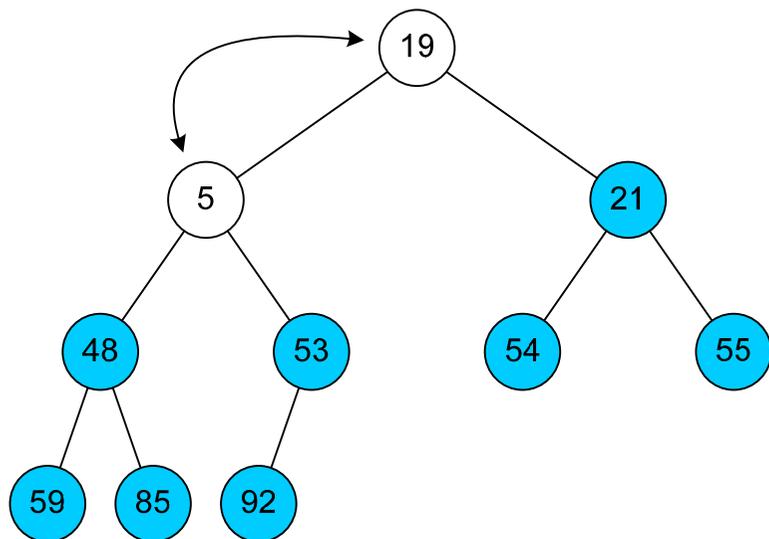
2 этап – сортировка



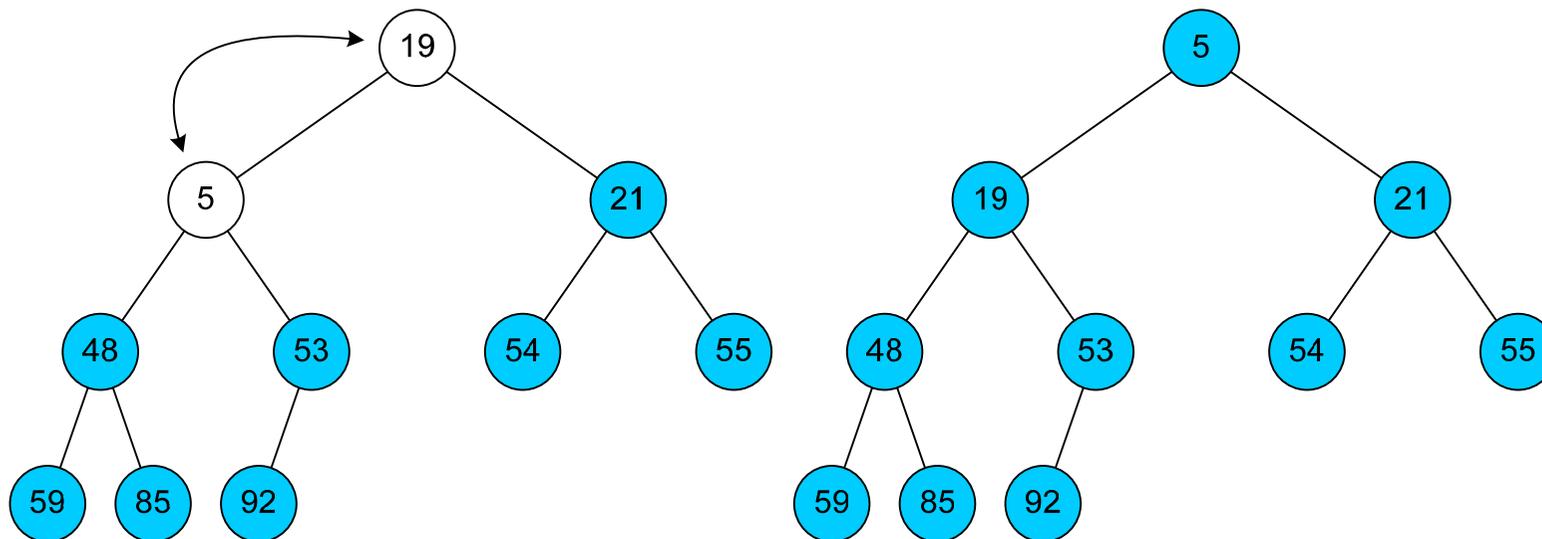
2 этап – сортировка



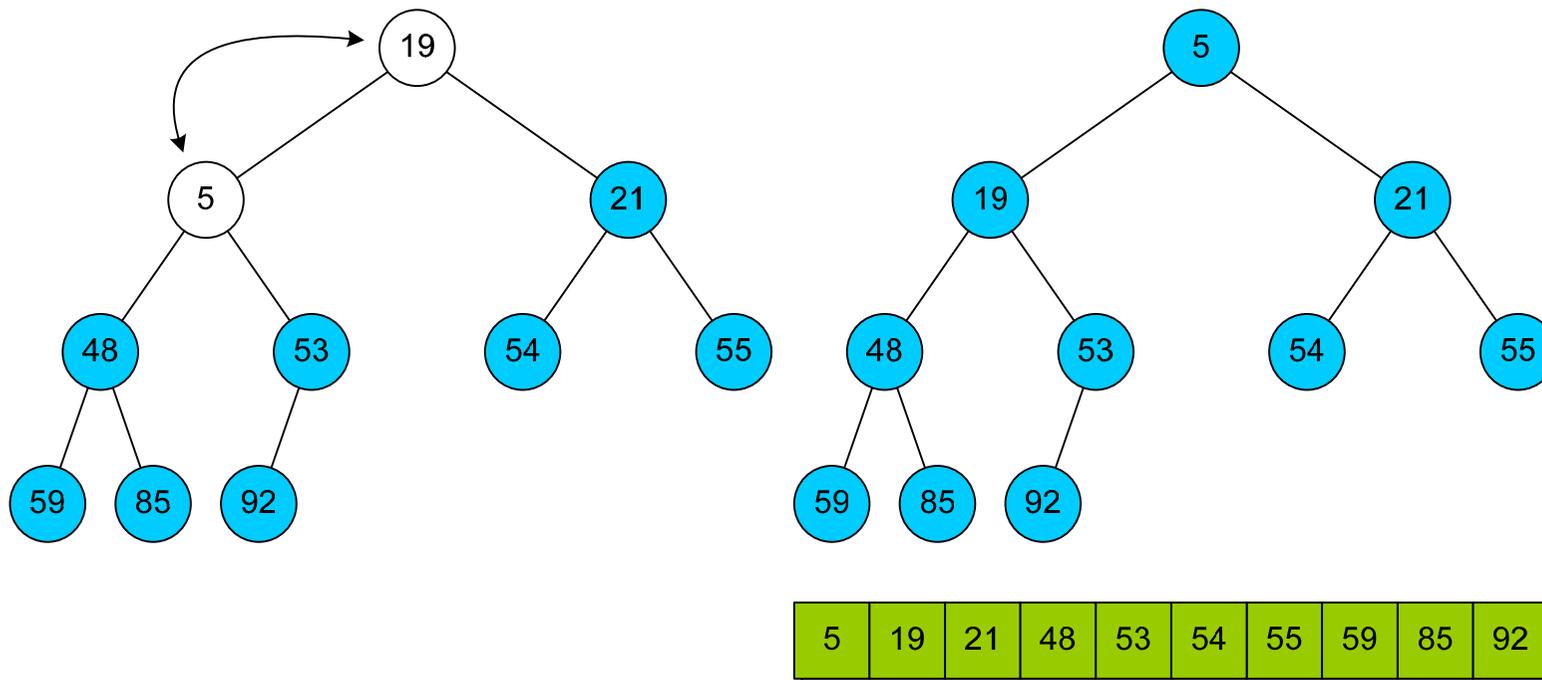
2 этап – сортировка



2 этап – сортировка



2 этап – сортировка





Сортировка вставками

Основная идея алгоритма – разбиение массива на отсортированную и неотсортированную части, поочередное размещение элементов неотсортированной части в требуемых позициях отсортированной

