МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
ФАКУЛЬТЕТ ИКСС
КАФЕДРА ПИИВТ
(СПбГУТ)

ОТЧЁТ
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Разработка программы интроспективной сортировки для чисел, считанных из файла, при помощи стека типа struct вместо массива

Руководитель,
старший преподаватель _____ Ерофеев С. А.
подпись, дата

Исполнитель,
группа ИКПИ-33 _____ Коньков М. Д.
подпись, дата

Санкт-Петербург 2024

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Данная лабораторная работа направлена на реализацию интроспективной сортировки чисел, считанных из файла, с использованием структуры данных стек типа struct. Программа состоит из следующих основных шагов:

1. **Считывание чисел из файла**: Программа открывает файл для чтения и последовательно считывает числа из него. Считанные числа помещаются в стек.
2. **Интроспективная сортировка с использованием стека**: Интроспективная сортировка является усовершенствованной версией быстрой сортировки, которая использует сортировку вставками, когда размер сортируемого массива становится малым. Основной алгоритм состоит из следующих шагов:

Если размер массива меньше определенного порога или глубина рекурсии становится слишком большой, используется сортировка вставками.

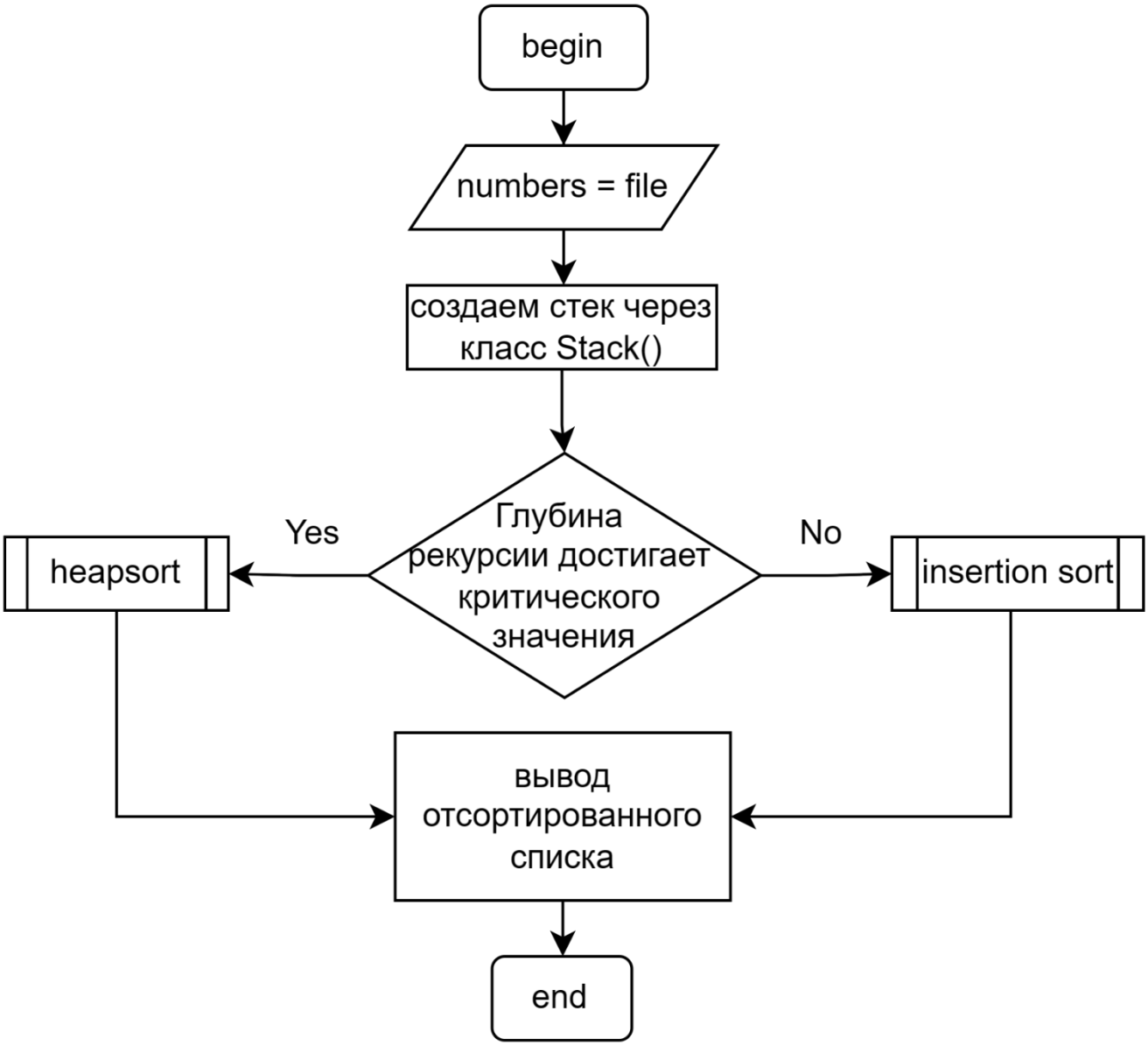
Иначе выбирается опорный элемент, разбивается массив на две части, элементы которых меньше или равны опорному, и элементы, которые больше опорного.

