# Лабораторная работа №7 по дисциплине «Типы и структуры данных»

Сбалансированные деревья, хеш –таблицы

**Цель работы:**

Цель работы – построить и обработать хеш-таблицы, сравнить эффективность поиска в сбалансированных деревьях, в двоичных деревьях поиска и в хеш-таблицах. Сравнить эффективность устранения коллизий при внешнем и внутренним хешировании.

**Задание (Вариант 1):**

Построить хеш-таблицу по указанным данным. Сравнить эффективность поиска в сбалансированном двоичном дереве, в двоичном дереве поиска и в хеш-таблице (используя открытую и закрытую адресацию). Вывести на экран деревья и хеш-таблицы. Подсчитать среднее количество сравнений для поиска данных в указанных структурах. Произвести реструктуризацию хеш-таблицы, если среднее количество сравнений больше указанного. Оценить эффективность использования этих структур (по времени и памяти) для поставленной задачи. Оценить эффективность поиска в хеш-таблице при различном количестве коллизий и при различных методах их разрешения.

Используя предыдущую программу (задача №6), сбалансировать полученное дерево. Вывести его на экран в виде дерева. Построить хеш-таблицу из чисел файла. Осуществить поиск введенного целого числа в двоичном дереве поиска, в сбалансированном дереве и в хеш-таблице. Сравнить время поиска, объем памяти и количество сравнений при использовании различных структур данных.

**Исходные данные:**

Программа предназначена для работы с текстовым файлом. Файл может содержать произвольное количество целых чисел.

**Тесты**

Если структура не содержит удаляемого числа будет выведено предупреждение об отсутствии числа.

В случае некорректного выбора меню, будет выведено предупреждение **"Команда не найдена"**

**Интерфейс программы:**

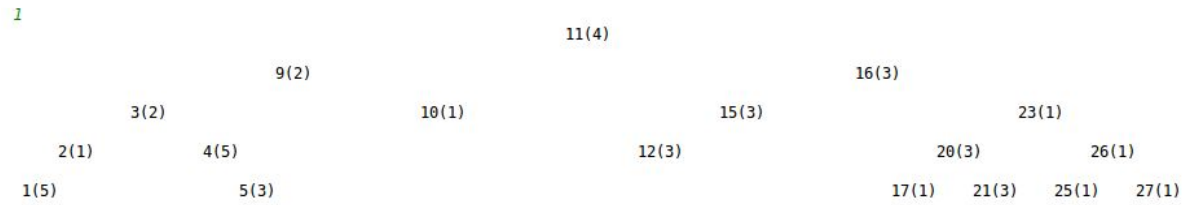
1)Главное меню

```
Выберите одно из следующих действий:
0: Загрузить данные из файла
1: Работа с деревом поиска
2: Работа с АВЛ деревом
3: Работа с хэш таблицей с открытой адресацией
4: Работа с хэш таблицей с закрытой адресацией
5: Сравнение времени поиска
6: Закончить работу
```

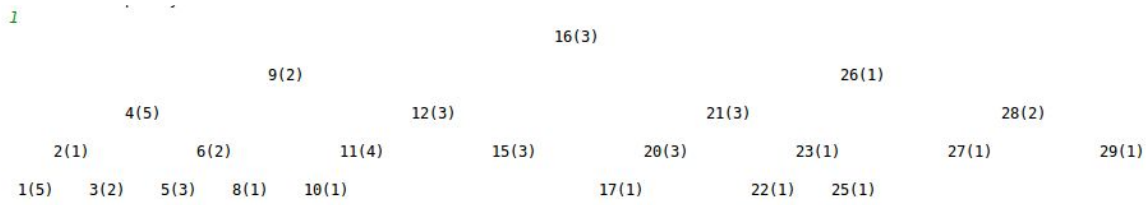
2) Отображение меню дерева

```
Выберите одно из следующих действий:
1: Отобразить дерево
2: Добавить число в дерево
3: Удалить число из дерева
4: Удалить все вхождения числа в дереве
5: Поиск числа
6: Закончить работу
```

3) Отображение дерева поиска




4) Отображение АВЛ дерева поиска




4) Отображение меню Хеш таблицы

```
Выберите одно из следующих действий:
1: Отобразить таблицу
2: Добавить число в таблицу
3: Удалить число из таблицы
4: Удалить все вхождения числа в таблице
5: Поиск числа
6: Закончить работу
```

5) Отображение Хеш таблицы с открытой адресацией

```
0:16(3)
1:1(5) 17(1)
2:2(1)
3:3(2)
4:20(3) 4(5)
5:5(3) 21(3)
6:6(2) 22(1)
7:23(1)
8:8(1)
9:9(2) 25(1)
10:26(1) 10(1)
11:11(4) 27(1)
12:28(2) 12(3)
13:29(1)
14:
15:15(3)
```

