

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

**КУРСОВАЯ РАБОТА**  
**по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»**  
**Тема: Исследование хэш-таблицы с цепочками**

Студент гр. 9303

\_\_\_\_\_

Павлов Д.Р.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Филатов А.Ю

Санкт-Петербург

2020

## **ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

Студент Павлов Д.Р.

Группа 9303

Тема работы: исследование хеш-таблицы с цепочками

Исходные данные:

Написать программу для создания структур данных, обработки и генерации входных данных, использовать их для измерения количественных характеристик хеш-таблицы с цепочками, сравнить экспериментальные результаты с теоретическими.

Содержание пояснительной записки: «Содержание», «Введение», «Описание структур данных», «Описание алгоритма», «Тестирование», «Исследование», «Исходный код», «Заключение», «Использованные источники»

Предполагаемый объем пояснительной записки:

Не менее 10 страниц.

Дата выдачи задания: 6.11.2020

Дата сдачи реферата: 25.12.2020

Дата защиты реферата: 25.12.2020

Студент

\_\_\_\_\_

Павлов Д.Р.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Филатов А.Ю.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной работе была создана программа на языке программирования C++ для генерации, обработки данных и вывода результатов: экспериментальных характеристик хеш-таблицы с цепочками. Результаты были проанализированы и приведены в данном отчёте.

## **SUMMARY**

In this work, a program was created in the C ++ programming language for generating, processing data, and outputting results: experimental characteristics of a hash table with chains. The results were analyzed and presented in this report.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1.	Описание структур данных	5
2.	Описание алгоритмов	6
2.1.	Операции удаления, добавления элемента:	6
2.2.	Генерация входных и получение выходных данных	6
3.	Описание классов	7
3.1.	HashTable	7
4.	Тестирование	7
5.	Исследование	8
	Заключение	10
	Список использованных источников	11
	Приложение А. Исходный код программы	12

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данной курсовой работе реализована структура данных “словарь” на основе хеш-таблицы с цепочечным методом разрешения коллизий, ключом является строка и для получения его хеш-значения используется метод хеширования путём взятия остатка.

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Реализация и экспериментальное машинное исследование алгоритма вставки в хеш-таблицу с цепочками.

## **1. ОПИСАНИЕ СТРУКТУР ДАННЫХ**

Хеш-таблица - это структура данных, реализующая интерфейс ассоциативного массива, а именно, она позволяет хранить пары (ключ, значение) и выполнять три операции: операцию добавления новой пары, операцию поиска и операцию удаления пары по ключу.

Хеш-таблица содержит некоторый массив, элементы которого списки пар (хеш-таблица с цепочками).

Пример хеш-таблицы с цепочками приведён на рис. 1.

Выполнение операции в хеш-таблице начинается с вычисления хеш-функции от ключа. Получающееся хеш-значение играет роль индекса в массиве. Затем выполняемая операция (добавление, удаление или поиск) перенаправляется объекту, который хранится в соответствующей ячейке.

Ситуация, когда для различных ключей получается одно и то же хеш-значение, называется коллизией. Механизм разрешения коллизий — важная составляющая любой хеш-таблицы.

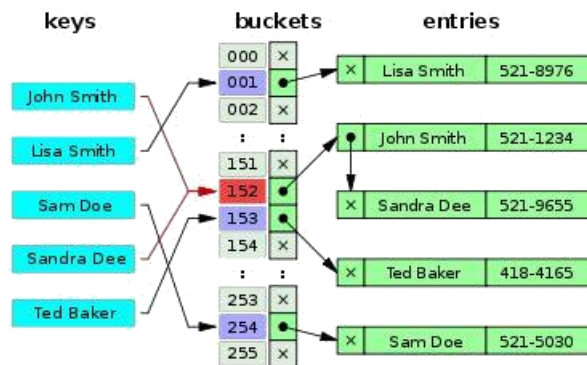


Рисунок 1. Хеш-таблица с цепочками.

