ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

Отчёт по лабораторной работе № 4

«Поиск подмассивов размера K в массиве размера N, сумма элементов которых равна нулю»

Выполнил работу

Воробьев Егор

Академическая группа J3113

Принято

Ассистент, Дунаев Максим

Санкт-Петербург

2024

1. Введение

Цель: Найти подмассивы размера 5, в которых сумма элементов равна нулю.

Задачи:

1) Написать комбинаторный код за O(N^5)

2) Протестировать и сравнить работу кода на различных размерах массива

2. Теоретическая подготовка

Для написания комбинаторного кода воспользуемся вложенными циклами. Чтобы сложность алгоритма была O(N^5), используем 5 циклов, вложенных друг в друга (кроме первого).

Типы данных:

1) std::vector – для реализации основого массива, в котором будем находить подмассивы;
2) std::string – для считывания входных данных из файла поэлементно.

Заголовочные файлы:

1) <vector> - для использования типа данных std::vector;
2) <string> - для использования типа данных std::string;
3) <fstream> - для считывания входных данных из файла;
4) <iostream> - для вывода подмассивов;
5) <chrono> - для измерения времени выполнения алгоритма.

3. Реализация

1) Считывание входных данных из файла “dataset.txt” с помощью функции getline, которая на каждой итерации цикла while записывает элементы в переменную element типа std::string до знака “;”, и массива array типа std::vector, в который на каждой итерации добавляется ранее полученный элемент, конвертированный из типа std::string в тип int с помощью функции stoi. Цикл while работает до тех пор, пока функция getline может считывать данные.

```cpp
std::ifstream data_set("dataset.txt");

std::string element; // 32 байта
std::vector<int> array; // 24 байта

while (getline(data_set, element, ';')) {
    array.push_back(stoi(element));
} //+4*n байт в vector, где n - количество элементов в нем
```

2) Основной частью кода является функция find_zero_subarrays, принимающая на вход указазатель на массив, в котором необходимо найти подмассивы длины 5. Решение заключается в полном переборе всех возможных наборов из 5 чисел. Для этого используется 5 циклов, в каждом вложенном цикле начальная переменная-счетчик увеличивается на 1 по сравнению с прошлым циклом, это сделано для того, чтобы не рассматривать одни и те же элементы. Также в каждом цикле конечное значение переменной-счетчика увеличивается на 1, начиная с array_size-4, это необходимо для того, чтобы не выйти за пределы массива. После итераций каждого цикла имеем 5 индексов элементов массива, вычисляем их сумму, если она равна 0, то выводим найденный подмассив.

```cpp
void find_zero_subarrays(std::vector<int>& array) {
    unsigned short array_size = array.size();
    //Сложность цикла O(N^5)
    for (unsigned short k1 = 0; k1 < array_size-4; k1++) {
        for (unsigned short k2 = k1+1; k2 < array_size-3; k2++) {
            for (unsigned short k3 = k2+1; k3 < array_size-2; k3++) {
                for (unsigned short k4 = k3+1; k4 < array_size-1; k4++) {
                    for (unsigned short k5 = k4+1; k5 < array_size; k5++) {
                        if ((array[k1] + array[k2] + array[k3] + array[k4] + array[k5]) == 0) {
                            std::cout << "[" << k1 << ", " << k2 << ", " << k3 << ", " << k4 << ", " << k5 << "]\n";
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

3) Далее измеряем время выполнения функции, рассмотренной в прошлом пункте. Перед вызовом функции фиксируем стартовое время с помощью функции std::chrono::high_resolution_clock::now, которая возвращает текущее время. Затем вызываем функцию

find_zero_subarrays и после ее выполнения еще раз фиксируем время. Теперь вычисляем само время выполнения в микросекундах и выводим его.

```
auto start = std::chrono::high_resolution_clock::now();

find_zero_subarrays(array);

auto stop = std::chrono::high_resolution_clock::now();
auto duration = std::chrono::duration_cast < std::chrono::microseconds > (stop - start
data_set.close();

std::cout << duration.count() << " microseconds";
```

4. Экспериментальная часть

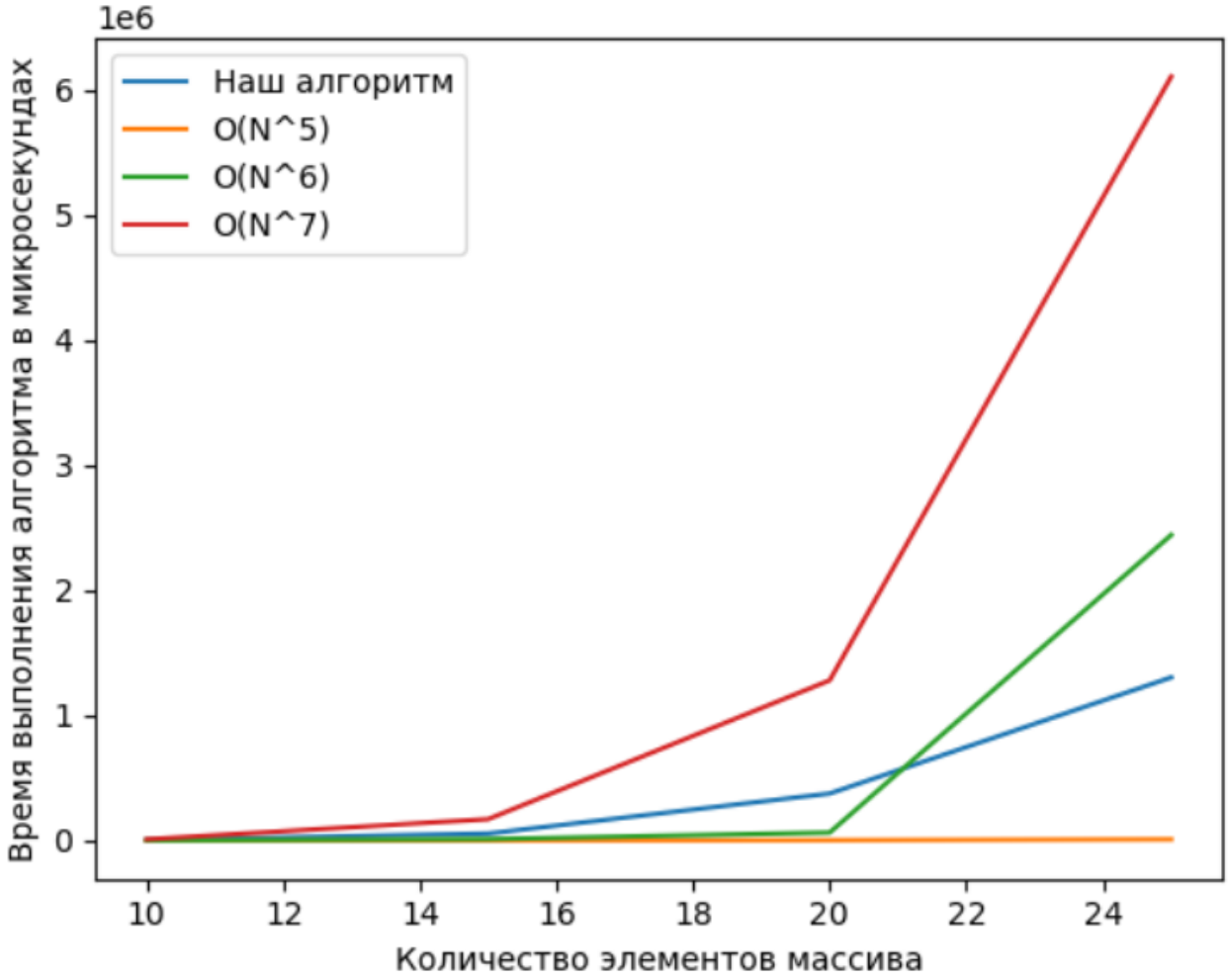
Теоретически, сложность алгоритма ≈ O(N^5).

Для определения эффективности алгоритма, было измерено его время выполнения на разных размерах массива. Собранная статистика отображена в таблице №1.

Таблица №1 – Время выполнения алгоритма при различных размерах массива

	Размер массива 10	Размер массива 15	Размер массива 20	Размер массива 25
Попытка №1	3550	45368	336381	1075877
Попытка №2	3693	48291	376242	1208896
Попытка №3	3899	83409	411375	1096039
Попытка №4	4280	56450	369069	1178468
Попытка №5	5635	44923	384835	1957319
Среднее	4211.4	55688.2	375580.4	1303319.8
O(N^5)	100	759.4	3200	9765.6
O(N^6)	1000	11390.6	64000	2441140.6
O(N^7)	10000	170859.4	1280000	6103515.6

Ниже предоставлен график, визуализирующий данные из таблицы №1.



Изображение №1 – График зависимости времени выполенения алгоритма от размера массива и нотаций, близких к нашей (время выбрано среднее)

Как видно из графика, сложность алгоритма точно больше O(N^5), в некоторый момент больше и O(N^6), но при N > 21 график O(N^6) возрастает сильнее, чем наш алгоритм. Поэтому, на самом деле, ситуация следующая: O(N^5) < сложность алгоритма < O(N^6). Полученный результат можно объяснить частым выводом std::cout и проверкой условия на нулевую сумму. Эти действия так же занимают определенное время, из-за чего сложность получилась больше ожидаемой.

5. Заключение

В ходе выполнения работы мною был реализован алгоритм поиска подмассивов длины 5, сумма которых равна 0. Цель работы была достигнута путём тестирования алгоритма на разных входных данных. Полученные результаты примерно равны теоретическим оценкам сложности алгоритма.

6. Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Полный код алгоритма

```cpp
#include <iostream>
#include <vector>
#include <string>
#include <fstream>
#include <chrono>

void find_zero_subarrays(std::vector<int>& array) {
    unsigned short array_size = array.size();
    //Сложность цикла O(N^5)
    for (unsigned short k1 = 0; k1 < array_size-4; k1++) {
        for (unsigned short k2 = k1+1; k2 < array_size-3; k2++) {
            for (unsigned short k3 = k2+1; k3 < array_size-2; k3++) {
                for (unsigned short k4 = k3+1; k4 < array_size-1; k4++) {
                    for (unsigned short k5 = k4+1; k5 < array_size; k5++) {
                        if ((array[k1] + array[k2] + array[k3] + array[k4] + array[k5]) == 0) {
                            std::cout << "[" << k1 << ", " << k2 << ", " << k3 << ", " << k4 << ", " << k5 << "]\n";
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

int main() {
    std::ifstream data_set("dataset.txt");

    std::string element; // 32 байта
    std::vector<int> array; // 24 байта

    while (getline(data_set, element, ';')) {
        array.push_back(stoi(element));
    } //+4*n байт в vector, где n - количество элементов в нем

    auto start = std::chrono::high_resolution_clock::now();

    find_zero_subarrays(array);

    auto stop = std::chrono::high_resolution_clock::now();
    auto duration = std::chrono::duration_cast <std::chrono::microseconds>(stop - start);
    data_set.close();

    std::cout << duration.count() << " microseconds";
}
```