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. 9381 _____ Игнашов В.М.

Преподаватель _____ Фирсов М.А.

Санкт-Петербург

2020

Цель работы.

Научиться работе с бинарными деревьями поиска, обходом их, добавлением элементов.

Задание.

7.

БДП: случайное* БДП

Действие: 1+2a

Выполнение работы.

Для выполнения данной лабораторной работы воспользуемся интегрируемой средой разработки QtCreator для создания графической оболочки программы.

Было реализовано четыре класса – класс узлов Node, класс самого окна программы ProgWindow, класс виджета линий для ввода элементов LineOfAmounts и класс отображения построенного дерева – VisualizeTree.

Для осознания, как должно строится дерево определим, что случайное бинарное дерево поиска – дерево, строящееся по заданному массиву.

Node:

В данном классе присутствуют поля int a(сам элемент), int elemNum(номер элемента в дереве), Node* left(ссылка на левый узел), Node* right(ссылка на правый узел), int depth(глубина вхождения в дерево), конструктор и 4 метода – добавление нового элемента в дерево, поиск максимальной глубины в дереве, поиск элемента в дереве и удаление дерева.

Конструктор Node(int am, int depth, int elemNum)

В конструкторе – поля инициализируются переданными аргументами, а левая и правая ссылка инициализируются nullptr.

Метод добавления void addnew(int x, int num)

В качестве аргументов передаются сам элемент и номер нового элемента в дереве. В методе создается временный узел и инициализируется деревом – это необходимо сделать, чтоб не испортить уже созданное дерево. Переходим далее

с условиями поиска в бдп(Если новый элемент меньше нынерассматриваемого – переходим в правую ветку и выполняем то же самое, иначе в левую и выполняем то же самое) до места в дереве, куда должен быть добавлен элемент и, выделив под него память, создаем его.

Метод поиска максимальной глубины int maxdepth()

Обходя дерево, считаем максимальную глубину в левом и правом поддереве. Тем самым в конце рекурсии для главного элемента будем знать наибольшую глубину в дереве.

Метод поиска элемента void findElem(int elem, int count)*

Данный метод необходим для выполнения задания из условия «действие».

В качестве аргумента в метод передается значение искомого элемента, и указатель на адрес, в котором будет хранится количество найденных элементов. Обходя дерево как обычно если элемент соответствует, увеличиваем количество найденных на один.

Метод удаления дерева void deleteTree()

Метод используется для освобождения памяти, выделенной под дерево, обходя дерево, с конечных элементов удаляем их, очищая память и добравшись до главного элемента, также его удаляем.

LineOfAmounts:

Данный класс содержит одно приватное поле – int n – количество элементов в дереве, 3 поля для графического отображения – массив линий, их вертикальный лейаут, форма, в которую поместится данный лейаут. Сам же класс наследуется от QScrollArea, что дает возможность вводить больше элементов с удобством.

В данном классе присутствует конструктор, деструктор и метод перерасчета размеров.

Конструктор LineOfAmounts()

В конструкторе выделяется память под все необходимые поля(включая максимальное количество линий, ненужные – будут становится невидимыми для пользователя), создается графическое отображение виджета.

Деструктор ~LineOfAmounts()

Очищается выделенная ранее память под класс.

Метод resize(int k)

В зависимости от переданного количества должных элементов – становятся видимыми пользователю новые, или скрываются старые. Полю n присваивается переданное значение – новое количество элементов.

VisualizeTree:

Данный класс наследуется от QGraphicsScene и подразумевает собой графическое представление получившегося дерева. У него есть три приватных поля – максимальное количество элементов, QGraphicsItem'ы – items отвечают за сами элементы, lineItems отвечают за линии между элементами.

Также, у этого класса есть конструктор, деструктор и метод обновления отображения.

Конструктор VisualizeTree()

В конструкторе данного класса выделяется память под все его поля и все item'ы становятся невидимыми для пользователя, пока они не потребуются.

Деструктор ~VisualizeTree()

В деструктор данного класса очищается память ранее выделенная под поля.

Метод update(Node head, int numOfLeaves)*

В качестве аргументов для создания дерева – передается количество элементов и главный элемент дерева.