Асимптотические сложности

$O(N^2)$ $E(1)$

Характеризуется **устойчивостью** и **естественным поведением**

Особенно эффективна для сортировки малых массивов (10-20 элементов)

```
for I := 2 to N do begin  
  Tmp := Arr[I];  
  for J := I-1 downto 1 do begin  
    if Arr[J] < Tmp then  
      break;  
    Arr[J+1] := Arr[J];  
  end;  
  Arr[J+1] := Tmp;  
end;
```



Сортировка вставками

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Сортировка вставками

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка вставками

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↻

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка вставками

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка вставками

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка вставками

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка вставками

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	21	19	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↙

5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

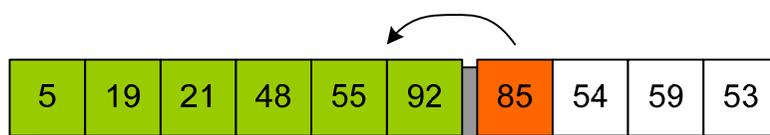
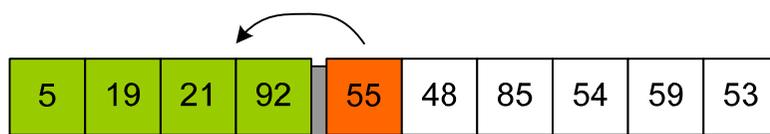
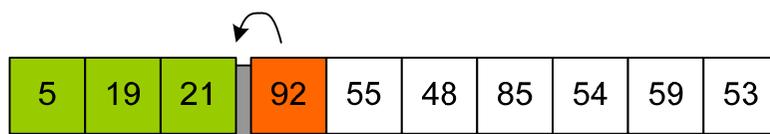
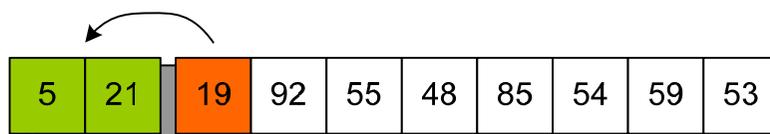
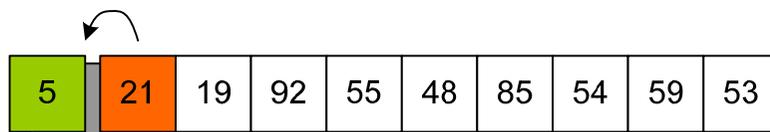
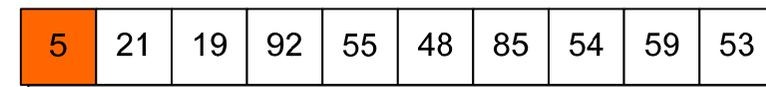
↙

5	19	21	92	55	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

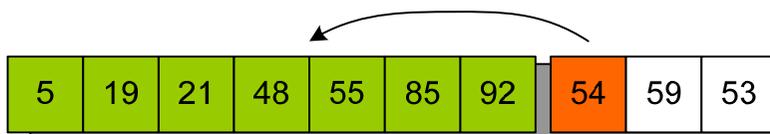
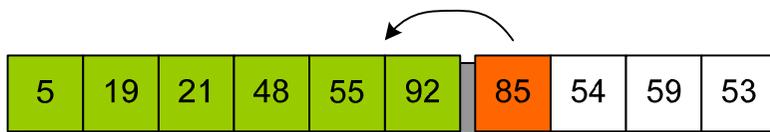
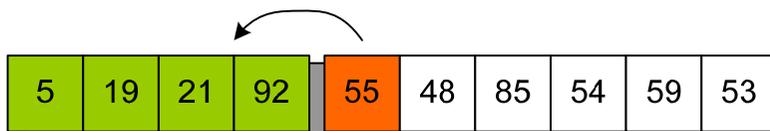
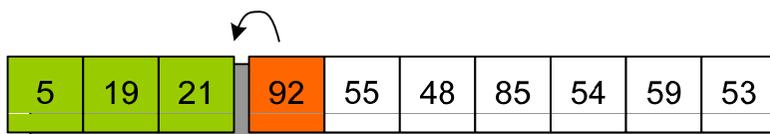
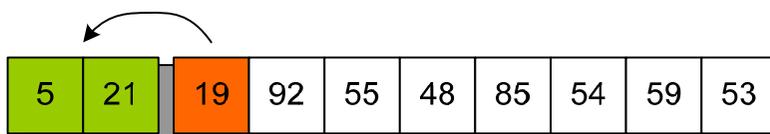
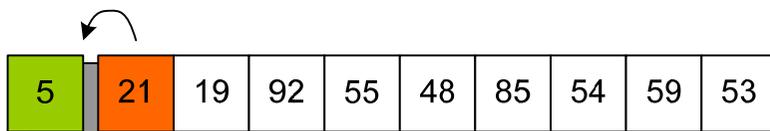
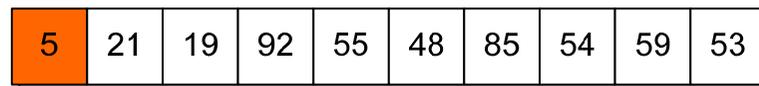
↙

5	19	21	55	92	48	85	54	59	53
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

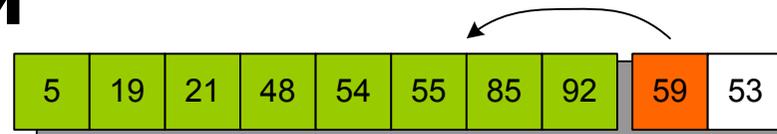
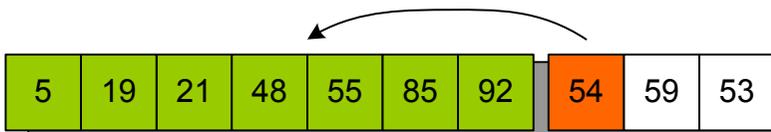
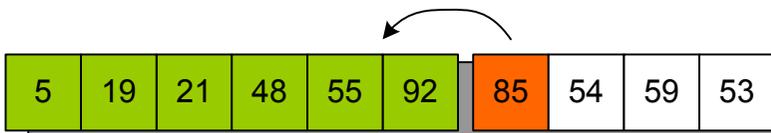
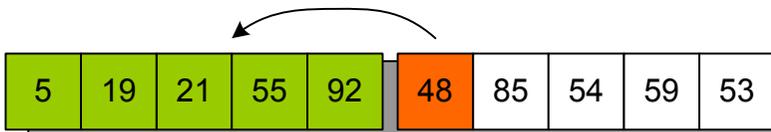
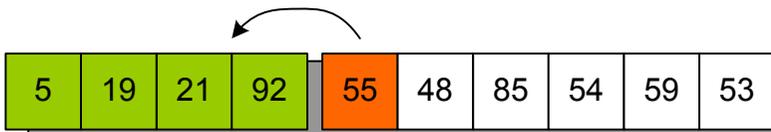
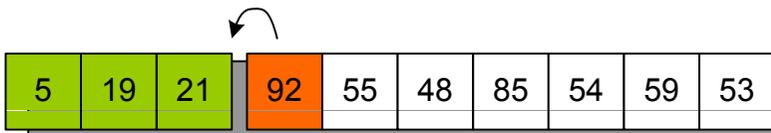
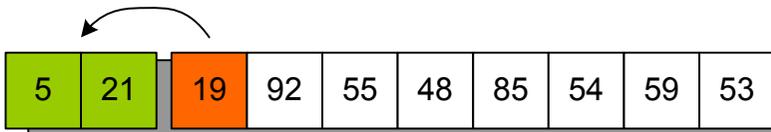
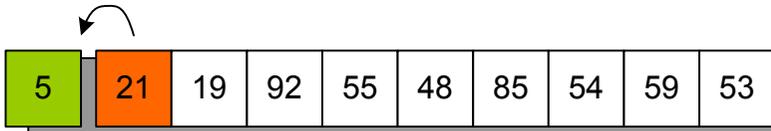
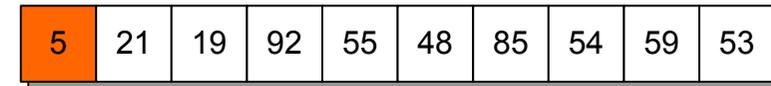
Сортировка вставками



