

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

**КУРСОВАЯ РАБОТА**  
**по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»**  
**Тема: Рандомизированные дерамиды поиска – вставка и исключение.**

Студент гр. 9384

\_\_\_\_\_

Прашутинский К.И.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Ефремов М.А.

Санкт-Петербург

2020

## ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Студент Прашутинский К.И.

Группа 9384

Тема работы: Рандомизированные дерамиды поиска – вставка и исключение.

Исходные данные:

Решение разрабатывалось с графической реализацией под фреймворком “Qt”.  
Для пользователя предоставлен графический интерфейс, в котором он  
выполнить задания прохождения по дереву и вставки элемента.

Содержание пояснительной записки:

“Введение”, “Описание алгоритма”, “Описание структур данных и функций”,  
“Описание интерфейса пользователя”, “Заключение”.

Предполагаемый объем пояснительной записки:

Не менее 17 страниц.

Дата выдачи задания: 1.12.2020

Дата сдачи реферата: 31.12.2020

Дата защиты реферата: 31.12.2020

Студент

\_\_\_\_\_

Прашутинский К.И.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Ефремов М.А.

## **АННОТАЦИЯ**

Для разработки решений использовался фреймворк “Qt”. У пользователя есть возможность выбрать вероятность распределения, влияющую на рандомизацию дерева. При написании кода создается структура данных, представляющую собой бинарное дерево, к которой добавляется метод вставки в корень. Этот метод позволяет с некоторой вероятностью повернуть влево или вправо дерево относительно данного узла. Пользователю будут даны задания закрепления знаний по проходу и вставки в дерамиду поиска.

## **SUMMARY**

For the development of solutions, the "Qt" framework was used. The user has the ability to choose the probability of a distribution that affects the randomization of the tree. When you write the code, a data structure is created, which is a binary tree, to which an insert method is added to the root. This method allows, with some probability, to rotate the tree to the left or to the right relative to a given node. The user will be given the task to obtain or consolidate the knowledge of the aisle treap and insert into it elements.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Описание алгоритма treap	6
1.1. Алгоритм класса treap.	6
2. Описание структуры данных и функций	7
2.1. Класс treap	7
2.2. Класс mainwindow	7
2.3. Класс graphics_view_zoom	9
3. Описание интерфейса пользователя	10
3.1. Переход по страницам.	10
3.2. Пояснительная страница	10
3.3. Задания	10
Заключение	11
Список использованных источников	12
Приложение А. Исходный код программы.	13

## **ВВЕДЕНИЕ**

Цель работы: сделать задания для закреплений знаний по прохождению рандомизированной дерамиды поиска и вставке в нее нового элемента.

Для закреплений знаний есть два задания:

1. Записать обход дерева по КЛП(ключ, лево, право), ЛКП(лево, ключ, право), ЛПК(лево, право, ключ).
2. Записать обход дерева по КЛП, ЛКП, ЛПК при условии, что вставлен элемент в дерево.

Задания проверяются автоматически и выводятся на последнем окне.

## 1. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА TREAP

### 1.1. Алгоритм класса treap.

Создается корень дерева, затем, если нужно вставить элемент, то вызывается функция `insert`, которая вызывает функцию `_insert`, которая рекурсивно, в зависимости от приоритета и ключа вставляет элемент. Если приоритет элемента выше чем у элемента дерева, то вызывается метод `split` который, уже в зависимости от ключа вставляет элемент. Если нужно удалить элемент, то вызывается функция `erase`, которая рекурсивно, в зависимости от приоритета и ключа удаляет элемент. Если приоритет элемента выше чем у элемента дерева, то вызывается метод `merge` который, уже в зависимости от ключа удаляет элемент. Рекурсивная функция `LRK` это функция формирования строки. Принимает строку и обходит дерево. Аналогично `LKR` и `KLR`. Разница в том, где находится запись ключа в строку.

## 2. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ И ФУНКЦИЙ

### 2.1. Класс `treap`

Это структура данных, которая позволяет создать дерево благодаря указателю того же типа на левое и правое поддерево. Также объект класса имеет ключ и приоритет, по которым формируется каким именно будет дерево.