Для начала – все элементы становятся невидимыми, чтобы избежать моментов, когда новое дерево меньше предыдущего и остаются на сцене ненужные элементы.

Далее нам потребуется структура pt для осознания необходимой отрисовки для каждого элемента. Так, нам потребуются координаты предыдущего и нынешнего элемента для отрисовки линии, а также что содержится в элементе, для отображения этого. Поле made будет использоваться в функции findPlace только для возвращения верного значения.

Функция findPlace(Node tmphead, int elemNum, int leftMove, int rightMove, int widthch, bool toLeft)*

В качестве аргументов в нее передается дерево для поиска места элемента, номер искомого элемента, информация о том, насколько надо сдвинуться влево и вправо для получения координаты по X, также, значение изменяемое в геометрической прогрессии с шагом ½, чтобы построить более точное изображение дерева и информация, с какой стороны пришел элемент.

В самой функции создается возвращаемый элемент retpt, который всю информацию будет совмещать. Рекурсивно движемся по дереву, пока не уткнемся в элемент, номер которого будет совпадать с искомым. Тогда инициализируем все необходимые поля. И возвращаемся.

Тем самым, по итогу мы имеем координаты, по которым надо отрисовать линии и значение, которое соответствует элементу. Все это и отображаем для всех кроме нуля, тк для нуля нет линий сверху.

ProgWindow:

Данный класс необходим для непосредственно самого окна программы. У него присутствуют поля – главный элемент дерева, количество элементов и массив введенных элементов. Также, у него присутствуют поля для графического отображения – кнопки, поля для ввода, метки, и QGraphicsView для отображения VisualizeTree treeScene. Также, у него присутствуют три слота для связи действий и конструктор.

Конструктор ProgWindow()

В конструкторе выделяется память под все, необходимые объекты, компонуются виджеты и связываются сигналы и слоты. Так, при вводе любого значения в строку количества значений – будет обрабатываться слот addArray(), При нажатии на кнопку генерации дерева – будет обрабатываться слот createTree(), а при нажатии на кнопку подсчета количества введенных элементов и добавления нового элемента – слот findElem().

Слот addArray()

В данном слоте обрабатываются возможные ошибки – ввода не числа, слишком большого числа – вызовом функции error(typeOfError) с передачей в нее соответствующего типа ошибки, описанного в перечислении enum typeOfError. И вызывается функция resize() у списка входных элементов.

Слот createTree()

В данном слоте также обрабатываются возможные ошибки. Записываются значения в строках в массив значений. Удаляется предыдущее дерево и заново записываются все элементы. Вызывается метод update у отображения дерева.

Слот findElem()

В данном слоте также обрабатываются возможные ошибки. После чего выводится в QLabel, который содержит количество найденных элементов значение, возвращенное в качестве аргумента из функции findElem главного элемента дерева, добавляется элемент в список элементов и заново строится дерево.

В главной функции программы отображается окно ProgWindow.

Разработанный программный код см. в приложении А.

Тестирование программы см. в приложении Б.

Выводы.

Были разобраны основные методы работы с бинарными деревьями поиска, реализована программа, предоставляющая одно из них – случайное, а также возможность найти элементы дерева.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Название файла: main.cpp

```
#include <QApplication>

#include "progwindow.h"

using namespace std;

int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication a(argc, argv);

    ProgWindow* pg = new ProgWindow;
    pg->setWindowTitle("Случайные БДП");
    pg->showMaximized();
    return a.exec();
}
```

Название файла: node.h

```
#ifndef NODE_H
#define NODE_H


class Node
{
private:
    int a;
    int elemNum;
    Node* left;
    Node* right;
    int depth;
public:
    Node(int am, int depth, int elemNum);
    void addnew(int x, int num);
    int maxdepth();
    void findElem(int elem, int* count);
    void deleteTree();

    Node* getLeft(){return left;}
    Node* getRight(){return right;}
    int getA(){return a;}
    int getElemNum(){return elemNum;}
    int getDepth(){return depth;}
};

#endif // NODE_H
```

