МАИ

Лабораторная работа №11

 «Методы поиска приближённого значения трансцендентного уравнения и их программная реализация на основе итерационного и рекурсивного подходов»Вариант №14

Факультет робототехнических и интеллектуальных систем

Кафедра «Системы приводов летательных аппаратов»

Выполнил:

Студент группы М7О-114БВ-24

Фельдман Лев Борисович

Проверил:  
Доцент Кафедры 702 Козлова Н.М.

Ассистент Кафедры 702 Милославский Я.Г.

Москва 2025

**Цель работы: знакомство с пирамидальным методом сортировки, методом быстрой сортировки и сортировкой методом слияния.**

Рекурсивный алгоритм — это алгоритм, который решает задачу путём многократного (вложенного) вызова самого себя для решения более простых (подзадач), пока не будет достигнуто некоторое базовое условие (условие выхода), при котором дальнейшие вызовы прекращаются.

Основные компоненты рекурсивного алгоритма:

1. Базовое условие (условие выхода):

Определяет, при каком входе рекурсия завершается без новых вызовов. Без корректно заданного базового условия рекурсия «уйдёт в бесконечность» и вызовет переполнение стека.

1. Рекурсивный вызов:

Часть алгоритма, где функция вызывает сама себя с новым (обычно упрощённым) аргументом.

**Пример 1. Факториал**

Факториал числа n определяется как:

n!*=*

function f = factorial\_rec(n)

% Рекурсивная функция для вычисления факториала n

if n == 0 f = 1; % базовый случай

else f = n \* factorial\_rec(n-1); end % рекурсивный шаг

end

При factorial(3) ход вычислений будет таким:  
3 \* factorial(2) → 3 \* (2 \* factorial(1)) → 3 \* (2 \* (1 \* factorial(0))) → 3 \* 2 \* 1 \* 1 → 6.

**Пример 2. Числа Фибоначчи**

Последовательность Фибоначчи:

F

function f = fib\_rec(n)

% Рекурсивная функция для n-го числа Фибоначчи

if n == 0 f = 0; % базовый случай 1

elseif n == 1 f = 1; % базовый случай 2

else f = fib\_rec(n-1) + fib\_rec(n-2); % рекурсивный шаг

end

end

>>fib\_rec(10)

ans = 55

**Пример 3. Быстрый подсчёт суммы элементов в массиве**

Допустим, у нас есть вектор (массив) чисел AAA, и мы хотим рекурсивно получить сумму всех его элементов:

function s = sum\_rec(A)

% Рекурсивная функция для суммы элементов вектора A

if isempty(A) s = 0; % базовый случай: пустой массив

else s = A(1) + sum\_rec(A(2:end)); % рекурсивный шаг

end

end

>>sum\_rec([4, 7, 1, 3])

ans =

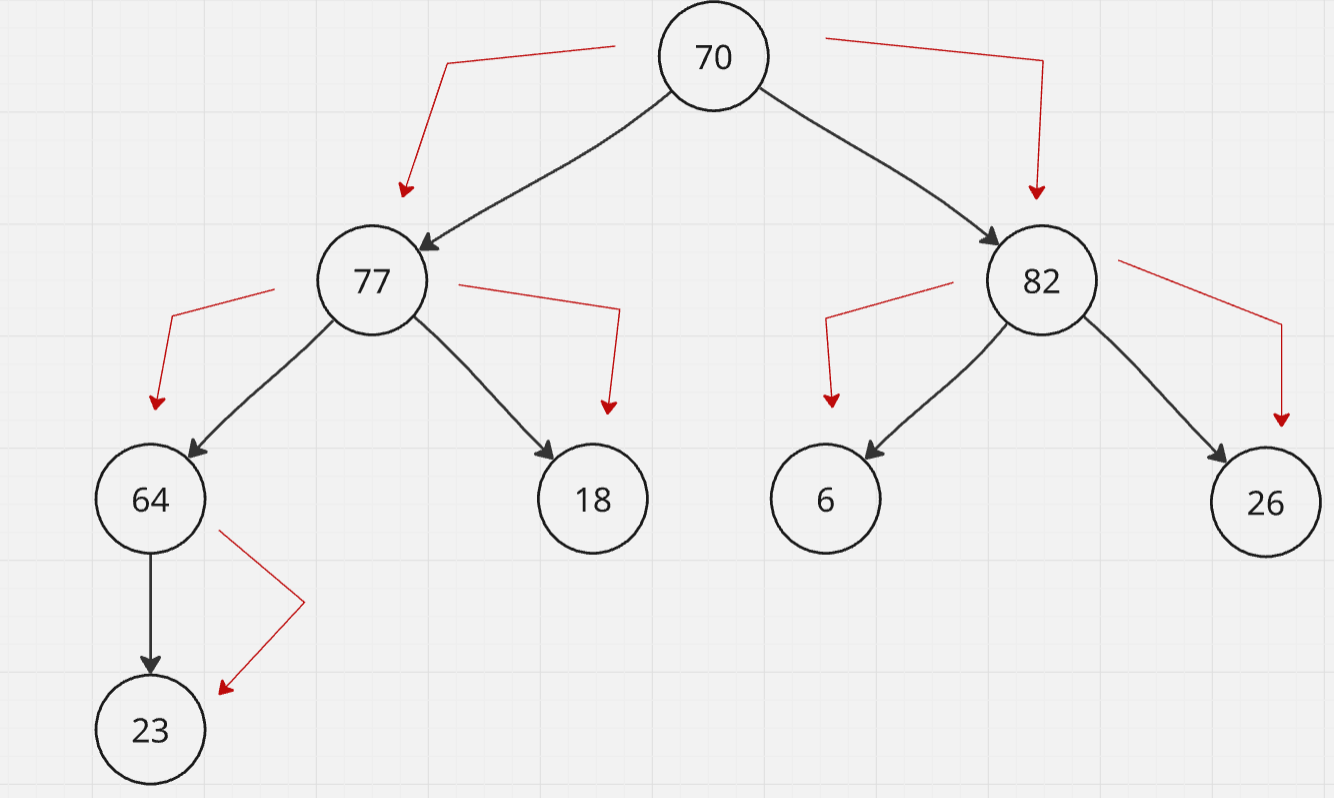
15

### Пирамидальная сортировка

1. **Построение “пирамиды” (кучи)**
   * Воображаем, что наш массив — это куча карточек, сложенных в виде почти полного двоичного дерева: каждая карточка «родитель» лежит над двумя «дочерними», и по правилу кучи её значение не меньше значений под ней.
   * Начинаем с середины массива (половины карточек) и «просеиваем вниз» каждую карточку, если она меньше одной из своих «дочек»: меняем их местами и продолжаем, пока не восстановим правило кучи. В результате получаем именно такую «горку», где самый крупный элемент лежит наверху.
2. **Сортировка через «снятие вершины»**
   * Теперь самая большая карточка (максимум) находится в корне — на первой позиции массива. Чтобы поставить её в конец будущей отсортированной части, меняем местами элемент в начале и элемент в конце массива.
   * После этого «вершина» (сейчас там бывшая последняя карточка) может нарушить правило кучи, поэтому опять «просеиваем её вниз», восстанавливая правильную структуру.
   * Таким образом мы «фиксируем» самую крупную карточку в конце и уменьшаем размер активной части массива на единицу (она остаётся уже отсортированной).
3. **Повторение до конца**
   * Снова берём новую вершину — снова самый большой среди оставшихся — и отправляем её сразу за последний отсортированный элемент.
   * Снова восстанавливаем кучу и повторяем, пока не останется одна карточка.

В результате мы постепенно «снимаем» по одному наибольшему элементу и «укладываем» их в конец массива, а благодаря тому, что структура кучи позволяет быстро (за время пропорциональное логарифму размера) находить и перестраивать максимум, общая скорость — пропорциональна n\*log(n) операций или o(n\*log(n)). А дополнительной памяти почти не нужно, потому что все перестановки происходят внутри самого массива.

Исходный массив [70, 77, 82, 64, 18, 6, 26, 23]



**1. Построение max-кучи**

i: 1 2 3 4 5 6 7 8

A: 70, 77, 82, 64, 18, 6, 26, 23

Последний внутренний узел = n/2 = 4.  
Проходим heapify от i = 4 ↓ 1.

**Шаг 1.1: heapify(i=4)**

* Узел A[4]=64, дети: A[8]=23
* 64 ≥ 23 → менять ничего не надо.

Массив остаётся

[70, 77, 82, 64, 18, 6, 26, 23]

**Шаг 1.2: heapify(i=3)**

* Узел A[3]=82, дети: A[6]=6, A[7]=26
* 82 ≥ max(6,26) → без изменений.

**Шаг 1.3: heapify(i=2)**

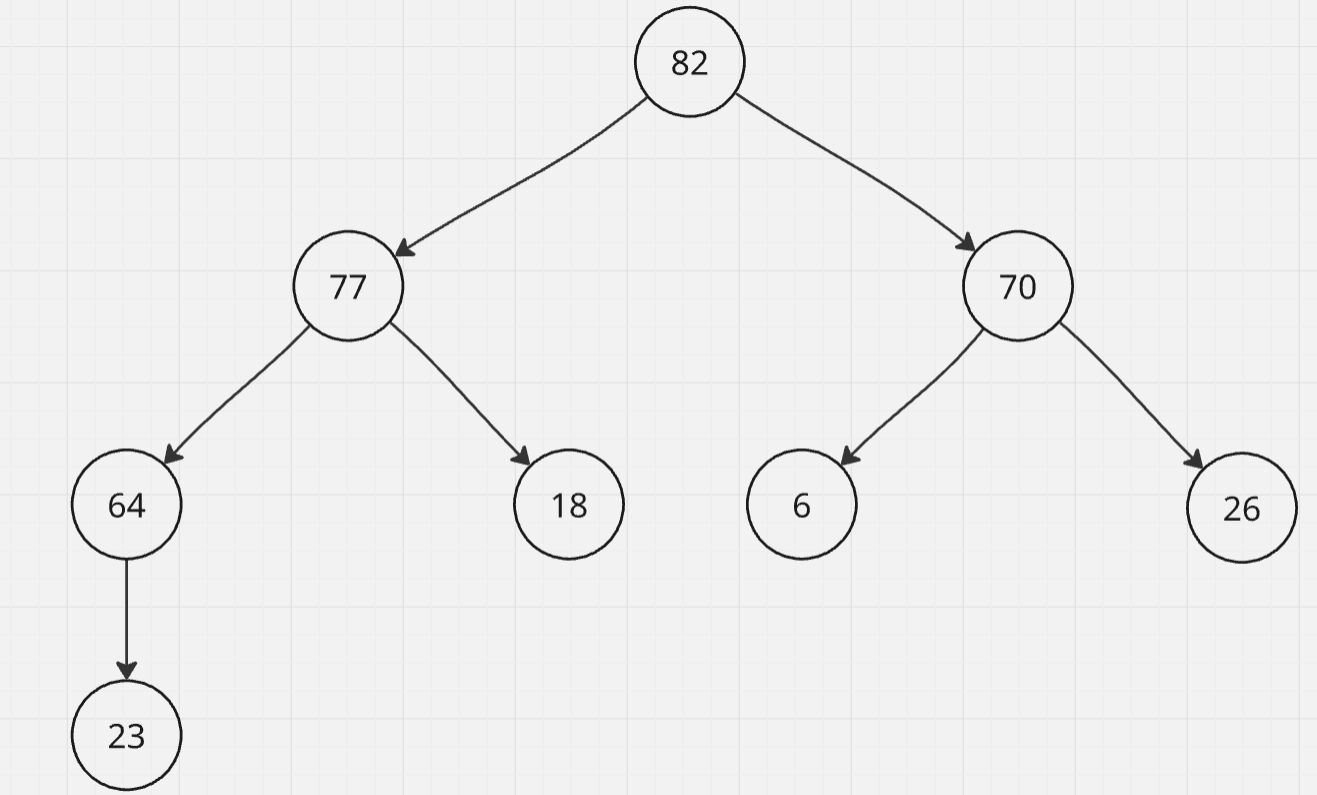
* Узел A[2]=77, дети: A[4]=64, A[5]=18
* 77 ≥ max(64,18) → без изменений.

**Шаг 1.4: heapify(i=1)**

* Узел A[1]=70, дети: A[2]=77, A[3]=82
* Максимум среди (70,77,82) = 82 → меняем A[1]↔A[3]:

Массив →

[82, 77, 70, 64, 18, 6, 26, 23]

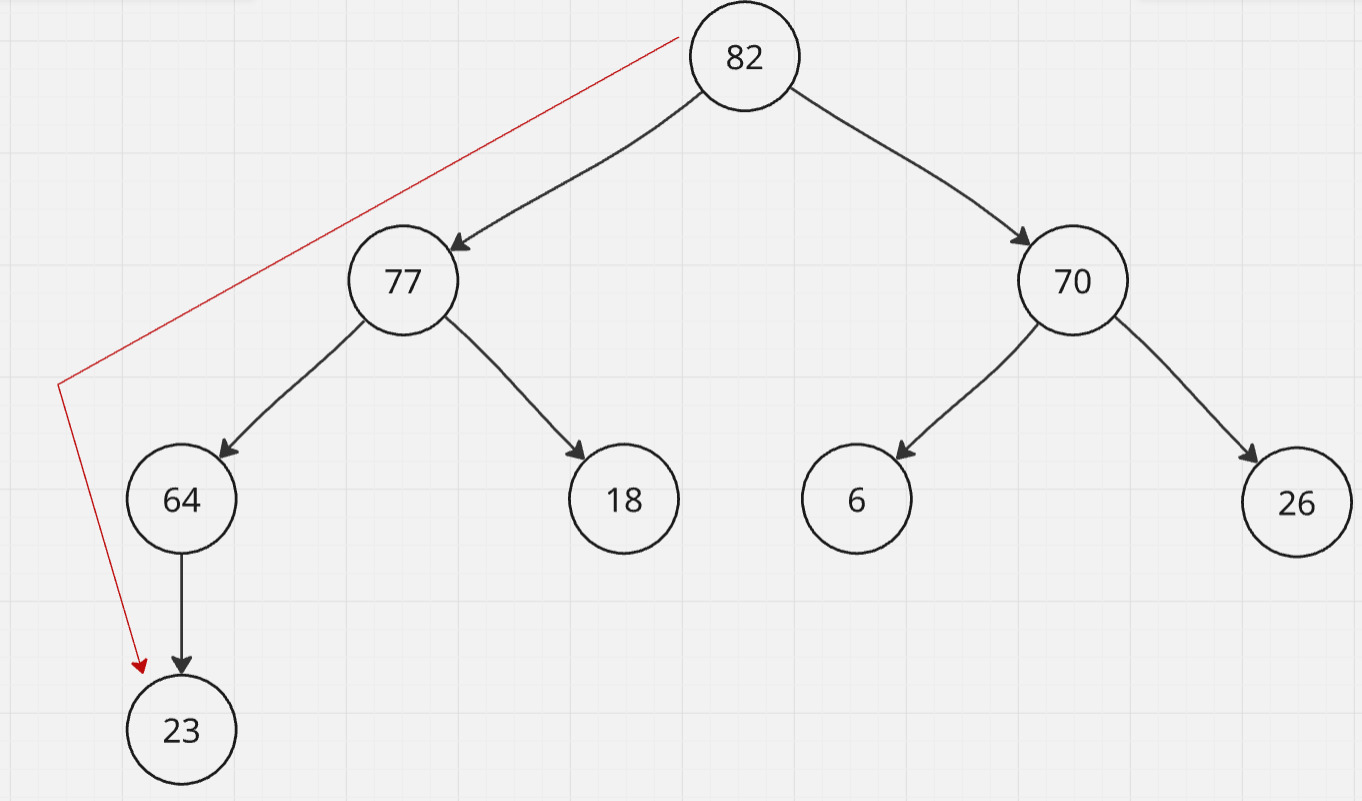
**Итоговая max-куча:** 

Массив: [82, 77, 70, 64, 18, 6, 26, 23]