Конструктор	создает новый элемент с заданными параметрами.
Функция	<code>insert</code> представляет собой вставку очередного элемента.
	<code>Create2task</code> вставляет случайный ключ с приоритетом 0.
	<code>maxDepth</code> вычисляет глубину.
	<code>draw</code> рисует дерево.
	<code>KLR</code> формирует строку обхода по дереву КЛП.
	<code>LKR</code> формирует строку обхода по дереву ЛКП.
	<code>LRK</code> формирует строку обхода по дереву ЛПК.
	<code>split</code> разделяет поддеревья.
	<code>merge</code> объединяет поддеревья.

### 2.2. Класс `mainwindow`

Конструктор	создает окно, устанавливает зум (увеличение) для графических виджетов, устанавливает место отрисовки деревьев, устанавливает место начала программы.
Функция	<code>on_actionCreate_variant_triggered</code> создает дерево с введенным пользователем числом элементов. Активируется на кнопку “Create variant”.
	<code>on_Open_triggered</code> создает дерево по

	данным выбранного файла. Активируется на кнопку “Open”.
	on_Enter_triggered создает дерево по введенным данным. Активируется на кнопку “Enter”.
	on_actionEnter_Key_triggered добавляет один элемент в дерево.
	on_actionErase_Key_triggered удаляет один элемент в дерево.
	on_FINISH_THE_TASK_clicked считывает ответы введенные пользователи, вычисляет результат, пишет результат, создает следующее задание и переключает на следующую страницу.
	on_FINISH_THE_TASK_3_clicked считывает ответы введенные пользователи, вычисляет результат, пишет результат и переключает на следующую страницу.
	on_pushButton_clicked создает следующее задание и переключает на следующую страницу.
	on_pushButton_2_clicked закрывает приложение.
	on_pushButton_3_clicked переходит на первую страницу, затирает прошлую попытку и дает возможность повторить попытку.



	create2task создает 2-е задание.
--	----------------------------------

### 2.3. Класс `graphics_view_zoom`

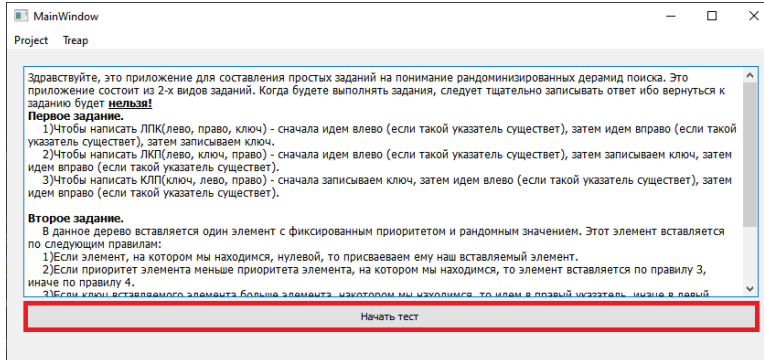
Класс отвечающий за зум (увеличение) графика который повышает удобство работы с большими деревьями. Этот класс добавляет возможность масштабирования окна. Метод масштабирования вызывается, при прокрутке пользователем колесика мыши.

Программа запоминает точку в которой находится курсор и приближает окно к этой точке.

### 3. ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

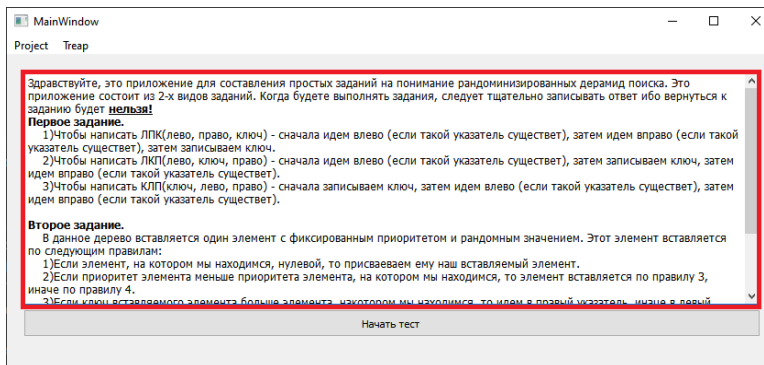
#### 3.1. Переход по страницам.

