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: «Случайные БДП с рандомизацией»

Студентка гр. 8381 Бердникова А.А.

Преподаватель Жангиров Т.Р.

Санкт-Петербург

2019

Цель работы

Изучить случайные БДП с рандомизацией и методы работы с ними на примере написания программы по заданию данной лабораторной работы на языке программирования C++ в фреймворке Qt.

Основные теоретические положения

Бинарное дерево - иерархическая структура данных, в которой каждый узел имеет не более двух потомков (детей). Как правило, первый называется родительским узлом, а дети называются левым и правым наследниками. Двоичное дерево не является упорядоченным ориентированным деревом.

Существует следующее рекурсивное определение двоичного дерева: <дерево> ::=(<данные> <дерево> <дерево>) || null

То есть двоичное дерево либо является пустым, либо состоит из данных и двух поддеревьев (каждое из которых может быть пустым). Важным фактом является то, что каждое поддерево в свою очередь тоже является деревом. Если у некоторого узла оба поддерева пустые, то он называется листовым узлом (листовой вершиной) или конечным (терминальным) узлом.

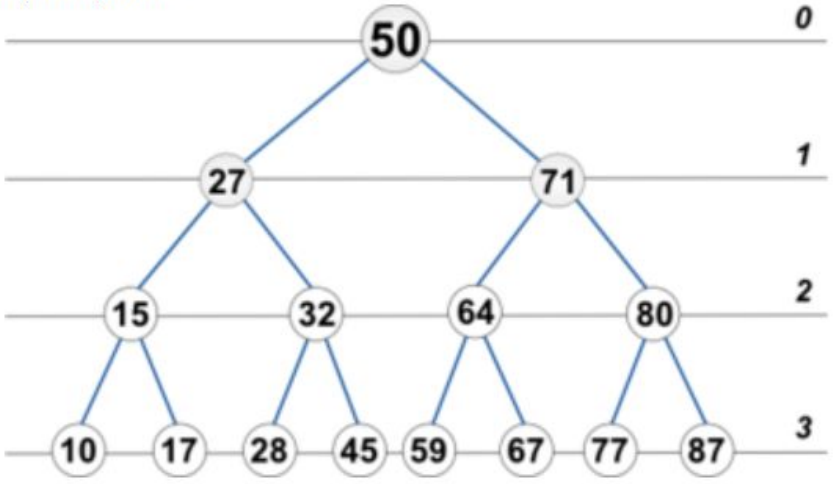
Бинарное дерево называют бинарным деревом поиска (БДП), если для каждого узла дерева выполнено следующее:

все элементы, находящиеся в левом поддереве, меньше элемента в корне, а все элементы, находящиеся в правом поддереве — больше.

Замечание. При такой формулировке определения, БДП не имеет повторяющихся элементов и называется бинарным деревом поиска без повторяющихся элементов.

А если в определении заменить все строгие неравенства на нестрогие, то БДП будет называться бинарным деревом поиска с повторяющимися элементами.

Пример БДП:



Задание

Для случайного БДП с рандомизацией:

1) По заданному файлу F (типа file of Elem), все элементы которого различны, построить структуру данных определённого типа – БДП
2) Для построенной структуры данных проверить, входит ли в неё элемент e типа Elem, и если входит, то удалить элемент e из структуры данных. Предусмотреть возможность повторного выполнения с другим элементом.

Ход работы

Описание алгоритма вставки в случайное БДП с рандомизацией

Основное свойство дерева поиска — любой ключ в левом поддереве меньше корневого ключа, а в правом поддереве — больше корневого ключа (будем считать, что все ключи различны). Это свойство позволяет нам очень просто организовать вставку ключа, перемещаясь от корня вправо или влево в зависимости от значения корневого ключа, когда мы

упираемся в пустой указатель, мы создаем новый узел и подвешиваем его к тому месту, где мы обнаружили тупик.

Немного о вставке в корень, которая используется в рандомизированной вставке. Сначала рекурсивно вставляем новый ключ в корень левого или правого поддеревьев (в зависимости от результата сравнения с корневым ключом) и выполняем правый (левый) поворот, который поднимает нужный нам узел в корень дерева.

Из двух функции вставки (простой и в корень) можно составить рандомизированную вставку. Мы выполняем с 1/(n+1) вероятностью вставку в корень, а с вероятностью 1-1/(n+1) — рекурсивную вставку в правое или левое поддерево в зависимости от значения ключа в корне.

Описание алгоритма удаления из случайного БДП

Удаление происходит по ключу — ищем узел с заданным ключом и удаляем этот узел из дерева. Стадия поиска такая же как и при вставке, далее объединяем левое и правое поддеревья найденного узла, удаляем узел, возвращаем корень объединенного дерева.

ДЕМОНСТРАЦИЯ

Вид программы

Программа представляет собой окно с графическим интерфейсом, запускающимся в свернутом в окно режиме с уже введенными данными для тестирования. Вид программы после запуска представлен на рис. 1.