Рекурсивно сортируются обе части массива.

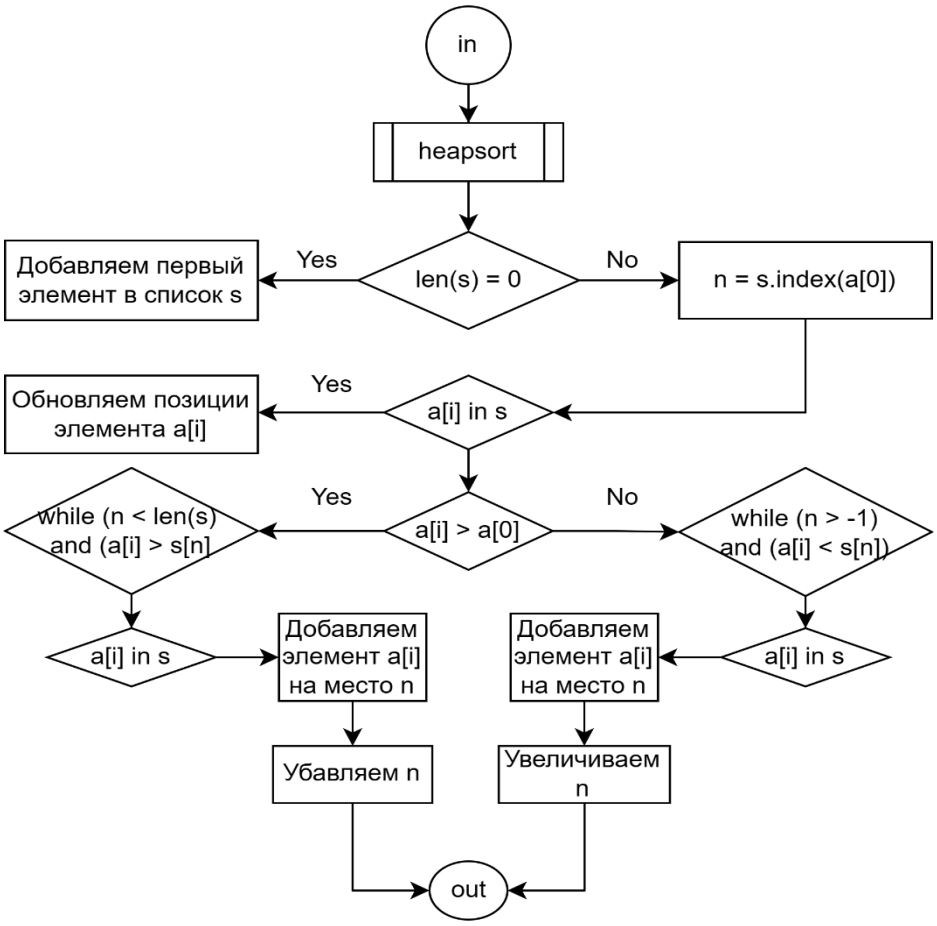
После этого массив становится почти отсортированным, и можно применить сортировку вставками, чтобы завершить сортировку.

3. **Вывод отсортированных чисел**: Отсортированные числа выводятся на экран.

