**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра информационных систем**

отчет

**по курсовой работе**

**по дисциплине «Программирование»**

Тема: Бинарное дерево поиска.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студентка гр. 2372 |  | Михеева Э. Д. |
| Преподаватель |  | Глущенко А. Г. |

Санкт-Петербург

2023

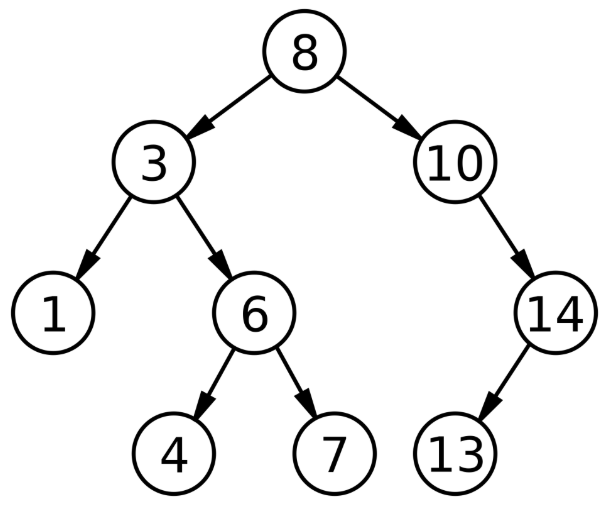
**Цель работы.**

Изучение свойств и организации деревьев как структуры данных; получение практических навыков в работе с бинарным деревом поиска; определение преимуществ и недостатков структуры данных вида дерева; проведение сравнительной характеристики скорости вставки, удаления и поиска элемента в различных структурах данных.

**Основные теоретические положения.**

Бинарное дерево поиска – бинарное дерево, которое обладает дополнительными свойствами. Если дерево организовано таким образом, что для каждого узла все ключи левого поддерева меньше ключа этого узла, а все ключи его правого поддерева больше, то его можно называть бинарным деревом поиска.

Иными словами, данные в бинарном дереве поиска хранятся в отсортированном виде. Одинаковые ключи не допускаются.



При каждой операции вставки нового или удаления существующего узла отсортированный порядок дерева сохраняется. При поиске элемента сравнивается искомое значение с корнем.

Если искомое значение больше корня, то поиск продолжается в правом потомке корня, если меньше, то в левом, если равно, то значение найдено и поиск прекращается.

## **Добавление и удаление узлов**

Если дерево пустое, то создается новый узел, который добавляется в дерево. Если дерево не пустое, то значение ключа добавляемого элемента сравнивается со значением ключа в узле, начиная от корня.

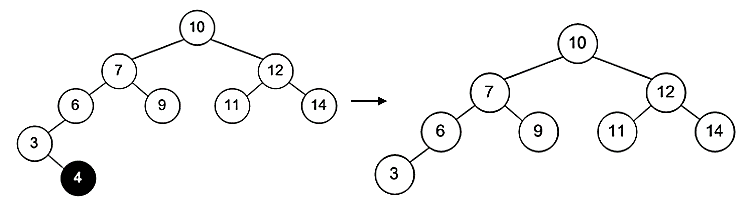
Так как одинаковые ключи не допускаются, перед вставкой нового элемент нужно проверить, нет ли уже в бинарном дереве такого элемента. Для этого необходимо начать обход дерева с корневого узла и проверить, не превосходит ли значение корневого узла добавляемого значения.

Если корневой узел больше добавляемого элемента, то необходимо переместиться в левое дочернее дерево. В противном случае – в правое. После выполнения данной проверки можно переходить к добавлению узла в бинарное дерево.

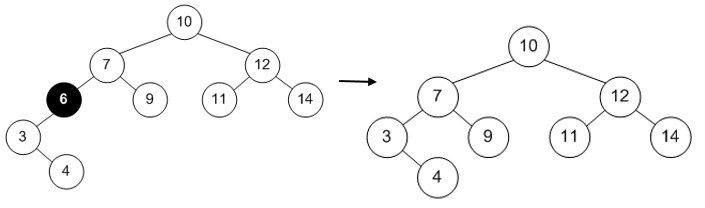
С удалением узла дело обстоит немного иначе. Существует несколько возможных ситуаций:

1)      у узла нет наследников (узел является листом);  
 2)      у узла имеется наследник, притом только один;  
 3)      у узла есть оба наследника.