Переход по страницам происходит по кнопкам.



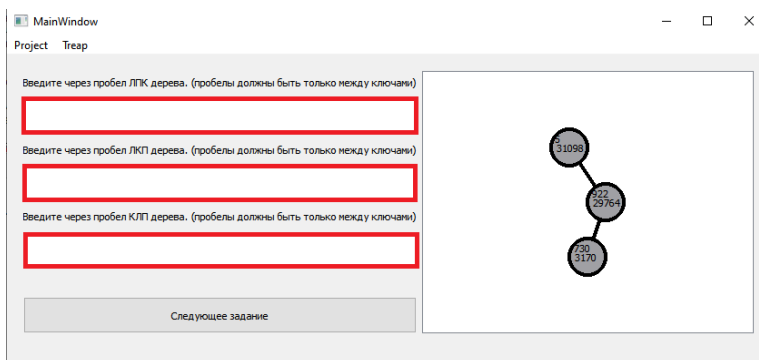
#### 3.2. Пояснительная записка.

При запуске программы появляется пояснительная записка, которая поясняет правила выполнения заданий и объяснений как делаются задания.



#### 3.3. Задания.

Для двух заданий даны по 3 подзадания. Ответы нужно вносить под условие названия.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Настраиваемый пользователем уровень сложности увеличивает полезность программы вследствие того, что можно выбрать размер дерева в задании. Были получены навыки работы с фреймворком “Qt”. Были получены навыки работы с рандомизированной дерамидой поиска.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Документация // <https://doc.qt.io/> URL:  
<https://doc.qt.io/qt5/q3dsurface.html> (дата обращения: 31.12.2020).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Название файла: main.cpp

```
#include "mainwindow.h"

#include <QApplication>

int main(int argc, char *argv[])
{
    srand(time(0));
    QApplication a(argc, argv);
    MainWindow w;
    w.show();
    return a.exec();
}
```

Название файла: mainwindow.cpp

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

#include <QMessageBox>

#define KEY_MAX 1000

MainWindow::MainWindow(QWidget *parent)
    : QMainWindow(parent)
    , ui(new Ui::MainWindow)
{
    ui->setupUi(this);
    z = new Graphics_view_zoom(ui->graphicsView);
    z->set_modifiers(Qt::NoModifier);
    z_2 = new Graphics_view_zoom(ui->graphicsView_3);
    z_2->set_modifiers(Qt::NoModifier);
    scene = new QGraphicsScene();
    ui->graphicsView->setScene(scene);
    scene_2 = new QGraphicsScene();
    ui->graphicsView_3->setScene(scene_2);
    ui->stackedWidget->setCurrentIndex(0);
}

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

```

    }

    void MainWindow::on_actionCreate_variant_triggered() {
        int data = QInputDialog::getInt(this, "Create variant.", "Enter
amount of elements: ");
        int random;
        for (int i = 0; i < KEY_MAX; i++) {
            treap.erase(i);
        }
        for(int i = 0; i < data; i++){
            random = rand() % KEY_MAX;
            treap.insert(random);
        }
        scene->clear();
        treap.draw(scene);
    }

    void MainWindow::on_Open_triggered()
    {
        QString filepath = QFileDialog::getOpenFileName(this,
"Explorer", QDir::homePath(), tr("Load File (*.DOCX)"));

        QFile file(filepath);
        if(!file.open(QFile::ReadOnly | QFile::Text))
        {
            QMessageBox::warning(this, "Warning!", "File not open.");
        }
        else
        {
            QTextStream in(&file);
            QString str = in.readLine();

            QStringList lst = str.split(" ");

            QVector<int> data;

            for (qsize_t index = 0; index < lst.size(); index++)
            {
                QString num = lst[index];
                data.push_back(num.toInt());
            }

            for(QVector<int>::iterator iter = data.begin(); iter !=
data.end(); iter++)