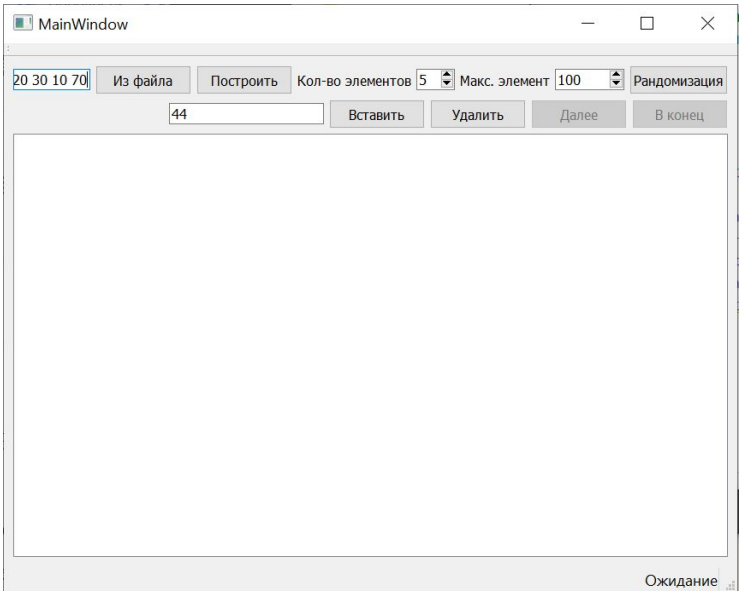


Рисунок 1 - Вид программы после запуска

Далее можно в крайнее левое окно ввести свои значения или выбрать ввод из файла, при нажатии построить строится заданное дерево.

Вид программы после создания БДП представлен на рис. 2.