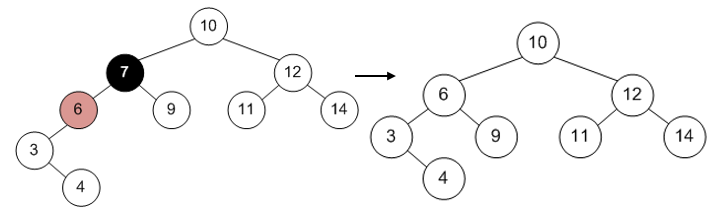
Если у узла нет наследника, то необходимо просто удалить этот узел, а у его родителя обнулить указатель на него. Это самая простая ситуация.



Все слегка усложняется, когда у удаляемого узла имеются наследники.



Если же у удаляемого два наследника, то узел не удаляется, а его значение заменяется на максимум левого поддерева. После этого удаляется максимум левого поддерева.



Максимум левого поддерева имеет не более одного наследника, так что он удаляется просто, аналогично ситуации, рассмотренной выше. Функция вставки аналогична функции поиска: необходимо пройти по дереву и вставить узел в нужное место. Для этого следует выбрать левое или правое поддерево корневого узла, а затем рекурсивно перемещаться по выбранному поддереву до тех пор, пока не будет найдена позиция для вставки узла.

 Если же необходимо удалить дерево, то необходимо реализовать рекурсивную функцию удаления.

**Обходы дерева**

Дерево – это связный граф без циклов. Связность означает, что из любой вершины в любую другую существует путь по ребрам. Отсутствие циклов означает, что данный путь – единственный.

Обход графа – это систематическое посещение всех его вершин по одному разу каждой. Существует два вида обхода графа:

 1) поиск в глубину;

 2) поиск в ширину.

Обходу в ширину в графе соответствует обход по уровням бинарного дерева. При данном обходе идет посещение узлов по принципам сверху вниз и слева направо. Обходу в глубину в графе соответствуют три вида обходов бинарного дерева: прямой, симметричный и обратный.

**Постановка задачи.**

Необходимо реализовать программу, которая выполняет следующие действия.

1.   Формирование бинарного дерева из *N* элементов:

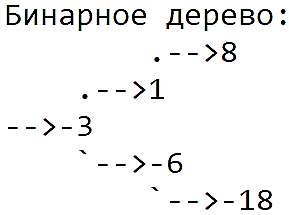
a) пользователь вводит количество элементов *N* бинарного дерева, которое автоматически заполняется случайными числами (–99 до 99);

б) пользователь вводит в консоль элементы массива, *N* определяется автоматически по количеству введенных элементов;

в) элементы считываются с файла, в котором хранится массив из чисел, *N* – количество элементов в файле.

Определение скорости формирования бинарного дерева.

2.   Вывод в консоль и файл tree бинарного дерева. Бинарное дерево должно иметь подобный вид:



3.   Определение скорости вставки, удаления и получения элемента дерева. В отчете сравните скорость работы бинарного дерева с линейной структурой (двусвязным списком или динамическим массивом) и сделайте выводы.

4. Прямой обход, обратный обход и обход в ширину бинарного дерева.

5.  Генерация заданий к практической работе по бинарным деревьям. Необходимо сгенерировать задания в файл output\_task в количестве вариантов, которые введет пользователь. В файл output\_key необходимо вывести короткие ответы к заданиям. В файл output\_ans необходимо вывести развернутые ответы к заданиям. Должны быть представлены задания на создание бинарного дерева поиска из массива значений, удаление и вставка элементов в бинарное дерево поиска.

**Вывод:**

В ходе работы были изучены свойства и организации деревьев как структуры данных; определены преимущества и недостатки структуры данных вида дерева; проведены сравнительной характеристики скорости вставки, удаления и поиска элемента в различных структурах данных.

