МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №4

по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»

Тема: Алгоритмы сортировки.

Студент гр. 9381 _____ Птичкин С. А.

Преподаватель _____ Фирсов М. А.

Санкт-Петербург

2020

Цель работы.

Изучение и реализация алгоритмов сортировки.

Задание.

Вариант 13.

Пирамидальная сортировка.

Выполнение работы.

Для применения некоторых функций были подключены заголовочные файлы iostream, string, ctype.h, fstream, sstream и algorithm.

Описание алгоритма и структуры хранения данных.

Пирамида - бинарное дерево высоты k, в котором:

- все узлы имеют глубину k или k-1 - дерево сбалансированное.
- при этом уровень k-1 полностью заполнен, а уровень k заполнен слева направо
- выполняется "свойство пирамиды": каждый элемент меньше, либо равен родителю.

Соответствие между геометрической структурой пирамиды как дерева и массивом устанавливается по следующей схеме:

- в a[0] хранится корень дерева
- левый и правый сыновья элемента a[i] хранятся, соответственно, в a[2i+1] и a[2i+2]

Алгоритм построения пирамиды:

Начать построение пирамиды можно с a[k]...a[n], k = [size/2]. Эта часть массива удовлетворяет свойству пирамиды, так как не существует индексов i,j: i

= 2i+1 (или j = 2i+2). Далее будем расширять часть массива, приведённую к пирамидальному виду, добавляя по одному элементу за шаг. Следующий элемент на каждом шаге добавления - тот, который стоит перед уже готовой частью.

Чтобы при добавлении элемента сохранялась пирамидальность, используем следующий алгоритм расширения пирамиды a[i+1]..a[n] на элемент a[i] влево:

- Рассматриваем поддеревья слева и справа - в массиве это a[2i+1] и a[2i+2] и выбираем наибольшего из них.
- Если этот элемент больше a[i] - меняем его с a[i] местами и идем к шагу 2, имея в виду новое положение a[i] в массиве. Иначе конец работы алгоритма.

Учитывая, что высота пирамиды h <= log n, downheap требует O(log n) времени.

Алгоритм сортировки:

1) Берем верхний элемент пирамиды a[0]...a[n] (первый в массиве) и меняем с последним местами. Затем уменьшаем количество рассматриваемых элементов на 1 и далее рассматриваем массив a[0]...a[n-1]. Для превращения его в пирамиду снова применяем алгоритм построения пирамиды.
2) Повторяем шаг 1, пока обрабатываемая часть массива не уменьшится до одного элемента.

Построение пирамиды занимает O(n log n) операций. Фаза сортировки занимает O(n log n) времени: O(n) раз берется максимум и происходит просеивание бывшего последнего элемента. Плюсом является стабильность метода: среднее число пересылок (n log n)/2, и отклонения от этого значения

сравнительно малы. Пирамидальная сортировка не использует дополнительной памяти. Метод не является устойчивым: по ходу работы порядок элементов может измениться случайным образом. Поведение неестественно: частичная упорядоченность массива никак не учитывается.

Основные функции.

1) Функция main. int main()

Функция не принимает никаких параметров. Данная функция предназначена для стартового диалога с пользователем. Здесь идёт выбор ввода данных, либо из консоли, либо из файла. За корректность введённых данных отвечает функция input_num. Ввод команды 1 вызывает функцию консольного ввода, команда 2 - файлового. Возвращаемые значения этих функций определяют, будет ли цикл продолжаться с возможностью ввести новые данные, либо программа завершится.

2) Функция file_input. int file_input()

Функция не принимает никаких параметров. В начале объявляются все необходимые для работы переменные, выделяется память под имя файла. Затем считывается имя файла, и файл открывается при корректном имени. Далее из файла считывается строка. После этого вызывается функция считывания массива из строки mass_from_string. Затем файл закрывается и вызывается функция data_analis, куда передаётся считанный массив и число его элементов. Функция возвращает то же значение, что и data_analis.