## 2. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ

### 2.1. Операции удаления, добавления элемента:

Вставка элемента в хеш-таблицу происходит путём вычисления хеш-значения ключа и последующего добавления элемента в конец списка, находящегося в ячейке массива с номером равным хеш-значению.

При удалении элемента сначала осуществляется поиск элемента в хеш-таблице как описано выше, и, в случае, если элемент найден, происходит его удаление из списка, находящегося в ячейке массива с номером равным хеш-значению ключа.

### 2.2. Генерация входных и получение выходных данных

Данные генерируются с увеличением числа элементов на степень двойки начиная с 512 семь раз. С помощью стандартной 32 разрядной версии вихря Мерсенна – средние случаи и по формуле  $(k + 1) * 2^i$ , при этом  $2^i$  должно быть больше генерируемого количества элементов, - худшие случаи. Худшим является случай, когда все элементы добавляются в список, находящийся в одной и той же ячейке массива. Для анализа используется среднее время вставки элемента. Среднее время выводится в секундах.

### 3. ОПИСАНИЕ КЛАССОВ

#### 3.1 HashTable

```
int getHash(int key) const;
```

Вычисляет хеш ключа методом взятия остатка от деления.

```
void insertElement(int key);
```

Вставляет элемент в хеш-таблицу.

```
void removeElement(const long long int & key);
```

Удаляет элемент по ключу.

### 4. ТЕСТИРОВАНИЕ

Результат запуска программы:

```
Elements - 512 Average case insertion - 0.000001 sec
```

```
Operation Counts - 1
```

```
Elements - 512 Bad case insertion - 0.000006 sec Average
```

```
operation counts - 256
```

```
Elements - 1024 Average case insertion - 0.000001 sec Average
```

```
Operation Counts - 1
```

```
Elements - 1024 Bad case insertion - 0.000010 sec Average
```

```
operation counts - 512
```

```
Elements - 2048 Average case insertion - 0.000001 sec Average
```

```
Operation Counts - 1
```

```
Elements - 2048 Bad case insertion - 0.000019 sec Average
```

```
operation counts - 1024
```

```
Elements - 4096 Average case insertion - 0.000001 sec Average
```

```
Operation Counts - 1
```

```
Elements - 4096 Bad case insertion - 0.000040 sec Average
```

```
operation counts - 2048
```

```
Elements - 8192 Average case insertion - 0.000001 sec Average
```

```
Operation Counts - 1
```

```
Elements - 8192 Bad case insertion - 0.000075 sec Average
```

```
operation counts - 4096
```

```
Elements - 16384 Average case insertion - 0.000001 sec
```

```
Average Operation Counts - 1
```

```
Elements - 16384 Bad case insertion - 0.000147 sec Average
```

```
operation counts - 8192
```

```
Elements - 32768 Average case insertion - 0.000001 sec
```

```
Average Operation Counts - 1
```

```
Elements - 32768 Bad case insertion - 0.000281 sec Average
```

```
operation counts - 16384
```

## 5. ИССЛЕДОВАНИЕ

Составим таблицу результатов эксперимента и построим графики зависимости среднего времени вставки от их количества(табл. 1):

Таблица 1. Результаты эксперимента.

Количество вставок	Средний случай	Худший случай	Отношение текущего и предыдущего времени вставки
512	0.000001	0.000006	-
1024	0.000001	0.000010	1.67
2048	0.000001	0.000019	1.9
4096	0.000001	0.000040	2.10
8192	0.000001	0.000075	1.875
16384	0.000001	0.000147	1.96
32768	0.000001	0.000281	1.91

В теории в среднем случае время затраченное на вставку не зависит напрямую от количества элементов. В проведённом эксперименте на случайном наборе данных так же отсутствует какая-либо корреляция между количеством вставок и средним временем вставки, что можно увидеть в табл. 1.