```

```

        {
            treap.insert(*iter);
        }

        scene->clear();
        treap.draw(scene);
    }

    file.close();
}

void MainWindow::on_Enter_triggered()
{
    QString str = QInputDialog::getText(this, "Enter Traversal.",
    "Enter Preorder Traversal: ");

    QStringList lst = str.split(" ");

    QVector<int> data;

    for (qsize_t index = 0; index < lst.size(); index++)
    {
        QString num = lst[index];
        data.push_back(num.toInt());
    }

    for(QVector<int>::iterator iter = data.begin(); iter !=
data.end(); iter++)
    {
        treap.insert(*iter);
    }

    scene->clear();
    treap.draw(scene);
}

void MainWindow::on_actionEnter_Key_triggered()
{
    int data = QInputDialog::getInt(this, "Enter Key.", "Enter Key:
");

    treap.insert(data);
    scene->clear();
    treap.draw(scene);
}

```

```

void MainWindow::on_actionErase_Key_triggered()
{
    int data = QInputDialog::getInt(this, "Erase Key.", "Enter Key:");
    treap.erase(data);
    scene->clear();
    treap.draw(scene);
}

void MainWindow::on_FINISH_THE_TASK_clicked()
{
    QMessageBox::StandardButton reply = QMessageBox::question(this,
"The confirmation.", "Are you sure you want to finish trying?",
QMessageBox::Yes|QMessageBox::No);
    if(reply == QMessageBox::Yes){
        ui->stackedWidget->setCurrentIndex(2);
        QString str;
        unsigned count = 0;
        double percent = 100;
        treap.KLR(str);
        str.chop(1);
        if(MainWindow::ui->lineEditKLR->text() == str){
            count++;
        }
        MainWindow::ui->AllResults->append("KLR\n");
        MainWindow::ui->AllResults->append("You      answer:\t"      +
MainWindow::ui->lineEditKLR->text() + "\n");
        MainWindow::ui->AllResults->append("Right answer:\t" + str
+ "\n");

        str.clear();
        treap.LKR(str);
        str.chop(1);
        if(MainWindow::ui->lineEditLKR->text() == str){
            count++;
        }
        MainWindow::ui->AllResults->append("LKR\n");
        MainWindow::ui->AllResults->append("You      answer:\t"      +
MainWindow::ui->lineEditLKR->text() + "\n");
        MainWindow::ui->AllResults->append("Right answer:\t" + str
+ "\n");

        str.clear();
        treap.LRK(str);
        str.chop(1);

```



```

        if(MainWindow::ui->lineEditLRK->text() == str){
            count++;
        }
        MainWindow::ui->AllResults->append("LRK\n");
        MainWindow::ui->AllResults->append("You      ansver:\t"      +
MainWindow::ui->lineEditLRK->text() + "\n");
        MainWindow::ui->AllResults->append("Right  ansver:\t" + str
+ "\n");

        str.clear();
        str.push_back("Your results: ");
        str.push_back(QString::number(count));
        str.push_back("/3  ");
        str.push_back(QString::number(count*percent/3));
        str.push_back("%)\n");
        MainWindow::ui->AllResults->append(str);

        create2task();
    }
}

void MainWindow::on_pushButton_clicked()
{
    QMessageBox::StandardButton GoTo1 = QMessageBox::question(this,
"Test.",      "Do      you      want      to      start      the      test?",
QMessageBox::Yes|QMessageBox::No);
    if(GoTo1 == QMessageBox::Yes){
        ui->stackedWidget->setCurrentIndex(1);
        on_actionCreate_variant_triggered();
    }
}

void MainWindow::on_FINISH_THE_TASK_3_clicked()
{
    QMessageBox::StandardButton reply = QMessageBox::question(this,
"The confirmation.", "Are you sure you want to finish trying?",
QMessageBox::Yes|QMessageBox::No);
    if(reply == QMessageBox::Yes){
        ui->stackedWidget->setCurrentIndex(3);
        QString str;
        unsigned count = 0;
        double percent = 100;
        treap.KLR(str);
        str.chop(1);
    }
}

