

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

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №5
по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»
Тема: Бинарные деревья поиска

Студент гр. 9382

Герасев Г.А.

Преподаватель

Фирсов М.А.

Санкт-Петербург

2020

Цель работы.

Изучить алгоритмы работы с бинарными деревьями поиска. Научиться создавать бинарные деревья поиска по введенным ключам, рисовать деревья, удалять требуемые узлы бинарного дерева поиска.

Задание.

БДП: случайное* БДП; действие: 1+2в

Основные теоретические положения.

Бинарное дерево поиска – дерево, где у каждого узла есть 2 поддерева и в каждом узле хранится по одному значению. Все узлы левее корневого «меньше или равны» корневого, а все узлы правее корневого «больше или равны него».

Функции и структуры данных.

Создан класс бинарного дерева поиска (class BinarySearchTree), каждый из узлов которого содержит хранимое значение (int data), указатель на левое и правое поддерево (BinarySearchTree* left,* right) и число узлов в данном дереве (unsigned int quantityOfNodes). Последнее нужно для реализации случайной вставки, где случайность пропорциональна количеству узлов в дереве. При инициализации (BinarySearchTree(int data = 0)) создается пустое дерево с переданным значением (без поддеревьев).

Для добавления значений в дереве создается метод (BinarySearchTree* insert(int inputData)), который добавляет значение в дерево методом случайной вставки (случайность влияет на то, будет ли вставлено значение в корень дерева, или в поддерево). Данный метод описан в разделе «Описание алгоритма». Соответственно для него реализуется дополнительный метод вставки значения в корень (BinarySearchTree* insertInRoot(int data)), чей метод работы описан там же. Создаются методы локального поворота дерева, требуемые для его работы (BinarySearchTree* rotateLeft(), BinarySearchTree* rotateRight()).

Также реализуется метод удаления первого встретившегося переданного элемента (`BinarySearchTree* deleteFirst(int data)`). Данный метод работает на слиянии деревьев, если одно из них меньше другого, данная операция реализуется в виде функции `join` (`BinarySearchTree* join(BinarySearchTree* smallerTree, BinarySearchTree* biggerTree)`).

Для удобства чтения создается метод, рисующий дерево на экране (`void draw(string buffer = "", bool isLast = true)`).

Из не перечисленных выше методов, в виду очевидности их работы или их низкой значимости:

`int getQuantityOfNodes()` – метод, возвращающий количество узлов в дереве (соответствующее поле).

`void updateQuantityOfNodes()` – метод, проходящий по дереву, и выставляющий правильные значения поля `quantityOfNodes`. Используется после преобразований дерева.

`BinarySearchTree(const BinarySearchTree & binarySearchTree)`

`~BinarySearchTree()` – оператор копирования и деструктор.

`void greetingMessage()` – функция, выводящая сообщение-приветствие

`BinarySearchTree* stdInputTree()` – функция, создающая дерево из стандартного потока.

`void stdInputCase()` – обработчик случая стандартного ввода.

`void fileInputCase(string path)` – обработчик случая файлового ввода.

`int main(int argc, char *argv[])` – функция, запускающаяся при запуске программы.

Описание алгоритма.

Для реализации вставки в корень требуются левые и правые повороты вокруг узла. Данные операции реализуются в виде соответствующих методов.

Так как переопределение корневого узла невозможно в методе/функции, то все методы или функции возвращают новый корневой узел.

Через эти методы реализуется вставка в корень – в зависимости от значения оно вставляется в левое или правое поддерево, после чего это поддерево поднимается соответствующим поворотом (после рекурсии получается, что переданное значение оказывается в корневом узле).

В конце концов через этот метод реализуется случайная вставка значения в дерево, которая с шансом равным $1/(\text{значение узлов в дереве} + 1)$ вставляет в корень дерева, а в остальных случаях вставляет в левое или правое поддерево (в зависимости от переданного значения).