3) Функция console_input. int console_input()

Функция не принимает никаких параметров. В начале объявляются все необходимые для работы переменные. Затем из консоли считывается строка, куда пользователь должен ввести элементы массива через пробел. После этого вызывается функция считывания массива из строки mass_from_string. Затем

вызывается data_analis, куда передаётся считанный массив и число его элементов. Функция возвращает то же значение, что и data_analis.

4) int *mass_from_string(string &input_string, int* size_mass)

Функция принимает на вход строку и указатель на переменную, куда будет записан размер массива. Сначала проверяется что строка не пустая и что в ней только числа и пробелы. Если всё корректно, то данная строка записывается в поток myStream типа stringstream. Объявляется массив с буферным количеством элементов, при переполнении буфер увеличивается на 10, выделяется память под массив увеличенного размера, куда копируются все предыдущие элементы. Предыдущий массив очищается. Таким образом в цикле while из потоковой строки myStream считываются элементы массива, пока строка не закончится. Функция возвращает указатель на считанный массив, а также записывает количество элементов в size_mass.

5)int data_analis(int* data_mass, int count_of_elem)

Функция принимает на вход массив целых чисел и количество элементов в нём. Сначала выводится исходный порядок элементов. Затем создаются две копии массива, которые будут отсортированы пирамидальной сортировкой и библиотечной функцией sort. После этого вызывается функция heapSort, которая сортирует первую копию массива, по ходу сортировки выводятся промежуточные данные, а затем и результат. Дополнительно вызывается сортировка библиотечной функцией sort второй копии массива, результат также выводится. Затем поэлементно сравниваются массивы, для проверки их идентичности. В конце пользователь попадает в меню, где выбирает сохранить ли полученные результаты в файл, продолжить или завершить программу. При записи вызывается функция data_save, куда передаётся исходный и отсортированный массив с количеством элементов. Затем память, выделенная

под массивы очищается. Функция возвращает 1 для продолжения работы, 0 - для завершения.

6) void data_save(int* data_mass, int* sort_data_mass, int count_of_elem)

Функция принимает на вход массивы целых чисел, первый это исходный, второй уже отсортированный. Сначала пользователю предлагается назвать имя файла для записи. Затем файл открывается и в него последовательно записываются элементы первого массива, а затем и второго. Файл закрывается и функция ничего не возвращает.

7) void heapSort(int* data_mass, int n)

Основная функция, выполняющая пирамидальную сортировку. Принимает на вход массив и количество элементов в нём. Сначала вызывается вспомогательная функция heapify(), которая приводит массив к пирамидальному виду. После данного преобразования на первой позиции оказывается наибольший элемент массива, который меняется местами с минимальным, находящимся в конце массива. После каждой итерации мы учитываем на 1 элемент меньше, а после снова вызываем функцию выравнивания heapify, для уменьшенного диапазона элементов. Процедура продолжается, пока количество элементов не станет 0. Также в процессе выводятся промежуточные результаты. Функция ничего не возвращает.

8) void heapify(int* data_mass, int n, int i)

Функция предназначена для преобразования массива к пирамидальному виду. На вход подаётся массив, количество элементов и индекс узла пирамиды, относительно которого производится выравнивание. Для выравнивания в данном узле, необходимо, чтобы значение в корне было больше значений в поддеревьях. Чтобы получить индексы правого и левого поддерева в массиве необходимо вычислить значения 2*i+1 и 2*i+2. При этом идёт проверка выхода

за границу массива. Если один из элементов поддерева больше корня, они меняются местами. При этом выводятся промежуточные данные, а именно в каком узле происходит выравнивание и какие элементы меняются местами. Функция ничего не возвращает.

9) void print_mass(int* mass, int count_of_elem)

Функция печати массива на экран. Принимает на вход сам массив и количество элементов. В цикле печатает элементы массива через пробел и ничего не возвращает.