6) Отображение Хеш таблицы с закрытой адресацией

```
1
0:23(1)
1:16(3)
2:
3:1(5)
4:12(3)
5:2(1)
6:25(1)
7:3(2)
8:
9:20(3)
10:10(1)
11:5(3)
12:17(1)
13:6(2)
14:11(4)
15:
16:
17:8(1)
18:4(5)
19:9(2)
20:
21:26(1)
22:21(3)
23:27(1)
24:
25:28(2)
26:22(1)
27:29(1)
28:
29:
30:
31:15(3)
```

**Внутренние структуры данных:**

**Структура AVL дерева**

```
class AVL
{
private:
        int height(AVL_Node<T> *t);

        int difference_of_h(AVL_Node<T> *t);

        int cnt_value(AVL_Node<T> *t);

        T key_value(AVL_Node<T> *t);

        void right(AVL_Node<T> *&t);

        void left(AVL_Node<T> *&t);

        void balance(AVL_Node<T> *&t); // балансировка узла p
        void add_to_avl(AVL_Node<T> *&t, AVL_Node<T> *tmp);

        AVL_Node<T> *findmin(AVL_Node<T> *t);

        AVL_Node<T> *removemin(AVL_Node<T> *t);

        bool delete_from_avl(AVL_Node<T> *&t, T x);

        //int value_by_index(AVL_Node* t, int ind);
        //int index(AVL_Node* t, int x);
        void free_tree(AVL_Node<T> *&tmp);

        AVL_Node<T> *head = NULL;
        int count_of_element = 0;
public:
        AVL() {}

        int Memory();

        void Insert(T x);

        bool Remove(T x);

        bool Search(T x);

        ~AVL();

        template<typename X>
        friend void print(X *tmp, int deep, bool flag);

        template<typename X>
        friend void show_as_tree(X *tree);

        template<typename X>
        friend void show(X *tree);
};
```

**Структура дерева поиска**

```
class BST
{
private:
        element<T> *head = NULL;
        int count_of_element = 0;

        void delete_tree(element<T> *tmp);

        void operator_copy(element<T> **head, element<T> *tmp);

        void delete_remove(element<T> *prev, element<T> *tmp);

public:
        BST();

        BST(const BST &obj);

        BST<T> &operator=(const BST &obj);

        int Memory();

        void Insert(T x);

        bool Remove(T x);

        bool Search(T x);

        ~BST();

        template<typename X>
        friend void print(X *tmp, int deep, bool flag);

        template<typename X>
        friend void show_as_tree(X *tree);

        template<typename X>
        friend void show(X *tree);

};
```

**Структура Хеш таблицы с открытой адресацией**

```
class HashTableOpen
{
private:
        ElementTable<T> **table;
        bool *status;
        int tableSize;
        int count_of_elem;
public:
        HashTableOpen(int Start_size);

        ~HashTableOpen();

        void New_Table(int new_size);

        bool Insert(T k);

        bool Search(T x);

        int Memory();

        bool Delete_element(T x);

        void Show();
};
```

**Структура Хеш таблицы с закрытой адресацией**

```
class HashTableClose
{
private:
        T *table;
        short int *status;
        int tableSize;
        int count_of_elem;
public:
        HashTableClose(int Start_size);

        ~HashTableClose();

        void New_Table(int new_size);

        bool Insert(T k);

        bool Search(T x);

        int Memory();

        bool Delete_element(T x);

        void Show();
};
```

**Особенности реализации:**

Чтобы избавится от накопления коллизий при превышении определенного количества, происходит перехеширование таблицы.
Для таблицы с открытой адресацией: если отношение кол-ва элементов к размеру таблицы равно 2.

Для закрытой адресации: отношение кол-ва элементов к размеру таблицы больше 3/4.