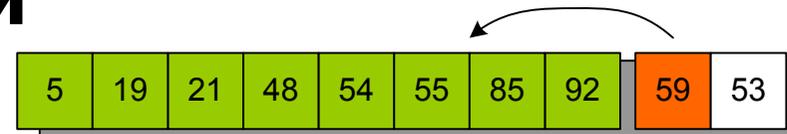
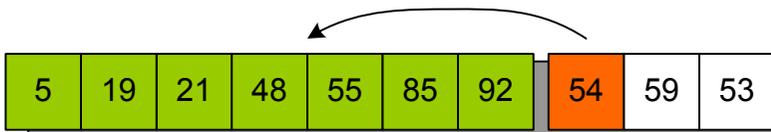
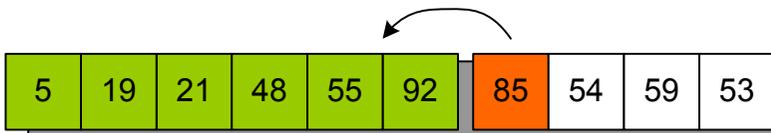
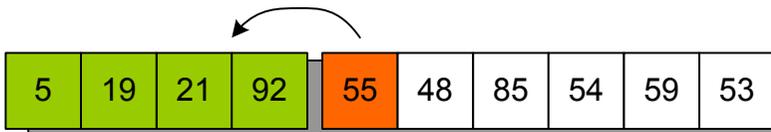
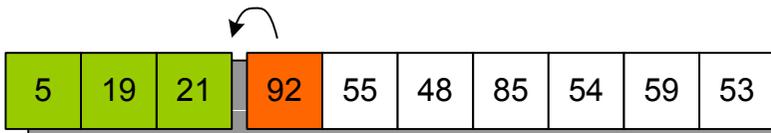
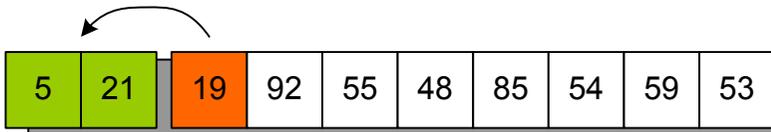
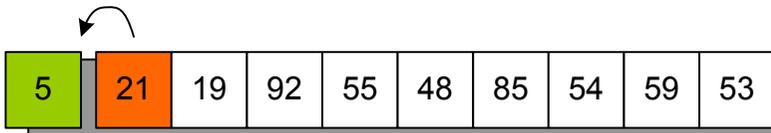
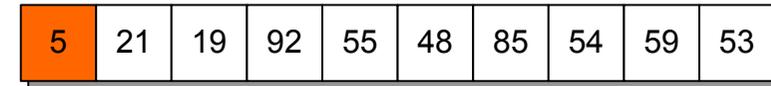
Сортировка вставками



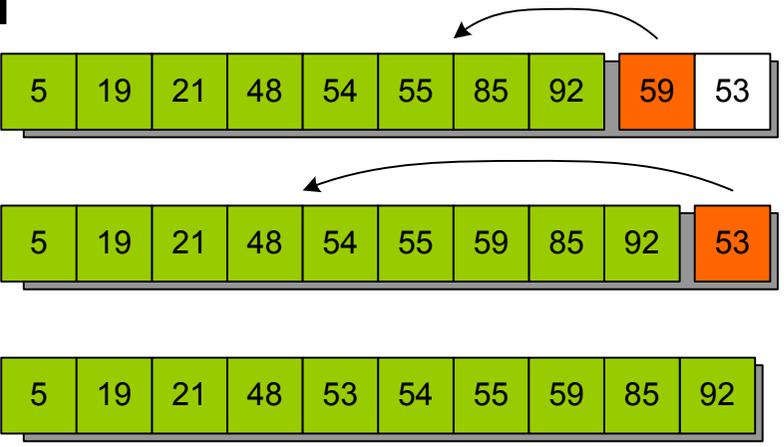
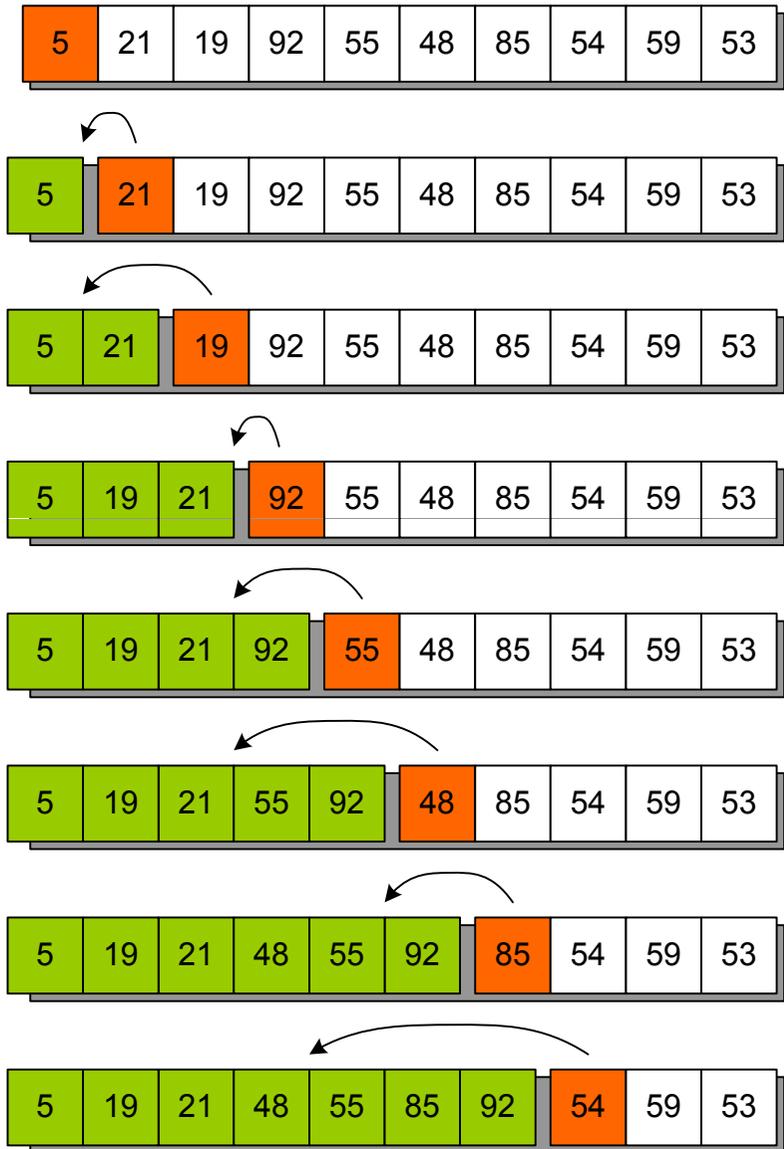
Сортировка вставками