**2. Сортировка (извлечение максимума)**

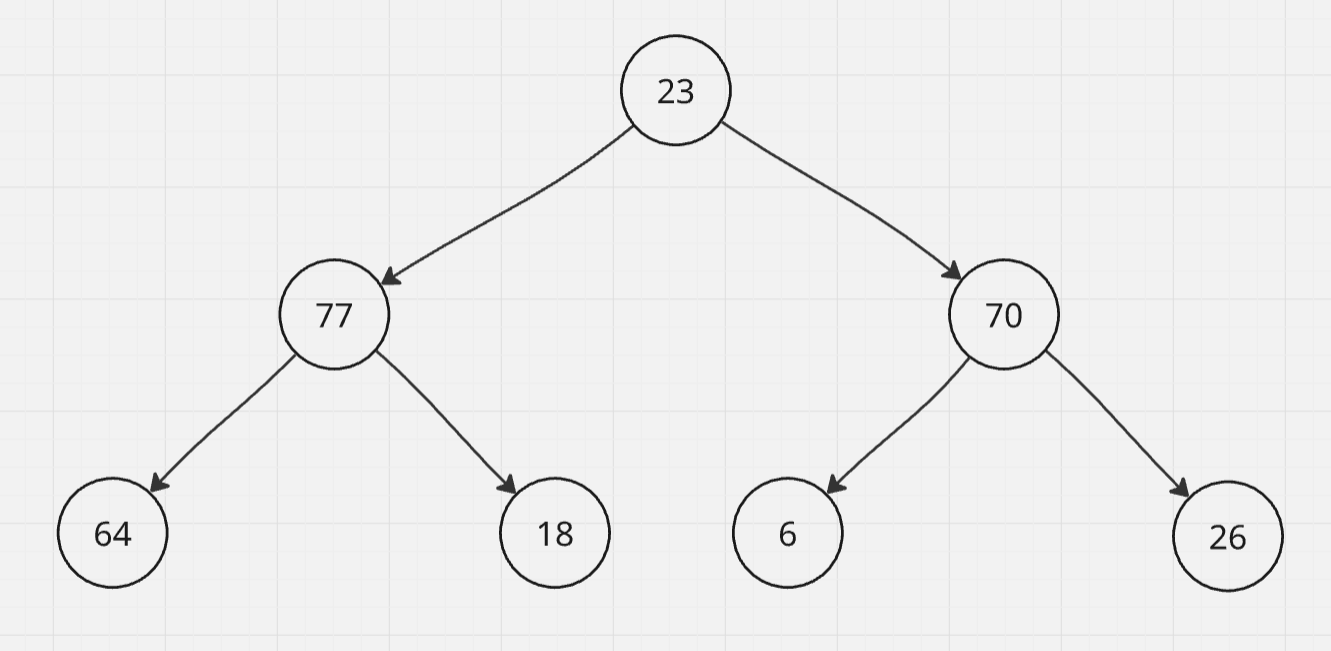
Будем уменьшать «размер кучи» heap\_size с 8 до 2, каждый раз:

1. Меняем A[1] (максимум) ↔ A[heap\_size].
2. Уменьшаем heap\_size на 1.
3. Heapify на корне.

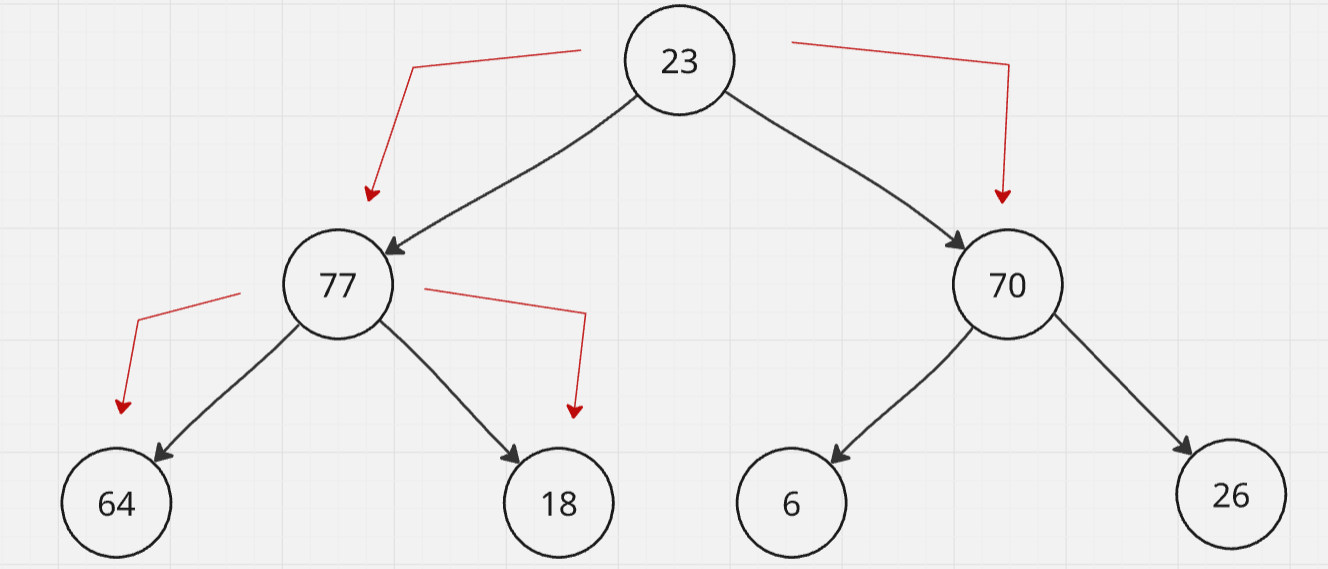


**Шаг 2.1: heap\_size = 8**

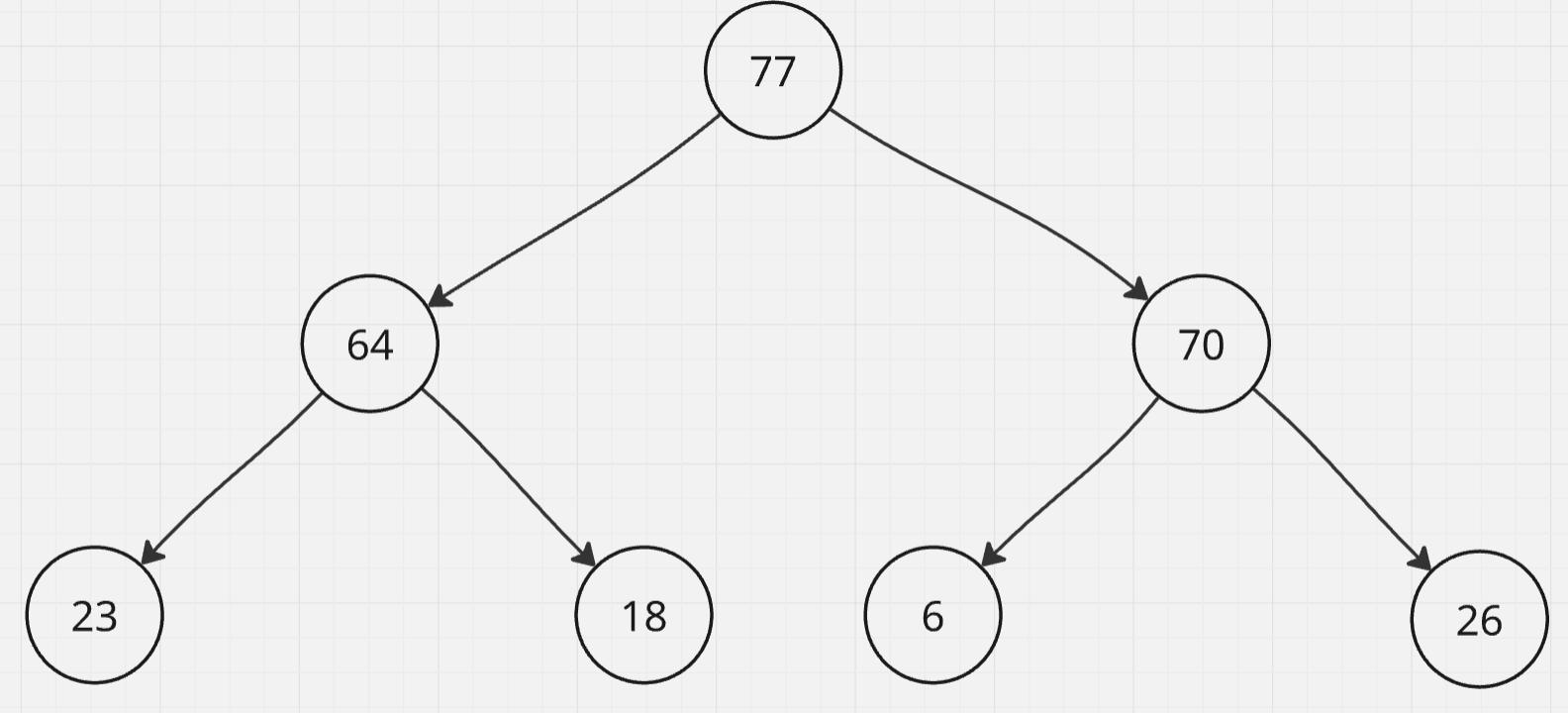
1. swap A[1]=82 ↔ A[8]=23  
   → [23, 77, 70, 64, 18, 6, 26, 82]
2. heap\_size→7



1. heapify i=1:
   * Дети: 77, 70 → max=77 → swap 23↔77 →  
     [77, 23, 70, 64, 18, 6, 26, 82]
   * Теперь i=2 (23): дети 64, 18 → max=64 → swap 23↔64 →  
     [77, 64, 70, 23, 18, 6, 26, 82]



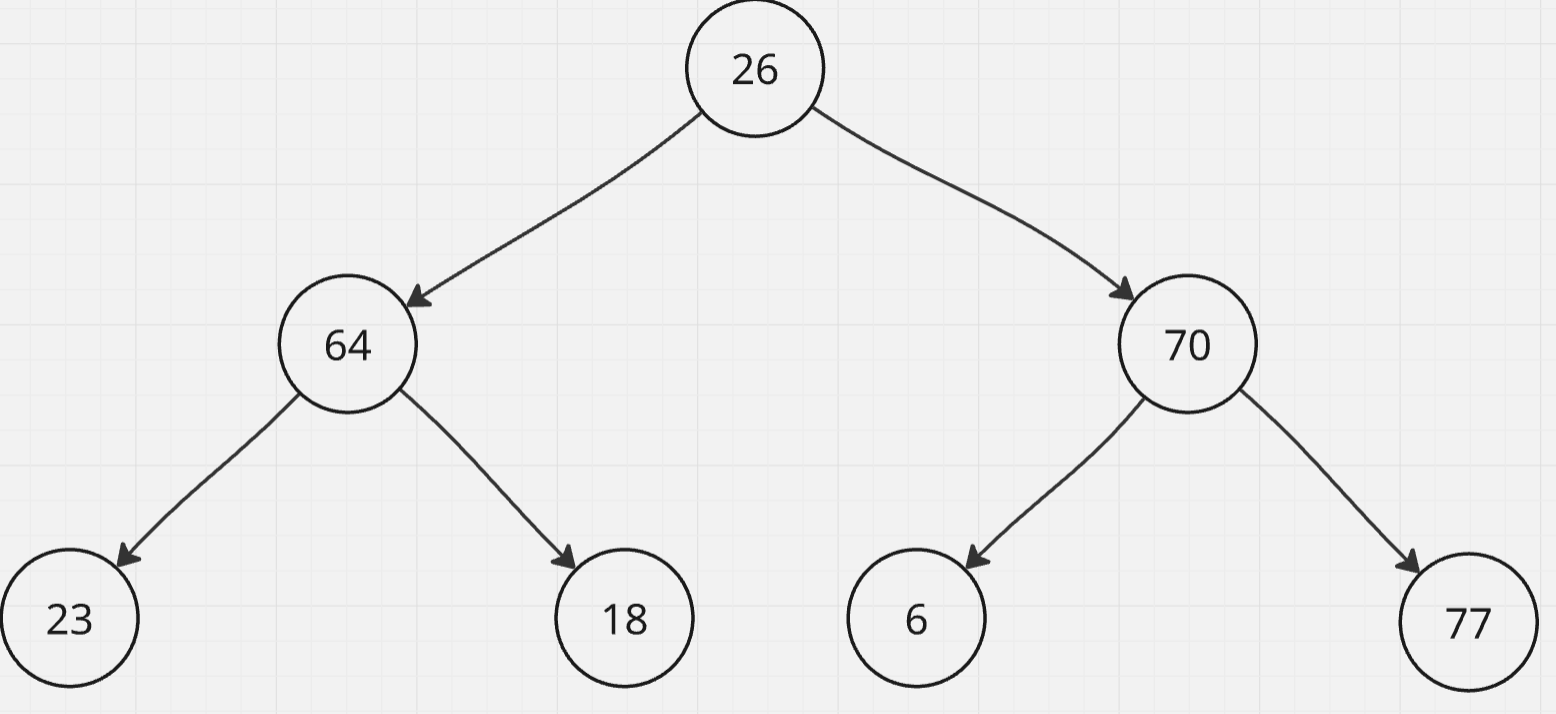
Куча (size 7):