Бинарные дерева нужны:

1. Если необходимо расположить информацию, связанную между собой некой иерархией. Примером является файловая система компьютера.
2. Если необходимо хранить данные, составленные в виде определённой структуры. Тогда хранение в виде бинарного дерева позволяет уменьшить скорость поиска данных и доступа к хранимой информации.
3. Если необходима высокая скорость добавления или удаления данных.
4. Если заранее неизвестен хранимый объем данных. Бинарные деревья, также, как и связанные списки, не имеют ограничения на количество узлов, поскольку узлы связаны указателями.

Приложение А

Полный код программы

#include <iostream>  
#include <cstring>  
#include <fstream>  
#include <limits>  
#include <climits>  
#include <chrono>  
#include <Windows.h>  
  
struct tree  
{  
 tree \*left;  
 tree \*right;  
 int value;  
};  
  
int getNumericAnswer (int minRange, int maxRange, const char \*Question)  
{  
 int answer;  
 std::cout << Question;  
 std::cin >> answer;  
 if ((std::cin.fail ())||(answer<minRange)||(answer>maxRange))  
 {  
 std::cin.clear ();  
 std::cin.ignore (std::numeric\_limits<std::streamsize>::max (), '\n');  
 std::cout << "некорректный ввод" << std::endl;  
 answer=getNumericAnswer (minRange, maxRange, Question);  
 return answer;  
 }  
 else  
 {  
 std::cin.ignore (std::numeric\_limits<std::streamsize>::max (), '\n');  
 return answer;  
 }  
}  
  
tree\* initTree (int value)  
{  
 tree \*Tree = (tree\*) malloc (sizeof (tree));  
 Tree->value = value;  
 Tree->left = NULL;  
 Tree->right = NULL;  
 return Tree;  
}  
  
void addNode (int value, tree \*Tree)  
{  
 if (value == Tree->value)  
 return;  
 else if (value < Tree->value)  
 if (Tree->left)  
 addNode (value, Tree->left);  
 else  
 Tree->left = initTree (value);  
 else  
 if (Tree->right)  
 addNode (value, Tree->right);  
 else  
 Tree->right = initTree (value);  
}  
  
tree\* generateTree (int \*Array, int size)  
{  
 tree \*Tree = initTree (\*Array);  
 for (int i = 1; i < size; i++)  
 addNode (Array[i], Tree);  
 return Tree;  
}  
  
void deleteTree (tree \*Tree)  
{  
 if (!Tree)  
 return;  
 deleteTree (Tree->left);  
 deleteTree (Tree->right);  
 free (Tree);  
}  
  
//void printTree (tree \*Tree, int Side, const char \*LeftOtp, const char \*RightOtp)  
void printBT (const std::string& prefix, const tree\* node, bool isLeft)  
{ /\*  
 if (Tree->right)  
 {  
 char \*NextLeftOtp = (char\*) malloc (strlen (RightOtp) + 6);  
 strcpy (NextLeftOtp, RightOtp);  
 strcat (NextLeftOtp, " |");  
  
 char \*NextRightOtp = (char\*) malloc (strlen (RightOtp) + 6);  
 strcpy (NextRightOtp, RightOtp);  
 strcat (NextRightOtp, " ");  
  
 printTree (Tree->right, 1, NextLeftOtp, NextRightOtp);  
  
 free (NextLeftOtp);  
 free (NextRightOtp);  
 }  
  
 switch (Side)  
 {  
 case 0:  
 std::cout << " -->" << Tree->value << std::endl;  
 break;  
 case 1:  
 std::cout << RightOtp << ".-->" << Tree->value << std::endl;  
 break;  
 case -1:  
 std::cout << LeftOtp << "`-->" << Tree->value << std::endl;  
 break;  
 }  
  
 if (Tree->left)  
 {  
 char \*NextLeftOtp = (char\*) malloc (strlen (LeftOtp) + 6);  
 strcpy (NextLeftOtp, LeftOtp);  
 strcat (NextLeftOtp, " ");  
  
 char \*NextRightOtp = (char\*) malloc (strlen (LeftOtp) + 6);  
 strcpy (NextRightOtp, LeftOtp);  
 strcat (NextRightOtp, " |");  
  
 printTree (Tree->left, -1, NextLeftOtp, NextRightOtp);  
  
 free (NextLeftOtp);  
 free (NextRightOtp);  
 }  
 \*/  
 if( node != nullptr )  
 {  
 std::cout << prefix;  
  
 std::cout << (isLeft ? "├──" : "└──" );  
  