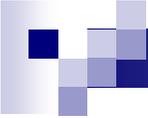


Сортировка вставками



Сортировка вставками





Сортировка Шелла

Основная идея алгоритма – проведение серии сортировок вставками через различные дистанции

Асимптотические сложности

$O(N^{3/2})$ $E(1)$

Характеризуется **неустойчивостью** и **естественным поведением**

```
while s >= 0 do begin  
  Incr := IncSeq[s];  
  Dec(s);  
  for I := Incr+1 to N do begin  
    Tmp := Arr[I];  
    J := I - Incr;  
    while (J > 0) and (Arr[J] > Tmp) do begin  
      Arr[J+Incr] := Arr[J];  
      Dec(J, Incr);  
    end;  
    Arr[J+Incr] := Tmp;  
  end;  
end;
```



Сортировка Шелла

0	3	86	20	27	67	31	16	37	42	8	47	7	84	5	29
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----



Сортировка Шелла

0	3	86	20	27	67	31	16	37	42	8	47	7	84	5	29
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----



Сортировка Шелла

0	3	86	20	27	67	31	16	37	42	8	47	7	84	5	29
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----



Сортировка Шелла

0	3	86	20	27	67	31	16	37	42	8	47	7	84	5	29
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----

0	3	8	20	27	67	31	16	37	42	86	47	7	84	5	29
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----



Сортировка Шелла

0	3	8	20	27	67	31	16	37	42	86	47	7	84	5	29
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----



Сортировка Шелла

0	3	8	20	27	67	31	16	37	42	86	47	7	84	5	29
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----

0	3	8	20	7	67	31	16	37	42	86	47	27	84	5	29
---	---	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----



Сортировка Шелла

0	3	8	20	7	67	31	16	37	42	86	47	27	84	5	29
---	---	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----

Сортировка Шелла

0	3	8	20	7	67	31	16	37	42	86	47	27	84	5	29
---	---	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----

0	3	8	20	7	67	5	16	37	42	86	47	27	84	31	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Сортировка Шелла

0	3	8	20	7	67	5	16	37	42	86	47	27	84	31	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка Шелла

0	3	8	20	7	67	5	16	37	42	86	47	27	84	31	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	3	8	20	7	67	5	16	27	42	86	47	37	84	31	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка Шелла

0	3	8	20	7	67	5	16	27	42	86	47	37	84	31	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	3	8	20	7	42	5	16	27	67	86	47	37	84	31	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка Шелла

0	3	8	20	7	42	5	16	27	67	86	47	37	84	31	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	3	5	20	7	42	8	16	27	67	31	47	37	84	86	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Сортировка Шелла

0	3	5	20	7	42	8	16	27	67	31	47	37	84	86	29
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	3	5	16	7	42	8	20	27	67	31	29	37	84	86	47
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Сортировка Шелла

0	3	5	16	7	42	8	20	27	67	31	29	37	84	86	47
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка Шелла

0	3	5	16	7	42	8	20	27	67	31	29	37	84	86	47
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	3	5	16	7	20	8	29	27	42	31	47	37	67	86	84
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Сортировка Шелла

0	3	5	16	7	20	8	29	27	42	31	47	37	67	86	84
---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	3	5	7	8	16	20	27	29	31	37	42	37	67	84	86
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Сортировка Шелла с приращениями по Сейджвику

Если в качестве приращений использовать не степени двойки (1, 2, 4, ...), а числа, получаемые по формуле...

$$\text{inc}(s) = \begin{cases} 9 \cdot 2^s - 9 \cdot 2^{s/2} + 1, & \text{если } s \text{ четно,} \\ 8 \cdot 2^s - 6 \cdot 2^{s+1/2} + 1, & \text{если } s \text{ нечетно.} \end{cases}$$

$$\text{inc}(0) = 1, \text{inc}(1) = 5, \text{inc}(2) = 19, \dots$$

Среднее количество операций в таком случае составляет $O(N^{7/6})$, худшее – $O(N^{4/3})$.

Сортировка Шелла – $O(N^{3/2})$

```
p1 := 1; p2 := 1; p3 := 1; s := -1;
repeat
  Inc(s);
  if Odd(s) then
    IncSeq[s] := 8*p1 - 6*p2 + 1
  else begin
    IncSeq[s] := 9*p1 - 9*p3 + 1; p2 := p2 * 2; p3 := p3 * 2;
  end;
  p1 := p1 * 2;
until 3*IncSeq[s] > N;
if s < 0 then
  s := 0
else
  Dec(s);
```



Быстрая сортировка Хоара

Основная идея алгоритма – разбиение массива на 2 части так, чтобы элементы левого подмассива были меньше элементов правого. Рекуррентное повторение действия для каждого из подмассивов в отдельности

Асимптотические сложности

$O(N \log N)$ $E(\log N)$

Характеризуется **неустойчивостью** и **естественным поведением**

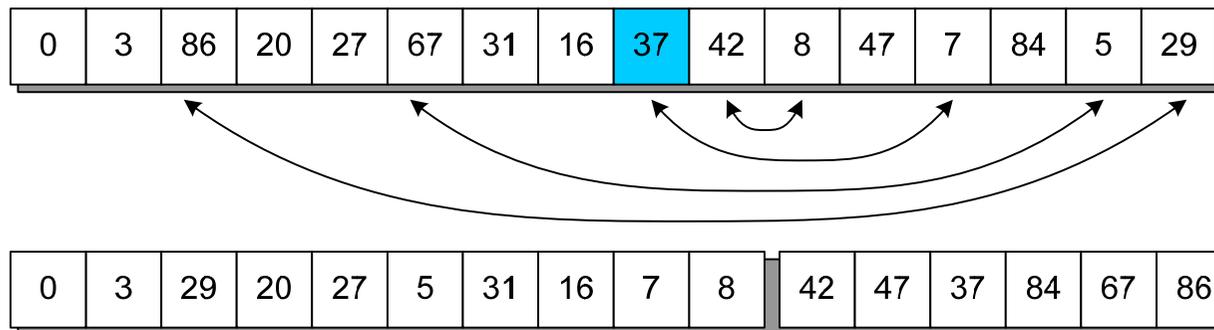
```
procedure QuickSort(iLo, iHi: Integer);  
var  
  Lo, Hi, Mid, Tmp: Integer;  
begin  
  Lo := iLo; Hi := iHi;  
  Mid := Arr[(Lo + Hi) div 2];  
  repeat  
    while Arr[Lo] < Mid do Inc(Lo);  
    while Arr[Hi] > Mid do Dec(Hi);  
    if Lo <= Hi then begin  
      Tmp := Arr[Lo];  
      Arr[Lo] := Arr[Hi];  
      Arr[Hi] := Tmp;  
      Inc(Lo);  
      Dec(Hi);  
    end;  
  until Lo > Hi;  
  if Hi > iLo then QuickSort(iLo, Hi);  
  if Lo < iHi then QuickSort(Lo, iHi);  
end;
```