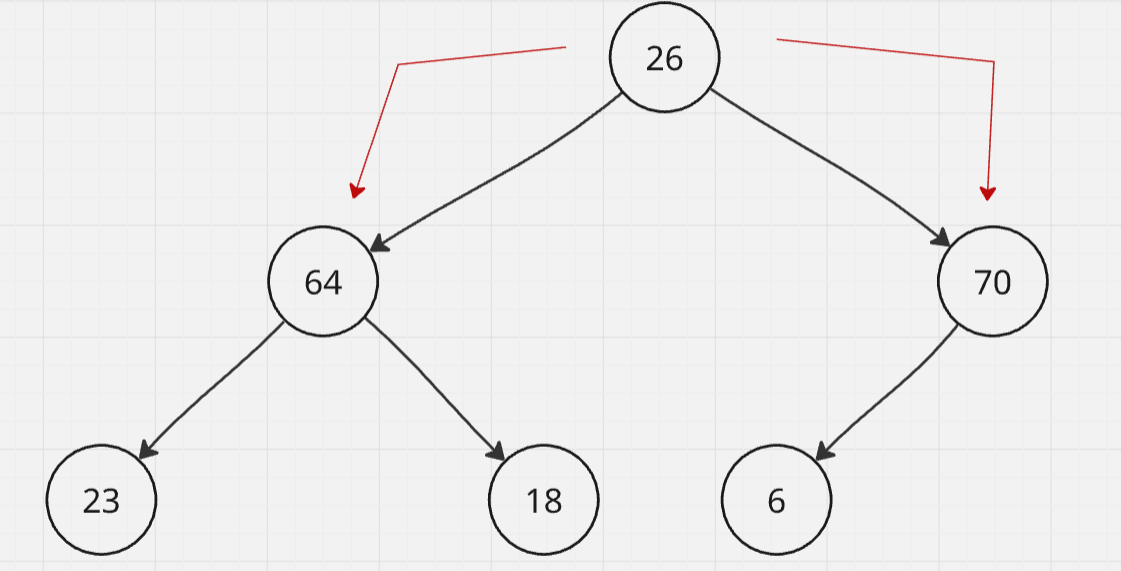
Массив:[77, 64, 70, 23, 18, 6, 26, 82]

**Шаг 2.2: heap\_size = 7**

1. swap A[1]=77 ↔ A[7]=26  
   → [26, 64, 70, 23, 18, 6, 77, 82]

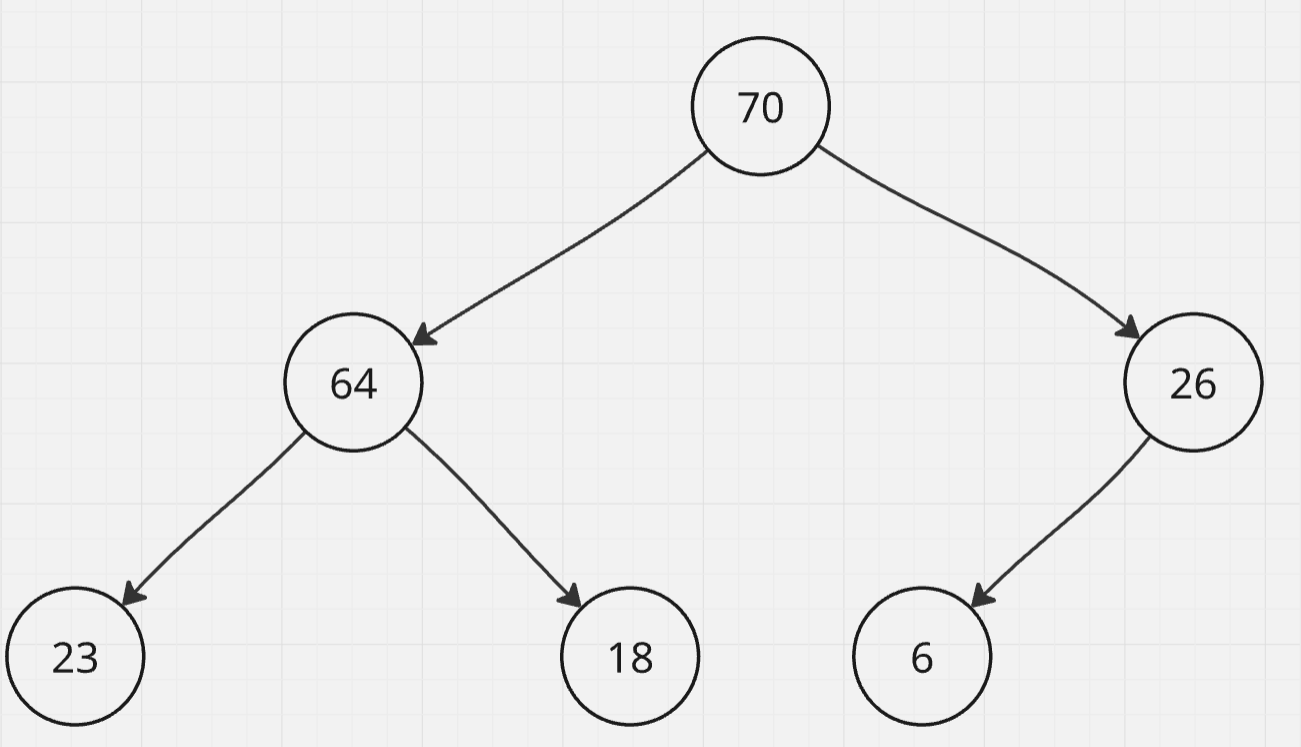


1. heap\_size→6



1. heapify i=1:
   * Дети: 64, 70 → max=70 → swap 26↔70 →  
     [70, 64, 26, 23, 18, 6, 77, 82]
   * Теперь i=3 (26): дети: A[6]=6 (единственный) → 26 ≥ 6 → стоп.

Куча (size 6):

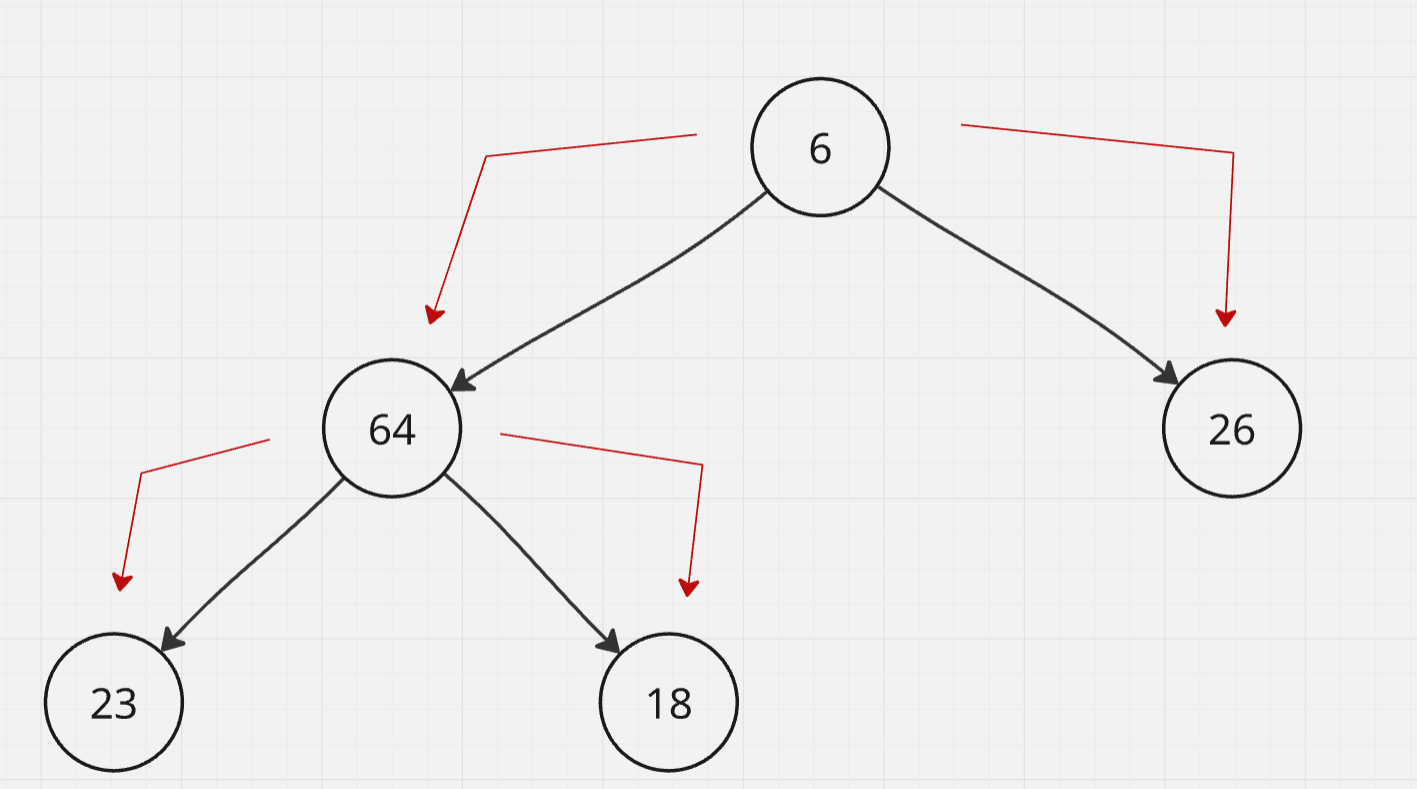


Массив:

[70, 64, 26, 23, 18, 6, 77, 82]

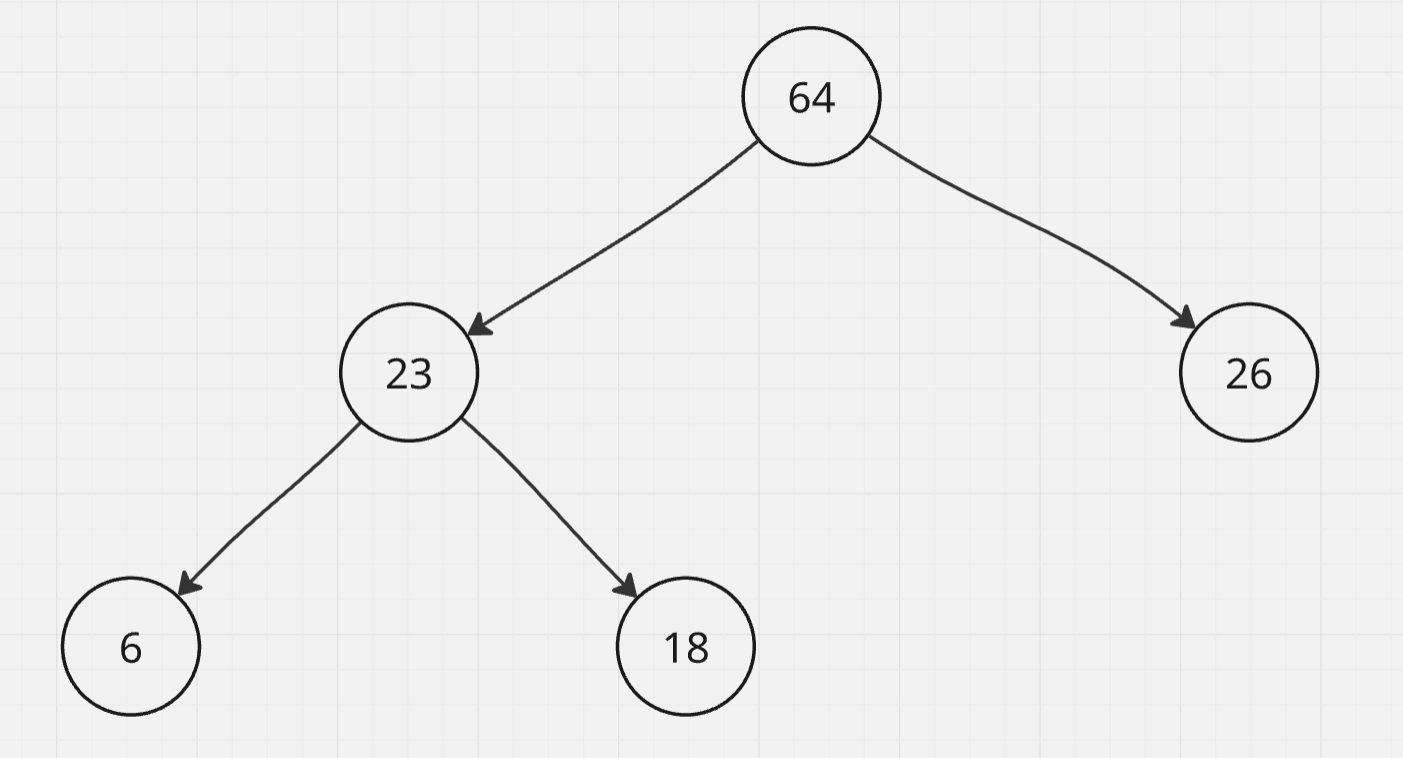
**Шаг 2.3: heap\_size = 6**

1. swap A[1]=70 ↔ A[6]=6  
   → [6, 64, 26, 23, 18, 70, 77, 82]
2. heap\_size→5



1. heapify i=1:
   * Дети: 64, 26 → max=64 → swap 6↔64 →  
     [64, 6, 26, 23, 18, 70, 77, 82]
   * i=2 (6): дети 23, 18 → max=23 → swap 6↔23 →  
     [64, 23, 26, 6, 18, 70, 77, 82]

Куча (size 5):

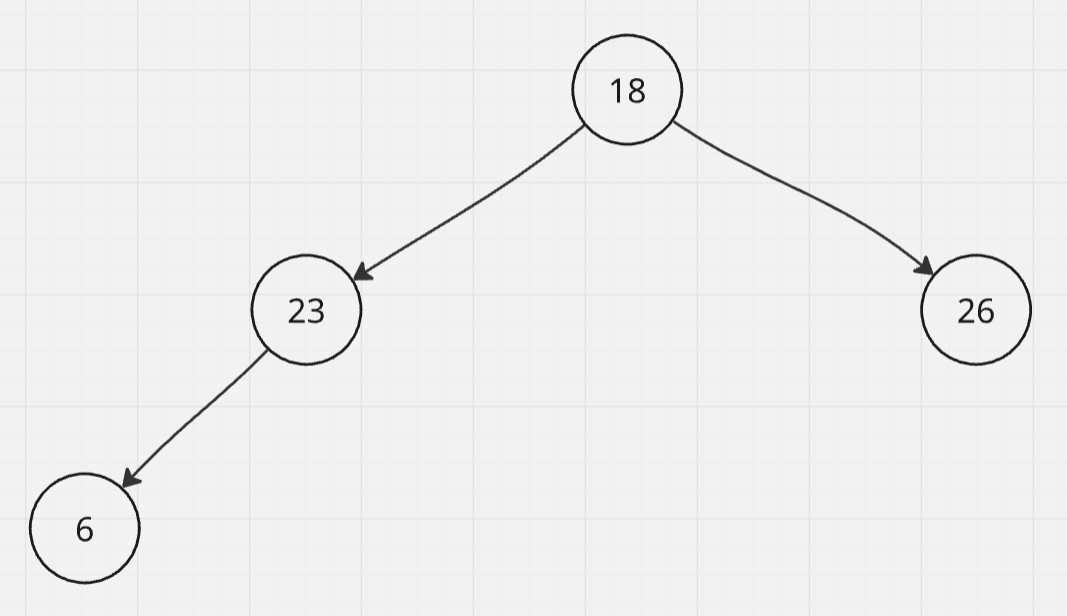


Массив:

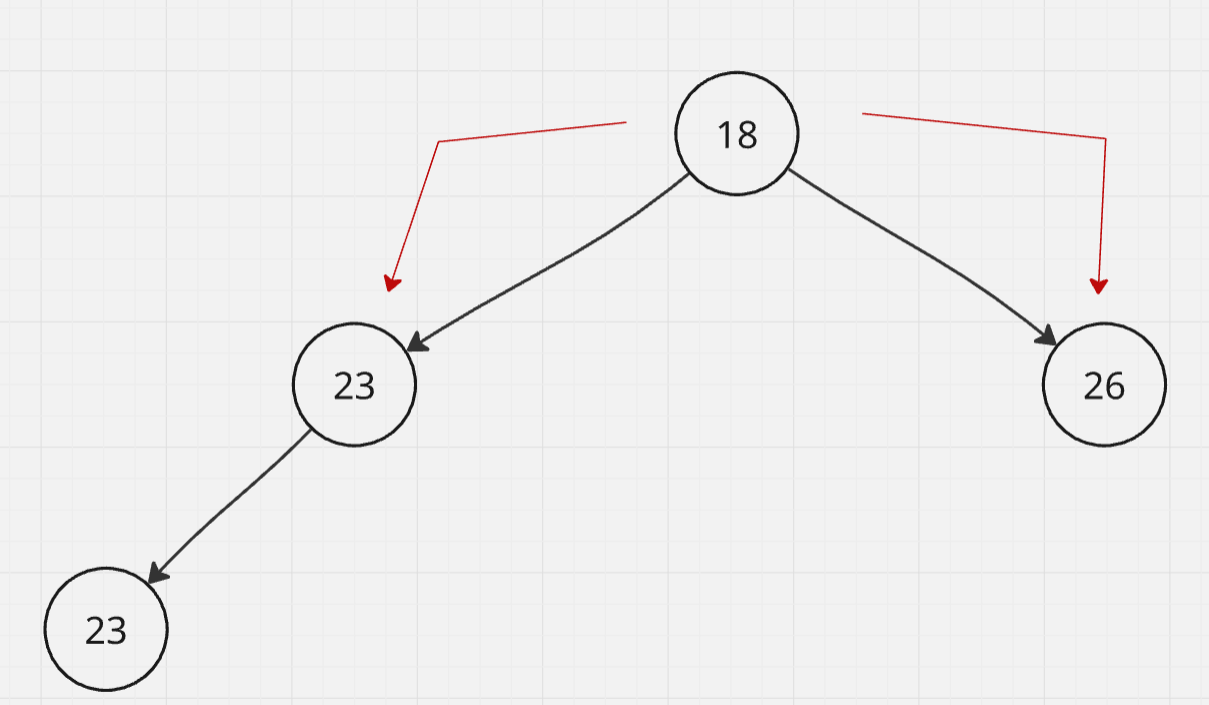
[64, 23, 26, 6, 18, 70, 77, 82]

**Шаг 2.4: heap\_size = 5**

1. swap A[1]=64 ↔ A[5]=18  
   → [18, 23, 26, 6, 64, 70, 77, 82]
2. heap\_size→4

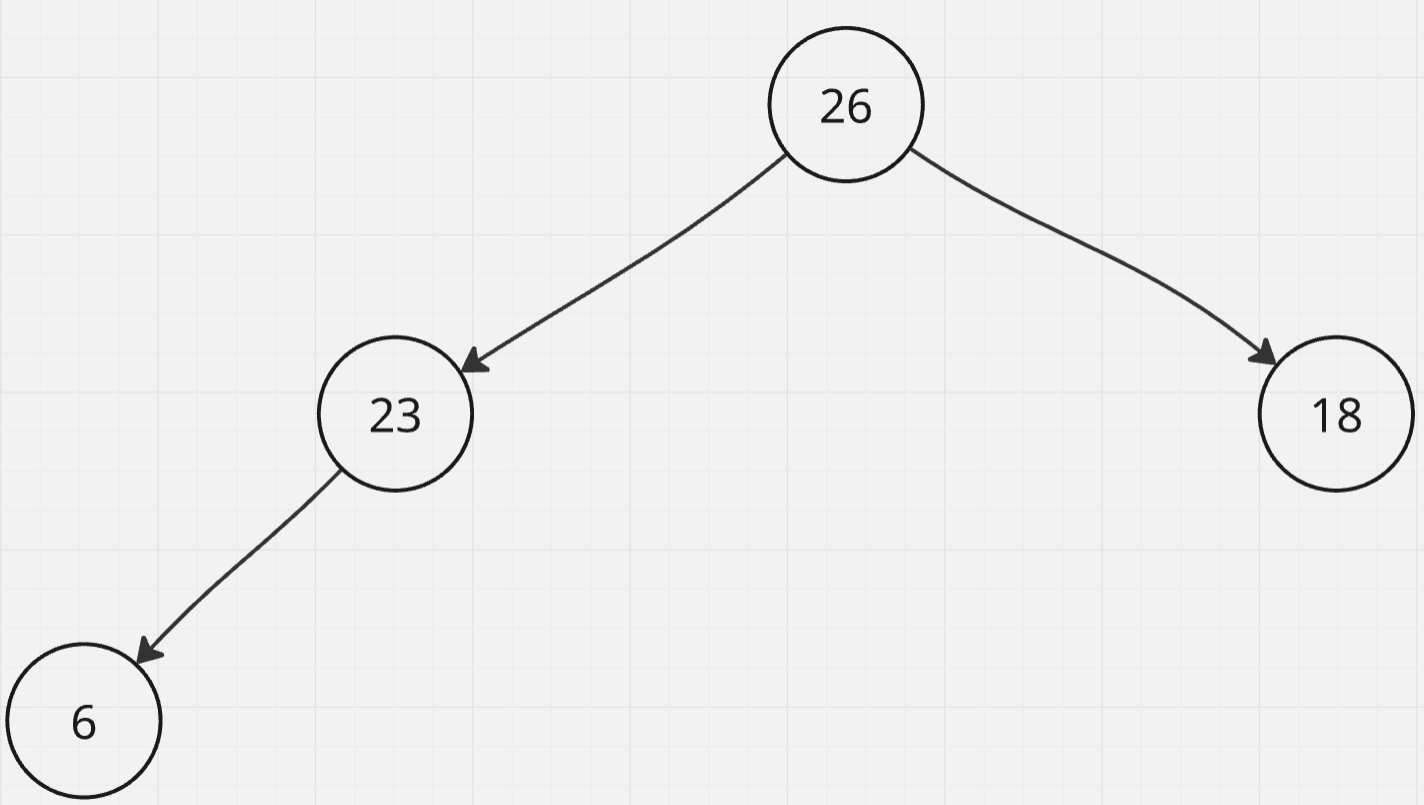


1. heapify i=1:



* + Дети: 23, 26 → max=26 → swap 18↔26 →  
    [26, 23, 18, 6, 64, 70, 77, 82]
  + i=3 (18): нет детей внутри heap\_size=4.

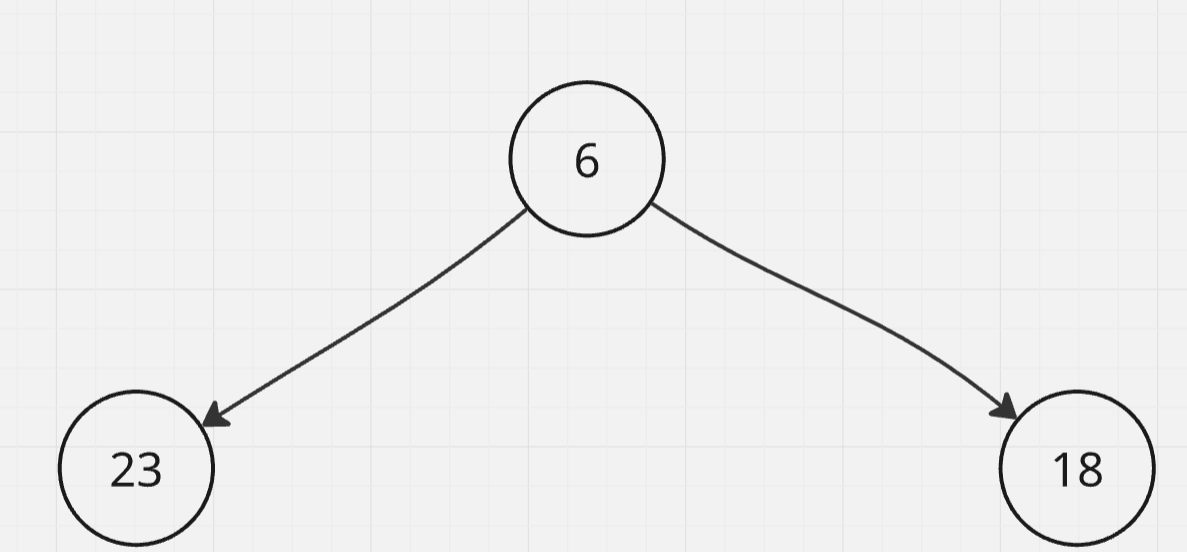
Куча (size 4):



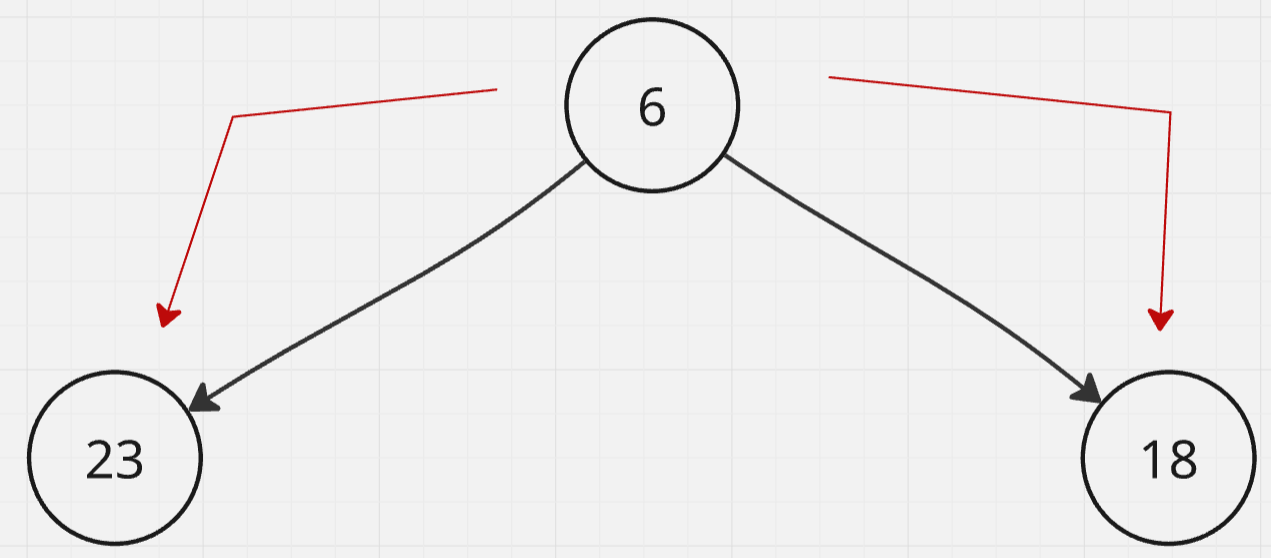
Массив:  
[26, 23, 18, 6, 64, 70, 77, 82]

**Шаг 2.5: heap\_size = 4**

1. swap A[1]=26 ↔ A[4]=6  
   → [6, 23, 18, 26, 64, 70, 77, 82]
2. heap\_size→3

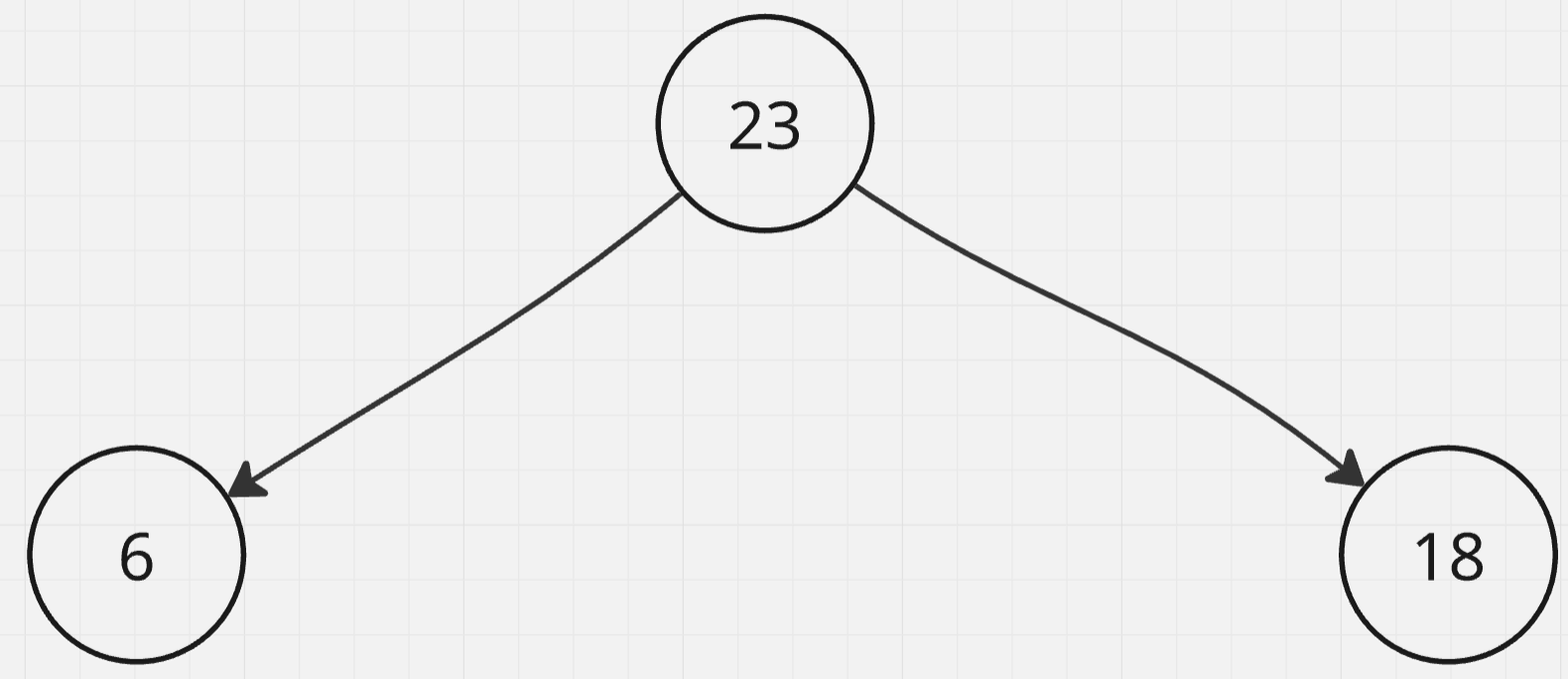


1. heapify i=1:



* + Дети: 23, 18 → max=23 → swap 6↔23 →  
    [23, 6, 18, 26, 64, 70, 77, 82]

Куча (size 3):

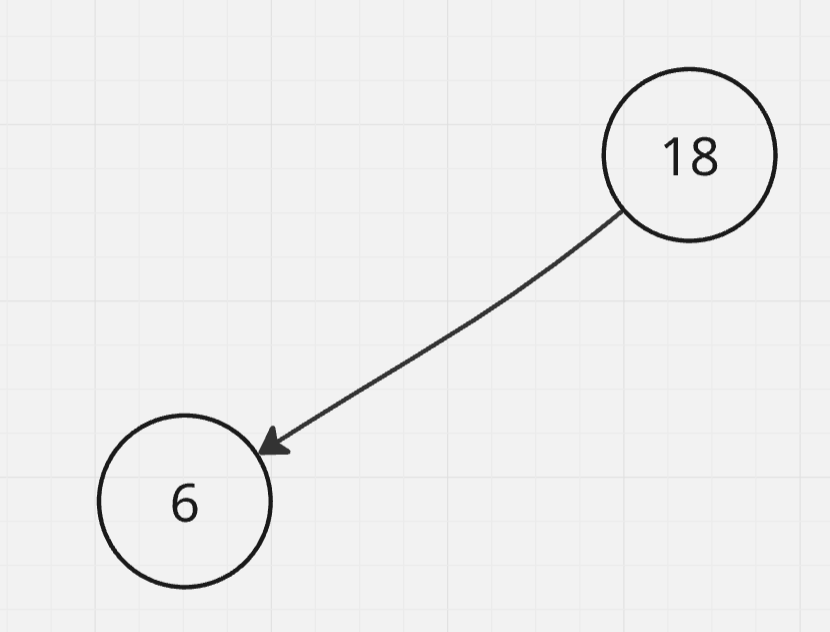


Массив:

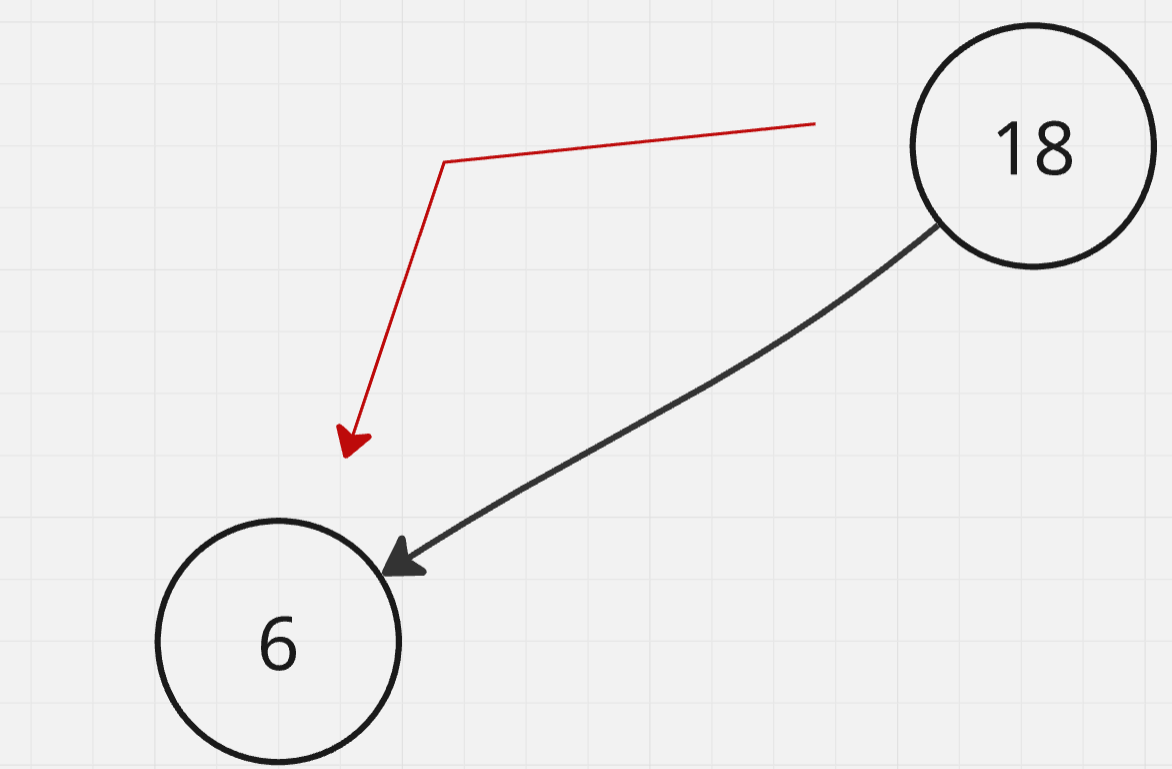
[23, 6, 18, 26, 64, 70, 77, 82]

**Шаг 2.6: heap\_size = 3**

1. swap A[1]=23 ↔ A[3]=18  
   → [18, 6, 23, 26, 64, 70, 77, 82]
2. heap\_size→2

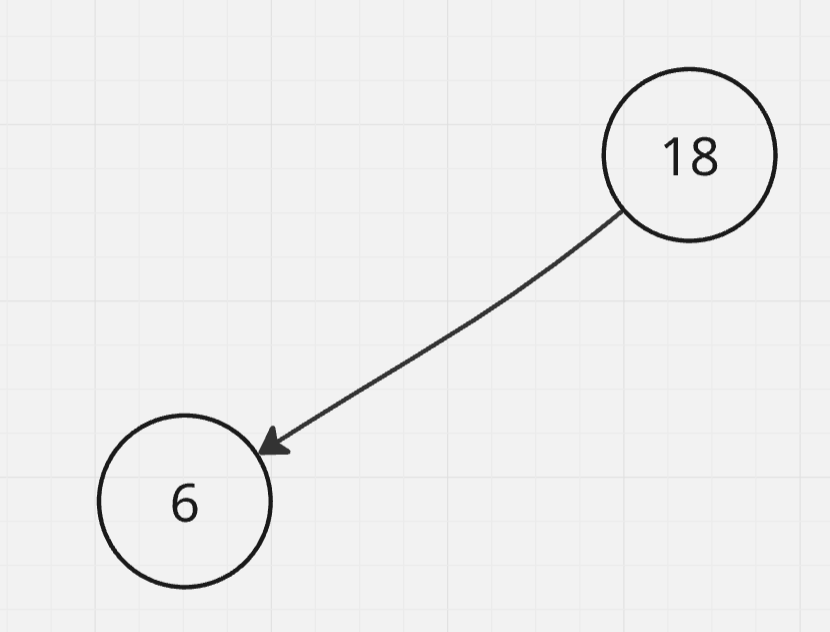


1. heapify i=1:



* + Дети: единственный A[2]=6 → 18 ≥ 6 → без изменений.

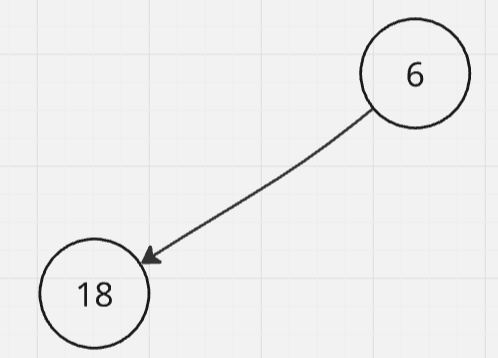
Куча (size 2):



Массив:  
[18, 6, 23, 26, 64, 70, 77, 82]

**Шаг 2.7: heap\_size = 2**

1. swap A[1]=18 ↔ A[2]=6  
   → [6, 18, 23, 26, 64, 70, 77, 82]

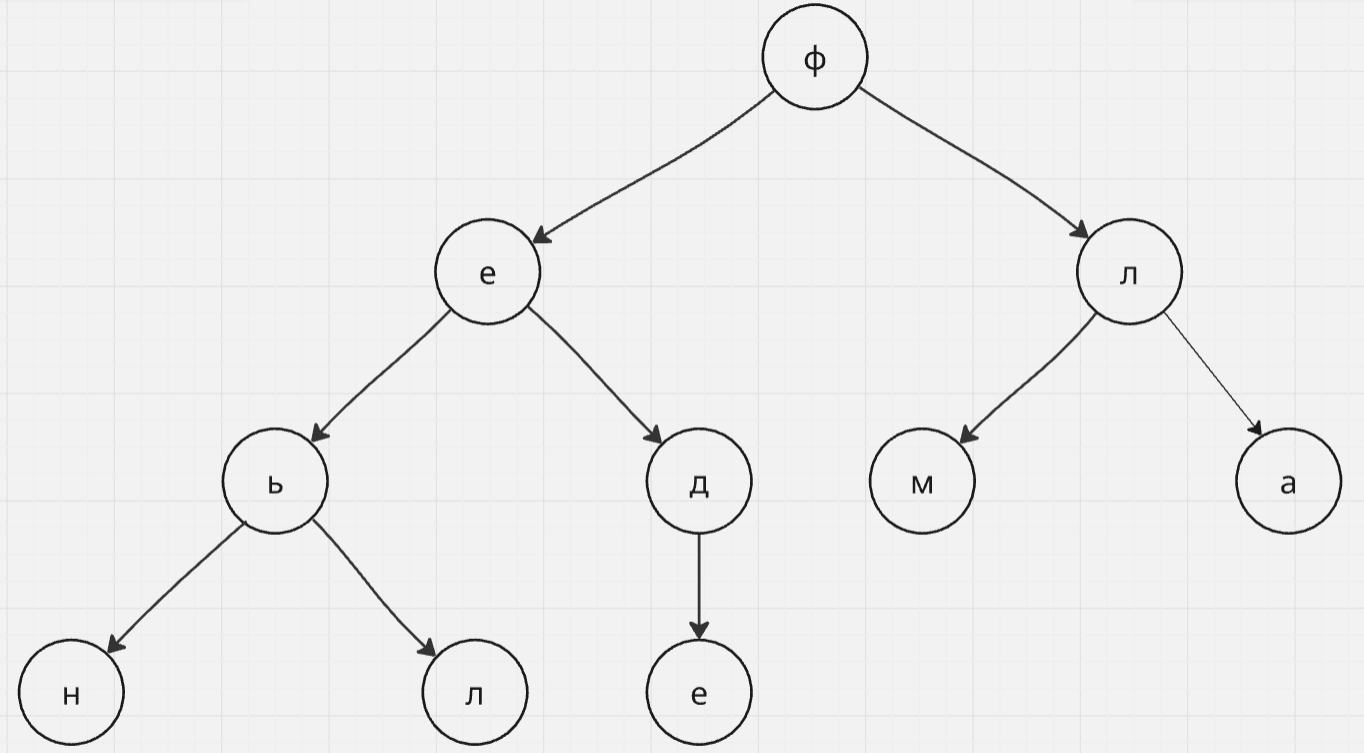
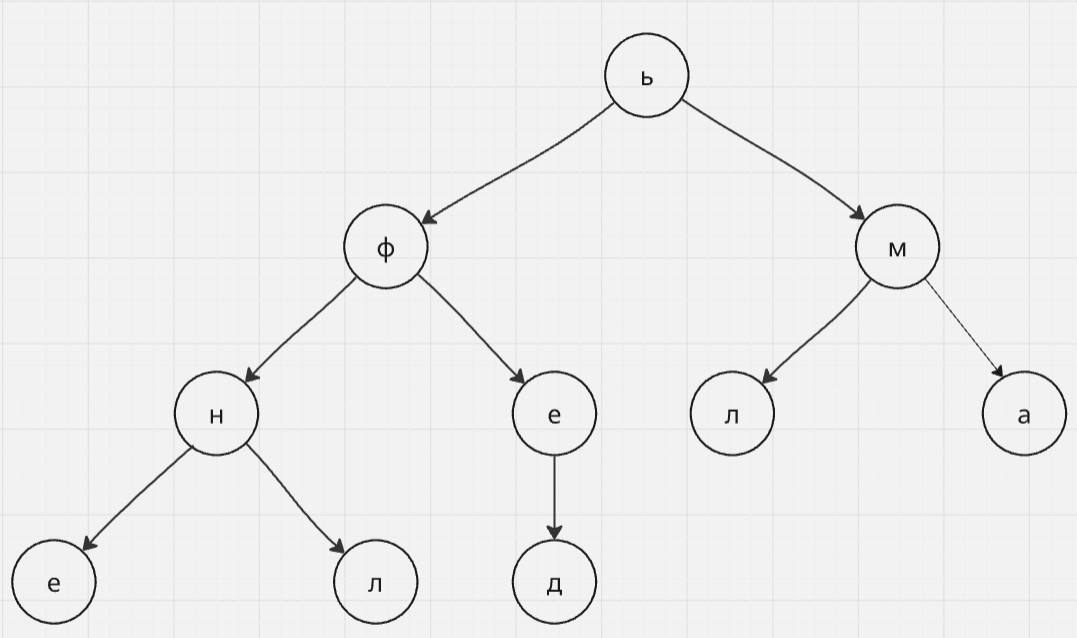
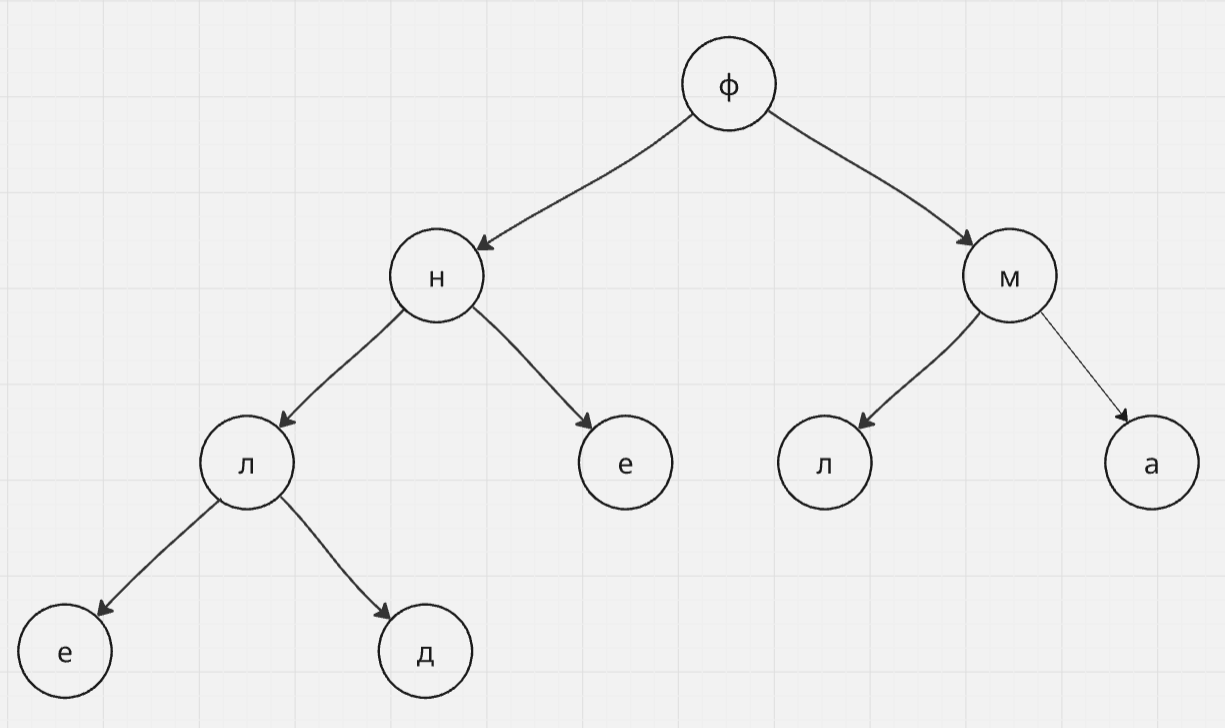