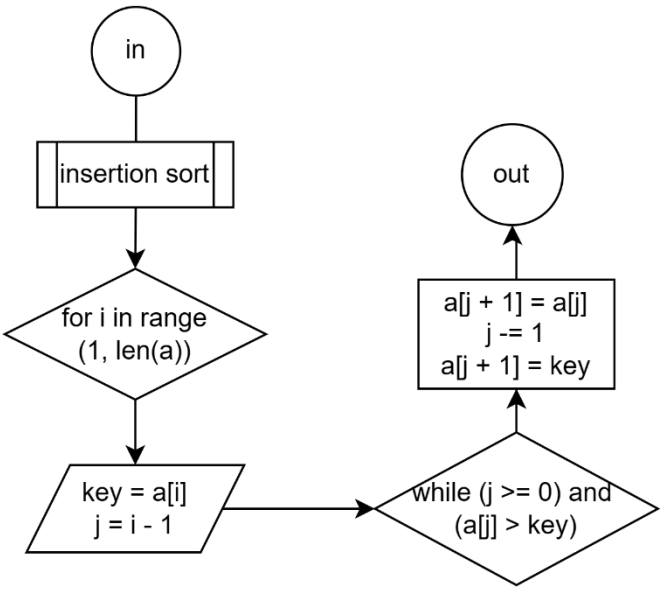
Общий алгоритм решения:



Алгоритм пирамидальной сортировки:



Алгоритм сортировки вставками:



Пирамидальная сортировка:

Пирамидальная сортировка - это эффективный алгоритм сортировки, который использует структуру данных "куча" для упорядочивания элементов. Он состоит из двух этапов: построение кучи и собственно сортировка.

Давайте рассмотрим простой массив [5, 2, 9, 1, 7, 6] и опишем шаги пирамидальной сортировки:

1. Построение кучи (Heapify):
   - Преобразуем массив в кучу. Начнем с середины массива и будем проводить процедуру просеивания вниз (heapify-down) для каждого элемента.
   - Начнем с последнего индекса, который имеет дочерние узлы (в данном случае - 2 и 3).
   - Процедура heapify-down переносит текущий элемент вниз по куче до тех пор, пока не будет удовлетворено свойство кучи (в данном случае, максимальная куча). Это означает, что дочерние элементы всегда меньше родительского.
   - После первого прохода по массиву, у нас будет корректно построенная куча.
2. Сортировка:
   - После построения кучи, самый большой элемент будет находиться в корне кучи.
   - Мы будем поочередно извлекать максимальный элемент из кучи и помещать его в конец массива.
   - Затем уменьшаем размер кучи на 1 и восстанавливаем свойство кучи, вызвав heapify-down на оставшейся части кучи (то есть на неотсортированной части массива).
   - После каждой итерации максимальный элемент будет перемещаться в конец массива.
   - Повторяем этот процесс до тех пор, пока куча не опустеет.

Процесс сортировки для нашего массива будет выглядеть следующим образом:

Исходный массив: [5, 2, 9, 1, 7, 6]

1. Построение кучи: [9, 7, 6, 1, 2, 5]
2. Сортировка:

- Извлечение максимального элемента (9) и помещение его в конец: [5, 2, 6, 1, 7, 9]
- Уменьшение размера кучи: [7, 5, 6, 1, 2]
- Переупорядочивание кучи: [7, 5, 6, 1, 2] (heapify-down)
- Извлечение максимального элемента (7) и помещение его в конец: [2, 5, 6, 1, 7]
- Уменьшение размера кучи: [6, 5, 2, 1]
- Переупорядочивание кучи: [6, 5, 2, 1] (heapify-down)
- Извлечение максимального элемента (6) и помещение его в конец: [1, 5, 2, 6]
- Уменьшение размера кучи: [5, 1, 2]
- Переупорядочивание кучи: [5, 1, 2] (heapify-down)
- Извлечение максимального элемента (5) и помещение его в конец: [1, 2, 5]
- Уменьшение размера кучи: [2, 1]
- Переупорядочивание кучи: [2, 1] (heapify-down)
- Извлечение максимального элемента (2) и помещение его в конец: [1, 2]
- Уменьшение размера кучи: [1]
- Переупорядочивание кучи: [1] (heapify-down)
- Извлечение максимального элемента (1) и помещение его в конец: [1]
- Отсортированный массив: [1, 2, 5, 6, 7, 9]