Название файла: node.cpp

```
#include "node.h"
Node::Node(int am, int depth, int elNum)
{
    elemNum=elNum;
    a=am;
    this->depth=depth;
    left=nullptr;
    right=nullptr;
}

void Node::addnew(int x, int num)
{
    Node* tmp = this;
```

```
    while(true){
        if(tmp->a>x){
            if(tmp->left==nullptr){
                tmp->left=new Node(x,tmp->depth+1,num);
                break;
            }
            tmp=tmp->left;
        }
        else{
            if(tmp->right==nullptr){
                tmp->right=new Node(x,tmp->depth+1,num);
                break;
            }
            tmp=tmp->right;
        }
    }
}
void Node::findElem(int elem, int* count){
     if(elem==this->a)
        *count+=1;

     if(this->left!=nullptr)
        left->findElem(elem,count);
     if(this->right!=nullptr)
        right->findElem(elem,count);
}
int Node::maxdepth()
{
    int maxdepth_left=0;
    int maxdepth_right=0;
    if(left!=nullptr)
        maxdepth_left=left->maxdepth();
    if(right!=nullptr)
        maxdepth_right=right->maxdepth();
    if(left==nullptr&&right==nullptr)
        return depth;
    else
        return maxdepth_left>maxdepth_right ? maxdepth_left : maxdepth_right;
}

void Node::deleteTree()
{
    if(left!=nullptr)
        left->deleteTree();
    if(right!=nullptr)
        right->deleteTree();
    delete this;
}
```

Название файла: progwindow.h

```
#ifndef PROGWINDOW_H
#define PROGWINDOW_H

#include <QWidget>
#include <QPushButton>
#include <QHBoxLayout>
#include <QVBoxLayout>
#include <QLineEdit>
#include <QLabel>
#include <QMessageBox>
#include <QDesktopWidget>
#include "visualizetree.h"

const int maxn=100;
```

```
class LineOfAmounts: public QScrollArea{
private:
    int n=0;
public:
    LineOfAmounts();
    QFrame* fr;

    QVBoxLayout* l;
    QLineEdit* arr[maxn];
    void resize(int k);
    ~LineOfAmounts();
};

class ProgWindow: public QWidget
{
    Q_OBJECT
private:
    Node* head=nullptr;
    int numOfLEi=0;
    int amounts[maxn];
public:
    ProgWindow();
    QLineEdit* numOfLE;
    LineOfAmounts* loa = nullptr;
    QPushButton* calc;

    QLineEdit* whichElem;
    QPushButton* findElemButton;
    QLabel* howManyElems;

    VisualizeTree* treeScene=nullptr;
    QGraphicsView* view;

public slots:
    void findElem();
    void addArray();
    void createTree();
};

#endif // PROGWINDOW_H
```