Функция слияния деревьев случайно выбирает какой из корневых узлов станет новым корневым (пропорционально количеству узлов в деревьях) после чего вызывается рекурсивно с левым/правым поддеревом и оставшимся деревом для слияния.

Метод удаления просто находит нужный элемент сливает у его узла левое и правое поддерево, и возвращает новый корневой узел.

Тестирование.

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования

№ п/п	Входные данные	Выходные данные	Комментарии
1.	1 2 3 0 1	<p>Your tree --</p> <pre> └─1 │─2 │ │─3 │ │ │─ empty │ │ └─ empty │ └─ empty └─ empty </pre> <p>Number to delete -- 1</p> <p>The result --</p> <pre> └─2 │─3 │ │─ empty │ └─ empty </pre>	
2.	1 2 3 0 2	<p>Your tree --</p> <pre> └─2 │─3 │ │─ empty │ └─ empty └─1 │─ empty </pre>	

		\perp empty Number to delete -- 2 The result -- \perp_1 $\mid\text{--}3$ $\mid\ \mid\text{-- empty}$ $\mid\ \perp$ empty \perp empty	
3.	1 2 3 0 3	Your tree -- \perp_1 $\mid\text{--}2$ $\mid\ \mid\text{--}3$ $\mid\ \mid\ \mid\text{-- empty}$ $\mid\ \mid\ \perp$ empty $\mid\ \perp$ empty \perp empty Number to delete -- 3 The result -- \perp_1 $\mid\text{--}2$ $\mid\ \mid\text{-- empty}$ $\mid\ \perp$ empty \perp empty	
4.	1 2 3 0 4	Your tree -- \perp_1 $\mid\text{--}2$	

		<pre> -3 - empty - empty - empty - empty </pre> <p>Number to delete -- 4</p> <p>The result --</p> <pre> -1 -2 -3 - empty - empty - empty - empty </pre>	
5.	<pre> 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 0 3 </pre>	<pre> Your tree -- -4 -9 -10 - empty - empty -7 -8 - empty - empty -6 - empty -5 - empty </pre>	

		$ \begin{array}{l} \quad \sqsubset \text{empty} \\ \sqsubset_3 \\ \vdash \text{empty} \\ \sqsubset_1 \\ \vdash 2 \\ \vdash \text{empty} \\ \sqsubset \text{empty} \\ \sqsubset \text{empty} \end{array} $ <p>Number to delete -- 3</p> <p>The result --</p> $ \begin{array}{l} \sqsubset_4 \\ \vdash 9 \\ \vdash 10 \\ \vdash \text{empty} \\ \sqsubset \text{empty} \\ \sqsubset_7 \\ \vdash 8 \\ \vdash \text{empty} \\ \sqsubset \text{empty} \\ \sqsubset_6 \\ \vdash \text{empty} \\ \sqsubset_5 \\ \vdash \text{empty} \\ \sqsubset \text{empty} \\ \sqsubset_1 \\ \vdash 2 \\ \vdash \text{empty} \\ \sqsubset \text{empty} \end{array} $	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		└ empty	
6.	1 10 100 1000 0 1	<p>Your tree --</p> <pre> └100 └1000 └ empty └ empty └1 └10 └ empty └ empty └ empty </pre> <p>Number to delete -- 1</p> <p>The result --</p> <pre> └100 └1000 └ empty └ empty └10 └ empty └ empty </pre>	

Выводы.