10) Функция input_num. int input_num(string message)

Функция принимает на вход сообщение, выводимое пользователю. Функция предназначена для корректного считывания числа из потока ввода. На вход принимается адрес строки с сообщением пользователю, что ему делать. Объявляется переменная для записи числа и выделяется буфер на 10 символов. Затем из cin считывается 10 символов в буфер. Далее в цикле из данного буфера считывается число функцией sscanf. Пока функция не вернёт 1 - количество верно считанных аргументов, ввод не прекратится. Когда наконец число считается, оно возвращается функцией. Память, выделенная под буфер очищается.

Тестирование.

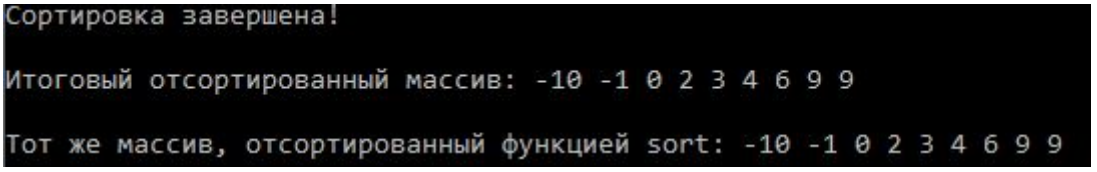
Результаты теста входных данных представлены в таблице 1.

Таблица 1- Результаты тестирования

№ Теста	Входные данные	Выходные данные
1	1 0 3 4 7 2 9 5	Исходный массив: 1 0 3 4 7 2 9 5 Отсортированный массив: 0 1 2 3 4 5 7 9
2	1 9 -5 2 0 4 -6 3	Исходный массив: 1 9 -5 2 0 4 -6 3

		Отсортированный массив: -6 -5 0 1 2 3 4 9
3	1	Исходный массив: 1 Отсортированный массив: 1
4	-1 -2	Исходный массив: -1 -2 Отсортированный массив: -2 -1
5	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	Исходный массив: 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 Отсортированный массив: 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
6	1 2 4 g r w	Входная строка некорректна!

Сравнение результатов пирамидальной сортировки и сортировки функцией sort.



Вывод.

Был изучен и реализован алгоритм пирамидальной сортировки массива целых чисел.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Файл AiSD_lab4.cpp:

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <fstream>
#include <string>
#include <ctype.h>
#include <sstream>

using namespace std;

int input_num(string message) {
	int num = 0;
	cout << message << '\n';
	char* input = new char[10];
	fgets(input, 10, stdin);
	while (sscanf_s(input, "%d", &num) != 1) {
		cout << "Ввод некорректный!\n" << message << '\n';
		fgets(input, 10, stdin);
	}
	delete[] input;
	return num;
}

void print_mass(int* mass, int count_of_elem) {//выводит текущее состояние
массива
	for (int i = 0; i < count_of_elem; i++) {
		cout << mass[i] << ' ';
	}
	cout << '\n';
}

void heapify(int* data_mass, int n, int i)
```

```
{
	int largest = i;
	// Инициализируем наибольший элемент как корень
	int l = 2 * i + 1; // левый = 2*i + 1
	int r = 2 * i + 2; // правый = 2*i + 2
	// Если левый дочерний элемент больше корня
	if ((l < n) && (data_mass[l] > data_mass[largest]))
		largest = l;
	// Если правый дочерний элемент больше, чем самый большой элемент на
данный момент
	if ((r < n) && (data_mass[r] > data_mass[largest]))
		largest = r;
	// Если самый большой элемент не корень
	if (largest != i)
	{
		if (i == 0) {
			cout << "Выравниваем элементы на позициях 1, 2, 3 ("<<
data_mass[i]<<" <-> "<< data_mass[largest] <<")\n";
		}
		else {
			cout << "Выравниваем элементы на позициях " << i + 1 << ",
" << 2 * i + 2 << ", " << 2 * i + 3 << " (" << data_mass[i] << " <-> " <<
data_mass[largest] << ")\n";;
		}
		swap(data_mass[i], data_mass[largest]);
		print_mass(data_mass, n);
		// Рекурсивно преобразуем в пирамиду затронутое поддерево
		heapify(data_mass, n, largest);
	}
}