```

```

        if(MainWindow::ui->lineEditKLR_4->text() == str){
            count++;
        }
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("KLR\n");
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("You      answer:\t" +
MainWindow::ui->lineEditKLR_4->text() + "\n");
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("Right   answer:\t" +
str + "\n");
        str.clear();
        treap.LKR(str);
        str.chop(1);
        if(MainWindow::ui->lineEditLKR_4->text() == str){
            count++;
        }
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("LKR\n");
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("You      answer:\t" +
MainWindow::ui->lineEditLKR_4->text() + "\n");
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("Right   answer:\t" +
str + "\n");
        str.clear();
        treap.LRK(str);
        str.chop(1);
        if(MainWindow::ui->lineEditLRK_4->text() == str){
            count++;
        }
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("LRK\n");
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("You      answer:\t" +
MainWindow::ui->lineEditLRK_4->text() + "\n");
        MainWindow::ui->AllResults_2->append("Right   answer:\t" +
str + "\n");
        str.clear();
        str.push_back("Your results: ");
        str.push_back(QString::number(count));
        str.push_back("/3  (");
        str.push_back(QString::number(count*percent/3));
        str.push_back("%)\n");
        MainWindow::ui->AllResults_2->append(str);
    }
}

void MainWindow::on_pushButton_2_clicked()
{
    close();
}

```

```

void MainWindow::create2task(){
    int random;
    unsigned data = QInputDialog::getInt(this, "Create variant.",
"Enter amount of elements: ");
    for (int i = 0; i < KEY_MAX; i++) {
        treap.erase(i);
    }
    for(unsigned i = 0; i < data; i++){
        random = rand() % KEY_MAX;
        treap.insert(random);
    }

    scene->clear();
    treap.draw(scene_2);

    int keyreturn = treap.Create2task();
    MainWindow::ui->FinishResults_2->setText("Key      =      "      +
QString::number(keyreturn) + "\tpriority = 0");
}

void MainWindow::on_pushButton_3_clicked()
{
    MainWindow::ui->FinishResults_2->clear();
    MainWindow::ui->FinishResults->clear();
    MainWindow::ui->FinishResults_2->clear();
    MainWindow::ui->lineEditLRK->clear();
    MainWindow::ui->lineEditLKR->clear();
    MainWindow::ui->lineEditKLR->clear();
    MainWindow::ui->lineEditLRK_4->clear();
    MainWindow::ui->lineEditLKR_4->clear();
    MainWindow::ui->lineEditKLR_4->clear();
    MainWindow::scene->clear();
    MainWindow::scene_2->clear();
    ui->stackedWidget->setCurrentIndex(0);
}

```

Название файла: graphics\_view\_zoom.cpp

```
#include "graphics_view_zoom.h"
```

```

#include <QMouseEvent>
#include <QApplication>
#include <QScrollBar>
#include <QWheelEvent>
#include <qmath.h>

```

```

Graphics_view_zoom::Graphics_view_zoom(QGraphicsView* view)
    : QObject(view), _view(view)
{
    _view->viewport()->installEventFilter(this);
    _view->setMouseTracking(true);
    _modifiers = Qt::ControlModifier;
    _zoom_factor_base = 1.0015;
}

void Graphics_view_zoom::gentle_zoom(double factor) {
    _view->scale(factor, factor);
    _view->centerOn(target_scene_pos);
    QPointF delta_viewport_pos = target_viewport_pos - QPointF(_view-
>viewport()->width() / 2.0,
                                                                    _view-
>viewport()->height() / 2.0);
    QPointF viewport_center = _view->mapFromScene(target_scene_pos) -
delta_viewport_pos;
    _view->centerOn(_view->mapToScene(viewport_center.toPoint()));
    emit zoomed();
}

void Graphics_view_zoom::set_modifiers(Qt::KeyboardModifiers
modifiers) {
    _modifiers = modifiers;
}

void Graphics_view_zoom::set_zoom_factor_base(double value) {
    _zoom_factor_base = value;
}

bool Graphics_view_zoom::eventFilter(QObject *object, QEvent
*event) {
    if (event->type() == QEvent::MouseMove) {
        QMouseEvent* mouse_event = static_cast<QMouseEvent*>(event);
        QPointF delta = target_viewport_pos - mouse_event->pos();
        if (qAbs(delta.x()) > 5 || qAbs(delta.y()) > 5) {
            target_viewport_pos = mouse_event->pos();
            target_scene_pos = _view->mapToScene(mouse_event->pos());
        }
    } else if (event->type() == QEvent::Wheel) {
        QWheelEvent* wheel_event = static_cast<QWheelEvent*>(event);