Название файла: progwindow.cpp

```
#include "progwindow.h"

enum typeOfError{
    WRONGINPUT,
    NOTREE,
    NOINPUT,
    BIGAMOUNT
};

void error(typeOfError type){
    switch(type){
        case WRONGINPUT:
            QMessageBox::warning(nullptr, "Warning!","Wrong input!");
            break;
        case NOTREE:
            QMessageBox::warning(nullptr, "Warning!","No tree found!");
            break;
        case NOINPUT:
            QMessageBox::warning(nullptr, "Warning!","No input found!");
            break;
        case BIGAMOUNT:
            QMessageBox::warning(nullptr, "Warning!","You've inputted too huge
amount!");
```

```
            break;
    }
}

ProgWindow::ProgWindow()
{
    numOfLE=new QLineEdit();
    loa=new LineOfAmounts;
    whichElem=new QLineEdit;
    findElemButton=new QPushButton("Find and Add");
    howManyElems=new QLabel("Amount:  ");
    calc=new QPushButton("Generate");
    treeScene = new VisualizeTree(maxn);
    view=new QGraphicsView;
    view->setScene(treeScene);

    QHBoxLayout* layh = new QHBoxLayout;
    QLabel *NumberOf = new QLabel("Number of elements:");

    layh->addWidget(NumberOf);
    layh->addWidget(numOfLE);
    layh->addWidget(calc);

    QHBoxLayout* layh2=new QHBoxLayout;
    layh2->addWidget(whichElem);
    layh2->addWidget(findElemButton);
    layh2->addWidget(howManyElems);

    QVBoxLayout* layv=new QVBoxLayout;
    layv->addLayout(layh);
    layv->addWidget(loa);
    layv->addLayout(layh2);

    QWidget* leftThing=new QWidget;
    leftThing->setLayout(layv);
    leftThing->setFixedWidth(275);

    QHBoxLayout* layh3=new QHBoxLayout;
    layh3->addWidget(leftThing);
    layh3->addWidget(view);



    connect(calc,SIGNAL(clicked()),this,SLOT(createTree()));
    connect(findElemButton,SIGNAL(clicked()),this,SLOT(findElem()));
    connect(numOfLE,SIGNAL(textChanged(const QString &)),this,SLOT(addArray()));

    this->setLayout(layh3);
}

void ProgWindow::createTree()
{
    if(numOfLEi==0){
        error(NOINPUT);
        if(head!=nullptr)
            head->deleteTree();
        head=nullptr;
        treeScene->update(head,0);
        return;
    }
    for(int i=0;i<numOfLEi;i++){
        if(!(amounts[i]=loa->arr[i]->text().toInt())&&(loa->arr[i]->text()!
="0")){
            error(WRONGINPUT);
            if(head!=nullptr)
                head->deleteTree();
```

```
            head=nullptr;
            treeScene->update(head,0);
            return;
        }
    }
    if(head!=nullptr)
        head->deleteTree();
    head = new Node(amounts[0],0,0);
    for(int i=1;i<numOfLEi;i++)
        head->addnew(amounts[i],i);
    treeScene->update(head,numOfLEi);
}

void ProgWindow::findElem()
{
    int e;
    int count=0;
    if(whichElem->text()=="")
        return;
    if(head==nullptr){
        error(NOTREE);
        return;
    }
    if(whichElem->text()=="0"){
        e=0;
    }else
        if(!(e=whichElem->text().toInt())){
            error(WRONGINPUT);
            return;
        }
    head->findElem(e,&count);
    howManyElems->setText("Amount: "+QString::number(count));
    head->addnew(e,numOfLEi);
    amounts[numOfLEi]=e;
    loa->arr[numOfLEi]->setVisible(true);
    loa->arr[numOfLEi]->setText(whichElem->text());
    numOfLEi+=1;
    createTree();
}

void ProgWindow::addArray()
{
    for(int i=0;i<maxn;i++){
        loa->arr[i]->setVisible(false);
    }
    if(numOfLE->text()==""){
        loa->resize(0);
        for(int i=0;i<maxn;i++)
            loa->arr[i]->setText("");
        numOfLEi=0;
        return;
    }
    if(numOfLEi=numOfLE->text().toInt()){
        if(numOfLEi>=100){
            error(BIGAMOUNT);
            return;
        }
        loa->resize(numOfLEi);
    }else{
        error(WRONGINPUT);
        numOfLE->setText("");
    }
}

LineOfAmounts::LineOfAmounts()
{
```

```
    fr=new QFrame;
    l = new QVBoxLayout;
    for(int i=0;i<maxn;i++){
        arr[i]=new QLineEdit;
        arr[i]->setVisible(false);
        arr[i]->setFixedHeight(20);
        l->addWidget(arr[i]);
    }
    setWidgetResizable(true);
    l->setAlignment(Qt::AlignTop);
    fr->setLayout(l);

    setWidget(fr);
}

void LineOfAmounts::resize(int k)
{
    if(k<n){
        for(int i=k;i<n;i++){
            arr[i]->setVisible(false);
        }
    }else{
        for(int i=n;i<k;i++){
            arr[i]->setVisible(true);

        }
    }
    this->n=k;
}

LineOfAmounts::~LineOfAmounts()
{
    for(int i=0;i<maxn;i++){
        delete arr[i];
    }
}
```