Быстрая сортировка Хоара

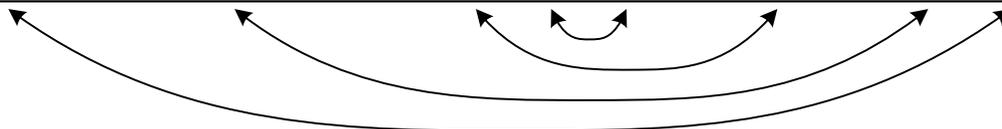
0	3	86	20	27	67	31	16	37	42	8	47	7	84	5	29
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----

Быстрая сортировка Хоара



Быстрая сортировка Хоара

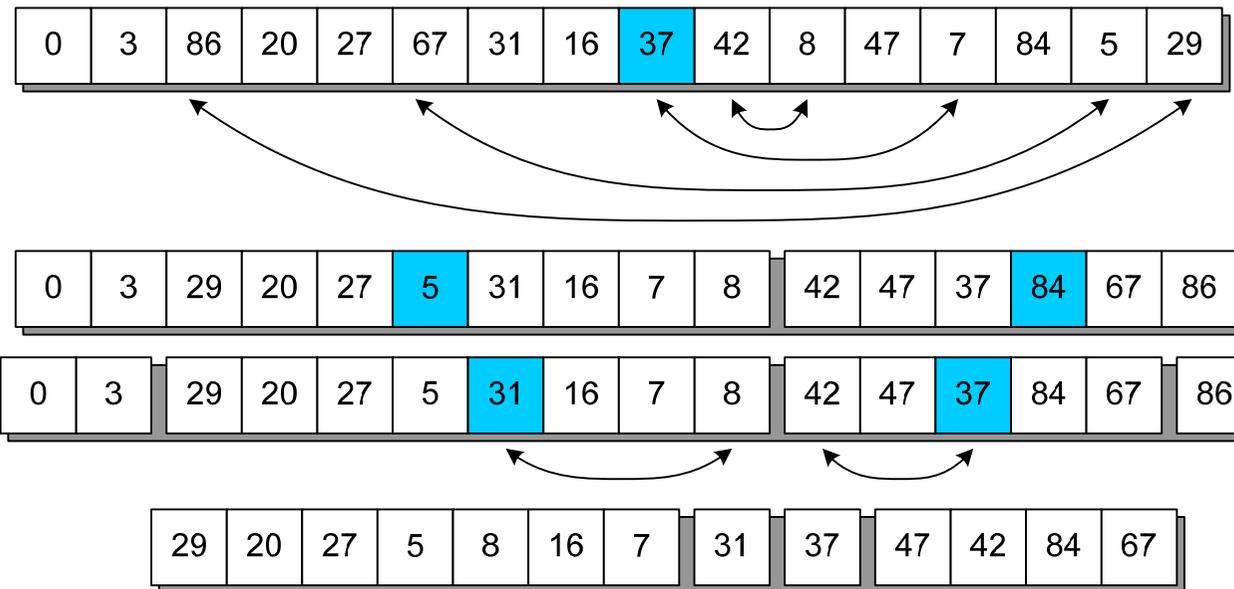
0	3	86	20	27	67	31	16	37	42	8	47	7	84	5	29
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----



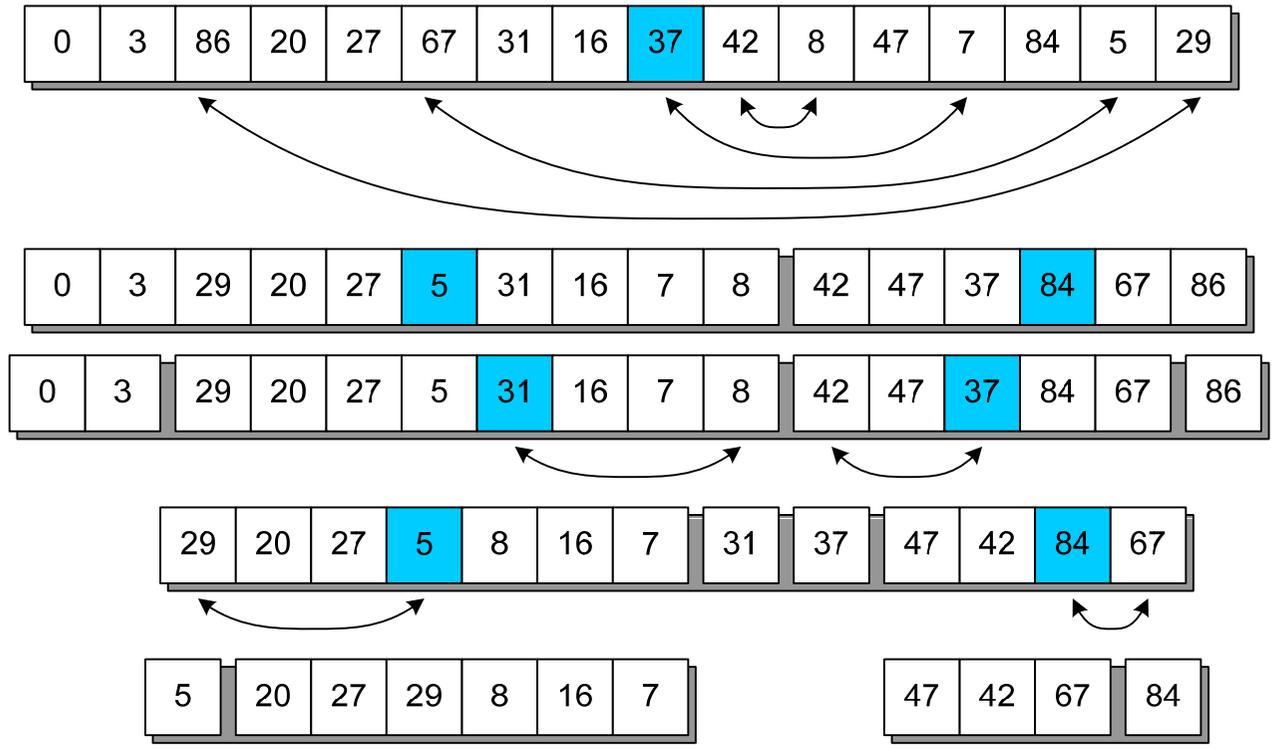
0	3	29	20	27	5	31	16	7	8	42	47	37	84	67	86
---	---	----	----	----	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----

0	3	29	20	27	5	31	16	7	8	42	47	37	84	67	86
---	---	----	----	----	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----