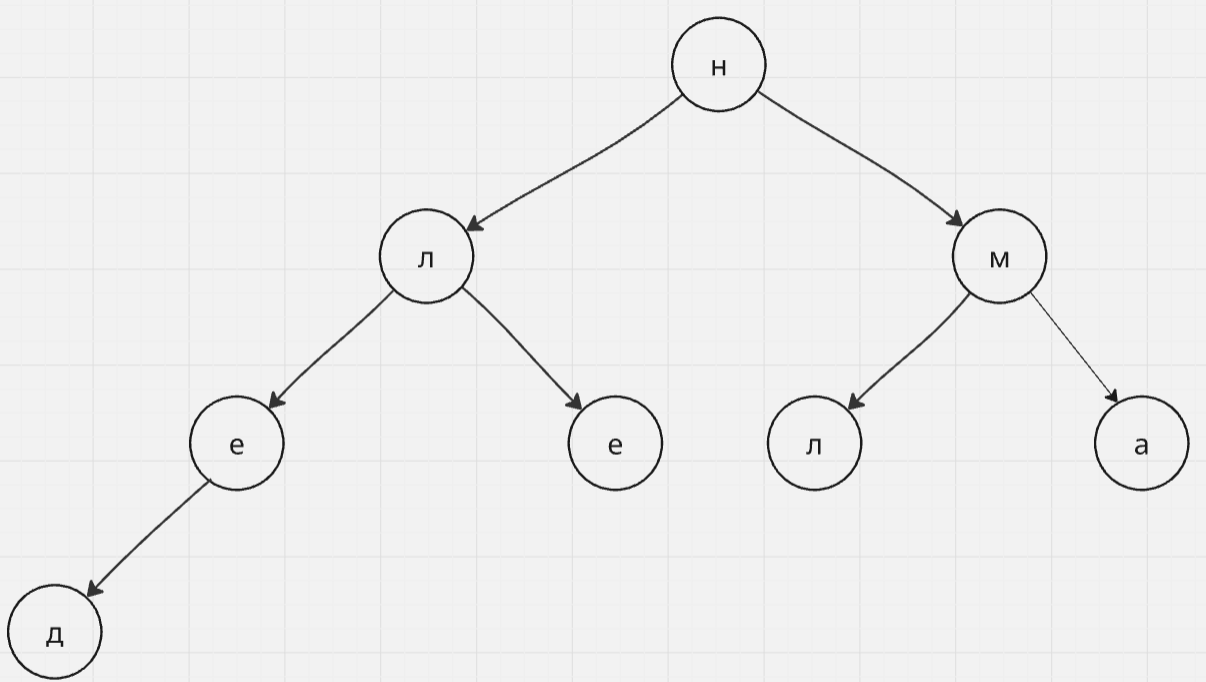
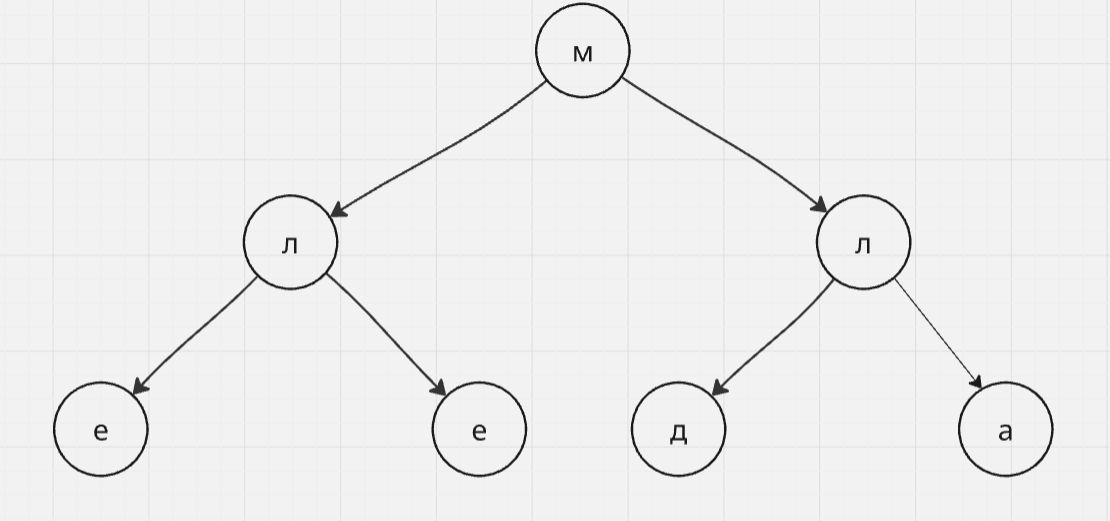
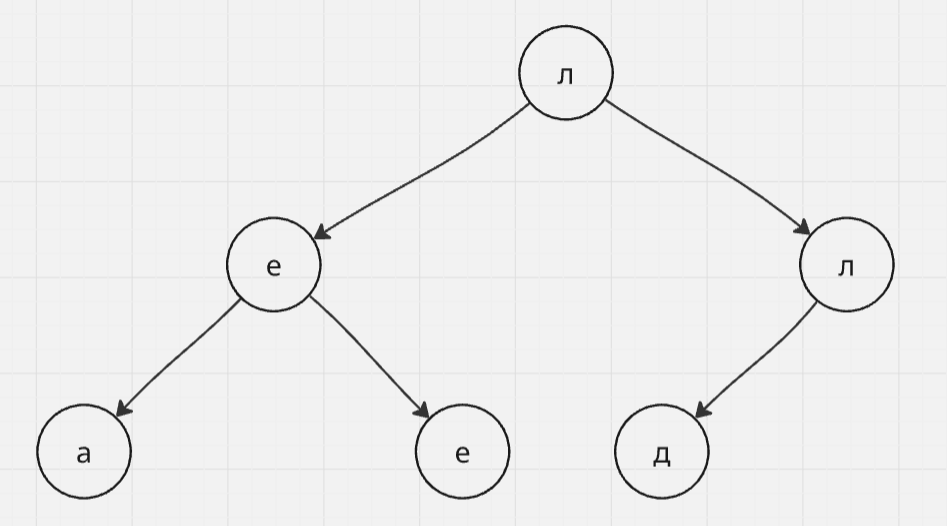
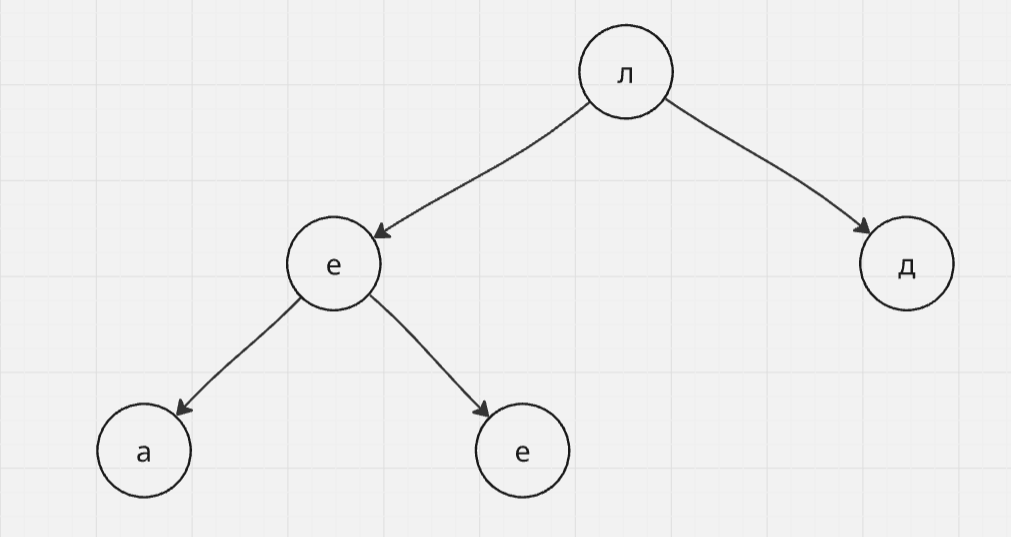
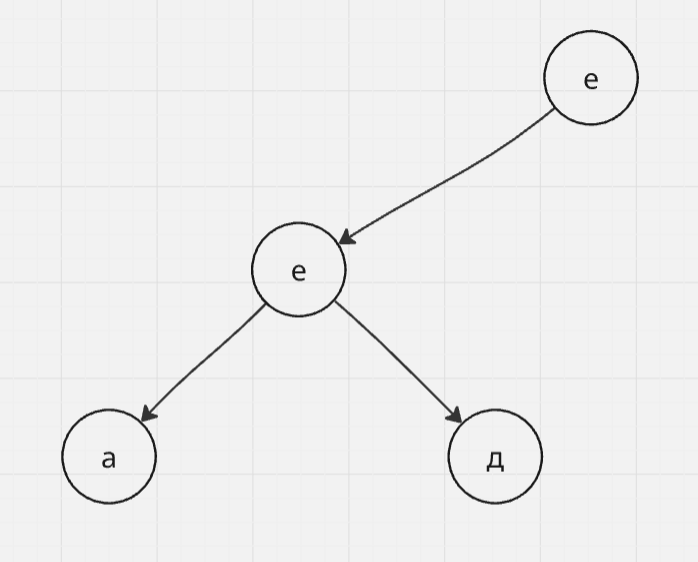
1. heap\_size→1 → сортировка закончена.

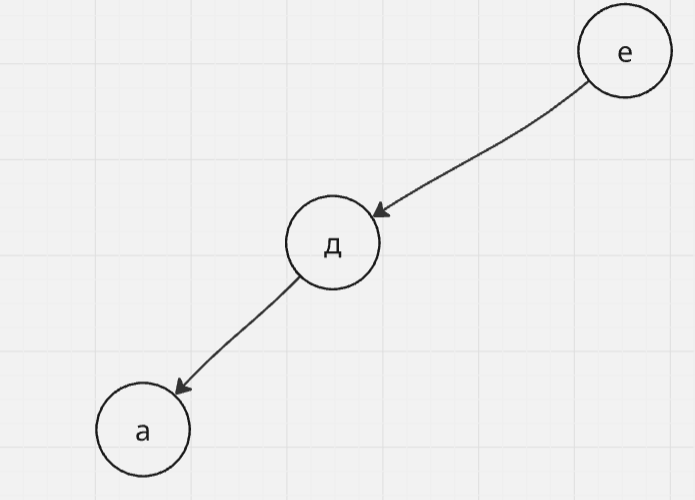
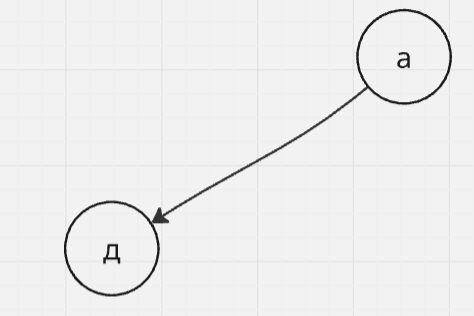
**Итог**[6, 18, 23, 26, 64, 70, 77, 82]

— ровно отсортированный по возрастанию массив.

**Для буквенного массива**

****  

Итог:  
 ['а', 'д', 'е', 'е', 'л', 'л', 'м', 'н', 'ф', 'ь']

function m = sort\_heap(m)

if nargin<1

str = 'error: Нет массива';

fprintf(2,str);

return;

end

if length(m) <2

return;

end

len = uint32(length(m));

half = bitshift(len,-1);

head = half;

while len > 1

parent = head;

element = m(parent);

while parent<=half

child = 2\*parent;

if child + 1 <= len && m(child)<m(child+1)

child = child + 1;

end

if element >= m(child)

break

end

m(parent) = m(child);

parent = child;

end

if head ~= parent

m(parent) = element;

end

if head >1

head = head - 1;

else

tmp = m(1);

m(1) = m(len);

m(len) = tmp;

len = len - 1;

half = bitshift(len,-1);

end

end

end

### Быстрая сортировка

Быстрая сортировка (Quick Sort) — это рекурсивный алгоритм «разделяй и властвуй», работающий в среднем за O(nlog(n)) времени. Его суть состоит в следующем:

1. **Выбор опорного элемента (pivot).**  
   Из массива выбирают один элемент — «опору». Популярные стратегии:
   * Первый или последний элемент;
   * Случайный элемент;
   * «Медиана трёх» (среднее из первого, среднего и последнего).
2. **Разбиение (partition).**  
   Все элементы массива перегруппировываются так, чтобы:
   * Слева от опоры оказались элементы ;
   * Справа от опоры — элементы .

После этой стадии опорный элемент встаёт на своё окончательное (правильное) место.

1. **Рекурсивная сортировка частей.**  
   Отдельно рекурсивно применяют Quick Sort к левой и правой части (подмассивам) относительно позиции опоры.
2. **Базовый случай.**  
   Если размер подмассива меньше двух, возвращаем его без изменений (одно- или пустой массив уже отсортирован).