Название файла: visualizetree.h

```
#ifndef VISUALIZETREE_H
#define VISUALIZETREE_H
#include <QGraphicsScene>
#include <QGraphicsView>
#include <QGraphicsItem>
#include "node.h"

class VisualizeTree: public QGraphicsScene
{
private:
    int maxn;
    QGraphicsSimpleTextItem** items;
    QGraphicsLineItem** lineItems;
public:
    VisualizeTree(int maxn);
    void update(Node* head, int numOfLeaves);
    ~VisualizeTree();
};

#endif // VISUALIZETREE_H
```

Название файла: visualizetree.cpp

```
#include "visualizetree.h"

struct pt{
    int x;
    int y;
```

```
    int xlast;
    int ylast;
    int contains;
    bool made=false;
};

pt findPlace(Node* tmphead, int elemNum, int leftMove, int rightMove, int
widthch, bool toLeft){
    pt retpt;
    if(tmphead->getElemNum()==elemNum){
        retpt.x=-leftMove+rightMove;
        retpt.y=tmphead->getDepth();
        retpt.ylast=retpt.y-1;
        if(toLeft){
            retpt.xlast=retpt.x+widthch*2;
        }else{
            retpt.xlast=retpt.x-widthch*2;
        }
        retpt.contains=tmphead->getA();
        retpt.made=true;
        return retpt;
    }
    if(tmphead->getLeft()!=nullptr){
        retpt=findPlace(tmphead-
>getLeft(),elemNum,leftMove+widthch,rightMove,widthch/2,true);
        if(retpt.made){
            return retpt;
        }
    }
    if(tmphead->getRight()!=nullptr){
        retpt=findPlace(tmphead-
>getRight(),elemNum,leftMove,rightMove+widthch,widthch/2,false);
        if(retpt.made){
            return retpt;
        }
    }
    return retpt;
}


VisualizeTree::VisualizeTree(int maxn)
{
    this->maxn=maxn;
    items=new QGraphicsSimpleTextItem*[maxn];
    lineItems=new QGraphicsLineItem*[maxn];
    for(int i=0;i<maxn;i++){
        items[i]=new QGraphicsSimpleTextItem;
        lineItems[i]=new QGraphicsLineItem;
        addItem(items[i]);
        addItem(lineItems[i]);
        items[i]->setVisible(false);
        lineItems[i]->setVisible(false);
    }
}

void VisualizeTree::update(Node* head, int numOfLeaves)
{
    for(int i=0;i<maxn;i++){
        items[i]->setVisible(false);
        lineItems[i]->setVisible(false);
    }
    for(int i=0;i<numOfLeaves;i++){
        pt pl = findPlace(head,i,0,0,pow(2,(head->maxdepth())),true);
        items[i]->setText(QString::number(pl.contains));
        items[i]->setPos(pl.x*10,pl.y*10);
        if(i!=0){
```

```
            lineItems[i]->setLine(pl.x*10,pl.y*10,pl.xlast*10,pl.ylast*10);
            lineItems[i]->setPen(Qt::DashLine);
            lineItems[i]->setVisible(true);
        }
        items[i]->setVisible(true);
    }
}

VisualizeTree::~VisualizeTree()
{
    for(int i=0;i<maxn;i++){
        delete items[i];
        delete lineItems[i];
    }
    delete[] items;
    delete[] lineItems;
}
```