```

```

        if (QApplication::keyboardModifiers() == _modifiers) {
            if (wheel_event->orientation() == Qt::Vertical) {
                double angle = wheel_event->angleDelta().y();
                double factor = qPow(_zoom_factor_base, angle);
                gentle_zoom(factor);
                return true;
            }
        }
    }
    Q_UNUSED(object)
    return false;
}

```

### Название файла: treap.h

```

#ifndef TREAP_H
#define TREAP_H

#include <iostream>
#include <cstdlib>

#include <QGraphicsScene>
#include <QGraphicsTextItem>
#include <math.h>

#define NODE_WIDTH 40
#define NODE_HEIGHT 40

#define KEY_MAX 1000

template <typename T>
class Treap
{
public:
    Treap() {}
    Treap(T key, int priority) : key(key), priority(priority),
left(nullptr), right(nullptr) {};

    void insert(T key)
    {
        _insert(root, new Treap<T>(key, rand()));
    }

    void erase(T key)
    {
        _erase(root, key);
    }

```

```

    }

    void draw(QGraphicsScene* scene)
    {
        _draw(scene, root, pow(2, maxDepth(root)) * 10, pow(2,
maxDepth(root)) * 10);
    }

    int Create2task(){
        int r = rand() % KEY_MAX;
        _insert(root, new Treap<T>(r, 0));
        return r;
    }

    int maxDepth(Treap*& t)
    {
        if (t == nullptr)
            return 0;
        else
        {
            /* compute the depth of each subtree */
            int lDepth = maxDepth(t->left);
            int rDepth = maxDepth(t->right);

            /* use the larger one */
            if (lDepth > rDepth)
                return(lDepth + 1);
            else return(rDepth + 1);
        }
    }

    void KLR(QString& str){
        if(this->root)
            this->root->_KLR(str);
    }

    void LKR(QString& str){
        if(this->root)
            this->root->_LKR(str);
    }

    void LRK(QString& str){
        if(this->root)
            this->root->_LRK(str);
    }

```

```

    }

    void _KLR(QString& str){
        str.push_back(QString::number(key) + ' ');
        if(this->left)
            this->left->_KLR(str);
        if(this->right)
            this->right->_KLR(str);
    }

    void _LKR(QString& str){
        if(this->left)
            this->left->_LKR(str);
        str.push_back(QString::number(key) + ' ');
        if(this->right)
            this->right->_LKR(str);
    }

    void _LRK(QString& str){
        if(this->left)
            this->left->_LRK(str);
        if(this->right)
            this->right->_LRK(str);
        str.push_back(QString::number(key) + ' ');
    }

    /*bool TestCheck(QString string){
        QString CorrectAnswer;
        KLR(CorrectAnswer);

    }*/
private:
    void split(Treap* t, T& key, Treap*& left, Treap*& right)
    {
        if (t == nullptr)
        {
            left = right = nullptr;
        }
        else if (key < t->key)
        {
            split(t->left, key, left, t->left);
            right = t;
        }
    }

```

```

    }
    else
    {
        split(t->right, key, t->right, right);
        left = t;
    }
}

void merge(Treap*& t, Treap* left, Treap* right)
{
    if (!left || !right)
        t = left ? left : right;
    else if (left->priority >= right->priority)
    {
        merge(left->right, left->right, right);
        t = left;
    }
    else
    {
        merge(right->left, left, right->left);
        t = right;
    }
}

void _insert(Treap*& t, Treap* it)
{
    if (t == nullptr)
    {
        t = it;
        return;
    }

    if (it->priority > t->priority)
    {
        split(t, it->key, it->left, it->right);
        t = it;
    }
    else
    {
        _insert(it->key < t->key ? t->left : t->right, it);
    }
}

void _erase (Treap*& t, T key)