В худшем же случае, согласно теории, время затраченное на вставку линейно растёт при увеличении количества вставляемых элементов. Обращаясь к табл. 1, при увеличении количества вставок в 2 раза, среднее время требуемое на 1 вставку так же увеличивается в среднем в 2.0014 раза, что соответствует теории. Графики зависимостей смотри на рис. 2



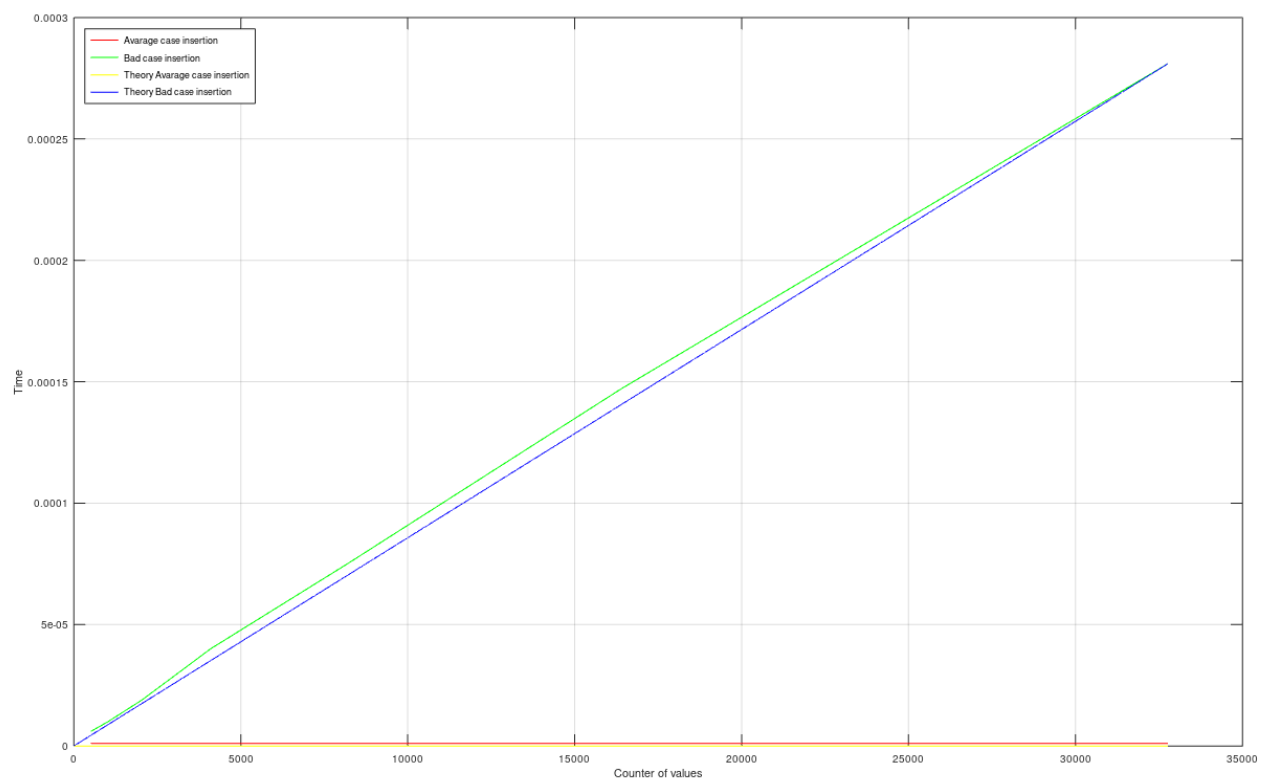


Рисунок 2. Теоретическая и практическая зависимость времени вставки от количества элементов в среднем и в худшем случае.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы была написана программа для генерации данных, создания такой структуры данных как хеш-таблица с цепочками и методы для взаимодействия с ней. С помощью программы были найдены экспериментальные числовые характеристики хеш-таблицы при вставке, при исследовании которых были подтверждены теоретические данные.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Хеш-таблица>
2. <https://habr.com/ru/post/509220/>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Файл: HashTable.h

```
#ifndef COURSEWORK_HASHTABLE_H
#define COURSEWORK_HASHTABLE_H
#include <iostream>
#include <list>

using namespace std;

//Creating a hashtable class
class HashTable{
private:
    list<int> *table;
    int total_elements;

    [[nodiscard]] int getHash(int key) const{
        return key % total_elements;
    }

public:
    //Constructor
    explicit HashTable(int n){
        total_elements = n;
        table = new list<int>[total_elements];
    }
    //Insertion method
    int insertElement(int key){
        int operation_counter = 1;
        unsigned hash = getHash(abs(key));
        list<int>& valueList = table[hash];
        for(auto& elem : valueList){
            if (elem == key){
                elem = key;
                return operation_counter++;
            }
            operation_counter++;
        }
        int newElem = key;
        table[hash].push_back(newElem);
        return operation_counter;
    }
    //Removal method
    void removeElement(int key){
        int x = getHash(key);

        list<int>::iterator i;
        for (i = table[x].begin(); i != table[x].end(); i++) {
            if (*i == key)
                break;
        }

        if (i != table[x].end())
            table[x].erase(i);
        else{
            cout << "[WARNING] Key not found!\n";
        }
    }
};
```

```

    }

}

//Method to print all hash table