// Основная функция, выполняющая пирамидальную сортировку
void heapSort(int* data_mass, int n)
{
	// Построение пирамиды
	cout << "\nВыравнивание пирамиды:\n\n";
```

```
	for (int i = n / 2 - 1; i >= 0; i--)
		heapify(data_mass, n, i);
	// Один за другим извлекаем элементы из пирамиды
	for (int i = n - 1; i >= 0; i--)
	{
		// Перемещаем текущий корень в конец
		swap(data_mass[0], data_mass[i]);
		cout << "Перемещаем наибольший элемент из вершины в конец
массива:\n";
		print_mass(data_mass, i+1);
		// вызываем процедуру heapify на уменьшенной пирамиде
		cout << "Уменьшаем интервал сортировки на 1:\n";
		print_mass(data_mass, i);
		if (i > 1) {
			cout << "\nВыравнивание пирамиды:\n\n";
		}
		heapify(data_mass, i, 0);
	}
	cout << "Сортировка завершена!\n";
}

void data_save(int* data_mass, int* sort_data_mass, int count_of_elem) {
	char* file_name = new char[256];
	cout << "Введите имя файла сохранения\n";
	cin >> file_name;
	getchar(); //вытаскиваем символ переноса строки из потока
	fstream output_file;
	output_file.open(file_name, fstream::out | fstream::app);//открытие
или создание файла на запись
	output_file << "Исходный массив: ";
	for (int i = 0; i < count_of_elem; i++) {
		output_file << data_mass[i] << ' ';  //записываем исходный массив
	}
	output_file << "\nОтсортированный массив: ";
	for (int i = 0; i < count_of_elem; i++) {
```

```
            output_file << sort_data_mass[i] << ' ';  //записываем
отсортированный массив
      }
      output_file << "\n\n";
      output_file.close();
}

int data_analis(int* data_mass, int count_of_elem) {
      cout <<
"----------------------------------------------------------------\nИсходн
ый массив:\n";
      string dialog_text = "\nВыберите дальнейшее действие:\n1 - сохранить
результаты в файл и продолжить\n2 - "
            "сохранить результаты в файл и выйти\n3 - продолжить без
сохранения\n4 - выйти из программы";
      int* sort_mass = new int[count_of_elem];           //создаём копии
массива, чтобы не изменять первоначальный
      int* heap_sort_mass = new int[count_of_elem];
      for (int i = 0; i < count_of_elem; i++) {
            heap_sort_mass[i] = data_mass[i];
            sort_mass[i] = data_mass[i];
            cout << data_mass[i] << ' ';
      }
      cout << "\n\nПромежуточные данные: \n";
      heapSort(heap_sort_mass, count_of_elem); //вызываем функцию
пирамидальной сортировки
      cout << "\nИтоговый отсортированный массив: ";
      print_mass(heap_sort_mass, count_of_elem);
      //вызов метода sort
      cout << "\nТот же массив, отсортированный функцией sort: ";
      sort(sort_mass, &sort_mass[count_of_elem]);
      print_mass(sort_mass, count_of_elem);
      int equal = 1;
      for (int i = 0; i < count_of_elem; i++) {
            if (sort_mass[i] != heap_sort_mass[i]) {// проверка на одинаковый
результат сортировки разными способами
```

```
                equal = 0;
                break;
            }
        }
        if (equal) {
            cout << "\nРезультаты совпадают\n";
        }
        else {
            cout << "Результаты не совпадают!\n";
        }
        cout << "\nНажмите ENTER, чтобы продолжить";
        getchar();
        while (1) {
            switch (input_num(dialog_text)) { //выбор дальнейших действий
пользователем
            case 1: data_save(data_mass, heap_sort_mass, count_of_elem);
delete data_mass; delete sort_mass; delete heap_sort_mass; return 1; break;
// вывод элементов в порядке возрастания в файл
            case 2: data_save(data_mass, heap_sort_mass, count_of_elem);
delete data_mass; delete sort_mass; delete heap_sort_mass; return 0; break;
// вывод элементов в порядке возрастания в файл и выход
            case 3: delete data_mass; delete sort_mass; delete
heap_sort_mass; return 1; break;  //продолжение работы
            case 4: delete data_mass; delete sort_mass; delete
heap_sort_mass; return 0; break;  //выход
            default: cout << "Команда не распознана!\n"; break;
            }
        }
        return 0;
}

int *mass_from_string(string &input_string, int* size_mass) {//функция
считывания массива из строки
        if (input_string.empty())
            return nullptr;
        for (int i = 0; i < input_string.size(); i++) {
```