 // print the value of the node  
 std::cout << node->value<< std::endl;  
  
 // enter the next tree level - left and right branch  
 printBT( prefix + (isLeft ? "│ " : " "), node->left, true);  
 printBT( prefix + (isLeft ? "│ " : " "), node->right, false);  
 }  
}  
  
void printTreeToFile (tree \*Tree, int Side, const char \*LeftOtp, const char \*RightOtp, std::ostream &File)  
{  
 if (Tree->right)  
 {  
 char \*NextLeftOtp = (char\*) malloc (strlen (RightOtp) + 6);  
 strcpy (NextLeftOtp, RightOtp);  
 strcat (NextLeftOtp, " |");  
  
 char \*NextRightOtp = (char\*) malloc (strlen (RightOtp) + 6);  
 strcpy (NextRightOtp, RightOtp);  
 strcat (NextRightOtp, " ");  
  
 printTreeToFile (Tree->right, 1, NextLeftOtp, NextRightOtp, File);  
  
 free (NextLeftOtp);  
 free (NextRightOtp);  
 }  
  
 switch (Side)  
 {  
 case 0:  
 File << " -->" << Tree->value << std::endl;  
 break;  
 case 1:  
 File << RightOtp << ".-->" << Tree->value << std::endl;  
 break;  
 case -1:  
 File << LeftOtp << "`-->" << Tree->value << std::endl;  
 break;  
 }  
  
 if (Tree->left)  
 {  
 char \*NextLeftOtp = (char\*) malloc (strlen (LeftOtp) + 6);  
 strcpy (NextLeftOtp, LeftOtp);  
 strcat (NextLeftOtp, " ");  
  
 char \*NextRightOtp = (char\*) malloc (strlen (LeftOtp) + 6);  
 strcpy (NextRightOtp, LeftOtp);  
 strcat (NextRightOtp, " |");  
  
 printTreeToFile (Tree->left, -1, NextLeftOtp, NextRightOtp, File);  
  
 free (NextLeftOtp);  
 free (NextRightOtp);  
 }  
}  
  
int\* readTreeFromTerm (int &Size)  
{  
 std::cout << "введите элементы: ";  
 int \*Array = NULL;  
 char Buffer;  
 Buffer=std::cin.get();  
 while (Buffer!='\n')  
 {  
 while (!(Buffer-32))  
 Buffer=std::cin.get();  
 int value=0;  
 bool isNegative=0;  
 if (Buffer==45)  
 {  
 isNegative=1;  
 Buffer=std::cin.get();  
 }  
 while (Buffer<58&&Buffer>47)  
 {  
 value=value\*10+(Buffer-48);  
 Buffer=std::cin.get();  
 }  
 if (isNegative)  
 value=value\*(-1);  
 if (std::cin.fail()||(Buffer!=32&&Buffer!='\n'))  
 {  
 std::cin.clear();  
 std::cin.ignore(std::numeric\_limits<std::streamsize>::max(), '\n');  
 std::cout << "некорректный ввод" << std::endl;  
 free (Array);  
 Size = 0;  
 Array = readTreeFromTerm (Size);  
 return Array;  
 }  
 Array = (int\*) realloc (Array, sizeof (int) \* ++Size);  
 Array[Size-1] = value;  
 while (!(Buffer-32))  
 Buffer=std::cin.get();  
 }  
 if (Size == 0)  
 {  
 std::cout << "некорректный ввод" << std::endl;  
 Array = readTreeFromTerm (Size);  
 }  
 return Array;  
}  
  
int\* readTreeFromFile (int &Size)  
{  
 std::ifstream File;  
 File.open ("C:/Users/abram/CLionProjects/coursew/file.txt");  
 int \*Array = NULL;  
 if (File.is\_open())  
 {  
  