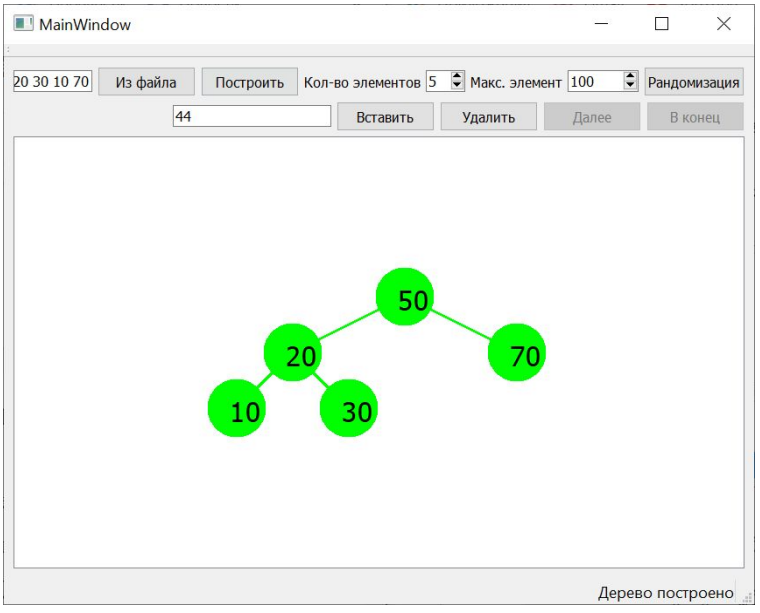


Рисунок 2 - Вид программы после создания БДП

Демонстрация рандомизированной вставки элемента

На рис. 3, 4, 5 представлен процесс вставки элемента

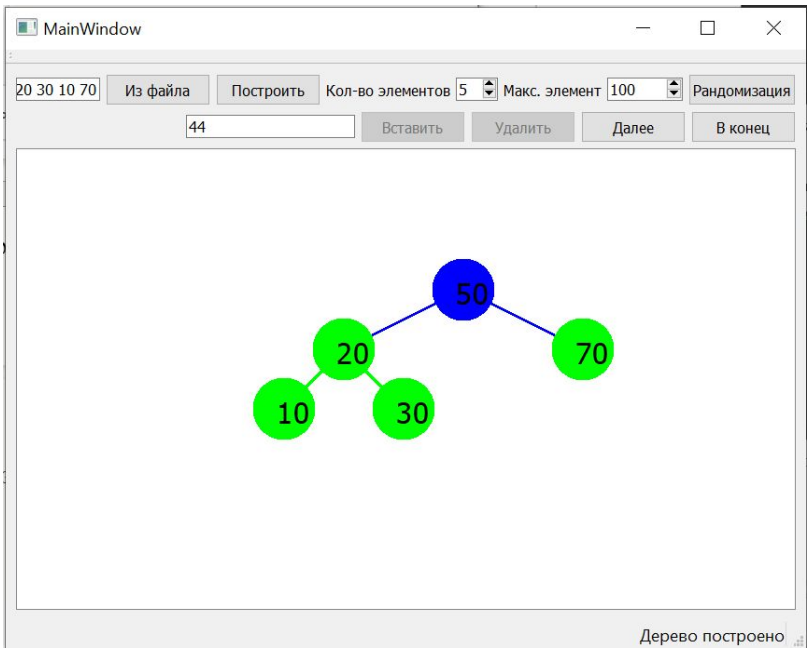


Рисунок 3 - Прохождение по элементам до места вставки

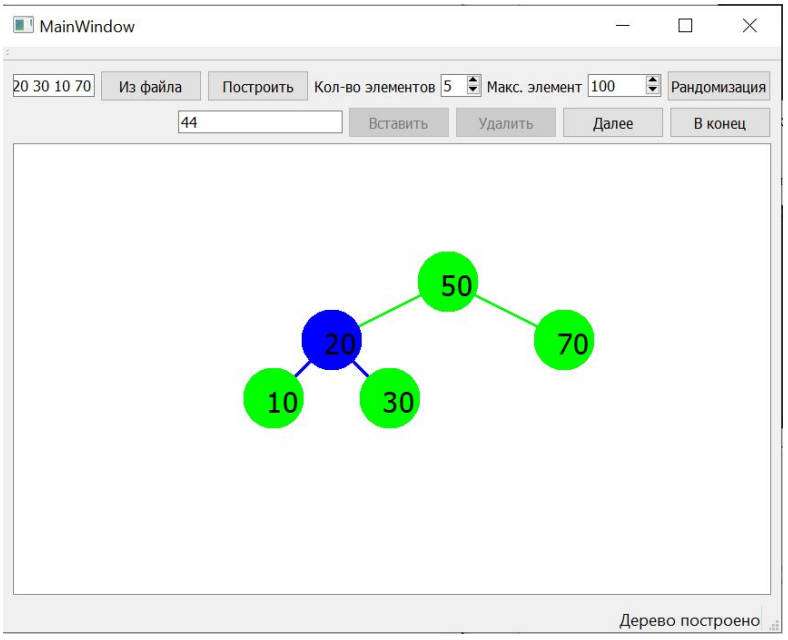


Рисунок 4 - Прохождение по элементам до места вставки

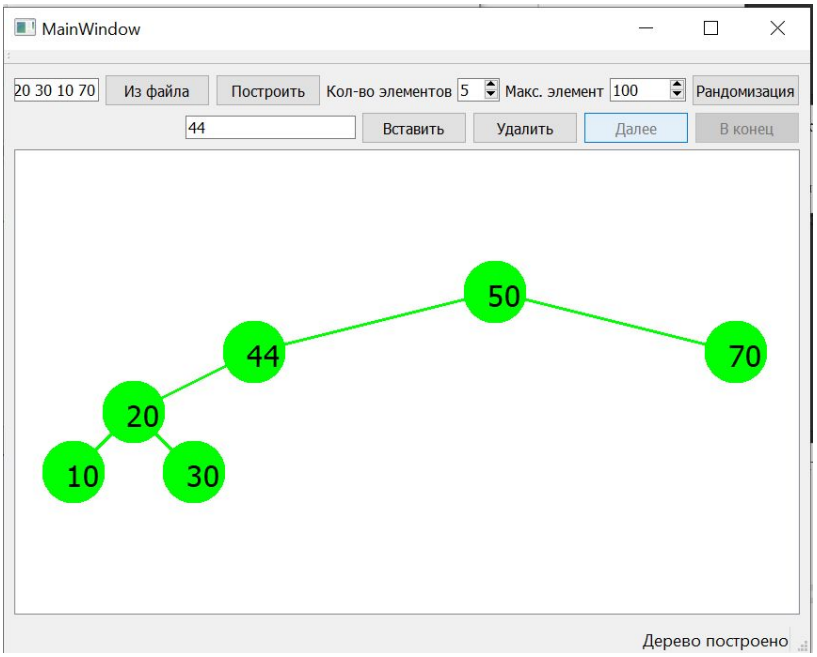


Рисунок 5 - Вставка элемента

2.3. Демонстрация удаления элемента

На рис. 6, 7, 8 представлен процесс удаления элемента

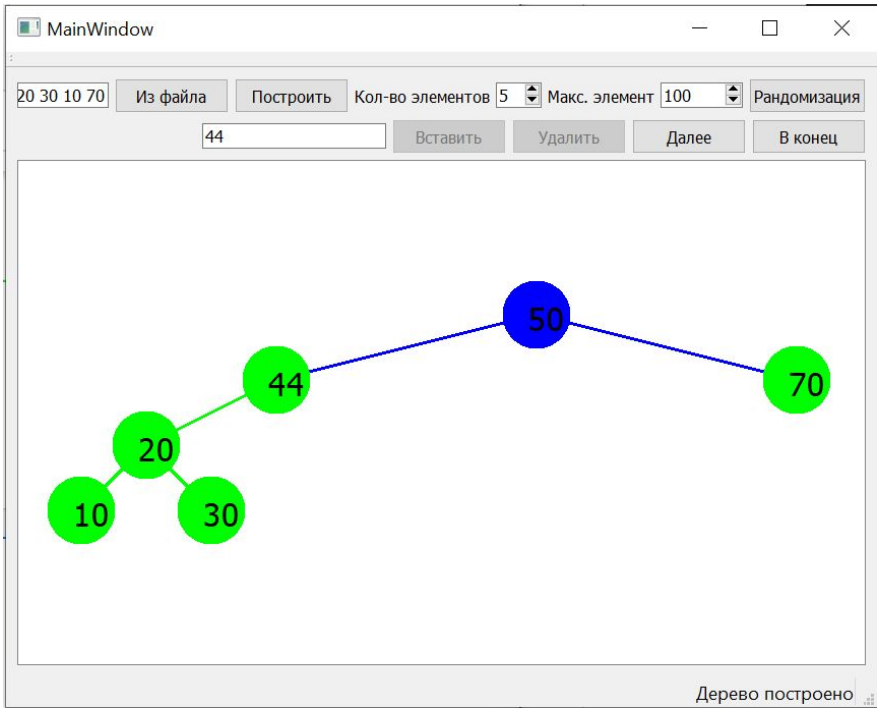


Рисунок 6 - Поиск удаляемого элемента

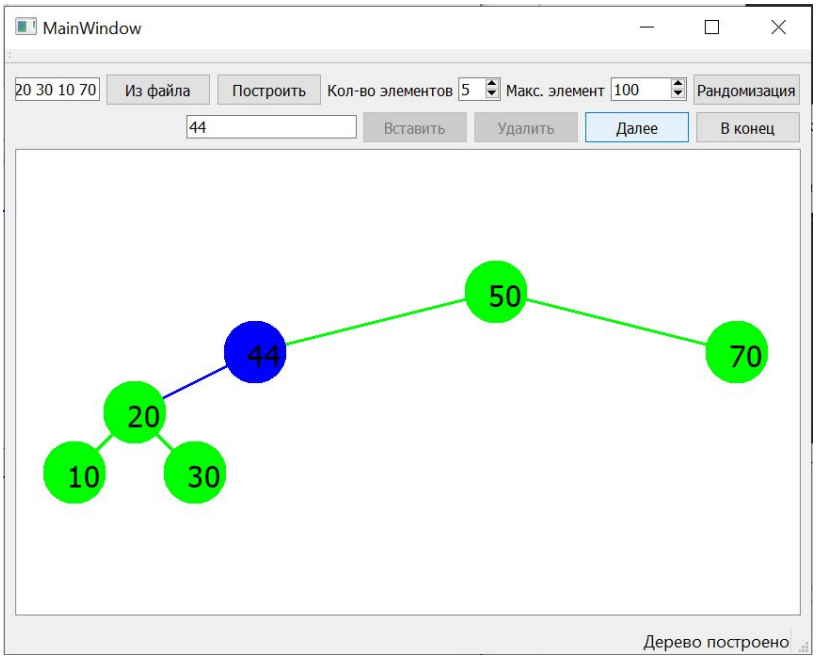


Рисунок 7 - Поиск удаляемого элемента

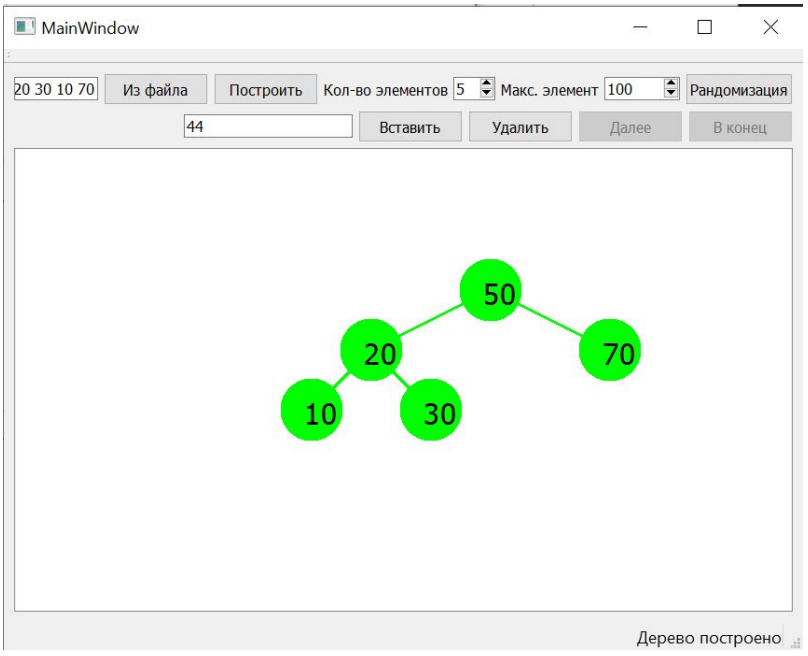


Рисунок 8 - Вид дерева после удаления элемента

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы была разработана программа, которая обладает следующей функциональностью: создание случайного БДП с рандомизацией по входным данным из разных источников ввода, рандомизированное и классическое добавление и исключение элементов, генерация рандомного случайного БДП, демонстрация пошаговых действий, что сопровождается цветовой маркировкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Роберт Седжвик, Алгоритмы на C++, М.: Вильямс, 2011 г.
2. Martinez, Conrado; Roura, Salvador (1998), Randomized binary search trees, Journal of the ACM (ACM Press) 45 (2): 288–323
3. Reed, Bruce (2003), The height of a random binary search tree, Journal of the ACM 50 (3): 306–332
4. https://habr.com/ru/post/145388/
5. Qt Documentation // Qt. URL: https://doc.qt.io/qt-5/index.html (дата обращения: 20.12.2019)
6. Qt Documentation // Qt. URL: https://doc.qt.io/qt-5/index.html (дата обращения: 20.12.2019)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. MAIN.CPP

