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

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №3
по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»
ТЕМА: Бинарные деревья

Студент(ка) гр. 9381 _____ Шахин Н.С

Преподаватель _____ Фирсов М.А.

Санкт-Петербург
2020

Цель работы.

Ознакомится с бинарными деревьями и реализовать функции для работы с ними.

Задание.

Вариант 18д

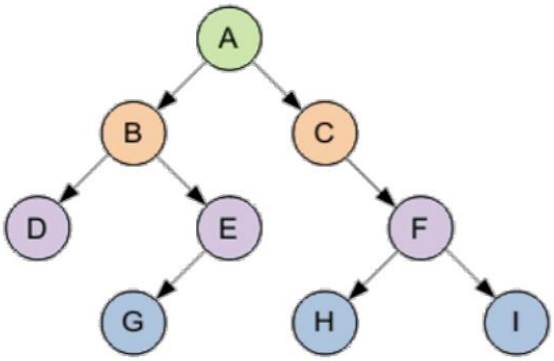
18. Бинарное дерево называется бинарным деревом поиска, если для каждого его узла справедливо: все элементы правого поддерева больше этого узла, а все элементы левого поддерева – меньше этого узла. Бинарное дерево называется пирамидой, если для каждого его узла справедливо: значения всех потомков этого узла не больше, чем значение узла.

Для заданного бинарного дерева с числовым типом элементов определить, является ли оно бинарным деревом поиска и является ли оно пирамидой.

Основные теоретические положения.

Дерево – структура данных, представляющая собой древовидную структуру в виде набора связанных узлов. Бинарное дерево — это конечное множество элементов, которое либо пусто, либо содержит элемент (корень), связанный с двумя различными бинарными деревьями, называемыми левым и правым поддеревьями. Каждый элемент бинарного дерева называется узлом. Связи между узлами дерева называются его ветвями.

Способ представления бинарного дерева:



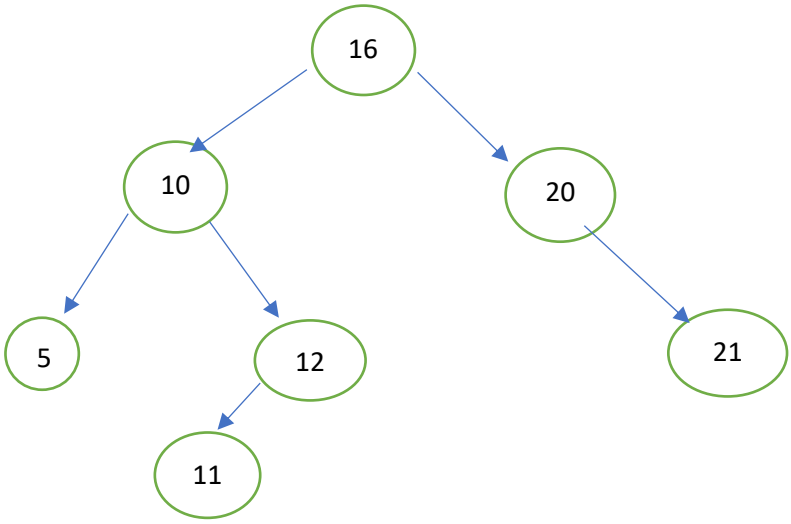
A — корень дерева

B — корень левого поддерева

C — корень правого поддерева

Обход дерева осуществляется в порядке КЛП. Обход дерева сверху вниз (в прямом порядке)

Пример дерева, обрабатываемого программой:



(16(10(5)(12(11)))(20()(21)))

Описание работы алгоритма.

Для начала программа должна считать данные и создать бинарное дерево. Дерево реализуется на базе указателей: в полях каждого узла должен

храниться указатель на левый и правый элемент узла. Если узел в дереве пустой, то хранится указатель nullptr.

Нахождение бинарного дерева поиска.

На вход алгоритму даётся дерево. Обход дерева осуществляется в порядке КЛП. Сначала проверяется левое поддерево, если его значение меньше корня, то возвращается true, затем проверяется правое поддерево. По этому принципу проверяются все поддеревья.

Нахождение пирамиды.