**1. Первое разбиение (весь массив)**

* **Подмассив**: low = 0, high = 7
* **Pivot** = A[7] = 23
* Идём по j=0…6, поддерживая индекс i (начинаем i = low – 1 = –1):

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| j | A[j] | Сравнение с 23 | i | Массив после операции |
| 0 | 70 | 70 > 23 → skip | -1 | [70, 77, 82, 64, 18, 6, 26, 23] |
| 1 | 77 | 77 > 23 → skip | -1 |  |
| 2 | 82 | 82 > 23 → skip | -1 |  |
| 3 | 64 | 64 > 23 → skip | -1 |  |
| 4 | 18 | 18 ≤ 23 → i=0; swap A[0]⇆A[4] | 0 | [18, 77, 82, 64, 70, 6, 26, 23] |
| 5 | 6 | 6 ≤ 23 → i=1; swap A[1]⇆A[5] | 1 | [18, 6, 82, 64, 70, 77, 26, 23] |
| 6 | 26 | 26 > 23 → skip | 1 |  |

После цикла меняем A[i+1]=A[2] и pivot A[7]:

[18, 6, 23, 64, 70, 77, 26, 82]

Теперь 23 на своём окончательном месте (индекс 2).

Разбили на две части:

* Левый подмассив: [18, 6] (индексы 0…1)
* Правый подмассив: [64, 70, 77, 26, 82] (индексы 3…7)

2. Сортировка левой части [18, 6]

* **low = 0**, **high = 1**, **pivot = A[1] = 6**
* i = –1; j = 0: 18 > 6 → skip.
* Меняем A[i+1]=A[0] и pivot A[1]:  
  [6, 18, 23, 64, 70, 77, 26, 82]

Обе «части» тривиальны (размер < 2).

**3. Сортировка правой части [64, 70, 77, 26, 82]**

**3.1 Разбиение подмассива (индексы 3…7)**

* **pivot = 82**; все 4 элемента ≤ 82, поэтому после разбиения массив не меняется, а 82 переходит в позицию 7 (уже там).
* Две части:
  + Левый: [64, 70, 77, 26] (3…6)
  + Правый: пустой

**3.2 Сортировка [64, 70, 77, 26] (3…6)**

* **pivot = A[6] = 26**
* i = 2; j=3…5: все значения > 26 → i остаётся 2.
* Меняем A[3] и A[6]:  
  [6, 18, 23, 26, 70, 77, 64, 82]
* Две части:
  + Левый: пусто
  + Правый: [70, 77, 64] (4…6)

**3.3 Сортировка [70, 77, 64] (4…6)**

* **pivot = A[6] = 64**
* j=4,5: 70>64, 77>64 → i stays = 3.
* Меняем A[4] и A[6]:  
  [6, 18, 23, 26, 64, 77, 70, 82]
* Левый: пусто; Правый: [77, 70] (5…6)

**3.4 Сортировка [77, 70] (5…6)**

* **pivot = A[6] = 70**
* j=5: 77>70 → skip; swap A[5] и A[6]:

[6, 18, 23, 26, 64, 70, 77, 82]

**4. Результат**

Все рекурсивные вызовы завершены — получаем отсортированный массив:

[6, 18, 23, 26, 64, 70, 77, 82]

Таким образом, Quick Sort за 4 уровня рекурсии и последовательных разбиений упорядочил исходный массив.

**Быстрая сортировка бля буквенного массива**

[ ф е л ь д м а н л е ]

→ (pivot = е)  
[ е д а е ф м л н л ь ]

→ (сортировка левой части [е д а])  
[ а д е е ф м л н л ь ]

→ (pivot правой части = ь; без изменений)  
[ а д е е ф м л н л ь ]

→ (pivot в подмассиве [е ф м л н л] = л)  
[ а д е е л л ф н м ь ]

→ (pivot в подмассиве [ф н м] = м)  
[ а д е е л л м н ф ь ]

**Рекурсивная Функция**

function m = sort\_quick(m)

function partition(left,right)

if left == right

return;

end

i = left; j = left;

pivot = m(right);

while j<right

if m(j)<pivot

tmp = m(j);

m(j) = m(i);

m(i) = tmp;

i = i + 1;

end

j = j + 1;

end

m(right) = m(i);

m(i) = pivot;

if (i-left<right-i)

if(i-left>1), partition(left,i-1);end

if(right-i>1), partition(i+1,right);end

else

if(right-i>1), partition(i+1,right);end

if(i-left>1), partition(left,i-1);end

end

end

partition(1,length(m));

end

**>> quick\_sort([70 77 82 64 18 6 26 23])**

**ans =**

**6 18 23 26 64 70 77 82**

**>> unicodeToLetters(quick\_sort(lettersToUnicode(['фельдманле'])))**

**ans =**

**'адееллмнфь'**

function y = quick\_sort\_iter(x)

% y = QUICK\_SORT\_ITER(x) возвращает отсортированный по возрастанию вектор y,

% содержащий те же элементы, что и входной вектор x, без рекурсивных вызовов.

y = x; % Рабочая копия массива

n = length(y); % Размер массива

if n < 2 return % Если элементов меньше 2, сразу выходим

end

% Стек для хранения поддиапазонов [left, right]

stack = zeros(n, 2);

top = 0; % Указатель на вершину стека

% Инициализируем стек полным диапазоном

top = top + 1;

stack(top, :) = [1, n];

% Пока есть диапазоны для обработки

while top > 0

% Извлекаем границы текущего подмассива

range = stack(top, :);

top = top - 1;

left = range(1);

right = range(2);

if left < right

% Выбираем опорный элемент: здесь — последний в поддиапазоне

pivot = y(right);

i = left - 1;

% Перестановка элементов: < pivot влево, >= pivot — вправо

for j = left:right-1

if y(j) < pivot

i = i + 1;

% Обмен y(i) и y(j)

tmp = y(i);

y(i) = y(j);

y(j) = tmp;

end

end

% Поместить pivot на своё место (между «меньшими» и «большими»)

pivotPos = i + 1;

y(right) = y(pivotPos);

y(pivotPos) = pivot;

% Добавляем в стек два новых поддиапазона, которые нужно отсортировать

% (можно добавлять в любом порядке, здесь — сначала левый, потом правый)

% Правый поддиапазон: элементы после pivot

top = top + 1;

stack(top, :) = [pivotPos + 1, right];

% Левый поддиапазон: элементы до pivot

top = top + 1;

stack(top, :) = [left, pivotPos - 1];

end

end

end

**>> quick\_sort\_iter([70 77 82 64 18 6 26 23])**

**ans =**

**6 18 23 26 64 70 77 82**

**>> unicodeToLetters(quick\_sort\_iter(lettersToUnicode(['фельдманле'])))**

**ans =**

**'адееллмнфь'**

### Сортировка слиянием

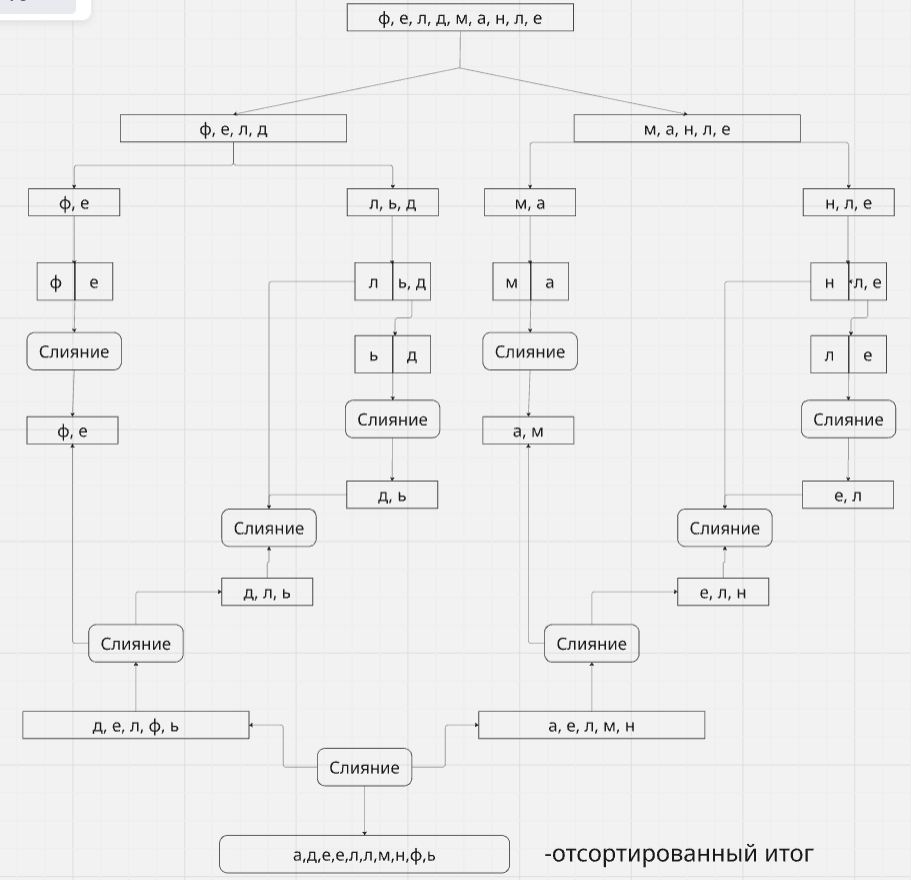
Это классический алгоритм «разделяй и властвуй» с асимптотикой O(n\*log(n)). Основная идея:

1. **Разбиение (Divide).** Рекурсивно делим массив пополам, пока не дойдём до «массивов» длины 1.
2. **Слияние (Conquer).** Два уже отсортированных подмассива сливаем в один отсортированный, сравнивая первые (или минимальные) элементы обоих и последовательно формируя новый упорядоченный массив.
3. Повторяем слияние «снизу вверх» по рекурсивному дереву до исходного массива.

Пример 1.

[70 77 82 64 18 6 26 23]

1. Первый уровень разбиения  
   [70 77 82 64] [18 6 26 23]
2. **Второй уровень разбиения**[70 77] [82 64] [18 6] [26 23]
3. **Третий уровень (до единичных массивов)**[70] [77] [82] [64] [18] [6] [26] [23]
4. **Слияние единичных массивов**



function y = MergeSort(x)

n = length(x);

if(n > 2)

% Return Condition

y=x;

return;

end

n\_2 = int32(n/2);

x1=MergeSort(x(1:n\_2));

x2=MergeSort(x(n\_2+1:n));

n1 = length(x1);

n2 = length(x2);

count\_x1 = 1;

count\_x2 = 1;

y = [];

while(count\_x1 <= n1)

if(count\_x2 > n2)

y = [y x1(count\_x1)];

count\_x1 = count\_x1+1;

continue;

end

if(x1(count\_x1) < x2(count\_x2))

y = [y x1(count\_x1)];

count\_x1 = count\_x1+1;

else

y = [y x2(count\_x2)];

count\_x2 = count\_x2+1;

end

end

for j=count\_x2:n2

y = [y x2(j)];

end

end

## Анализ времени выполнения алгоритмов сортировки:

### Оценка сложности алгоритмов:

Временная сложность **определяет время выполнения алгоритма. Для оценки, как правило, используется Big O Notation, согласно которой формулировка «сложность алгоритма есть** O ( f( n ) )**» означает, что с увеличением параметра n, характеризующего количество входной информации алгоритма, время работы алгоритма будет возрастать не быстрее, чем** f( n )**, умноженная на некоторую константу:**

* O(n) **— линейная сложность, количество операций увеличивается пропорционально размеру входных данных.**
* O(n2) **— квадратичная сложность, количество операций возрастает квадратично.**
* O(n\*log(n)) **— логарифмическая сложность, оптимальное время для большинства сортировок, включая Quick Sort и Merge Sort.**

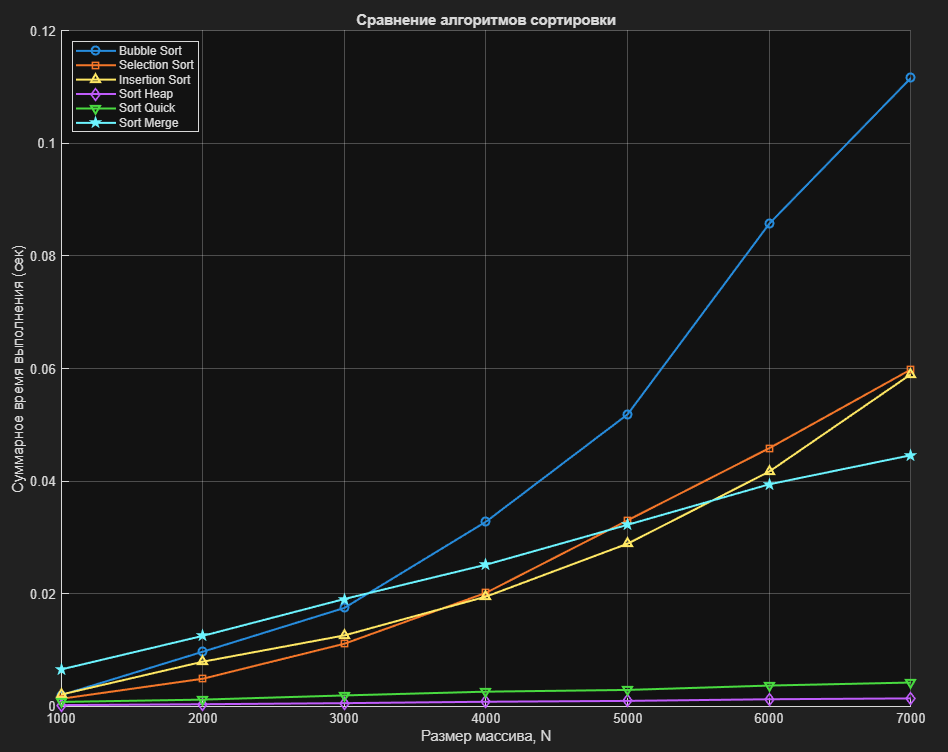
***Пространственная сложность* определяет, сколько дополнительной памяти требует алгоритм помимо самого массива.**

Исходные данные определения временной сложности алгоритмов:

**1000 списков (массивов) случайных целых числе в интервале от 100 000 до 1 000 000. Размерность массивов: 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 чисел, соответственно.**

Результат:

1. **суммарное время выполнения алгоритмов сортировки всех 1000 массивов.**



=== Тестирование Bubble Sort ===  
Bubble Sort | N= 1000 : Суммарное время = 0.001944 сек  
Bubble Sort | N= 2000 : Суммарное время = 0.009658 сек

Bubble Sort | N= 3000 : Суммарное время = 0.017448 сек  
Bubble Sort | N= 4000 : Суммарное время = 0.032779 сек  
Bubble Sort | N= 5000 : Суммарное время = 0.051865 сек

Bubble Sort | N= 6000 : Суммарное время = 0.085751 сек  
Bubble Sort | N= 7000 : Суммарное время = 0.111660 сек  
  
=== Тестирование Selection Sort ===  
Selection Sort | N= 1000 : Суммарное время = 0.001302 сек  
Selection Sort | N= 2000 : Суммарное время = 0.004859 сек

Selection Sort | N= 3000 : Суммарное время = 0.011083 сек  
Selection Sort | N= 4000 : Суммарное время = 0.020135 сек  
Selection Sort | N= 5000 : Суммарное время = 0.033031 сек  
Selection Sort | N= 6000 : Суммарное время = 0.045845 сек

Selection Sort | N= 7000 : Суммарное время = 0.059845 сек  
  
=== Тестирование Insertion Sort ===  
Insertion Sort | N= 1000 : Суммарное время = 0.002049 сек  
Insertion Sort | N= 2000 : Суммарное время = 0.007888 сек  
Insertion Sort | N= 3000 : Суммарное время = 0.012564 сек  
Insertion Sort | N= 4000 : Суммарное время = 0.019457 сек  
Insertion Sort | N= 5000 : Суммарное время = 0.028873 сек  
Insertion Sort | N= 6000 : Суммарное время = 0.041694 сек

Insertion Sort | N= 7000 : Суммарное время = 0.058993 сек  
  
=== Тестирование Sort Heap ===  
Sort Heap | N= 1000 : Суммарное время = 0.000179 сек  
Sort Heap | N= 2000 : Суммарное время = 0.000333 сек  
Sort Heap | N= 3000 : Суммарное время = 0.000526 сек  
Sort Heap | N= 4000 : Суммарное время = 0.000774 сек  
Sort Heap | N= 5000 : Суммарное время = 0.000927 сек  
Sort Heap | N= 6000 : Суммарное время = 0.001220 сек  
Sort Heap | N= 7000 : Суммарное время = 0.001369 сек  
  
=== Тестирование Sort Quick ===  
Sort Quick | N= 1000 : Суммарное время = 0.000744 сек  
Sort Quick | N= 2000 : Суммарное время = 0.001154 сек  
Sort Quick | N= 3000 : Суммарное время = 0.001896 сек  
Sort Quick | N= 4000 : Суммарное время = 0.002567 сек  
Sort Quick | N= 5000 : Суммарное время = 0.002876 сек  
Sort Quick | N= 6000 : Суммарное время = 0.003651 сек  
Sort Quick | N= 7000 : Суммарное время = 0.004190 сек  
  
=== Тестирование Sort Merge ===  
Sort Merge | N= 1000 : Суммарное время = 0.006507 сек  
Sort Merge | N= 2000 : Суммарное время = 0.012477 сек  
Sort Merge | N= 3000 : Суммарное время = 0.019034 сек  
Sort Merge | N= 4000 : Суммарное время = 0.025132 сек

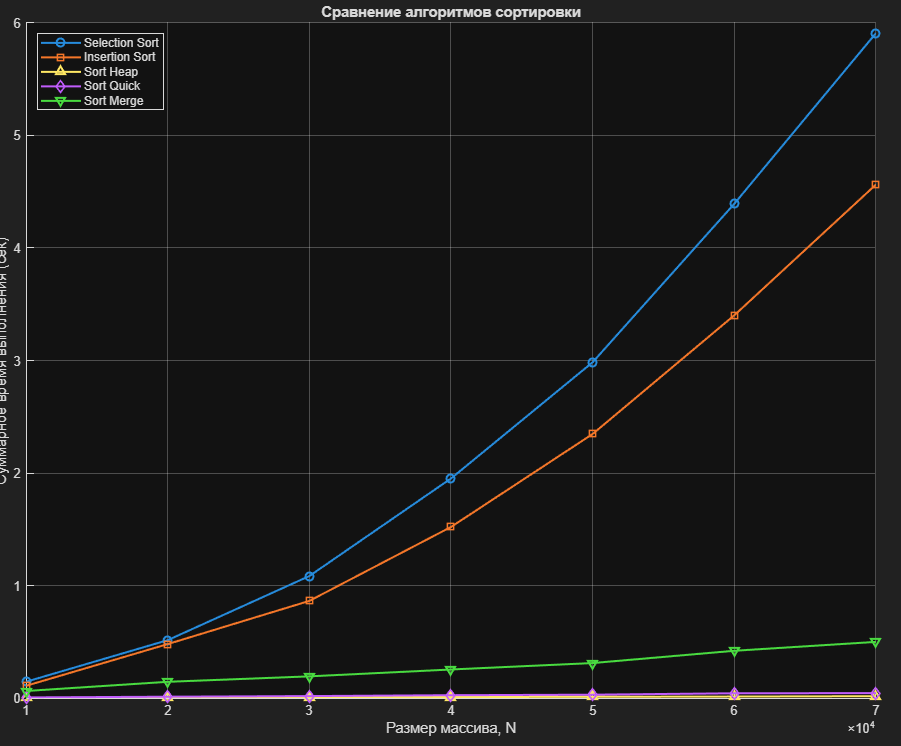
Sort Merge | N= 5000 : Суммарное время = 0.032229 сек  
Sort Merge | N= 6000 : Суммарное время = 0.039426 сек  
Sort Merge | N= 7000 : Суммарное время = 0.044597 сек  
  
Сводная таблица суммарного времён (строки — алгоритмы):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Алгоритм сортировки** | **Кол-во элементов в массиве:** | | | | | | |
| N 1000 | N 2000 | N 3000 | N 4000 | N 5000 | N 6000 | N 7000 |
| Bubble Sort | 0.001944 | 0.009658 | 0.017448 | 0.032779 | 0.051865 | 0.085751 | 0.11166 |
| Selection Sort | 0.001302 | 0.004859 | 0.011083 | 0.020135 | 0.033031 | 0.045845 | 0.059845 |
| Insertion Sort | 0.002049 | 0.007888 | 0.012564 | 0.019457 | 0.028873 | 0.041694 | 0.058993 |
| Heap Sort | 0.000179 | 0.000333 | 0.000526 | 0.000774 | 0.000927 | 0.00122 | 0.001369 |
| Quick Sort | 0.000744 | 0.001154 | 0.001896 | 0.002567 | 0.002876 | 0.003651 | 0.00419 |
| Merge Sort | 0.006507 | 0.012477 | 0.019034 | 0.025132 | 0.032229 | 0.039426 | 0.044597 |

Исходные данные определения временной сложности алгоритмов:

**Для массивов размерами 10000, 20000, 30000, 40000, 50000, 60000, 70000 случайных целых числе в интервале от 100 000 до 1 000 000.**

Результат:



=== Тестирование Selection Sort ===

Selection Sort | N=10000 : Суммарное время = 0.145250 сек

Selection Sort | N=20000 : Суммарное время = 0.514892 сек

Selection Sort | N=30000 : Суммарное время = 1.084780 сек

Selection Sort | N=40000 : Суммарное время = 1.951929 сек

Selection Sort | N=50000 : Суммарное время = 2.984838 сек

Selection Sort | N=60000 : Суммарное время = 4.393510 сек

Selection Sort | N=70000 : Суммарное время = 5.909926 сек  
  
=== Тестирование Insertion Sort ===

Insertion Sort | N=10000 : Суммарное время = 0.109098 сек

Insertion Sort | N=20000 : Суммарное время = 0.479963 сек

Insertion Sort | N=30000 : Суммарное время = 0.863848 сек

Insertion Sort | N=40000 : Суммарное время = 1.520844 сек

Insertion Sort | N=50000 : Суммарное время = 2.347440 сек

Insertion Sort | N=60000 : Суммарное время = 3.402271 сек

Insertion Sort | N=70000 : Суммарное время = 4.564208 сек  
  
=== Тестирование Sort Heap ===  
Sort Heap | N=10000 : Суммарное время = 0.002132 сек  
Sort Heap | N=20000 : Суммарное время = 0.004332 сек  
Sort Heap | N=30000 : Суммарное время = 0.006803 сек  
Sort Heap | N=40000 : Суммарное время = 0.009140 сек  
Sort Heap | N=50000 : Суммарное время = 0.011461 сек

Sort Heap | N=60000 : Суммарное время = 0.013901 сек  
Sort Heap | N=70000 : Суммарное время = 0.016908 сек  
  
=== Тестирование Sort Quick ===  
Sort Quick | N=10000 : Суммарное время = 0.006229 сек  
Sort Quick | N=20000 : Суммарное время = 0.012418 сек  
Sort Quick | N=30000 : Суммарное время = 0.018040 сек  
Sort Quick | N=40000 : Суммарное время = 0.025827 сек  
Sort Quick | N=50000 : Суммарное время = 0.030447 сек

Sort Quick | N=60000 : Суммарное время = 0.042960 сек  
Sort Quick | N=70000 : Суммарное время = 0.044424 сек  
  
=== Тестирование Sort Merge ===  
Sort Merge | N=10000 : Суммарное время = 0.063071 сек

Sort Merge | N=20000 : Суммарное время = 0.144856 сек

Sort Merge | N=30000 : Суммарное время = 0.193211 сек

Sort Merge | N=40000 : Суммарное время = 0.254212 сек

Sort Merge | N=50000 : Суммарное время = 0.311531 сек

Sort Merge | N=60000 : Суммарное время = 0.420557 сек

Sort Merge | N=70000 : Суммарное время = 0.499644 сек

Сводная таблица суммарного времён (строки — алгоритмы):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Алгоритм сортировки** | **Кол-во элементов в массиве:** | | | | | | |
| N 10000 | N 20000 | N 30000 | N 40000 | N 50000 | N 60000 | N 70000 |
| Selection Sort | 0.14525 | 0.51489 | 1.0848 | 1.9519 | 2.9848 | 4.3935 | 5.9099 |
| Insertion Sort | 0.1091 | 0.47996 | 0.86385 | 1.5208 | 2.3474 | 3.4023 | 4.5642 |
| Heap Sort | 0.002132 | 0.004332 | 0.006804 | 0.00914 | 0.011461 | 0.013901 | 0.016908 |
| Quick Sort | 0.006229 | 0.012418 | 0.01804 | 0.025827 | 0.030447 | 0.04296 | 0.044424 |
| Merge Sort | 0.063071 | 0.14486 | 0.19321 | 0.25421 | 0.31153 | 0.42056 | 0.49964 |

## Анализ Времени выполнения

% Параметры

sizes = [1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000];

maxValue = 10000;

nSizes = numel(sizes);

nRuns = 1; % число генерируемых векторов на каждый размер

% Список тестируемых функций и их имёна

funcs = {

@sort\_bubble, 'Bubble Sort';

@sort\_simple\_selec, 'Selection Sort';

@sort\_int, 'Insertion Sort';

@sort\_heap, 'Sort Heap';

@sort\_quick, 'Sort Quick';

@sort\_merge, 'Sort Merge'

};

nAlgos = size(funcs,1);

%% Шаг 1: Генерация всех случайных списков заранее

% Будем хранить их в cell‑массиве lists{si, run}

lists = cell(nSizes, nRuns);

for si = 1:nSizes

N = sizes(si);

for run = 1:nRuns

lists{si,run} = randi(maxValue, 1, N);

end

end

%% Шаг 2: Замер времени для каждой функции на тех же самых списках

sum\_times = zeros(nAlgos, nSizes);

for ai = 1:nAlgos

fHandle = funcs{ai,1};

fName = funcs{ai,2};

fprintf('\n=== Тестирование %s ===\n', fName);

for si = 1:nSizes

times = zeros(1, nRuns);

for run = 1:nRuns

A = lists{si,run}; % повторно используем заранее сгенерированный вектор

tic;

fHandle(A);

times(run) = toc;

end

sum\_times (ai,si) = sum(times);

fprintf('%-15s | N=%5d : Суммарное время = %.6f сек\n', ...

fName, sizes(si), sum\_times (ai,si));

end

end

%% Шаг 3: Итоговая таблица (опционально)

fprintf('\nСводная таблица суммарного времён (строки — алгоритмы):\n');

disp(array2table(sum\_times , ...

'VariableNames', strcat('N', string(sizes)), ...

'RowNames', funcs(:,2)));

%% Шаг 4: Построение графика

figure;

hold on;

markers = {'-o','-s','-^','-d','-v','-p'};

for ai = 1:nAlgos

plot(sizes, sum\_times (ai,:), markers{ai}, 'LineWidth', 1.5);

end

hold off;

xlabel('Размер массива, N');

ylabel('Суммарное время выполнения (сек)');

title('Сравнение алгоритмов сортировки');

legend(funcs(:,2), 'Location', 'northwest');

grid on;

## Вывод

#### 1. Быстрая сортировка (Quick Sort)

Выбирается опорный элемент (pivot), затем массив разделяется на две части: элементы меньше опорного и элементы больше. Процесс повторяется рекурсивно для каждой части.

* Преимущества: Быстрая на практике для больших массивов и имеет среднюю сложность O(n\*log(n)).
* Недостатки: Худший случай O(n^2), но его можно избежать, используя случайный выбор опорного элемента.

#### 2. Сортировка вставками (Insertion Sort)

Массив проходит поэлементно, и каждый элемент вставляется на правильное место среди уже отсортированных элементов.

* Преимущества: Простая и эффективная для небольших массивов или почти отсортированных данных. Сложность — O(n^2).
* Недостатки: неэффективна для больших массивов, так как требует много сравнений и перемещений.

#### 3. Пирамидальная сортировка (Heap Sort)

При пирамидальной сортировке массив представляется в виде двоичной кучи, и на каждом шаге извлекается наибольший элемент из кучи, перестраивая её.

* Преимущества: имеет гарантированную сложность O(n\*log(n)) и не требует дополнительной памяти, как сортировка слиянием.
* Недостатки: Меньше подходит для очень больших объемов данных из-за сложности построения кучи.

#### 4. Сортировка выбором (Selection Sort)

На каждом шаге ищется минимальный элемент и перемещается в начало массива, затем процесс повторяется для оставшейся части массива.

* Преимущества: простая реализация, но на практике используется редко. Сложность O(n^2).
* Недостатки: медленная для больших массивов, так как производит много ненужных операций.

#### 5. Сортировка пузырьком (Bubble Sort)

Массив проходит несколько раз, каждый раз перемещая наибольший элемент в конец, «всплывая» его на нужное место.

* Преимущества: подходит для обучения и демонстрации работы алгоритмов. Сложность — O(n^2).
* Недостатки: один из самых медленных алгоритмов, обычно не используется на практике для реальных задач.

#### 6. Сортировка слиянием(Merge Sort)

Массив проходит несколько раз, каждый раз перемещая наибольший элемент в конец, «всплывая» его на нужное место.

* Преимущества: для больших массивов: временная сложность O(n\*log(n)). Стабильная сортировка, сохраняющая порядок расположения равных элементов, соответствующий их порядку в исходном массиве.
* Недостатки: занимает больше памяти, так как создаются временные массивы для слияния.