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

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

  return a.exec();
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. MAINWINDOW.H

```
#ifndef MAINWINDOW_H
#define MAINWINDOW_H

#include <QMainWindow>
#include <QLabel>
#include <QFileDialog>
#include <QMessageBox>
#include <QTextStream>
#include <QGraphicsScene>
#include <QGraphicsTextItem>
#include <cmath>
#include <cstdlib>
#include <ctime>
#include "bintree.h"

namespace Ui {
class MainWindow;
}

class MainWindow : public QMainWindow
{
  Q_OBJECT

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

  void reset();
  void visualize();
  void draw(QGraphicsScene* scene, Node *n, int maxdepth, int depth = 0, int
x = 0, int y = 0);
  int read(bool& ok);

  QGraphicsScene* graphicsScene;
  Node* tree = nullptr;
  array_list* log = nullptr;
  int index = 0;

  int mode = 0; // 0 - nothing, 1 - inserting, 2 - removing
  int rand_count = 5;
  int rand_max = 99;

  QLabel* status;

private slots:
```

```
    void on_fileButton_clicked();

    void on_buildButton_clicked();

    void on_randCountBox_valueChanged(int arg1);

    void on_randMaxBox_valueChanged(int arg1);

    void on_randButton_clicked();

    void on_insertButton_clicked();

    void on_removeButton_clicked();

    void on_nextButton_clicked();

    void on_endButton_clicked();

private:
    Ui::MainWindow *ui;
};

#endif // MAINWINDOW_H
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. MAINWINDOW.CPP

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

MainWindow::MainWindow(QWidget *parent) :
  QMainWindow(parent),
  ui(new Ui::MainWindow)
{
  ui->setupUi(this);
  status = new QLabel();
  ui->statusBar->addPermanentWidget(status);
  status->setText("Ожидание");
  graphicsScene = new QGraphicsScene();
  ui->graphicsView->setScene(graphicsScene);
  srand(time(NULL));
}

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

void MainWindow::reset()
{
  srand(time(nullptr));
  tree = nullptr;
  mode = 0;
  ui->insertButton->setEnabled(true);
  ui->removeButton->setEnabled(true);
  ui->nextButton->setEnabled(false);
  ui->endButton->setEnabled(false);
  visualize();
}

void MainWindow::visualize()
{
  graphicsScene->clear();
  if (tree) {
     draw(graphicsScene, tree, max_depth(tree, 1));
  }
}

void MainWindow::draw(QGraphicsScene* scene, Node *n, int maxdepth, int
depth, int x, int y)
```

```
{
  if (n == nullptr) return;
  int offset = pow(2, maxdepth + 3 - depth);
  // Lines
  QPen pen(n->color, 3);
  if (n->left) scene->addLine(x + 32, y + 32, x - offset + 32, y + 64 + 32, pen);
  if (n->right) scene->addLine(x + 32, y + 32, x + offset + 32, y + 64 + 32, pen);
  // Ellipse
  QBrush brush(n->color);
  scene->addEllipse(x, y, 64, 64, pen, brush);
  // Text
  QGraphicsTextItem *numb = new QGraphicsTextItem();
  numb->setPlainText(QString::number(n->data));
  numb->setDefaultTextColor(Qt::black);
  numb->setScale(2);
  numb->setPos(x + 16, y + 8);
  scene->addItem(numb);
  // Next
  draw(scene, n->left, maxdepth, depth + 1, x - offset, y + 64);
  draw(scene, n->right, maxdepth, depth + 1, x + offset, y + 64);
}

int MainWindow::read(bool& ok)
{
  ok = true;
  if (ui->elementEdit->text().isEmpty())
  {
     status->setText("Введите элемент!");
     ok = false;
     return 0;
  }
  bool isok;
  int res = ui->elementEdit->text().toInt(&isok);
  if (!isok)
  {
     status->setText("Элемент - не число!");
     ui->elementEdit->setText("");
     ok = false;
     return 0;
  }
  return res;
}


void MainWindow::on_fileButton_clicked()
{
```

```
  QString inputStr;
  QString fileName = QFileDialog::getOpenFileName(this, "Open TXT File",
QDir::homePath(), "TXT text (*.txt);;All Files (*)");
  if (fileName == nullptr)
  {
     status->setText("Имя файла не было выбрано");
     return;
  }
  QFile file(fileName);
  if(file.open(QIODevice::ReadOnly | QIODevice::Text)) {
     QTextStream stream(&file);
     inputStr = stream.readAll();
  }
  if(inputStr.isEmpty())
     return;
  file.close();
  ui->inputEdit->setText(inputStr);
}

void MainWindow::on_buildButton_clicked()
{
  reset();
  int i = 0;
  string raw = ui->inputEdit->text().toStdString();
  if (parse_tree(tree, raw, i))
  {
     tree = nullptr;
     status->setText("Ошибка обработки дерева");
     return;
  }
  visualize();
  status->setText("Дерево построено");
}

void MainWindow::on_randCountBox_valueChanged(int arg1)
{
  rand_count = arg1;
}

void MainWindow::on_randMaxBox_valueChanged(int arg1)
{
  rand_max = arg1;
}

void MainWindow::on_randButton_clicked()
{
```

```
  reset();
  for (int i = 0; i < rand_count; i++)
  {
     int r = rand() % rand_max;
     insert_old(tree, r);
  }
  visualize();
  status->setText("Рандомизация прошла успешно");
}

void MainWindow::on_insertButton_clicked()
{
  bool ok;
  int val = read(ok);
  if (!ok) return;
  if (tree) {
     log = new array_list();
     mode = 1;
     index = 0;
     ui->insertButton->setEnabled(false);
     ui->removeButton->setEnabled(false);
     ui->nextButton->setEnabled(true);
     ui->endButton->setEnabled(true);
     Node* ncopy = copy(tree);
     ncopy = insert(log, ncopy, ncopy, val);
     log->push_back(ncopy);
  }
  visualize();
}

void MainWindow::on_removeButton_clicked()
{
  bool ok;
  int val = read(ok);
  if (!ok) return;
  if (tree) {
     log = new array_list();
     mode = 2;
     index = 0;
     ui->insertButton->setEnabled(false);
     ui->removeButton->setEnabled(false);
     ui->nextButton->setEnabled(true);
     ui->endButton->setEnabled(true);
     Node* ncopy = copy(tree);
     ncopy = remove(log, ncopy, ncopy, val);
     log->push_back(ncopy);
```

```
    }
    visualize();
}

void MainWindow::on_nextButton_clicked()
{
    if (index >= log->size() - 1)
    {
        on_endButton_clicked();
    }
    else
    {
        tree = log->at(index);
        index++;
        visualize();
    }
}

void MainWindow::on_endButton_clicked()
{
    tree = log->at(log->size() - 1);
    mode = 0;
    ui->insertButton->setEnabled(true);
    ui->removeButton->setEnabled(true);
    ui->nextButton->setEnabled(false);
    ui->endButton->setEnabled(false);
    visualize();
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. BINTREE.H

```
#ifndef BINTREE_H
#define BINTREE_H

#include <string>
#include <QColor>

#include "node.h"
#include "array_list.h"

using namespace std;

int max_depth(Node *n, int i);
bool parse_tree(Node*& n, std::string &s, int &i);
void insert_old(Node*& n, int data);
void insert_step(array_list*& arr, Node*& root, Node*& n, int data);
void remove_old(Node*& n, int data);
void remove_step(array_list*& arr, Node*& root, Node*& n, int data);
Node* copy(Node* n);
string into_string(Node* n);

int getsize(Node* p);
void fixsize(Node* p);
Node* rotateright(Node* p);
Node* rotateleft(Node* q);
Node* insert_classic(Node* p, int k);
Node* insertroot(Node* p, int k);
Node* insert(array_list*& arr, Node*& root, Node* p, int k);
Node* join(Node* p, Node* q);
Node* remove(array_list*& arr, Node*& root, Node* p, int k);

#endif // BINTREE_H
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. BINTREE.CPP

```
#include "bintree.h"

int max_depth(Node *n, int i)
{
   if (!n) return i;
   int l = max_depth(n->left, i + 1);
   int r = max_depth(n->right, i + 1);
   if (l > r) return l;
   else return r;
}

bool parse_tree(Node*& n, std::string &s, int &i) {
   if (s.size() < 1) return true;
   std::size_t current, previous = 0;
   current = s.find(' ');
   int num;
   while (current != std::string::npos) {
      try
      {
         num = stoi(s.substr(previous, current - previous));
      }
      catch (...)
      {
         return true;
      }
      previous = current + 1;
      current = s.find(' ', previous);
      insert_old(n, num);
   }
   try
   {
      num = stoi(s.substr(previous, current - previous));
   }
   catch (...)
   {
      return true;
   }
   insert_old(n, num);
   return false;
}

void insert_old(Node*& n, int data)
{
   if (!n)
   {
      n = new Node();
```

```
        n->data = data;
    }
    else if (n->data > data)
    {
        insert_old(n->left, data);
    }
    else if (n->data < data)
    {
        insert_old(n->right, data);
    }
}

void remove_old(Node *&n, int data)
{
    if (!n) return;
    if (data < n->data)
    {
        remove_old(n->left, data);
    }
    else if (data > n->data)
    {
        remove_old(n->right, data);
    }
    else
    {
        if (!n->left && n->right)
        {
            Node* temp = n->right;
            delete n;
            n = temp;
        }
        else if (!n->right && n->left)
        {
            Node* temp = n->left;
            delete n;
            n = temp;
        }
        else if (!n->right && !n->left)
        {
            delete n;
            n = nullptr;
        }
        else
        {
            Node* min = n->right;
            if (!min->left)
```

```
            {
                n->right = nullptr;
            }
            else
            {
                Node* t = min;
                while(t->left->left)
                {
                    t = n->left;
                }
                min = t->left;
                t->left = nullptr;
            }
            n->data = min->data;
            delete min;
        }
    }
}

Node *copy(Node *n)
{
    if (!n) return nullptr;
    Node* co = new Node();
    co->data = n->data;
    co->left = copy(n->left);
    co->right = copy(n->right);
    co->color = n->color;
    return co;
}

string into_string(Node *n)
{
    if (!n) return "";
    else return "(" + to_string(n->data) + into_string(n->left) +
into_string(n->right) + ")";
}

void insert_step(array_list *&arr, Node*& root, Node *&n, int data)
{
    if (!n)
    {
        n = new Node();
        n->data = data;
        arr->push_back(copy(root));
    }
    else if (n->data > data)
```

```
    {
        n->color = QColor::fromRgb(0, 0, 255);
        arr->push_back(copy(root));
        n->color = QColor::fromRgb(0, 255, 0);
        insert_step(arr, root, n->left, data);
    }
    else if (n->data < data)
    {
        n->color = QColor::fromRgb(0, 0, 255);
        arr->push_back(copy(root));
        n->color = QColor::fromRgb(0, 255, 0);
        insert_step(arr, root, n->right, data);
    }
    else
    {
        arr->push_back(copy(root));
    }
}

void remove_step(array_list *&arr, Node*& root, Node *&n, int data)
{
    if (!n) return;
    if (data < n->data)
    {
        n->color = QColor::fromRgb(0, 0, 255);
        arr->push_back(copy(root));
        n->color = QColor::fromRgb(0, 255, 0);
        remove_step(arr, root, n->left, data);
    }
    else if (data > n->data)
    {
        n->color = QColor::fromRgb(0, 0, 255);
        arr->push_back(copy(root));
        n->color = QColor::fromRgb(0, 255, 0);
        remove_step(arr, root, n->right, data);
    }
    else
    {
        if (!n->left && n->right)
        {
            Node* temp = n->right;
            delete n;
            n = temp;
        }
        else if (!n->right && n->left)
        {
```

```
            Node* temp = n->left;
            delete n;
            n = temp;
        }
        else if (!n->right && !n->left)
        {
            delete n;
            n = nullptr;
        }
        else
        {
            Node* min = n->right;
            if (!min->left)
            {
                n->right = nullptr;
            }
            else
            {
                Node* t = min;
                while(t->left->left)
                {
                    t = n->left;
                }
                min = t->left;
                t->left = nullptr;
            }
            n->data = min->data;
            delete min;
        }
        arr->push_back(copy(root));
    }
}

int getsize(Node* p) // обертка для поля size, работает с пустыми деревьями
(t=NULL)
{
    if( !p ) return 0;
    return p->size;
}

void fixsize(Node* p) // установление корректного размера дерева
{
    p->size = getsize(p->left)+getsize(p->right)+1;
}

Node* rotateright(Node* p) // правый поворот вокруг узла p
```

```
{
   Node* q = p->left;
   if( !q ) return p;
   p->left = q->right;
   q->right = p;
   q->size = p->size;
   fixsize(p);
   return q;
}

Node* rotateleft(Node* q) // левый поворот вокруг узла q
{
   Node* p = q->right;
   if( !p ) return q;
   q->right = p->left;
   p->left = q;
   p->size = q->size;
   fixsize(q);
   return p;
}

Node* insert_classic(Node* p, int k) // классическая вставка нового узла с
ключом k в дерево p
{
   if( !p ) return new Node(k);
   if( p->data > k )
      p->left = insert_classic(p->left,k);
   else
      p->right = insert_classic(p->right,k);
   fixsize(p);
   return p;
}

Node* insertroot(Node* p, int k) // вставка нового узла с ключом k в корень
дерева p
{
   if( !p ) return new Node(k);
   if( k < p->data )
   {
      p->left = insertroot(p->left,k);
      return rotateright(p);
   }
   else if ( k > p->data )
   {
      p->right = insertroot(p->right,k);
      return rotateleft(p);
```

```
    }
    else
    {
        return p;
    }
}

Node* insert(array_list*& arr, Node*& root, Node* p, int k) //
рандомизированная вставка нового узла с ключом k в дерево p
{
    if( !p ) return new Node(k);
    p->color = QColor::fromRgb(0, 0, 255);
    arr->push_back(copy(root));
    p->color = QColor::fromRgb(0, 255, 0);
    if( rand()%(p->size+1)==0 )
    {
        return insertroot(p,k);
    }
    if( p->data>k )
        p->left = insert(arr, root, p->left,k);
    else if ( p->data<k )
        p->right = insert(arr, root, p->right,k);
    fixsize(p);
    return p;
}
//
Node* join(Node* p, Node* q) // объединение двух деревьев
{
    if( !p ) return q;
    if( !q ) return p;
    if( rand()%(p->size+q->size) < p->size )
    {
        p->right = join(p->right,q);
        fixsize(p);
        return p;
    }
    else
    {
        q->left = join(p,q->left);
        fixsize(q);
        return q;
    }
}

Node* remove(array_list*& arr, Node*& root, Node* p, int k) // удаление из
дерева p первого найденного узла с ключом k
```

```
{
   if( !p ) return p;
   p->color = QColor::fromRgb(0, 0, 255);
   arr->push_back(copy(root));
   p->color = QColor::fromRgb(0, 255, 0);
   if( p->data==k )
   {
      Node* q = join(p->left,p->right);
      delete p;
      return q;
   }
   else if( k<p->data )
   {

      p->left = remove(arr, root, p->left,k);
   }
   else if( k>p->data )
   {
      p->right = remove(arr, root, p->right,k);
   }
   return p;
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. ARRAY_LIST.H

```
#ifndef ARRAY_LIST_H
```

```
#define ARRAY_LIST_H
#include <string>
#include "node.h"

class array_list
{
private:
    Node** array;
    int capacity;
    int count;
    void resize(int new_capacity);

public:
    array_list(int start_capacity = 4);
    Node* at (int index);
    void clean();
    void insert(int index, Node* element);
    Node* remove(int index);

    Node* back();
    void push_back(Node* element);
    Node* pop_back();

    Node* front();
    void push_front(Node* element);
    Node* pop_front();

    int size();
    bool empty();
    ~array_list();
};

#endif // ARRAY_LIST_H
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. ARRAY_LIST.CPP

```
#ifndef UTILS_VECTOR_H
#define UTILS_VECTOR_H
```

```
#include "array_list.h"


void array_list::resize(int new_capacity)
{
   auto *arr = new Node*[count];
   for (int i = 0; i < count; ++i)
   {
      arr[i] = array[i];
   }
   delete [] array;
   array = new Node*[new_capacity];
   for (int i = 0 ; i < count; ++i)
   {
      array[i] = arr[i];
   }
   delete [] arr;
   capacity = new_capacity;
}

array_list::array_list(int start_capacity)
{
   capacity = start_capacity;
   count = 0;
   array = new Node*[capacity];
}

Node* array_list::at (int index)
{
   return array[index];
}

void array_list::clean ()
{
   count = 0;
}

void array_list::insert(int index, Node* element)
{
   if (capacity == count)
   {
      resize(count + 8);
   }
   if (count > 0) {
      for (int i = count; i > index; i--)
      {
```

```
            array[i] = array[i - 1];
        }
    }
    count++;
    array[index] = element;
}

Node* array_list::remove(int index)
{
    auto temp = array[index];
    for (int i = index; i < count - 1; i++)
    {
        array[i] = array[i + 1];
    }
    count--;
    return temp;
}

Node* array_list::back()
{
    return array[count - 1];
}

void array_list::push_back(Node* element)
{
    if (capacity == count)
    {
        resize(count + 8);
    }
    array[count] = element;
    count++;
}

Node* array_list::pop_back()
{
    return array[--count];
}

Node* array_list::front()
{
    return *array;
}

void array_list::push_front(Node* element)
{
    insert(0, element);
```

```
}

Node* array_list::pop_front()
{
   return remove(0);
}

int array_list::size()
{
   return count;
}

bool array_list::empty()
{
   return !count;
}

array_list::~array_list()
{
   delete [] array;
}

#endif //VECTOR_VECTOR_H
```

ПРИЛОЖЕНИЕ З

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ. MAINWINDOW.UI

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ui version="4.0">
 <class>MainWindow</class>
 <widget class="QMainWindow" name="MainWindow">
```

```
<property name="geometry">
 <rect>
  <x>0</x>
  <y>0</y>
  <width>857</width>
  <height>644</height>
 </rect>
</property>
<property name="windowTitle">
 <string>MainWindow</string>
</property>
<property name="styleSheet">
 <string notr="true"/>
</property>
<widget class="QWidget" name="centralWidget">
 <layout class="QVBoxLayout" name="verticalLayout_2">
  <item>
   <layout class="QHBoxLayout" name="horizontalLayout">
    <item>
     <widget class="QLineEdit" name="inputEdit">
      <property name="text">
       <string>50 20 30 10 70</string>
      </property>
     </widget>
    </item>
    <item>
     <widget class="QPushButton" name="fileButton">
      <property name="text">
       <string>Из файла</string>
      </property>
     </widget>
    </item>
    <item>
     <widget class="QPushButton" name="buildButton">
      <property name="text">
       <string>Построить</string>
      </property>
     </widget>
    </item>
    <item>
     <spacer name="horizontalSpacer">
      <property name="orientation">
       <enum>Qt::Horizontal</enum>
      </property>
      <property name="sizeHint" stdset="0">
       <size>
```

```
     <width>40</width>
     <height>20</height>
    </size>
   </property>
  </spacer>
 </item>
 <item>
  <widget class="QLabel" name="label">
   <property name="text">
    <string>Кол-во элементов</string>
   </property>
  </widget>
 </item>
 <item>
  <widget class="QSpinBox" name="randCountBox">
   <property name="value">
    <number>5</number>
   </property>
  </widget>
 </item>
 <item>
  <widget class="QLabel" name="label_2">
   <property name="text">
    <string>Макс. элемент</string>
   </property>
  </widget>
 </item>
 <item>
  <widget class="QSpinBox" name="randMaxBox">
   <property name="maximum">
    <number>100000</number>
   </property>
   <property name="value">
    <number>100</number>
   </property>
  </widget>
 </item>
 <item>
  <widget class="QPushButton" name="randButton">
   <property name="text">
    <string>Рандомизация</string>
   </property>
  </widget>
 </item>
</layout>
</item>
```

```
<item>
 <layout class="QHBoxLayout" name="horizontalLayout_2">
  <item>
   <spacer name="horizontalSpacer_2">
    <property name="orientation">
     <enum>Qt::Horizontal</enum>
    </property>
    <property name="sizeHint" stdset="0">
     <size>
      <width>40</width>
      <height>20</height>
     </size>
    </property>
   </spacer>
  </item>
  <item>
   <widget class="QLineEdit" name="elementEdit">
    <property name="text">
     <string>44</string>
    </property>
   </widget>
  </item>
  <item>
   <widget class="QPushButton" name="insertButton">
    <property name="text">
     <string>Вставить</string>
    </property>
   </widget>
  </item>
  <item>
   <widget class="QPushButton" name="removeButton">
    <property name="text">
     <string>Удалить</string>
    </property>
   </widget>
  </item>
  <item>
   <widget class="QPushButton" name="nextButton">
    <property name="enabled">
     <bool>false</bool>
    </property>
    <property name="text">
     <string>Далее</string>
    </property>
   </widget>
  </item>
```

```
      <item>
       <widget class="QPushButton" name="endButton">
        <property name="enabled">
         <bool>false</bool>
        </property>
        <property name="text">
         <string>В конец</string>
        </property>
       </widget>
      </item>
     </layout>
    </item>
    <item>
     <widget class="QGraphicsView" name="graphicsView"/>
    </item>
   </layout>
  </widget>
  <widget class="QMenuBar" name="menuBar">
   <property name="geometry">
    <rect>
     <x>0</x>
     <y>0</y>
     <width>857</width>
     <height>17</height>
    </rect>
   </property>
  </widget>
  <widget class="QToolBar" name="mainToolBar">
   <attribute name="toolBarArea">
    <enum>TopToolBarArea</enum>
   </attribute>
   <attribute name="toolBarBreak">
    <bool>false</bool>
   </attribute>
  </widget>
  <widget class="QStatusBar" name="statusBar"/>
 </widget>
 <layoutdefault spacing="6" margin="11"/>
 <resources/>
 <connections/>
</ui>
```