 while (!File.eof())  
 {  
 char \*buffer = (char\*) malloc (sizeof (char)\*20);  
 File.getline(buffer, 20);  
 int value=0;  
 bool isNegative=0;  
 if (\*buffer==45)  
 {  
 isNegative=1;  
 buffer++;  
 }  
 while (\*buffer!='\0')  
 {  
 value=value\*10+(\*buffer-48);  
 buffer++;  
 }  
 if (isNegative)  
 value=value\*(-1);  
 Array = (int\*) realloc (Array, sizeof (int) \* ++Size);  
 Array[Size-1] = value;  
 }  
 File.close();  
 }  
 else  
 {  
 std::cout << "некорректный ввод" << std::endl;  
 free (Array);  
 Size = 0;  
 Array = readTreeFromFile (Size);  
 }  
 return Array;  
}  
  
int\* generateRandomTree (int &Size)  
{  
 int \*Array = (int\*) malloc (sizeof (int) \* Size);  
 for (int i = 0; i < Size; i++)  
 Array[i] = rand()%198 - 99;  
 return Array;  
}  
  
tree\* deleteNode (tree \*Tree)  
{  
 if (!Tree->left && !Tree->right)  
 {  
 free (Tree);  
 return NULL;  
 }  
 else if (Tree->left && Tree->right)  
 {  
 Tree->value = Tree->left->value;  
 Tree->left = deleteNode (Tree->left);  
 return Tree;  
 }  
 else if (Tree->left)  
 {  
 tree \*Buffer = Tree->left;  
 free (Tree);  
 return Buffer;  
 }  
 else  
 {  
 tree \*Buffer = Tree->right;  
 free (Tree);  
 return Buffer;  
 }  
}  
  
tree\* deleteElement (int Element, tree \*Tree)  
{  
 if (Tree->value == Element)  
 Tree = deleteNode (Tree);  
 else  
 {  
 if (Tree->left)  
 Tree->left = deleteElement (Element, Tree->left);  
 if (Tree->right)  
 Tree->right = deleteElement (Element, Tree->right);  
 }  
 return Tree;  
}  
  
bool findElement (int Element, tree \*Tree)  
{  
 if (Tree == NULL)  
 return false;  
 else if (Tree->value == Element)  
 return true;  
 else if (Tree->value > Element)  
 return findElement (Element, Tree->left);  
 else  
 return findElement (Element, Tree->right);  
}  
  
void obhodPryamoi (tree \*Tree)  
{  
 if (!Tree)  
 return;  
 std::cout << Tree->value << ' ';  
 obhodPryamoi (Tree->left);  
 obhodPryamoi (Tree->right);  
}  
  
void obhodObratnyi (tree \*Tree)  
{  
 if (!Tree)  
 return;  
 obhodObratnyi (Tree->left);  
 obhodObratnyi (Tree->right);  
 std::cout << Tree->value << ' ';  
}  
  
void obhodShir (tree \*\*Array, int Size)  
{  
 if (!Array)  
 return;  
 for (int i = 0; i < Size; i++)  
 std::cout << (\*(Array + i))->value << ' ';  
 tree \*\*NewArray = NULL;  
 int j = 0;  
 for (int i = 0; i < Size; i++)  
 {  
 if ((\*(Array + i))->left)  
 {  
 NewArray = (tree\*\*) realloc (NewArray, sizeof (tree\*) \* ++j);  
 \*(NewArray + j - 1) = (\*(Array + i))->left;  
 }  
 if ((\*(Array + i))->right)  
 {  
 NewArray = (tree\*\*) realloc (NewArray, sizeof (tree\*) \* ++j);  
 \*(NewArray + j - 1) = (\*(Array + i))->right;  
 }  
 }  
 obhodShir (NewArray, j);  
 free (NewArray);  
}  
  
void obhodShirToFile (tree \*\*Array, int Size, std::ofstream &File)  
{  
 if (!Array)  
 return;  
 for (int i = 0; i < Size; i++)  
 File << (\*(Array + i))->value << ' ';  
 tree \*\*NewArray = NULL;  
 int j = 0;  
 for (int i = 0; i < Size; i++)  
 {  
 if ((\*(Array + i))->left)  
 {  
 NewArray = (tree\*\*) realloc (NewArray, sizeof (tree\*) \* ++j);  
 \*(NewArray + j - 1) = (\*(Array + i))->left;  
 }  
 if ((\*(Array + i))->right)  
 {  
 NewArray = (tree\*\*) realloc (NewArray, sizeof (tree\*) \* ++j);  
 \*(NewArray + j - 1) = (\*(Array + i))->right;  
 }  
 }  
 obhodShirToFile (NewArray, j, File);  
 free (NewArray);  
}  
  
void generateVariant (std::ofstream &Tasks, std::ofstream &Keys, std::ofstream &Answers)  
{  
 int Size = rand()%10 + 10;  
 int \*Array = generateRandomTree (Size);  
  
 tree \*Tree = generateTree (Array, Size);  
  