**Хеш функция**

Для открытой адресации: k%tableSize+1;

Для закрытой адресации: k*2%tableSize+1;

Где k - значение добавляемого или искомого элемента,

tableSize - текущий размер таблицы,

**Сравнение поиска в различных структурах данных:**

```
Введите число:
20
Время поиска

Бинарное дерево:
Время работы(мкс):5
Кол-во сравнений: 7
Объем памяти(байт): 552

Avl дерево:
Время работы(мкс):3
Кол-во сравнений: 7
Объем памяти(байт): 736

Таблица с открытой адресацией:
Время работы(мкс):2
Кол-во сравнений: 1
Объем памяти(байт): 368

Таблица с закрытой адресацией:
Время работы(мкс):2
Кол-во сравнений: 2
Объем памяти(байт): 256
```

```
Введите число:
16
Время поиска

Бинарное дерево:
Время работы(мкс):2
Кол-во сравнений: 3
Объем памяти(байт): 552

Avl дерево:
Время работы(мкс):0
Кол-во сравнений: 1
Объем памяти(байт): 736

Таблица с открытой адресацией:
Время работы(мкс):1
Кол-во сравнений: 1
Объем памяти(байт): 368

Таблица с закрытой адресацией:
Время работы(мкс):1
Кол-во сравнений: 2
Объем памяти(байт): 256
```

```
Введите число:
26
Время поиска

Бинарное дерево:
Время работы(мкс):1
Кол-во сравнений: 7
Объем памяти(байт): 552

Avl дерево:
Время работы(мкс):1
Кол-во сравнений: 3
Объем памяти(байт): 736

Таблица с открытой адресацией:
Время работы(мкс):1
Кол-во сравнений: 1
Объем памяти(байт): 368

Таблица с закрытой адресацией:
Время работы(мкс):1
Кол-во сравнений: 2
Объем памяти(байт): 256
```

```
Введите число:
100
Время поиска

Бинарное дерево:
Время работы(мкс):2
Кол-во сравнений: 14
Объем памяти(байт): 552

Avl дерево:
Время работы(мкс):2
Кол-во сравнений: 8
Объем памяти(байт): 736

Таблица с открытой адресацией:
Время работы(мкс):2
Кол-во сравнений: 2
Объем памяти(байт): 368

Таблица с закрытой адресацией:
Время работы(мкс):1
Кол-во сравнений: 8
Объем памяти(байт): 256
```

Таблицы дают относительно стабильное время поиска и кол-во сравнений. В дереве результат поиска зависит от расположения символа в дереве(AVL):

16 - корень дерева;

26 -2 уровень;

20- одна из листовых вершин;

1000 -отсутствует в дереве

**Анализ использования памяти:**

Деревья - структуры, память на которые выделяется по мере добавление элементов. Объем памяти прямо пропорционален количеству элементов.

Таблица с открытой адресацией требует больше памяти по сравнению с закрытой, так как таблица с открытой адресацией может содержать пустые указатели. В деревьях помимо значение необходимо хранить указатель на потомков.

## Вывод:

Основным преимуществом деревьев является возможная высокая эффективность реализации основанных на нём алгоритмов поиска и сортировки.
Хеш таблицы используют меньше памяти, и требуют минимального количества операций сравнения при поиске. Таблицы также требуют качественной хеш-функции для избегания колизий.

## Контрольные вопросы

1. Чем отличается идеально сбалансированное дерево от АВЛ дерева?

Если при добавлении узлов в дерево располагать их равномерно слева и справа, то получится дерево, у которого число вершин в левом и правом поддеревьях отличается не более, чем на единицу. Такое дерево называется идеально сбалансированным.

В АВЛ дереве высота левого и правого поддеревьев отличается не более, чем на единицу.

2. Чем отличается поиск в АВЛ-дереве от поиска в дереве двоичного поиска?

Поиск в АВЛ дереве имеет сложность O(log2n), в то время как в обычном ДДП может иметь O(n).

3. Что такое хеш-таблица, каков принцип ее построения?

Хеш-таблицей называется массив, заполненный элементами в порядке, определяемом хеш-функцией. Хеш-функция каждому элементу таблицы ставит в соответствие некоторый индекс.

4. Что такое коллизии? Каковы методы их устранения.

Коллизия – ситуация, когда разным ключам хеш-функция ставит в соответствие один и тот же индекс. Основные методы устранения коллизий: открытое и закрытое хеширование.

При открытым хешировании, конфликтующие ключи просто добавляются в

список, находящийся по их общему индексу. Поиск по ключу сводится к определению индекса, а затем к поиску ключа в списке перебором.
При закрытом хешировании, конфликтующий ключ добавляется в первую свободную ячейку после «своего» индекса. Поиск по ключу сводится к определению начального приближения, а затем к поиску ключа методом перебора.

5. В каком случае поиск в хеш-таблицах становится неэффективен?

Поиск в ХТ становится неэффективен при большом числе коллизий – сложность поиска возрастает по сравнению с O(1).

6. Эффективность поиска в АВЛ деревьях, в дереве двоичного поиска и в хеш-таблицах.

В хеш-таблице минимальное время поиска O(1). В АВЛ: O(log2n). В дереве двоичного поиска O(h), где h - высота дерева (от log2n до n).