void printAll(){
    for(int i = 0; i < total_elements; i++){
        cout << "Index " << i << ": ";
        for(int j : table[i]) {
            cout << j << " => ";
        }

        cout << endl;
    }
}

//Method to print list of values by key
void printSearch(int key){
    for(int i = 0; i < total_elements; i++){
        if (i == key){
            for(int j : table[i]) {
                cout << j << " => ";
            }
        }
    }
}

//Clear hash table values
void clear(){
    delete [] table;
    table = new list<int>[this->total_elements];
}
};

```

```
#endif //COURSEWORK_HASHTABLE_H
```

## Файл: main.cpp

```

#include <iostream>
#include "HashTable.h"
#include <ctime>
#include <random>

using namespace std;

int main() {
    std::mt19937 rndGen(static_cast<unsigned>(time(nullptr))); // Generator
    Mersenne twister
    int testCount = 512; // Start test data
    for (int i = 0; i < 7; ++i) {
        int operCounter = 0; // Operation counter
        HashTable avrHT(testCount);

        clock_t clocks;
        float time = 0;
        float avrTime;
        avrHT.clear();
        //
        for (int j = 0; j < testCount; ++j) {
            int value = static_cast<int>(rndGen()); // Generating a value
            clocks = clock();
            operCounter += avrHT.insertElement(value);
        }
    }
}

```

```

        clocks = clock() - clocks;
        time += static_cast<float>(clocks) / CLOCKS_PER_SEC;
    }

    if(i == 1){
        avrHT.printAll();
    }
    avrTime = time / (float )testCount;
    operCounter /= testCount;
    std::cout << "Elements - " << testCount << " Average case insertion - "
<<fixed<< avrTime << " sec " <<"Operation Counts - " << operCounter << std::endl;
    time = 0;

    avrHT.clear();
    long long int base = 1;
    while (base <= testCount){
        base <<= 1;
    }
    operCounter = 0;
    for (int j = 0; j < testCount; ++j) {
        long long int key = (j+1)*base;
        clocks = clock();
        operCounter += avrHT.insertElement(key);
        clocks = clock() - clocks;
        time += static_cast<float>(clocks) / CLOCKS_PER_SEC;
    }

    avrTime = time / (float )testCount;
    operCounter /= testCount;
    std::cout << "Elements - " << testCount << " Bad case insertion - "
<<fixed<< avrTime << " sec" <<" Average operation counts - " << operCounter <<
std::endl << std::endl;
    testCount *= 2;

    }
    return 0;
}

```