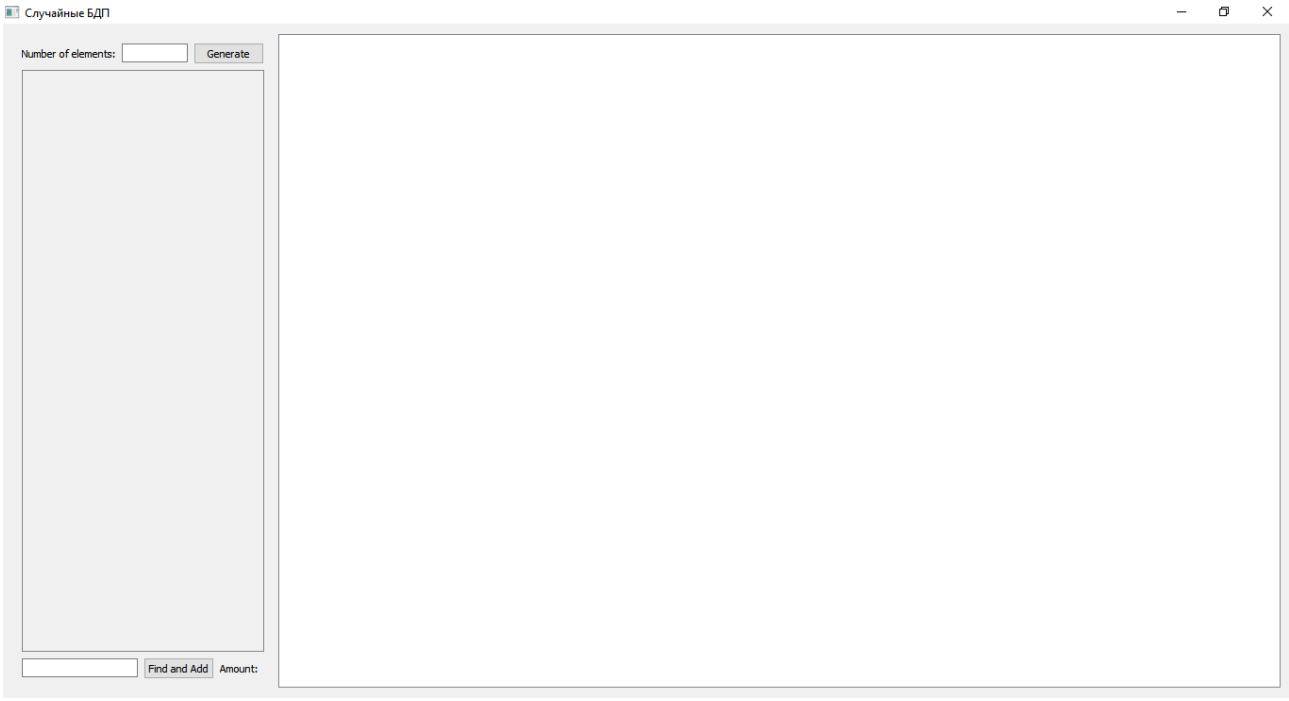
Название файла: CurseAiSD.pro

```
QT       += core gui

greaterThan(QT_MAJOR_VERSION, 4): QT += widgets

CONFIG += c++11

# You can make your code fail to compile if it uses deprecated APIs.
# In order to do so, uncomment the following line.
#DEFINES += QT_DISABLE_DEPRECATED_BEFORE=0x060000    # disables all the APIs