```
            if ((!isdigit(input_string[i]))&&(input_string[i]!=' ')&&
(input_string[i] != '-')) {
                  return nullptr;
            }
      }
      stringstream myStream; // открывается строковый поток
      myStream << input_string; // в него записывается введённая строка
      int count_of_elem = 0;
      int buff = 10;
      int* rezerv_data_mass;
      int* data_mass = new int[buff];
      while (myStream >> data_mass[count_of_elem]) { //считываем из строки
элементы массива
            count_of_elem++;
            if (count_of_elem == buff) {//проверка на заполнение буффера
                  buff += 10;
                  rezerv_data_mass = new int[buff];
                  for (int i = 0; i<buff - 10; i++) {
                        rezerv_data_mass[i] = data_mass[i];
                  }
                  delete[] data_mass;
                  data_mass = rezerv_data_mass;
                  rezerv_data_mass = nullptr;
            }
      }
      if (count_of_elem == 0) {
            delete data_mass;
            return nullptr;
      }
      *size_mass = count_of_elem; //записываем количество элементов
      return data_mass;
}

int console_input() {
      cout << "Введите элементы массива\n";
      string input_str;
```

```
	getline(cin, input_str, '\n'); //считываем строку из консоли
	int count_of_elem = 0;
	int* data_mass = mass_from_string(input_str, &count_of_elem);
//вызываем функцию получения массива из строки
	if (data_mass == nullptr) {
		cout << "Входная строка некорректна!";
		return 1;
	}
	if (data_analis(data_mass, count_of_elem)) {//вызов функции анализа
данных
		return 1;
	}
	return 0;
}

int file_input() {
	int correct_file_name_flag = 0;  //флаг корректного имени файла ввода
	fstream file_input;
	char* file_name = new char[256];
	while (!correct_file_name_flag) {//цикл до ввода корректного имени
файла
		cout << "Введите имя файла\n\n";
		cin >> file_name;
		file_input.open(file_name, fstream::in);//открывается файл ввода
		if (file_input.is_open()) {
			correct_file_name_flag = 1;
		}
		else {
			cout << "\nФайла с таким именем не найдено!\n";
			memset(file_name, '\0', 256);
		}
	}
	getchar();//убираем символ переноса строки из потока ввода
	delete[] file_name;
	string input_str;
	getline(file_input, input_str, '\n');
```

```
	int count_of_elem = 0;
	int* data_mass = mass_from_string(input_str, &count_of_elem);
	if (data_mass == nullptr) {
		cout << "Входная строка некорректна!";
		return 1;
	}
	if (data_analis(data_mass, count_of_elem)) {//вызов функции анализа данных
		return 1;
	}
	return 0;
}

int main()
{
	setlocale(LC_ALL, "rus");
	string start_dialog = "\nВыберите способ ввода данных:\n1 - Ввод с консоли\n2 - Ввод из файла\n3 - Выйти из программы";
	while (1) {
		switch (input_num(start_dialog)) {
		case 1:
			cout << "Выбран ввод с консоли\n\n";
			if (!console_input()) {
				system("pause");
				return 0;
			}
			break;
		case 2:
			cout << "Выбран ввод из файла\n\n";
			if (!file_input()) {
				system("pause");
				return 0;
			}
			break;
		case 3:
			cout << "Выход из программы\n";
```

```
                system("pause");
                return 0;
                break;
            default:
                cout << "Ответ некорректный!\n\n";
            }
        }
}
```