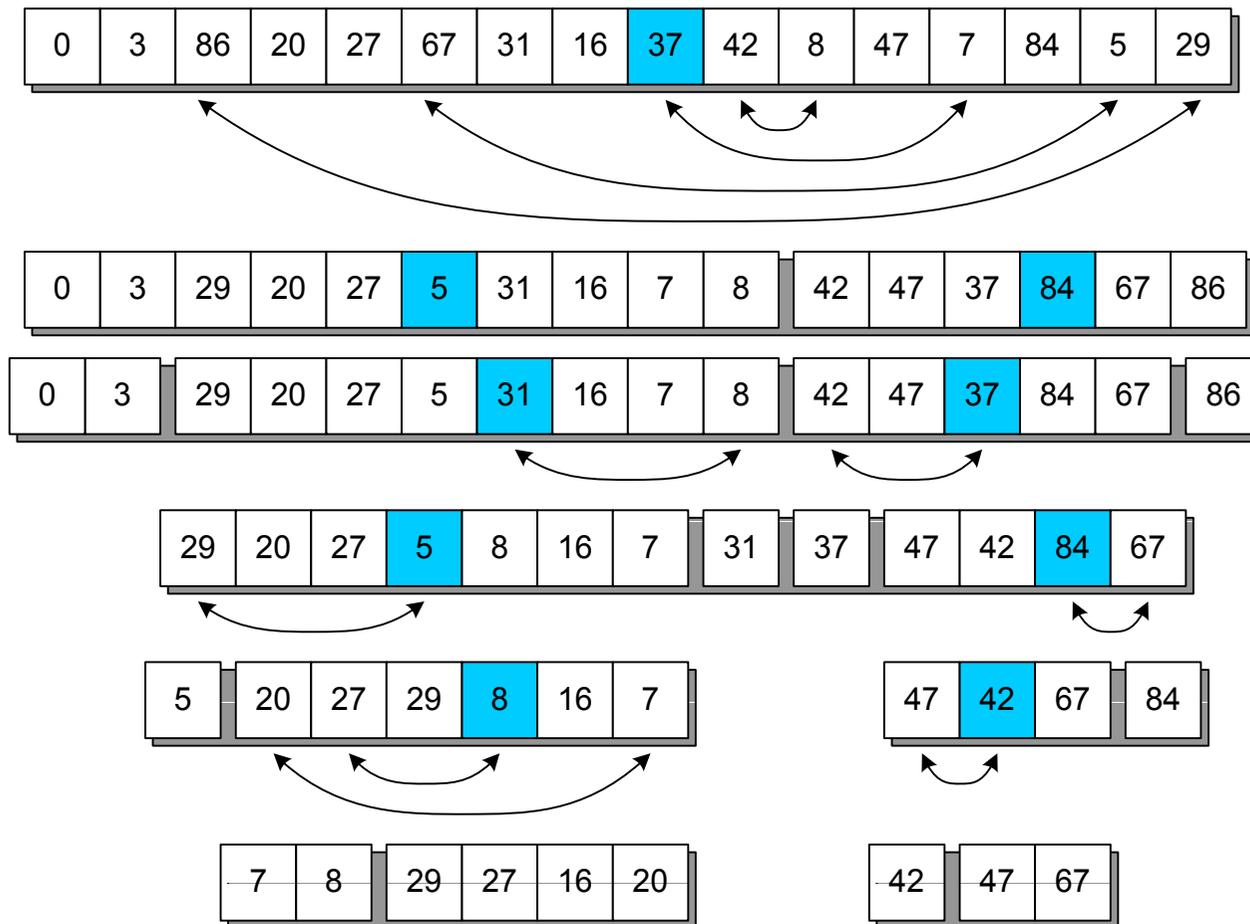
Быстрая сортировка Хоара



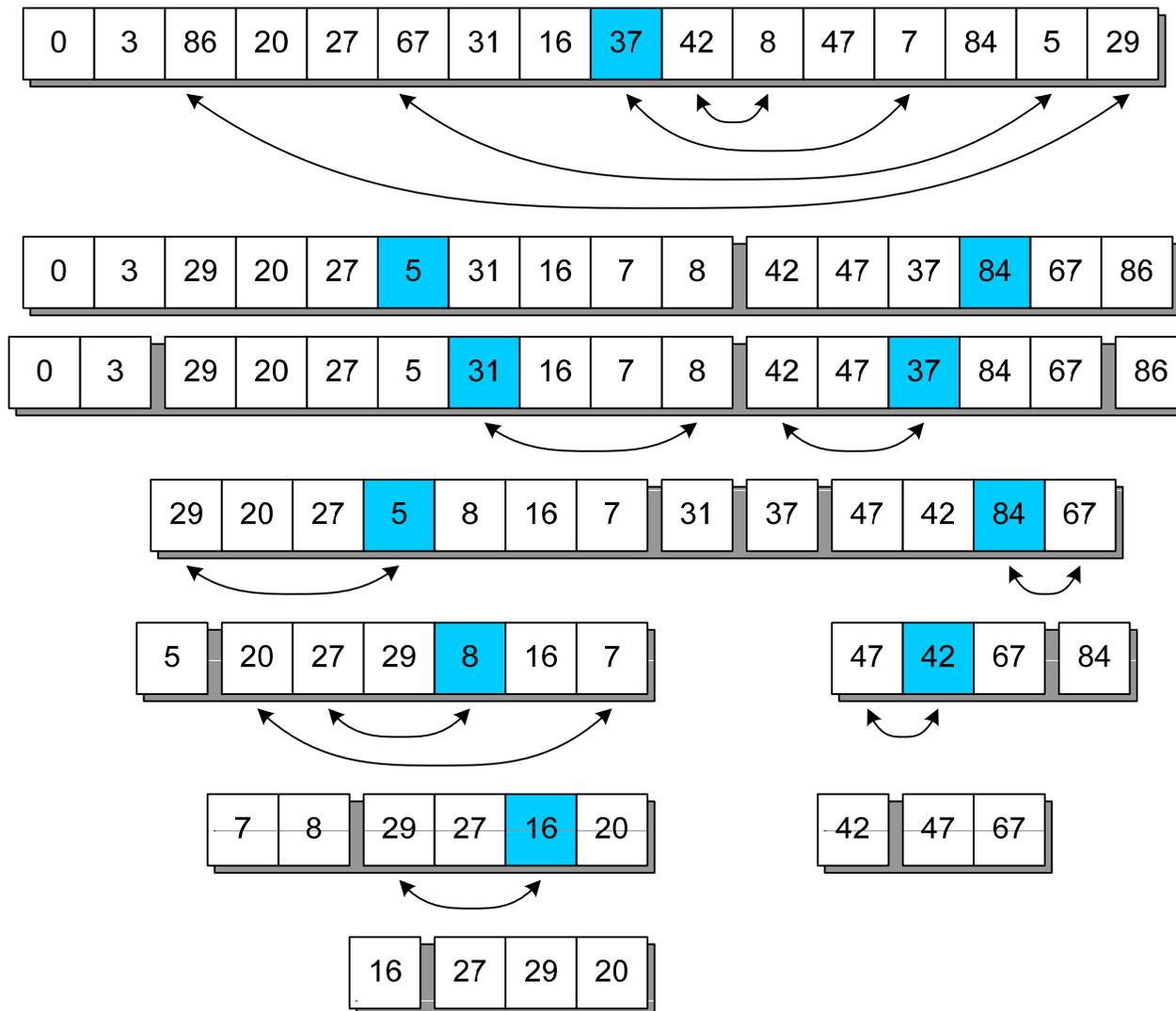
Быстрая сортировка Хоара



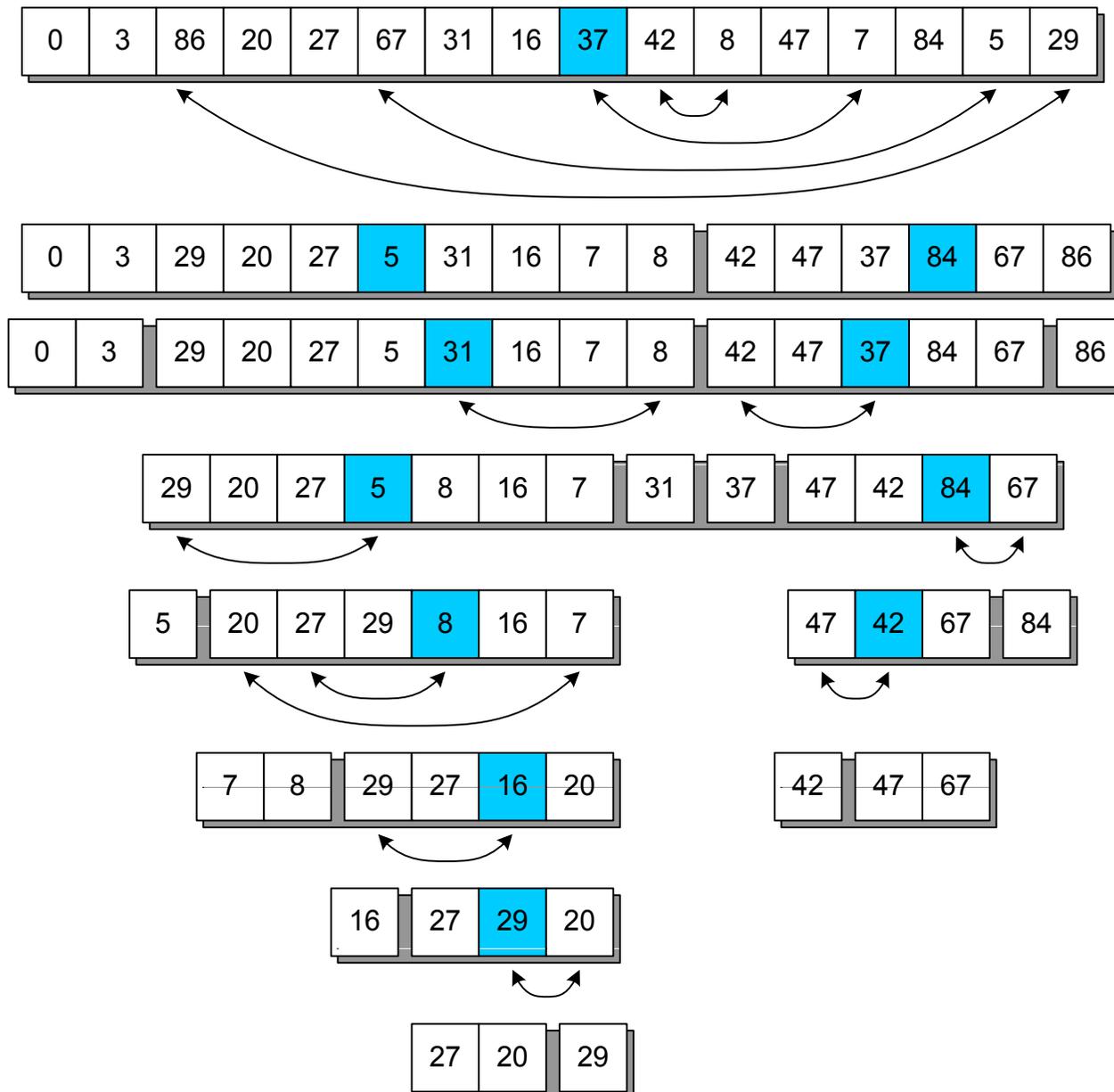
Быстрая сортировка Хоара



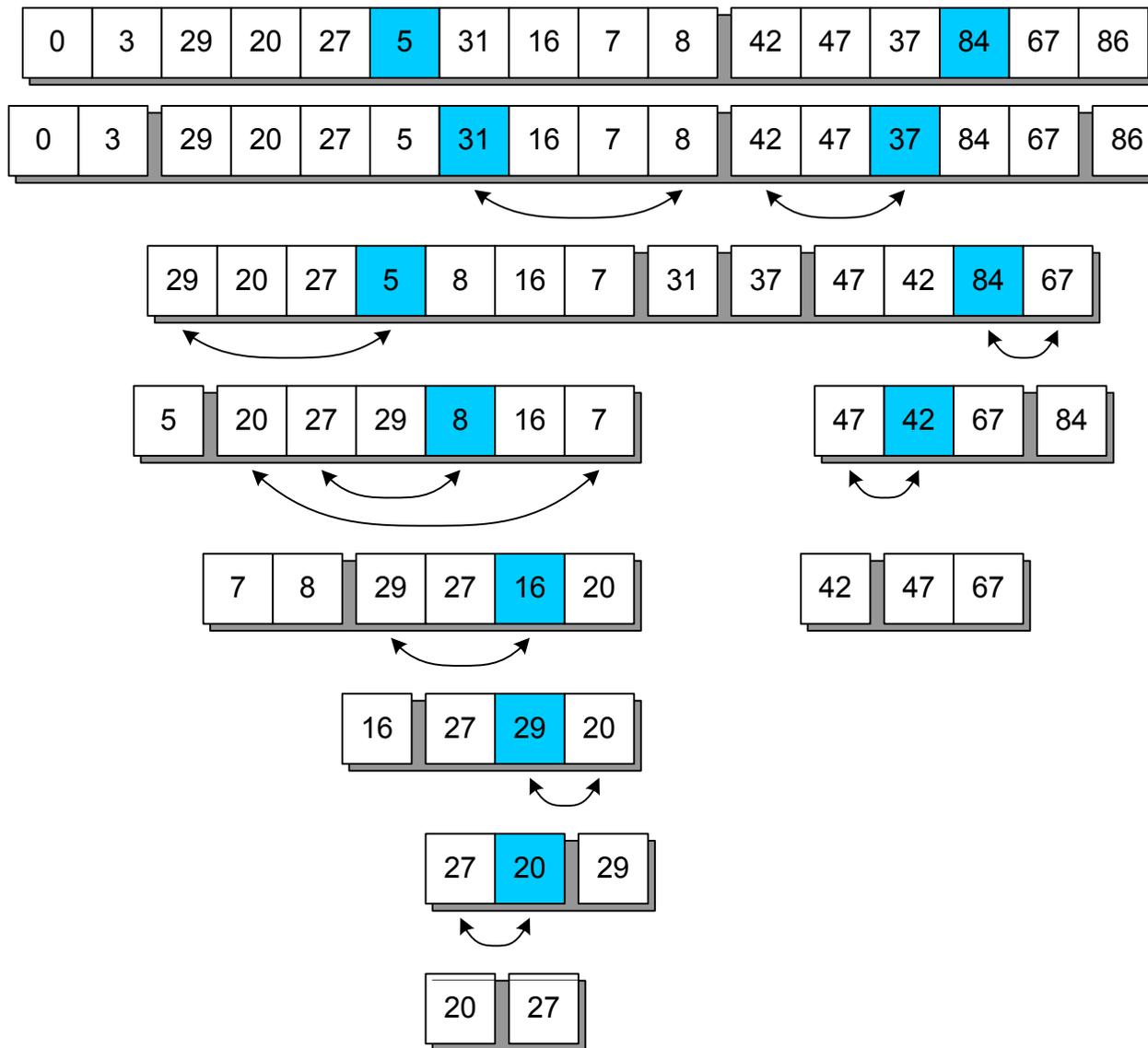
Быстрая сортировка Хоара



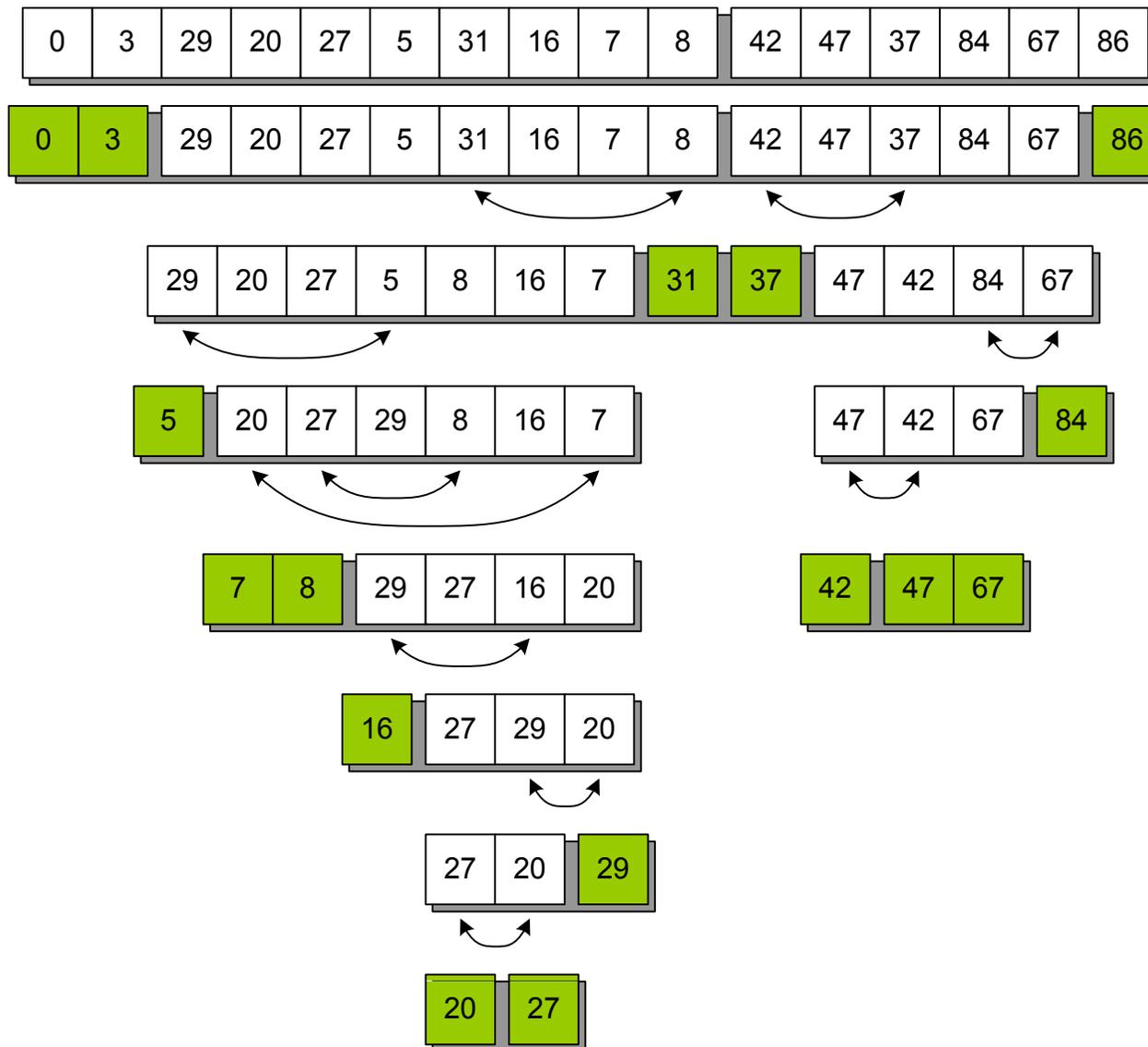
Быстрая сортировка Хоара

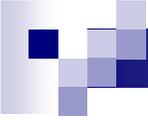


Быстрая сортировка Хоара



Быстрая сортировка Хоара





Сортировка подсчетом

Основная идея алгоритма – подсчет количества встретившихся элементов с равным значением (заполнение массива частот), восстановление отсортированного массива

Асимптотические сложности

$O(N) E(K)$ (K – количество различных значений элементов массива)

Характеризуется **устойчивостью** и **неестественным поведением**

```
FillChar(FreqArr, 100*SizeOf(Integer), 0);
```

```
for I := 1 to N do  
  Inc(FreqArr[Arr[I]]);
```

```
Curr := 1;  
for I := Low(FreqArr) to High(FreqArr) do  
  for J := 1 to FreqArr[I] do begin  
    Arr[Curr] := I;  
    Inc(Curr);  
  end;
```


Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	1	0	0	0	0	0	0

Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	1	1	0	0	0	0	0

Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	1	1	2	0	0	0	0

Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	1	1	2	0	1	0	0

Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	1	1	2	0	1	1	0

Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	1	1	2	0	1	1	1

Сортировка подсчетом

Сортируемый массив

9	1	5	1	5	1	3	4	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Массив частот

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3	0	1	1	2	0	1	1	1

Отсортированный массив

1	1	1	3	4	5	5	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Недостатки сортировки подсчетом

Диапазон значений

Сортировка элементов типа Integer потребует около 16 ГБ памяти.
Можно использовать поразрядную сортировку...

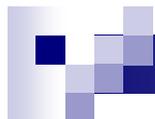
Сортировка записей в БД

Можно использовать составление списков индексов сортируемых значений...

Сравнение алгоритмов сортировки

Проводилось на компьютере с процессором Intel Core 2 Duo E6300 (Conroe, CPUID=006F6h, 1,86 ГГц, технологии энергосбережения отключены)

Количество элементов	1 000	10 000	100 000	1 000 000
Пузырьковая сортировка	$3,2 \cdot 10^{-3}$ с	0,3 с	32,6 с	55 мин
Сортировка выбором	$5,5 \cdot 10^{-4}$ с	$5,6 \cdot 10^{-2}$ с	5,3 с	11,3 мин
<u>Сортировка вставками</u>	$3,0 \cdot 10^{-4}$ с	$2,8 \cdot 10^{-2}$ с	2,9 с	5,9 мин
Пирамидальная сортировка	$1,0 \cdot 10^{-4}$ с	$1,2 \cdot 10^{-3}$ с	0,02 с	0,22 с
Сортировка Шелла (с приращениями по Сейджвику)	$1,1 \cdot 10^{-4}$ с	$1,3 \cdot 10^{-3}$ с	0,02 с	0,17 с
<u>Сортировка подсчетом</u>	$1,1 \cdot 10^{-5}$ с	$9,1 \cdot 10^{-5}$ с	$9,0 \cdot 10^{-4}$ с	0,01 с
<u>Быстрая сортировка Хоара</u> (рекурсивная реализация)	$7,6 \cdot 10^{-5}$ с	$7,5 \cdot 10^{-4}$ с	$7,4 \cdot 10^{-3}$ с	0,08 с



**Доклад окончен.
Спасибо за внимание!**