deprecated before Qt 6.0.0

SOURCES += \
    main.cpp \
    node.cpp \
    progwindow.cpp \
    visualizetree.cpp

HEADERS += \
    node.h \
    progwindow.h \
    visualizetree.h

# Default rules for deployment.
qnx: target.path = /tmp/$${TARGET}/bin
else: unix:!android: target.path = /opt/$${TARGET}/bin
!isEmpty(target.path): INSTALLS += target
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

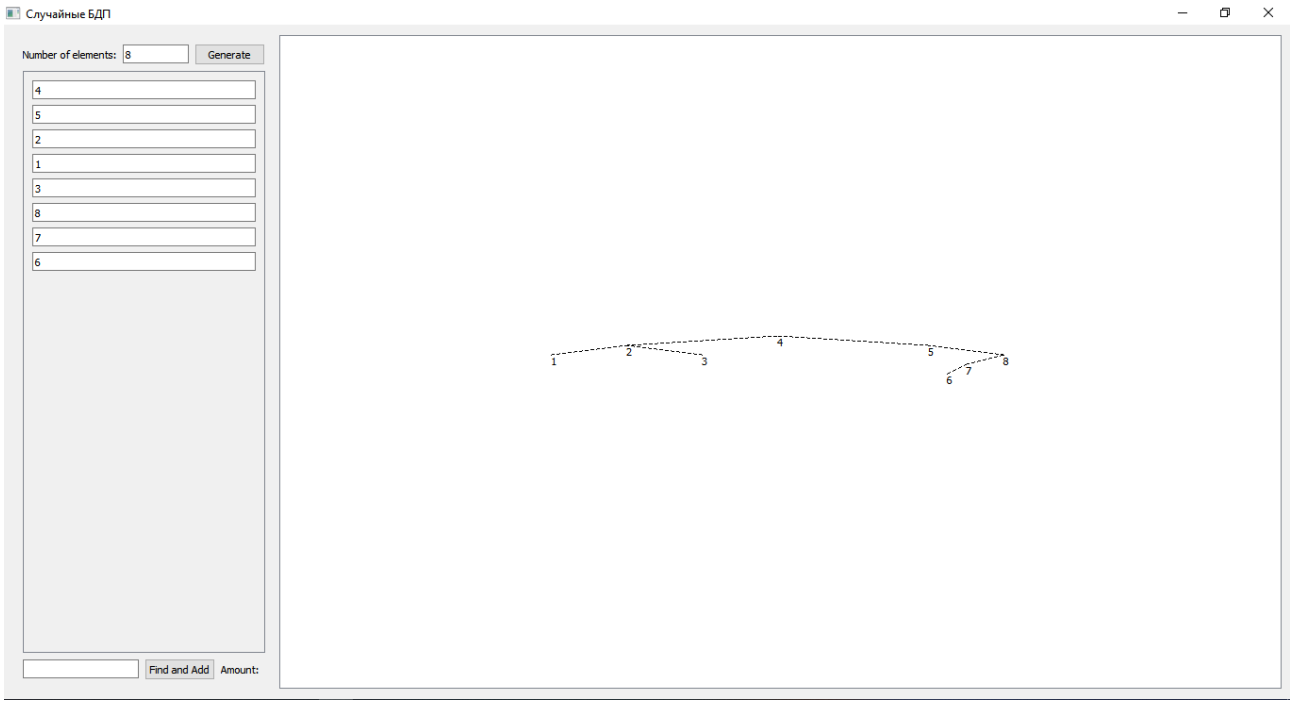
ТЕСТИРОВАНИЕ

Внешний вид программы при открытии ее.

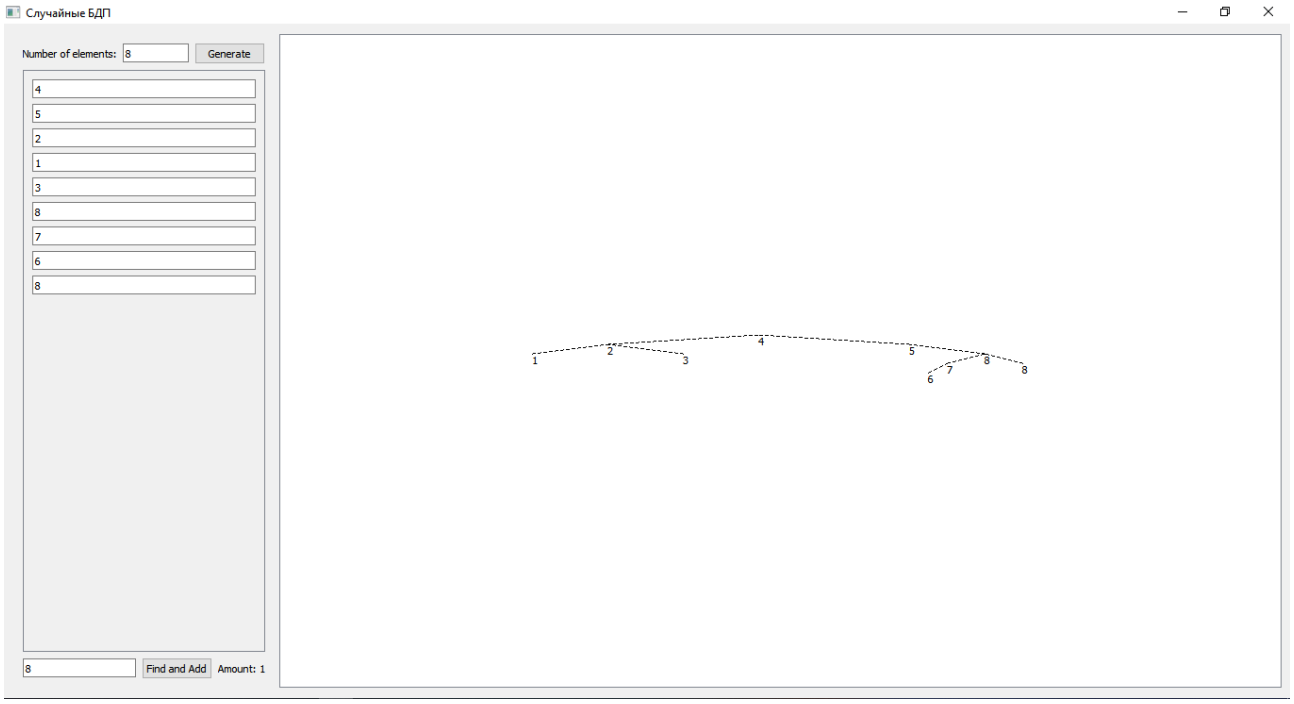


Создание дерева.

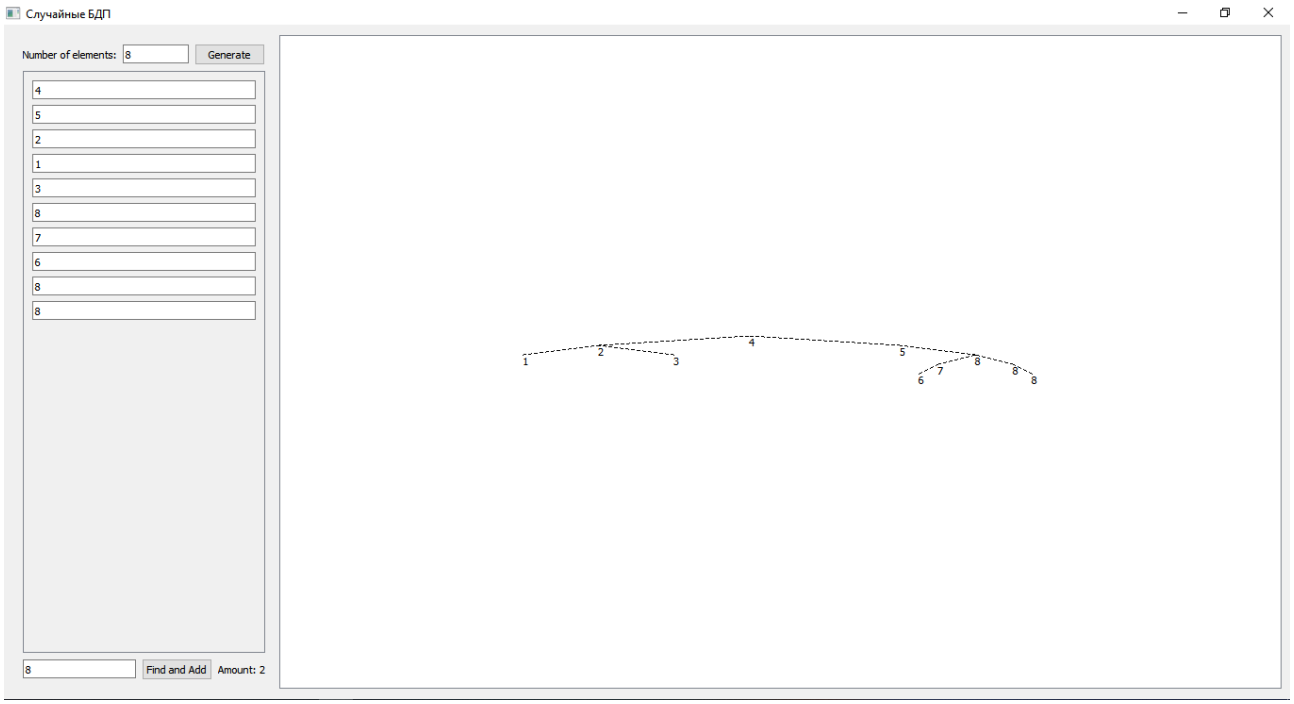
Изменение дерева.



Поиск элемента и его добавление.



Предусмотренные повторные поиски.



Обработанные ошибки: