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

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №4

по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»

Тема: «Деревья»

Студент гр. 8381 _____ Нгуен Ш. Х.

Преподаватель _____ Жангиров Т.Р.

Санкт-Петербург

Цель работы

Ознакомиться с основными характеристиками и особенностями такой структуры данных, как бинарное дерево, изучить особенности ее реализации на языке программирования C++. Разработать программу, которая строит изображение леса и бинарного дерева.

Задание

Для заданного леса с произвольным типом элементов:

- получить естественное представление леса бинарным деревом;
- вывести изображение леса и бинарного дерева;
- перечислить элементы леса в горизонтальном порядке (в ширину).

Выполнение

Написание работы производилось на базе операционной системы Windows 10 в среде разработки QtCreator с использованием фреймворка Qt. Сборка, отладка производились в QtCreator, запуск программы осуществлялся через командную строку. Исходные коды файлов программы представлены в приложениях А-М.

Для реализации программы был разработан графический интерфейс с помощью встроенного в QtCreator UI-редактора. Он представляет из себя поле ввода, кнопку считывания, поле вывода с возможностью графического отображения результата.

Структура леса :

```
struct Node{
    bool isLeaf;
    char info;
    int total;
    Node **Tnode;
};
struct Tree{
    int deep;
```

```
        Node *root;
};

struct Forest{
    int count;
    Tree **tree;
```

Также были реализованы функции, создающие лес из входной строки и подключены к серверной части через файл forest.cpp, использующий библиотеку forest.h, приведены в табл.1

Функция	**Назначение**
Forest *takeForest(char* arr, int len);	Создать лес из входной строки.
Node *AppendNode(Node *node,char* arr,int& i,int len, bool isAlpha,int total);	Создать новый узел и добавить это у з
int CountTree(char* arr, int len);	Подсчитывает количество деревьев, которые будут создать из входной строки.
int CheckErr(char *arr, int len);	Возвращает значение ошибки FlagErr.
int BranchOfNode(char *arr, int i, int len);	Подсчитывает количество ветвей для узла.
Forest *createForest(int count);	Создать лес с count деревьев.
Tree *createTree();	Создать новое дерево.
Node *createNode(char info,bool isAlpha, int total);	Создать новый узел

int DeepOfTree(char *arr, int i , int len);	Возвращает глубину дерева
void takeInfoOfNode(Node *root, string &out);	Получить информацию о дереве через корень root дерева и сохраняются в string out.

Таблица 1– Основные функции создания лес из входной строки

Далее получим естественное представление леса бинарным деревом через функции, приведены в табл.2 с структурой бинарного дерева :

```
struct BinNode
{
   bool isLeaf;
   char info;
   BinNode *left;
   BinNode *right;
};

struct BinTree
```

Функция	Назначение
BinTree *createBinTree();	Создать новое бинарное дерево.
BinNode *createBinNode(char info, bool isAlpha);	Создать новый бинарный узел.
BinTree *createBTFromForest(Forest* forest);	Создать бинарное дерево из леса.
BinNode *ConsBT(BinNode *root, Forest *left, Forest *right);	Создать полный бинарный узел.
Tree *Head(Forest *forest);	Возвращает первое дерево леса.
BinNode *Root(Tree* tree);	Возвращает корень root любого дерева.
Forest *Listing(Tree *tree);	Создать лес деревьев из корневых узлов корня root.
Tree *NodeToTree(Node *node);	Превращает структуру узла в дерево.
int CountDeepOfTree(Node* root);	Возвращает глубину дерева.
void takeInfoBT(BinNode *root, string &out);	Возвращает информацию о дереве и сохраняется в string out.
void takeInfoByDeep(Node *root,int deep,string &out);	Возвращает информацию о дереве и хранится в string out в зависимости от глубины дерева deep.

табл.2 - Основные функции создания бинарного дерева

Оценка эффективности алгоритма

Алгоритм создания бинарного дерева по строке является итеративным, каждый элемент строки обрабатывается один раз, а значит сложность алгоритма можно оценить как O(N).

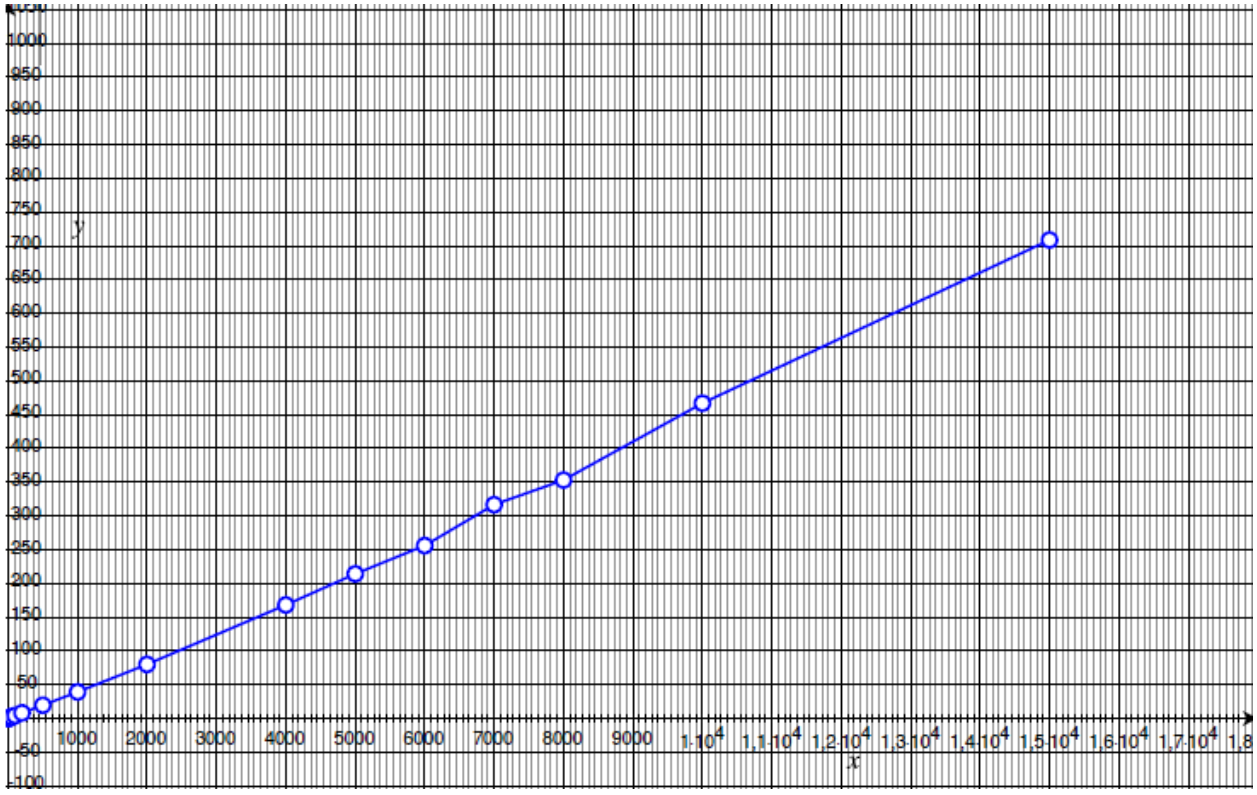


График 1 — Зависимость количества элементов к времени строительства

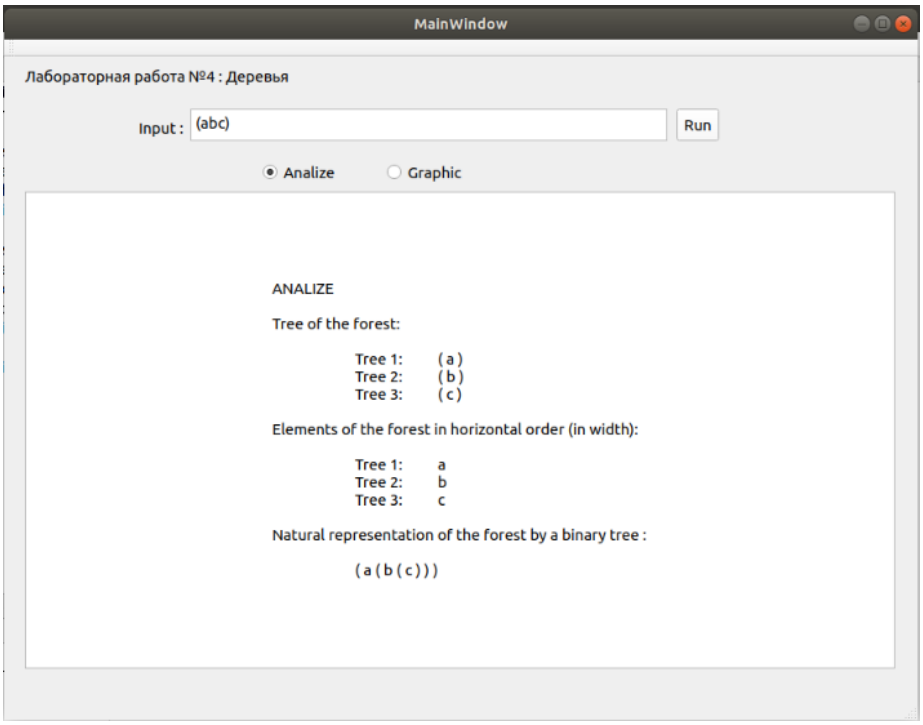
Алгоритм вывода элементов дерева в горизонтальном порядке является рекурсивным, каждый узел дерева обрабатывается один раз, следовательно, сложность алгоритма также .

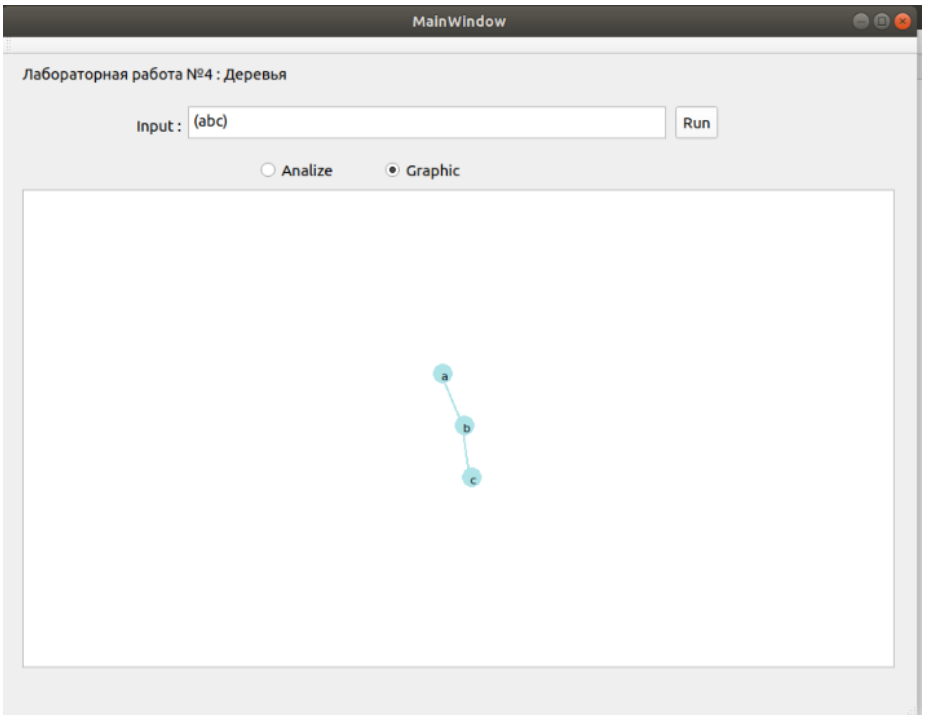
Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы была написана программа, создающая естественное представление леса бинарным деревом, таже изображение бинарного дерева и перечислить элементы леса в горизонтальном порядке (в ширину).

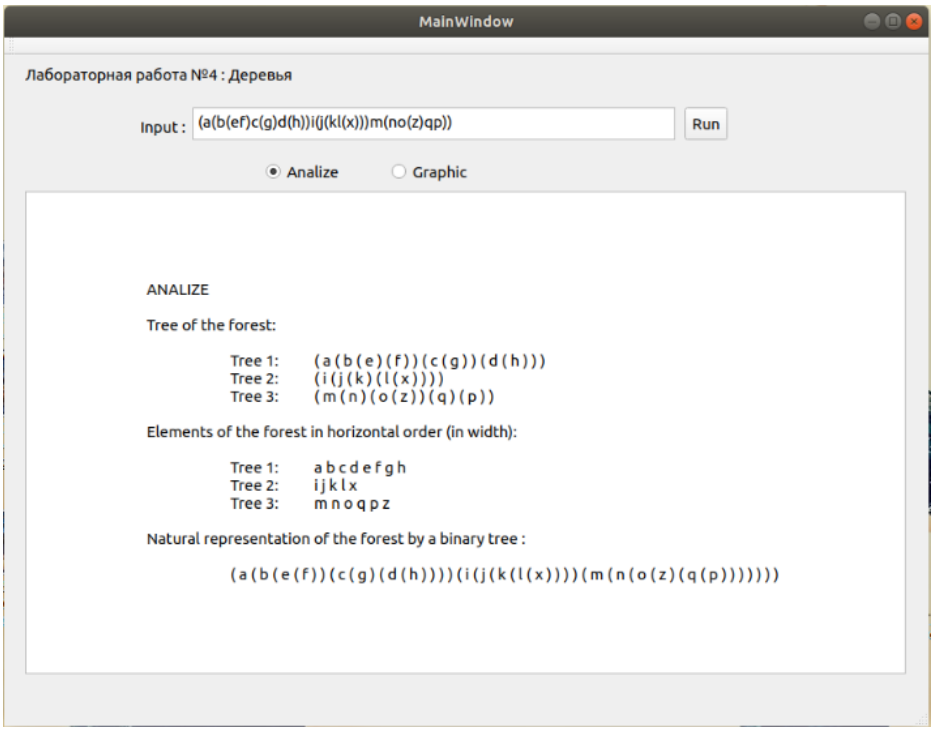
Тестирование программы

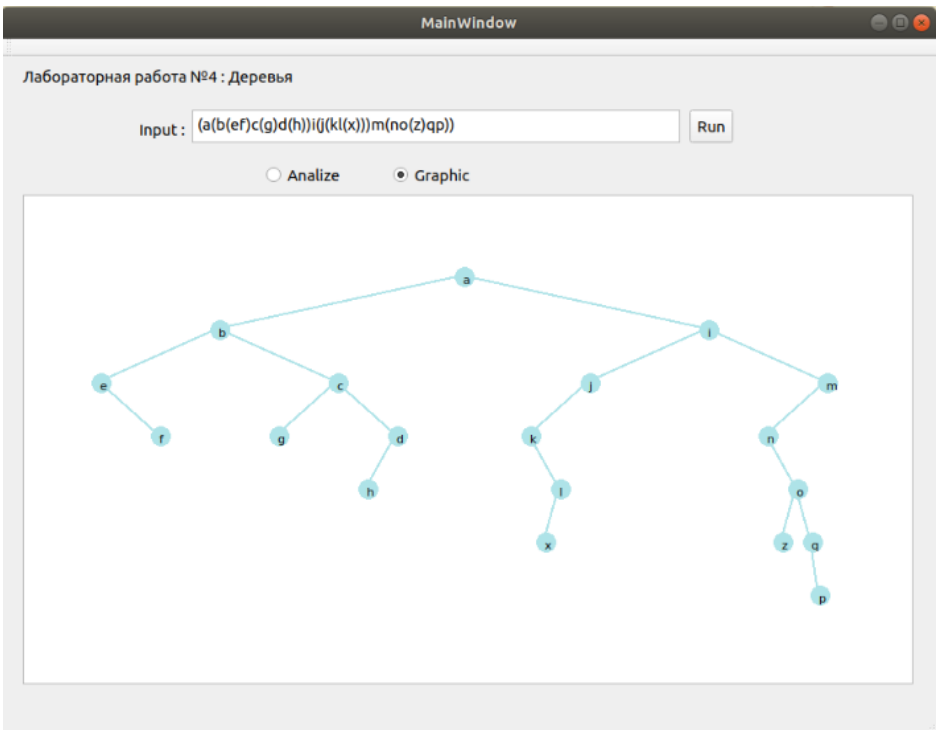
1. Лес : (abc)



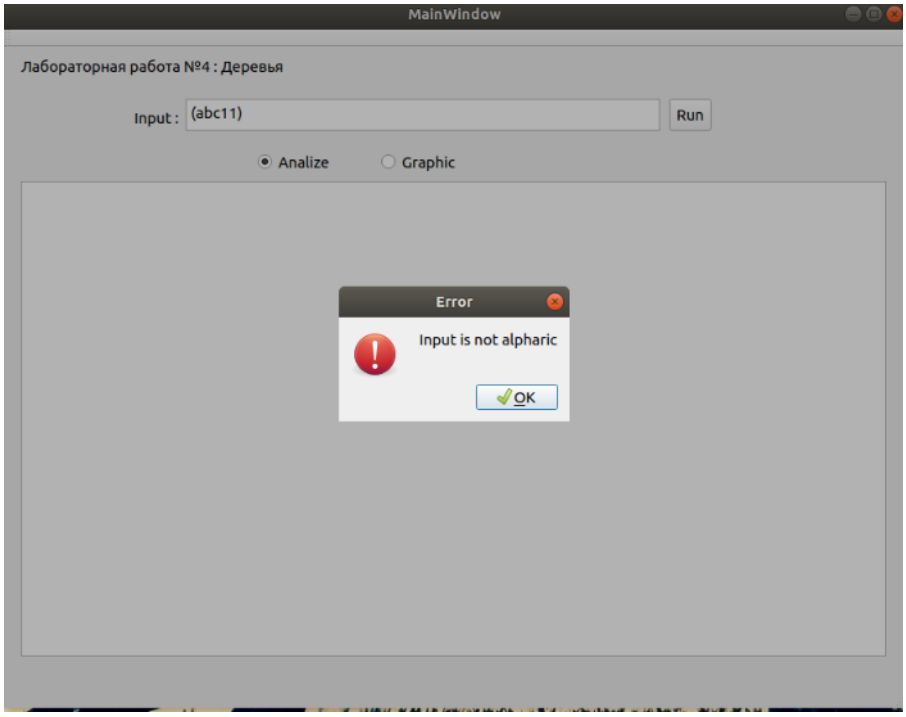


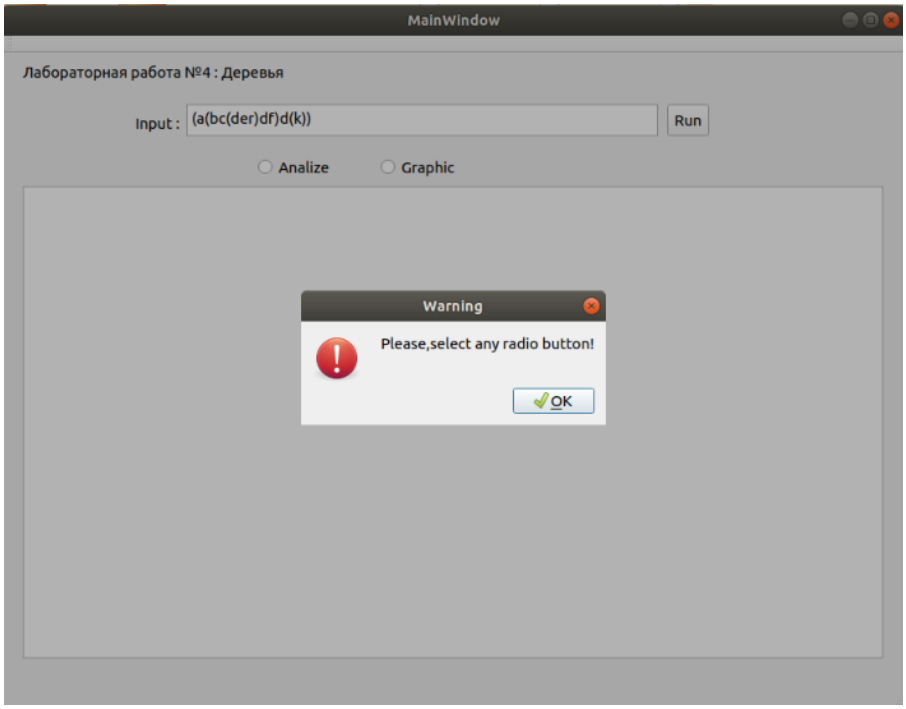
2. Лес : (a(b(ef)c(g)d(h))i(j(kl(x)))m(no(z)qp))





3. Ошибки


MainWindow
Лабораторная работа №4 : Деревья
Input :
(abc11)
Run
Analize
Graphic
Error
Input is not alpharic
OK


MainWindow
Лабораторная работа №4 : Деревья
Input :
(a(bc(der)df)d(k))
Run
Analize
Graphic
Warning
Please,select any radio button!
OK

Приложение А

Файл main.cpp

```
#include "mainwindow.h"
#include <QApplication>

int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication a(argc, argv);
    MainWindow w;
    w.show();

    return a.exec();
}
```

Файл Mainwindow.h

```
#ifndef MAINWINDOW_H
#define MAINWINDOW_H

#include <QMainWindow>
#include <console.h>
#include <QMessageBox>

namespace Ui {
class MainWindow;
}

class MainWindow : public QMainWindow
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit MainWindow(QWidget *parent = nullptr);
    ~MainWindow();
    console *Console;
```

```
    bool flagCase_1 = false;
    bool flagCase_2 = false;
    int flagErr;

private slots:
    void on_pushButton_clicked();



    void on_radioButton_2_clicked(bool checked);

    void on_radioButton_clicked(bool checked);



private:
    Ui::MainWindow *ui;
    QGraphicsView *scene;
};

#endif // MAINWINDOW_H
```

Файл Mainwindow.cpp

```
#include "mainwindow.h"
#include "ui_mainwindow.h"

MainWindow::MainWindow(QWidget *parent) :
    QMainWindow(parent),
    ui(new Ui::MainWindow)
{
    ui->setupUi(this);
    Console = new console;

}
```

```
MainWindow::~MainWindow()
{
    delete ui;
}

void MainWindow::on_pushButton_clicked()
{
    QString data = ui->textEdit->toPlainText();
    QGraphicsScene *scene = new QGraphicsScene(ui->graphicsView);
    scene->clear();
    flagErr = Console->checkErr(data);

    if(flagErr == 1){
        QMessageBox::warning(this,"Err","Missing character '(' or ')'");
    }
    else if(flagErr == 2){
        QMessageBox::warning(this,"Err","Tree empty.");
    }
    else if(flagErr == 3){
        QMessageBox::warning(this,"Error","Input is not alpharic");
    }
    else if(flagErr == 4){
        QMessageBox::warning(this,"Error","Extra character ')'");
    }
    else if (flagErr == 5){
        QMessageBox::warning(this,"Error","The first tree in forest incorrect.");
    }
    else if (flagErr == 6) {
        QMessageBox::warning(this,"Error","Input incorrect");
    }
    else if (flagErr == 0) {
        if(flagCase_1 == false && flagCase_2 == false)
            QMessageBox::warning(this,"Warning","Please,select any radio button!");
```

```
        else if(flagCase_2 == true){
            scene = Console->Console( data);
            ui->graphicsView->setScene(scene);
        }
        else if(flagCase_1 == true){
            scene = Console->Analize(data);
            ui->graphicsView->setScene(scene);
        }
    }



}


void MainWindow::on_radioButton_2_clicked(bool checked)
{
    flagCase_2 = checked;
    flagCase_1 = false;
}

void MainWindow::on_radioButton_clicked(bool checked)
{
    flagCase_2 = false;
    flagCase_1 = checked;
}
```

Файл forest.h

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <ctype.h>
#include <fstream>
#include <cstring>

using namespace std;
```

```
struct Node{
	bool isLeaf;
	char info;
	int total;
	Node **Tnode;
};
struct Tree{
	int deep;
	Node *root;
};

struct Forest{
   int count;
   Tree **tree;
};

Forest *takeForest(char* arr, int len);
Node *AppendNode(Node *node,char* arr,int& i,int len, bool isAlpha,int total);
int CountTree(char* arr, int len);
int CheckErr(char *arr, int len);
int BranchOfNode(char *arr, int i, int len);
Forest *createForest(int count);
Tree *createTree();
Node *createNode(char info,bool isAlpha, int total);
int DeepOfTree(char *arr, int i , int len);
void takeInfoOfNode(Node *root, string &out);
```

Файл forest.cpp

```
#include "forest.h"

// Viết 1 hàm loại bỏ dấu cách trong dữ liệu đầu vào
```

```
Forest *takeForest(char* arr, int len){
    int countTree = CountTree(arr,len);
    Forest *forest = createForest(countTree);// Khoi tao countTree Tree

    int i = 1;
    for(int j = 0; j < forest->count; j++){
        //Crete root of tree
        int deep = DeepOfTree(arr,i,len);
        int total = BranchOfNode(arr,i,len);
        Node *root = createNode(arr[i],true,total);
        if(total>0){
            i+=2;
        }
        AppendNode(root,arr,i,len,true,total);
        forest->tree[j]->root = root;
        forest->tree[j]->deep = deep;
    }

    return forest;
}


Node *AppendNode(Node *node,char* arr,int& i,int len, bool isAlpha,int total){// i = vi tri cua root
    /* ket thuc ham nay , gia tri cua i = vi tri cua root of second tree*/
    if(total == 0){
        if(isalpha(arr[i+1]))
            i++;
        else {
            i++;
            while(arr[i] == ')'){
                i++;
```

```
            }
        }
        return node;
    }
    for(int k = 0; k < total; k++){
        Node *temp = new Node;
        int countNode = BranchOfNode(arr,i,len);
        temp = createNode(arr[i],isAlpha,countNode);
        if(countNode > 0){
            i+=2;
        }
        AppendNode(temp,arr,i,len,isAlpha,countNode);
        node->Tnode[k] = temp;
    }
    return node;
}
int DeepOfTree(char *arr, int i , int len){// i = vi tri cua root cua tree
    if(arr[i+1]!='(')
        return 0;
    int delta = 0;
    int deep = delta;
    int flag = i;
    for(int j = i; j<len; j++){
        if(arr[j] == '('){
            delta += 1;
            deep = delta>deep?delta:deep;
        }
        else if(arr[j] == ')')
            delta -= 1;
        if(delta == 0 && j != flag)
            return deep+1;
    }
}
```

```
/* function checked */
int CountTree(char* arr, int len){
	int countTree = 0;
	int Delta = 0; //hieu cua ( va )
	for(int i = 0; i < len; i++){
		if(arr[i] == '('
			Delta += 1;
		else if(arr[i] == ')')
			Delta -= 1;
		if(Delta == 1 && arr[i] != ')')
			countTree += 1;
	}

	return countTree-1;
}


int CheckErr(char *arr, int len){

   for(int i = 0; i < len; i++){
      if(isalpha(arr[i]) == false && arr[i] != ')' && arr[i] != '('
         return 3; // 3- Input incorrect
   }
   if(!isalpha(arr[1]))
      return 5;

   int count = 0;
   for(int i  = 0; i < len; i++){
      if(count < 0)
         return 4; // thua dau ')'
      if(arr[i] == '('
         count++;
```

```
        else if(arr[i] == ')')
            count--;
        if(count == 0 && i <len -1)
            return 6;
    }
    if(count != 0)
            return 1; // 1- thieu ( hoac )

    for(int i = 0; i < len; i++){
        if(arr[i] =='(' && arr[i+1] == ')')
            return 2; // 2- tree empty
    }

    return 0;
}


/*Function checked*/
int BranchOfNode(char *arr, int i, int len){// i = vi tri cua Root cua Tree
        int count = 0;
        int flag = i;
        int delta = 0;
        if(arr[i+1] != '(') // TH ab => branch = 0
                return 0;
        else{
                for(int j = i+1; j < len ; j++){
                        if(arr[j] == '('
                                delta += 1;
                        else if(arr[j] == ')'){
                                delta -= 1;
                                if(delta == 0 && j != flag)
                                        return count;
                        }
```

```
                else if(isalpha(arr[j]) && delta == 1){
                    count++;
                }
            }
        }
}


Forest *createForest(int count){
    Forest *forest = new Forest;
    forest->count = count;
    forest->tree = new (Tree*);
    for(int i = 0; i<count; i++){
        forest->tree[i] = new Tree;
        forest->tree[i] = createTree();
    }
    return forest;
}

Tree *createTree(){
    Tree *tree = new Tree;
    tree->root = nullptr;
    tree->deep = 0;
    return tree;
}

Node *createNode(char info,bool isAlpha, int total){
    Node *node = new Node;
    node->info = info;
    node->isLeaf = isAlpha;
    node->total = total;
    node->Tnode = new (Node*);
        for(int j = 0; j < total; j++){
```

```
            node->Tnode[j] = new Node;
                node->Tnode[j] = nullptr;
        }
    return node;
}
void takeInfoOfNode(Node *root, string &out){
        out += "( ";
        out.append(1,root->info);
        out+=" ";
        for(int i = 0; i < root->total; i++){
                takeInfoOfNode(root->Tnode[i],out);
        }
        out += ") ";
}
```

Файл bintree.h

```
#include "forest.h"


struct BinNode
{
    bool isLeaf;
    char info;
    BinNode *left;
    BinNode *right;
};

struct BinTree
{
    BinNode *root;
    int deep;
};
```

```
BinTree *createBinTree();
BinNode *createBinNode(char info, bool isAlpha);

BinTree *createBTFromForest(Forest* forest);
BinNode *ConsBT(BinNode *root, Forest *left, Forest *right);
Tree *Head(Forest *forest);
Forest *Tail(Forest *forest);
BinNode *Root(Tree* tree);
Forest *Listing(Tree *tree);
Tree *NodeToTree(Node *node);
int CountDeep(BinNode *&node);
int CountDeepOfTree(Node* root);
void takeInfoBT(BinNode *root, string &out);
void takeInfoByDeep(Node *root,int deep,string &out);
```

Файл bintree.cpp

```
#include "bintree.h"

BinTree *createBinTree()
{
   BinTree *tree = new BinTree;
   tree->root = nullptr;
   tree->deep = 0;
   return tree;
}

BinNode *createBinNode(char info, bool isAlpha)
{
   BinNode *node = new BinNode;
   node->info = info;
   node->isLeaf = isAlpha;
   node->left = nullptr;
   node->right = nullptr;
```

```
    return node;
}


BinTree *createBTFromForest(Forest* forest){
    BinTree *bintree = createBinTree();
    bintree->root = ConsBT(Root(Head(forest)),Listing(Head(forest)),Tail(forest));
    bintree->deep = CountDeep(bintree->root) - 1;
    return bintree;
}

/*checked*/
Tree *Head(Forest *forest){

    Tree *tree = new Tree;
    tree = forest->tree[0];// da bao gom deep
    return tree;
}

/*checked*/
Forest *Tail(Forest *forest){
    if(forest->count == 1)
        return nullptr;
    Forest *temp = createForest((forest->count)-1); // đã khởi tạo forest cùng forest->count
    for(int i = 0; i < (forest->count)-1; i++){
        temp->tree[i] = forest->tree[i+1];
    }
    return temp;
}

/* */
BinNode *Root(Tree* tree){// create Binnode from tree;
    if(tree == nullptr)
```

```
        return nullptr;
    BinNode *root = createBinNode(tree->root->info,tree->root->isLeaf);
    return root;
}

Forest *Listing(Tree *tree){
    if(tree->deep == 0) //
        return nullptr;
    Forest *forest = createForest((tree->root->total));
    for(int i = 0; i < forest->count; i++){
        forest->tree[i] = NodeToTree(tree->root->Tnode[i]);//da tao deepoftree
    }
    return forest;
}

Tree *NodeToTree(Node *node){
    Tree *tree = createTree();
    tree->root = node;
    tree->deep = CountDeepOfTree(node) - 1;
    return tree;
}
```

BinNode *ConsBT(BinNode *root, Forest *left, Forest *right){//tạo binnote* root từ treenote thong qua ham createbinnode;

```
    BinNode *binnode = root;

    if(left == nullptr)
        binnode->left = nullptr;
    else
        binnode->left = ConsBT(Root(Head(left)),Listing(Head(left)),Tail(left));
    if(right == nullptr)
```

```
        binnode->right = nullptr;
    else
        binnode->right = ConsBT(Root(Head(right)),Listing(Head(right)),Tail(right));

    return binnode;
}

int CountDeep(BinNode *&node)
{
    if (node == nullptr)
        return 0;
    int cl = CountDeep(node->left);
    int cr = CountDeep(node->right);
    return 1 + ((cl>cr)?cl:cr);
}

/*checked*/
int CountDeepOfTree(Node* root){
    if(root == nullptr)
        return 0;
    int max = 0;
    for(int i = 0; i < root->total; i++){
        int count = CountDeepOfTree(root->Tnode[i]);
        max = count>max?count:max;
    }
    return max+1;
}
void takeInfoBT(BinNode *root, string &out){
    if(root == nullptr)
        return;
    out += "( ";
    out.append(1,root->info);
    out+=" ";
```

```
    takeInfoBT(root->left,out);
    takeInfoBT(root->right,out);
    out += ") ";
}
/*
void takeInfoByDeep(BinNode *root,string &out, int deep){
    if(deep == 0){
        out.append(1,root->info);
        out += " ";
    }
    else {
        takeInfoByDeep(root->left,out,deep-1);
        takeInfoByDeep(root->right,out,deep-1);
    }

}*/
void takeInfoByDeep(Node *root,int deep,string &out){// dieu kien la deep <=
DeepOfTree
    if(deep == 0){
        out.append(1,root->info);
        out+= " ";
        return;
    }
    if(root->total == 0)
        return;

    for(int i = 0; i<root->total; i++){
        takeInfoByDeep(root->Tnode[i],deep-1,out);
    }
    return;
}
```

Файл console.h

```
#ifndef CONSOLE_H
```

```
#define CONSOLE_H

#include <bintree.h>
#include <QGraphicsScene>
#include <QGraphicsView>
#include <cmath>
#include <QGraphicsTextItem>
#include <QString>
#include <QMessageBox>
#include <QLineEdit>


class console
{
public:
    console();
    QGraphicsScene *Console(QString data);
    QGraphicsScene *Analize(QString data);
    int checkErr(QString data);
    void treePainter(QGraphicsScene *&scene, BinNode *binnode, int w, int h, int wDelta,
int hDelta, QPen &pen, QBrush &brush, QFont &font, int depth);

};

#endif // CONSOLE_H
```

Файл console.cpp

```
#include "console.h"

console::console()
{
```

```
}
int console::checkErr(QString data){
    int flagErr = 0;
    string input = data.toStdString(); // Qstring to string
    char *arr = new char[input.length()+1];// khoi tao char* arr
    std::strcpy(arr,input.c_str()); // string to char*
    int len = static_cast<int>(input.length());
    flagErr = CheckErr(arr,len); // check lai ham nay
        return flagErr;
}
QGraphicsScene* console::Analize(QString data){
    QGraphicsScene *scene = new QGraphicsScene;

    string input = data.toStdString(); // Qstring to string
    char *arr = new char[input.length()+1];// khoi tao char* arr
    std::strcpy(arr,input.c_str()); // string to char*
    int len = static_cast<int>(input.length());
    Forest *forest = takeForest(arr,len);
    BinTree *bintree = createBTFromForest(forest);
    string out;
    out += "ANALIZE";
    out += "\n\nTree of the forest:\n";
    for(int i = 0; i <forest->count; i++){
        out += "\n\tTree " + std::to_string(i+1)+":\t";
        takeInfoOfNode(forest->tree[i]->root,out);

    }
    out += "\n\nElements of the forest in horizontal order (in width):\n\t";
    for(int i = 0; i <forest->count; i++){
        out += "\n\tTree " + std::to_string(i+1)+":\t";
        for(int j = 0; j <= forest->tree[i]->deep; j++){
            takeInfoByDeep(forest->tree[i]->root,j,out);
        }
```

```
    }
    out+= "\n\nNatural representation of the forest by a binary tree :\n\n\t";
    takeInfoBT(bintree->root,out);
    scene->addText(QString::fromStdString(out));
    return scene;
}

QGraphicsScene* console::Console(QString data){
    QGraphicsScene *scene = new QGraphicsScene;

    string input = data.toStdString(); // Qstring to string
    char *arr = new char[input.length()+1];// khoi tao char* arr
    std::strcpy(arr,input.c_str()); // string to char*
    int len = static_cast<int>(input.length());



    Forest *forest = takeForest(arr,len);
    BinTree *bintree = createBTFromForest(forest);
    scene->clear();
    QPen pen;
    QColor color;
    color.setRgb(174, 227, 232);
    pen.setColor(color);
    QBrush brush (color);
    QFont font("Helvetica [Cronyx]", 8, 10,false);
    pen.setWidth(2);



    int wDeep = static_cast<int>(pow(2, bintree->deep)+2);
    int hDelta = 50;
    int wDelta = 7;
    int width = (wDelta*wDeep)/2;
```

```
        treePainter(scene, bintree->root, width/2, hDelta, wDelta, hDelta, pen, brush, font,
wDeep);

        return scene;
    }

    void console::treePainter(QGraphicsScene *&scene, BinNode *binnode, int w, int h, int
wDelta, int hDelta, QPen &pen, QBrush &brush, QFont &font, int depth)
    {

        if (binnode == nullptr)
            return ;
        QString out;
        out += binnode->info;
        QGraphicsTextItem *textItem = new QGraphicsTextItem;
        textItem->setPos(w, h);// set toa do (x;y) cua nut
        textItem->setPlainText(out);
        textItem->setFont(font);
        scene->addEllipse(w-wDelta/2, h, wDelta*5/2, wDelta*5/2, pen, brush); // Tạo hình
tròn của các nút
        if (binnode->left != nullptr)
            scene->addLine(w+wDelta/2, h+wDelta, w-(depth/2)*wDelta+wDelta/2,
h+hDelta+wDelta, pen);
        if (binnode->right != nullptr)
            scene->addLine(w+wDelta/2, h+wDelta, w+(depth/2)*wDelta+wDelta/2,
h+hDelta+wDelta, pen);
        scene->addItem(textItem);
        treePainter(scene, binnode->left, w-(depth/2)*wDelta, h+hDelta, wDelta, hDelta, pen,
brush, font, depth/2);
        treePainter(scene, binnode->right, w+(depth/2)*wDelta, h+hDelta, wDelta, hDelta,
pen, brush, font, depth/2);
        return ;
    }
```