```



```

{
    if (t == nullptr)
        return;
    if (t->key == key)
        this->merge(t, t->left, t->right);
    else if (t->key > key)
        this->_erase(t->left, key);
    else
        this->_erase(t->right, key);
}

void _draw(QGraphicsScene* scene, Treap*& t, int width, int
lineSize, int depth = 0)
{
    QPen pen;
    if (t == nullptr)
    {
        return;
    }
    else
    {
        pen.setBrush(Qt::black);
        pen.setWidth(4);

        if (t->left != nullptr)
            scene->addLine(width + NODE_WIDTH / 2, depth +
NODE_HEIGHT / 2, width - lineSize / 2 + NODE_WIDTH / 2, depth + 60 +
NODE_HEIGHT / 2, pen);

        if (t->right != nullptr)
            scene->addLine(width + NODE_WIDTH / 2, depth +
NODE_HEIGHT / 2, width + lineSize / 2 + NODE_WIDTH / 2, depth + 60 +
NODE_HEIGHT / 2, pen);

        scene->addEllipse(width, depth, NODE_WIDTH,
NODE_HEIGHT, pen, QBrush(Qt::gray));

        QString nodeKey, nodePriotity;
        nodeKey = QString::fromStdString(std::to_string(t-
>key));
        nodePriotity = QString::fromStdString(std::to_string(t-
>priority));

        QGraphicsTextItem* textKey = new QGraphicsTextItem;

```

```

        QGraphicsTextItem*      textPriority      =      new
QGraphicsTextItem;

        const QColor myTextColor = QColor(Qt::black);

        // TODO: Выравнивание текста.
        textKey->setDefaultTextColor(myTextColor);
        textKey->setPlainText(nodeKey);
        textKey->setPos(width + nodeKey.size() / 2, depth);
        scene->addItem(textKey);

        // TODO: Выравнивание текста.
        textPriority->setDefaultTextColor(myTextColor);
        textPriority->setPlainText(nodePriotity);
        textPriority->setPos(width + nodePriotity.size() / 2,
depth + 10);

        scene->addItem(textPriority);

        _draw(scene, t->left, width - lineSize / 2, lineSize /
2, depth + 60);
        _draw(scene, t->right, width + lineSize / 2, lineSize /
2, depth + 60);
    }

    }

private:
    T key;
    int priority;
    Treap* left, * right;
    Treap* root = nullptr;

};

#endif // TREAP_H

```

### Название файла: mainwindow.h

```

#ifndef MAINWINDOW_H
#define MAINWINDOW_H

#include <QVector>
#include <QMainWindow>
#include <QMessageBox>
#include <QFileDialog>

```

```

#include <QInputDialog>
#include <QTextStream>
#include <QWizard>
#include "graphics_view_zoom.h"

#include "treap.h"

QT_BEGIN_NAMESPACE
namespace Ui { class MainWindow; }
QT_END_NAMESPACE

class MainWindow : public QMainWindow
{
    Q_OBJECT

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

private slots:

    void on_actionCreate_variant_triggered();

    void on_Open_triggered();

    void on_Enter_triggered();

    void on_actionEnter_Key_triggered();

    void on_actionErase_Key_triggered();

    void on_FINISH_THE_TASK_clicked();

    void on_pushButton_clicked();

    void on_FINISH_THE_TASK_3_clicked();

    void on_pushButton_2_clicked();

    void create2task();

    void on_pushButton_3_clicked();

private:

```

```

        Treap<int> treap;

        Ui::MainWindow *ui;
        QGraphicsScene* scene;
        QGraphicsScene* scene_2;
        Graphics_view_zoom* z;
        Graphics_view_zoom* z_2;
    };
#endif // MAINWINDOW_H

Название файла: graphics_view_zoom.h

#ifndef GRAPHICS_VIEW_ZOOM_H
#define GRAPHICS_VIEW_ZOOM_H

#include <QObject>
#include <QGraphicsView>

class Graphics_view_zoom : public QObject {
    Q_OBJECT
public:
    Graphics_view_zoom(QGraphicsView* view);
    void gentle_zoom(double factor);
    void set_modifiers(Qt::KeyboardModifiers modifiers);
    void set_zoom_factor_base(double value);

private:
    QGraphicsView* _view;
    Qt::KeyboardModifiers _modifiers;
    double _zoom_factor_base;
    QPointF target_scene_pos, target_viewport_pos;
    bool eventFilter(QObject* object, QEvent* event);

signals:
    void zoomed();
};

#endif // GRAPHICS_VIEW_ZOOM_H

```