Быстрая сортировка:

Алгоритм быстрой сортировки (или quicksort) - это один из наиболее эффективных алгоритмов сортировки. Он основан на стратегии "разделяй и властвуй". Вот как он работает на примере массива:

Предположим, у вас есть массив чисел:

[7, 2, 1, 6, 8, 5, 3, 4]

1. **Выбор опорного элемента**

Выбираем опорный элемент. В данном случае, для простоты, возьмём последний элемент - 4.

2. **Разделение массива**

Проходим по массиву и перемещаем элементы так, чтобы все элементы, меньшие опорного, оказались слева от него, а все элементы, большие или равные опорному, справа от него. В нашем случае, после разделения, массив может выглядеть так:

[2, 1, 3, 4, 8, 5, 7, 6]

3. **Рекурсивная сортировка**

Теперь рекурсивно применяем быструю сортировку к двум подмассивам, левому и правому от опорного элемента. Для каждого из них повторяе шаги 1 и 2.

Для левого подмассива (меньшие элементы):

[2, 1, 3]

Выбираем опорный элемент (последний) - 3. Разделяем массив:

[1, 2, 3]

Для правого подмассива (большие элементы):

[8, 5, 7, 6]

Выбираем опорный элемент (последний) - 6. Разделяем массив:

[5, 6, 7, 8]

4. **Объединение**

После завершения рекурсии объединяем отсортированные подмассивы. Теперь весь массив отсортирован: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

Сортировка вставками:

Сортировка вставками используется , когда количество элементов небольшое . Это также может быть полезно, когда входной массив почти отсортирован и в большом массиве потеряно лишь несколько элементов.

Исходный массив: [5, 2, 9, 1, 7, 6]

Шаги алгоритма:

1. Начинаем со второго элемента (индекс 1) массива. Сравниваем его со всеми предыдущими элементами в упорядоченной части массива и перемещаемся влево, пока не найдем подходящее место для вставки.

[2, 5, 9, 1, 7, 6]

2. Следующий элемент - 9. Сравниваем его с предыдущими элементами в упорядоченной части массива и вставляем его в нужное место.

[2, 5, 9, 1, 7, 6]

3. Элемент 1 меньше всех элементов в упорядоченной части массива. Мы перемещаемся влево и вставляем его на начало упорядоченной части.

[1, 2, 5, 9, 7, 6]

4. Элемент 7 вставляется на свое место в упорядоченной части массива.

[1, 2, 5, 7, 9, 6]

5. Элемент 6 также вставляется на свое место в упорядоченной части массива.

Отсортированный массив: [1, 2, 5, 6, 7, 9]

Оценка сложности сортировок:

Быстрая сортировка (quicksort) – в худшем случае: O(n^2), но в среднем: O(n log n)

Пирамидальная сортировка (heapsort) - Всегда O(n log n) в худшем, лучшем и среднем случае. Оценка сложности производится на основе количества элементарных операций, таких как сравнения и перемещения элементов.

Сортировка вставками (insertsort) - Наихудшая (и средняя) сложность алгоритма сортировки вставками равна $O(n^2)$

Переменные и их назначение:

- class StackNode - класс, представляющий элемент стека. Содержит поле для хранения данных и ссылку на следующий элемент.
- root - Ссылка на вершину стека.
- data - Хранит числовое значение элемента стека.
- num - Переменная, используемая для считывания чисел из файла.

Диапазоны переменных:

data: Диапазон значений зависит от типа данных, используемого для хранения чисел. Обычно это целые числа, поэтому диапазон будет ограничен значением INT_MIN до INT_MAX, где INT_MIN и INT_MAX определены в модуле ‘sys’.

num: Диапазон значений также зависит от типа данных. Однако он определяется числами, считываемыми из файла.