Были изучены алгоритмы работы с бинарными деревьями поиска. Создана программа, создающая бинарные деревья поиска по введенным ключам, рисующая деревья а также удаляющая требуемые узлы бинарного дерева поиска.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Название файла: BinarySearchTree.cpp

```
#include "BinarySearchTree.h"

BinarySearchTree::BinarySearchTree(int inputData)
{
    data = inputData;
    quantityOfNodes = 1;
    pointers.left = nullptr;
    pointers.right = nullptr;
}

BinarySearchTree::BinarySearchTree(const BinarySearchTree & binarySearchTree) // Copy operator
{
    data = binarySearchTree.data;

    if (binarySearchTree.pointers.left != nullptr)
        pointers.left = new BinarySearchTree(*binarySearchTree.pointers.left);

    if (binarySearchTree.pointers.right != nullptr)
        pointers.right = new BinarySearchTree(*binarySearchTree.pointers.right);
}

BinarySearchTree::~BinarySearchTree()
{
    if (pointers.left != nullptr)
        delete pointers.left;
    if (pointers.right != nullptr)
        delete pointers.right;
}

int BinarySearchTree::getQuantityOfNodes()
{
    return quantityOfNodes;
}

void BinarySearchTree::updateQuantityOfNodes()
{
    unsigned int quantityOfNodesLeft = 0;
    unsigned int quantityOfNodesRight = 0;
    if (pointers.left != nullptr)
        quantityOfNodesLeft = pointers.left->getQuantityOfNodes();

    if (pointers.right != nullptr)
        quantityOfNodesRight = pointers.right->getQuantityOfNodes();

    quantityOfNodes = 1 + quantityOfNodesLeft + quantityOfNodesRight;
}

BinarySearchTree* BinarySearchTree::rotateLeft() // (A, (B, C)) -> ((A, B), C)
{
    BinarySearchTree* right = pointers.right;
    if (right == nullptr)
        return this;
    pointers.right = right->pointers.left;
```

```

right->pointers.left = this;

right->quantityOfNodes = quantityOfNodes;
updateQuantityOfNodes();
return right;
}

BinarySearchTree* BinarySearchTree::rotateRight() //((A, B), C) -> (A, (B, C))
{
    BinarySearchTree* left = pointers.left;
    if (left == nullptr)
        return this;
    pointers.left = left->pointers.right;
    left->pointers.right = this;

    left->quantityOfNodes = quantityOfNodes;
    updateQuantityOfNodes();
    return left;
}

BinarySearchTree* BinarySearchTree::insertInRoot(int inputData)
{
    if (inputData < data)
    {
        if (pointers.left == nullptr)
        {
            pointers.left = new BinarySearchTree(inputData);
            return this;
        }
        else
        {
            pointers.left = pointers.left->insertInRoot(inputData);
            return rotateRight();
        }
    }

    if (pointers.right == nullptr)
    {
        pointers.right = new BinarySearchTree(inputData);
        return this;
    }
    else
    {
        pointers.right = pointers.right->insertInRoot(inputData);
        return rotateLeft();
    }
}

BinarySearchTree* BinarySearchTree::insert(int inputData)
{
    int randNumber = rand();
    srand(randNumber);

    bool stopHere = false;
    if (randNumber%(quantityOfNodes + 1) == 0)
        stopHere = true;

    if (stopHere)
    {

```

```

    BinarySearchTree* res = insertInRoot(inputData);
    updateQuantityOfNodes();
    return res;
}

if (inputData < data)
{
    if (pointers.left == nullptr)
        pointers.left = new BinarySearchTree(inputData);
    else
        pointers.left = pointers.left->insert(inputData);
}
else
{
    if (pointers.right == nullptr)
        pointers.right = new BinarySearchTree(inputData);
    else
        pointers.right = pointers.right->insert(inputData);
}

updateQuantityOfNodes();
return this;
}

BinarySearchTree* join(BinarySearchTree* smallerTree, BinarySearchTree* biggerTree)
{
    if (smallerTree == nullptr)
        return biggerTree;
    if (biggerTree == nullptr)
        return smallerTree;

    int randNumber = rand();
    srand(randNumber);
    bool goSmaller = false;
    if (randNumber%(smallerTree->getQuantityOfNodes() + biggerTree->getQuantityOfNodes()) < smallerTree->getQuantityOfNodes())
        goSmaller = true;

    if (goSmaller) {
        smallerTree->pointers.right = join(smallerTree->pointers.right, biggerTree);
        smallerTree->updateQuantityOfNodes();
        return smallerTree;
    } else {
        biggerTree->pointers.left = join(smallerTree, biggerTree->pointers.left);
        biggerTree->updateQuantityOfNodes();
        return biggerTree;
    }
}

BinarySearchTree* BinarySearchTree::deleteFirst(int inputData)
{
    if (inputData == data)
    {
        BinarySearchTree* res = join(pointers.left, pointers.right);
        return res;
    }

    if (inputData < data)
    {

```

```

        if (pointers.left != nullptr)
            pointers.left = pointers.left->deleteFirst(inputData);
    }

    else
    {
        if (pointers.right != nullptr)
            pointers.right = pointers.right->deleteFirst(inputData);
    }

    return this;
}

void BinarySearchTree::draw(string buffer, bool isLast)
{
    string branch = "├";
    string pipe = "┤";
    string end = "└";
    string dash = "—";

    if (isLast)
    {
        cout << buffer << end << dash << data << "\n";
        buffer += " ";
    }

    else
    {
        cout << buffer << pipe << dash << data << "\n";
        buffer += pipe + " ";
    }

    if (pointers.right != nullptr)
        pointers.right->draw(buffer, false);
    else
        cout << buffer << branch << dash << " empty\n";

    if (pointers.left != nullptr)
        pointers.left->draw(buffer, true);
    else
        cout << buffer << end << dash << " empty\n";
}

void greetingMessage()
{
    cout << "\nFile input example -- ./main -f input.txt\n\n";
    cout << "Hello. Please input null terminated ";
    cout << "sequence of numbers.\nThe programm will make ";
    cout << "binary out of them.\nThen input a number, to ";
    cout << "delete it from the tree.\n";
}

BinarySearchTree* stdInputTree()
{
    int data;
    cin >> data;
    BinarySearchTree* tree = new BinarySearchTree(data);
    cin >> data;
}

```

```

while (data != 0)
{
    tree = tree->insert(data);
    cin >> data;
}
return tree;
}

void stdInputCase()
{
    BinarySearchTree* tree = stdInputTree();

    cout << "\nYour tree -- \n";
    tree->draw();

    int data;
    cout << "\nNumber to delete -- ";
    cin >> data;
    tree = tree->deleteFirst(data);

    cout << "\nThe result -- \n";
    tree->draw();
}

void fileInputCase(string path)
{
    ifstream fin;
    fin.open(path);

    int data;
    fin >> data;
    BinarySearchTree* tree = new BinarySearchTree(data);

    while (fin >> data)
    {
        tree = tree->insert(data);
    }

    cout << "\nYour tree -- \n";
    tree->draw();

    cout << "\nNumber to delete -- ";
    cin >> data;

    tree->deleteFirst(data);

    cout << "\nResult -- \n";
    tree->draw();
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    srand(time(0));
    if (argc >= 2) // Arguments case
    {
        string flag(argv[1]);
        string path(argv[2]);
    }
}

```

```

    if (flag.compare("-f") == 0)
        fileInputCase(path); // No obvious way to overload the function
    return 0;
}
greetingMessage();
stdInputCase();
return 0;

```

Название файла: BinarySearchTree.h

```

#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string.h>
#include <cstdlib>

using namespace std;

class BinarySearchTree
{
    struct Pointers
    {
        BinarySearchTree* left = nullptr;
        BinarySearchTree* right = nullptr;
    };

public:
    int data; // in our case the node data == node key, but it's easy to change
    Pointers pointers;
    unsigned int quantityOfNodes; // For random bin search tree only

    BinarySearchTree(int data = 0);
    BinarySearchTree(const BinarySearchTree & binarySearchTree); // Copy operator
    ~BinarySearchTree();

    void draw(string buffer = "", bool isLast = true);

    int getQuantityOfNodes();
    void updateQuantityOfNodes();

    BinarySearchTree* rotateLeft();
    BinarySearchTree* rotateRight();

```

```
BinarySearchTree* insertInRoot(int data); // Return root pointer
BinarySearchTree* insert(int data);

BinarySearchTree* deleteFirst(int data);
};
```