Алгоритм нахождения пирамиды аналогичен нахождению бинарного дерева поиска, за исключением того, что элементы правого поддерева должны быть меньше или равны корня.

Функции и структуры данных.

Для хранения элементов дерева реализован класс Node. У класса Node есть три приватных поля int data – хранит значение корня, Node* left – указатель на левое поддерево, Node* right – указатель на правое поддерево. У класса Node реализованы методы для работы с полями класса:

Node* getLeft() – возвращает указатель на левое поддерево.

Node* getRight() - возвращает указатель правое поддерево.

int getData() const – возвращает значение поля data.

void setLeft(Node* l) – присваивает значение полю left.

void setRight(Node* r) - присваивает значение полю right.

void setData(int d) – присваивает значение полю data.

Для хранения дерева и функций для его обработки создан класс BinaryTree. У класса есть поле Node* tree – указатель на корень дерева. Для работы с деревом реализованы следующие методы:

BinaryTree(string& str) – конструктор класса. В конструктор передаётся string& str – исходная строка с данными.

Node* scanTree(string& str, int& pos) – рекурсивная функция, которая вызывается в конструкторе, для создания листьев дерева. В функцию передаются string& str – исходная строка, int& pos – положение в строке. Функция возвращает указатель на листок.

~BinaryTree() – деструктор. В деструкторе вызывается рекурсивная функция void destroy(Node*& buf) для отчистки памяти.

void destroy(Node*& buf) – функция для отчистки памяти. В функцию передаётся указатель на лист по ссылке. Функция проходит по дереву в порядке ЛПК и отчищает память.

bool checkBST() – функция для проверки дерева на соответствие бинарному дереву поиска.

bool checkPiramid() – функция для проверки дерева на соответствие пирамиде.

Тестирование.

№	Входные данные	Результат
1	(10(6(4)(3))(5))	check Binary Search Tree Root: 10 go left to the 6; 6<10 OK Leaf: 6 go left to the 4; 4<6 OK go right to the 3; 3<6 ERROR Check Piramid Root: 10 go to the 6; 6<=10 OK Leaf: 6 go to the 4; 4<=6 OK go to the 3; 3<=6 OK

		go to the 5; 5<=10 OK Tree is a piramid
2	(5(4()(2))(6))	Tree is not BST or Piramid
3	(8(6)(12))	Tree is BST
4	(16(10(4(2)(6))(12(11)(14(13)(15)))) (22(18(17)(20))(24(23)(25))))	Tree is BST
5	(13(11(10(-1)(2))(5(4)))(13(8)(6)))	Tree is a piramid
6	(16(10(4)(12))(22(15)(24)))	Tree is not BST or Piramid
7	(1(2)(3))	Tree is not BST or Piramid
8	(5(-8(-12)(-4))(20(10)))	Tree is BST

Вывод.

Были освоены принципы работы с бинарным деревом, и реализованаданная структура данных на языке программирования C++.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ.

Файл structs.h

```
#ifndef AISD_LB3_STRUCTS_H
#define AISD_LB3_STRUCTS_H

#include <iostream>
#include <string>
#include <cstring>
#include <unistd.h>
#include <fstream>

using namespace std;

#endif //AISD_LB3_STRUCTS_H
```

Файл main.cpp

```
#include "Tree.h"
#include "InOut.h"

int main (int argc, char** argv){
    string input = cuinput(argc, argv);
    if(input.empty()){
        cout<<"ERROR";
        return 0;
    }
    string copy = string(input);
    BinaryTree tree = BinaryTree(copy);
    cout<<input<<endl;
    if(tree.checkBST()) {
        cout << "Tree is BST\n";
        if (argc > 1) {
            ofstream outfile(optarg, ios::app);
            outfile << "Tree is BST\n";
        }
    }else if(tree.checkPiramid()){
```

```
        cout<<"Tree is a piramid\n";
        if (argc > 1) {
            ofstream outfile(optarg, ios::app);
            outfile << "Tree is a piramid\n";
        }
    }else{
        cout<<"Tree is not BST or Piramid\n";
        if (argc > 1) {
            ofstream outfile(optarg, ios::app);
            outfile << "Tree is not BST or Piramid\n";
        }
    }
    return 0;
}
```

Файл InOut.h

```
#ifndef AISD_LB3_INOUT_H
#define AISD_LB3_INOUT_H

#include "structs.h"

string cuinput(int argc, char** argv);

#endif //AISD_LB3_INOUT_H
```

Файл InOut.cpp

```
#include "InOut.h"

string cuinput(int argc, char** argv){
    if(argc == 1) {
        cout<<"Write a statement: ";
        string res;
        getline(cin, res);
        return res;
    }
    int option = 0;
    while ((option = getopt(argc,argv,"hf:"))!=-1){
        switch (option) {
```

```
            case 'h': cout<<"If you want read from file use flaf -
f<filename>\n"; return "HELP";
            case 'f': cout<<"read from file - "<<optarg<<endl;
                ifstream infile(optarg);
                if (!infile) {
                    cout << "> File can't be open!" << endl;
                    return "";
                }
                string str;
                getline(infile, str);
                return str;
        }
    }
    return "";
}
```

Файл Node.h

```
#ifndef AISD_LB3_NODE_H
#define AISD_LB3_NODE_H


class Node {
private:
    Node* right;
    int data;
    Node* left;
public:
    Node(): right(nullptr), data(0), left(nullptr){}

    Node* getLeft();

    Node* getRight();

    int getData() const;

    void setLeft(Node* l);

    void setRight(Node* r);
```

```
    void setData(int d);

};
```

Файл Node.cpp

```
#include "Node.h"


int Node::getData() const {
    return data;
}


Node* Node::getLeft() {
    return left;
}


Node* Node::getRight() {
    return right;
}


void Node::setData(int d) {
    data = d;
}

void Node::setLeft(Node *l) {
    left = l;
}


void Node::setRight(Node *r) {
    right = r;
}
```

Файл Tree.h

```
#ifndef AISD_LB3_TREE_H
```

```
#define AISD_LB3_TREE_H

#include "Node.h"
#include "structs.h"
#define MIN -30000
#define MAX 30000

class BinaryTree{
public:
    BinaryTree(string& str);
    bool checkBST();
    bool checkPiramid();
    ~BinaryTree();

private:
    Node* tree;
    void skip (string& str, int& pos, int n = 1);
    int getNum(string& input, int& pos);
    Node* scanTree(string& str, int& pos);
    void destroy(Node*& buf);

    bool checkBst_left(Node* node, int min = MIN , int max = MAX, int indent
= 0);
    bool checkBst_right(Node* node, int min = MIN, int max = MAX, int indent
= 0);

    bool checkPiramid_leaf(Node* node, int max, int indent);

};
```

Файл Tree.cpp

```
#include "Tree.h"
#include "InOut.h"



BinaryTree::BinaryTree(string &str, int &pos) {
    Int pos = 0;
    tree = scanTree(str, pos);
}
```

```
BinaryTree::~BinaryTree() {
    destroy(this->tree);
}

void BinaryTree::skip(string& str, int& pos, int n){
    if (str.length() >= n) {
        str = str.substr(n);
        pos++;
    }
}
int BinaryTree::getNum(string& str, int& pos){
    string strNum;
    while (isdigit(str[0]) || (strNum.length() == 0 && str[0] == '-')) {
        strNum += str[0];
        skip(str, pos, 1);
    }
    return stoi(strNum);
}

Node *BinaryTree::scanTree(string& str, int& pos) {
    if(str[0] == '(') {
        skip(str, pos, 1);
        if(str[0] == ')') {
            skip(str, pos, 1);
            return nullptr;
        }
        Node *buf = new Node();
        buf->setData(getNum(str, pos));
        if(str[0] == ')'){
            skip(str, pos, 1);
            buf->setLeft(nullptr);
            buf->setRight(nullptr);
            return buf;
        }
        if(str[0] == '('){
            buf->setLeft(scanTree(str, pos));
```

```
            if(str[0] == '('){
                buf->setRight(scanTree(str, pos));
                if(str[0]== ')') {
                    skip(str, pos, 1);
                    return buf;
                } else cout<<"error";
            }else if(str[0]== ')'){
                skip(str, pos, 1);
                return buf;
            }

        }

    }
    else{ cout<<"error";}
    return nullptr;
}

void BinaryTree::destroy(Node*& buf){
    if(buf != nullptr) {
        Node* left = buf->getLeft();
        Node* right = buf->getRight();
        destroy(left);
        destroy(right);
        delete buf;
    }
}

bool BinaryTree::checkBST(){
    if(tree != nullptr){
        cout<<"check Binary Search Tree\n";
        cout<<"Root: "<< tree->getData()<<endl;
        int indent = 0;
        if(checkBst_left(tree->getLeft(), MIN, tree->getData(), indent) &&
checkBst_right(tree->getRight(), tree->getData(), MAX, indent))
            return true;
        else return false;
    }
```

```
    return false;
}

bool BinaryTree::checkBst_left(Node* node, int min, int max, int indent){
    if(node != nullptr){
        for(int i = 0; i < indent; i++){cout<<"  ";}
        cout<<"go left to the "<<node->getData()<<"; ";
        if(node->getData() > min && node->getData() < max){
            if(min == MIN){
                cout<<node->getData()<<"<"<<max<<"  OK  "<<endl;
            }else cout<<min<<"<"<<node->getData()<<"<"<<max<<"  OK  "<<endl;
            if(node->getLeft()!= nullptr && node->getRight()!= nullptr) {
                for (int i = 0; i <= indent; i++) { cout << "  "; }
                cout << "Leaf: " << node->getData() << endl;
            }
            int old_max = max;
            max = node->getData();
            int old_min = min;
            min = node->getData();
            if(checkBst_left(node->getLeft(), old_min, max, indent+1) &&
checkBst_right(node->getRight(), min, old_max, indent+1)){
                return true;
            } else return false;
        } else{
            cout<<max<<"<"<<node->getData()<<" ERROR"<<endl;
            return false;
        }
    }
    return true;
}
bool BinaryTree::checkBst_right(Node* node, int min, int max, int indent){
    if(node != nullptr){
        for(int i = 0; i < indent; i++){cout<<"  ";}
        cout<<"go right to the "<<node->getData()<<"; ";
        if(node->getData() > min && node->getData() < max){
            if(max == MAX){
                cout<<min<<"<"<<node->getData()<<"  OK  "<<endl;
            }else cout<<min<<"<"<<node->getData()<<"<"<<max<<"  OK  "<<endl;
```

```
            if(node->getLeft()!= nullptr && node->getRight()!= nullptr) {
                for (int i = 0; i <= indent; i++) { cout << "  "; }
                cout << "Leaf: " << node->getData() << endl;
            }
            int old_max = max;
            max = node->getData();
            int old_min = min;
            min = node->getData();
            if(checkBst_left(node->getLeft(), old_min, max, indent+1) &&
checkBst_right(node->getRight(), min, old_max, indent+1)){
                return true;
            } else return false;
        } else{
            cout<<node->getData()<<"<"<<min<<" ERROR"<<endl;
            return false;
        }
    }
    return true;

}

bool BinaryTree::checkPiramid(){
    if(tree!= nullptr){
        cout<<"Check Piramid\n";
        cout<<"Root: "<< tree->getData()<<endl;
        int indent = 0;
        if(checkPiramid_leaf(tree->getLeft(), tree->getData(), indent) &&
checkPiramid_leaf(tree->getRight(), tree->getData(), indent)){
            return true;
        } else return false;
    }
    return false;
}

bool BinaryTree::checkPiramid_leaf(Node* node, int max, int indent){
    if(node != nullptr){
        for(int i = 0; i < indent; i++){cout<<"  ";}
        cout<<"go to the "<<node->getData()<<"; ";
```

```
        if(node->getData() <= max){
            cout<<node->getData()<<"<="<<max<<"  OK  "<<endl;
            if(node->getLeft()!= nullptr && node->getRight()!= nullptr) {
                for (int i = 0; i <= indent; i++) { cout << "  "; }
                cout << "Leaf: " << node->getData() << endl;
            }
            max = node->getData();
            if(checkPiramid_leaf(node->getLeft(), max, indent+1) &&
checkPiramid_leaf(node->getRight(), max, indent+1)) {
                return true;
            } else return false;
        } else {
            cout<<node->getData()<<">="<<max<<"  ERROR  "<<endl;
            return false;
        }
    }
    return true;
}
```