Тестирование:

Sorted numbers: [0, 1, 1, 6, 7, 7, 7, 3, 6, 3, 2, 7, 28, 8, 17, 24, 26, 9, 8, 26, 26, 32, 53, 52, 53, 57, 73, 75, 63, 63, 73, 70, 76, 82, 84, 85, 82, 85, 96, 338, 236, 282, 387, 574, 393, 5724, 28284, 843, 534, 523, 626727] --- **[Finished in 130ms]**

Исходный файл numbers.txt: 32, 1, 2, 3, 1, 26, 24, 82, 626727, 523, 82, 17, 8, 393, 28, 236, 843, 6, 3, 7, 75, 7, 574, 73, 7, 85, 85, 6, 26, 26, 96, 0, 7, 70, 9, 84, 73, 63, 282, 28284, 63, 52, 338, 53, 8, 76, 387, 53, 57, 5724, 534

Листинг программы introsort.py (Python 3)

```
# Insertion sorting function
def insertion_sort(arr):
    for i in range(1, len(arr)):
        key = arr[i]
        j = i - 1
        while j >= 0 and arr[j] > key:
            arr[j + 1] = arr[j]
            j -= 1
        arr[j + 1] = key

# Stackelement (contains data and link to next element)
class StackNode:
    def __init__(self, data):
        self.data = data
        self.next = None

# Checking if stack is empty
def is_empty(root):
    return not root

# Adding new element in root
def push(root, data):
    stack_node = StackNode(data)
    stack_node.next = root
    root = stack_node
    return root

# Removing element from root and changing on another one
def pop(root):
    if is_empty(root):
        return None, -1
    temp = root
    root = root.next
    popped = temp.data
    return root, popped

# Quicksort partition
def partition(arr, low, high):
    pivot = arr[high]
    i = low - 1
    for j in range(low, high):
        if arr[j] <= pivot:
            i += 1
            arr[i], arr[j] = arr[j], arr[i]
    arr[i + 1], arr[high] = arr[high], arr[i + 1]
    return i + 1

# Introsort (partition)
def introsort(arr, low, high, max_depth):
    if low < high:
        if high - low + 1 <= 10:
            insertion_sort(arr[low:high+1])
        elif max_depth == 0:
            arr = heapsort(arr, low, high)
            return arr
        else:
            pivot_index = partition(arr, low, high)
            introsort(arr, low, pivot_index - 1, max_depth - 1)
```

```
            introsort(arr, pivot_index + 1, high, max_depth - 1)

# Pyramidal sorting function (heapsort)
def heapsort(arr, low, high):
    def heapify(arr, n, i):
        largest = i
        left = 2 * i + 1
        right = 2 * i + 2
        if left < n and arr[left] > arr[largest]:
            largest = left
        if right < n and arr[right] > arr[largest]:
            largest = right
        if largest != i:
            arr[i], arr[largest] = arr[largest], arr[i]
            heapify(arr, n, largest)

    n = high - low + 1
    for i in range(n // 2 - 1, -1, -1):
        heapify(arr, n, i)
    for i in range(n - 1, 0, -1):
        arr[i], arr[0] = arr[0], arr[i]
        heapify(arr, i, 0)
    return arr

# Introsort function
def introspective_sort(stack):
    arr = []
    while not is_empty(stack):
        stack, num = pop(stack)
        arr.append(num)

    introsort(arr, 0, len(arr) - 1, 2 * len(arr))
    return arr

if __name__ == "__main__":
    try:
        # Oppening file
        with open("numbers.txt", "r") as file:
            stack = None
            # Replacing numbers from file to stack
            for line in file:
                num = int(line.strip())
                stack = push(stack, num)
    except FileNotFoundError:
        print("Error while openning file.")
        exit(1)

    # Introsorting
    sorted_numbers = introspective_sort(stack)

    # Output of sorted numbers
    print("Sorted numbers:", sorted_numbers)
```

Вывод:

В ходе выполнения данной лабораторной работы был написан алгоритм интроспективной сортировки на языке Python в среде разработки Sublime Text 3. Было выяснено, что интроспективная сортировка включает в себя выполнение трёх подсортировок: быстрой (для разбиения массива на блоки), вставками (если размер массива меньше числа n = 16) и кучей (в иных случаях). Массив считывал числа из файла numbers.txt. В прорамме использовался стек типа struct. Также оценена сложность выполнения алгоритма. Функциональные задачи, поставленные перед программой, были успешно выполнены.