 Tasks << "\n1) сгенерировать бинарное дерево поиска из массива: \n\n";  
 for (int i=0; i<Size; i++)  
 Tasks << Array[i] << ' ';  
 Tasks << std::endl;  
  
 Keys << "\n1)\n";  
 obhodShirToFile (&Tree, 1, Keys);  
 Keys << std::endl;  
  
 Answers << "\n1)\n";  
 printTreeToFile (Tree, 0, "", "", Answers);  
 Answers << std::endl;  
  
 int num1 = Array[rand()%Size];  
 int num2 = Array[rand()%Size];  
  
 Tasks << "\n2) удалить из дерева, сформированного в пункте 1, элементы: ";  
 Tasks << num1 << ' ' << num2;  
 Tasks << std::endl;  
  
 Tree = deleteElement (num1, Tree);  
 Tree = deleteElement (num2, Tree);  
  
 Keys << "\n2)\n";  
 obhodShirToFile (&Tree, 1, Keys);  
 Keys << std::endl;  
  
 Answers << "\n2)\n";  
 printTreeToFile (Tree, 0, "", "", Answers);  
 Answers << std::endl;  
  
 num1 = rand()%198 - 99;  
 num2 = rand()%198 - 99;  
  
 Tasks << "\n3) добавить в дерево, полученное в пункте 2, элементы: ";  
 Tasks << num1 << ' ' << num2;  
 Tasks << std::endl << std::endl << std::endl;  
  
 addNode (num1, Tree);  
 addNode (num2, Tree);  
  
 Keys << "\n3)\n";  
 obhodShirToFile (&Tree, 1, Keys);  
 Keys << std::endl << std::endl << std::endl;  
  
 Answers << "\n3)\n";  
 printTreeToFile (Tree, 0, "", "", Answers);  
 Answers << std::endl << std::endl << std::endl;  
  
 free (Array);  
 deleteTree (Tree);  
}  
  
void test ()  
{  
 int num = getNumericAnswer (1, INT\_MAX, "введите число необходимых вариантов: ");  
 std::ofstream Tasks;  
 std::ofstream Keys;  
 std::ofstream Answers;  
  
 Tasks.open ("C:/Users/abram/CLionProjects/coursew/task.txt");  
 Keys.open ("C:/Users/abram/CLionProjects/coursew/key.txt");  
 Answers.open ("C:/Users/abram/CLionProjects/coursew/ans.txt");  
 if (Tasks.is\_open () && Answers.is\_open () && Keys.is\_open ())  
 {  
 for (int i = 1; i <= num; i++)  
 {  
 Tasks << "вариант " << i << std::endl << std::endl;  
 Keys << "вариант " << i << std::endl << std::endl;  
 Answers << "вариант " << i << std::endl << std::endl;  
 generateVariant (Tasks, Keys, Answers);  
 }  
 Tasks.close();  
 Keys.close();  
 Answers.close();  
 }  
 else  
 {  
 if (Tasks.is\_open ())  
 Tasks.close ();  
 if (Keys.is\_open ())  
 Keys.close ();  
 if (Answers.is\_open ())  
 Answers.close ();  
 std::cout << "ошибка открытия файлов\nдля выхода нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 }  
}  
  
void printBT(const tree\* node)  
{  
 printBT("", node, false);  
}  
  
void mainMenu (tree \*Tree, int &Size)  
{  
 printBT (Tree);  
  
 std::cout << "\n\tменю:\n\n1) вывод дерева в файл"  
 << "\n2) вставка нового элемента\n3) удаление элемента\n4) получение элемента\n5) прямой обход"  
 << "\n6) обратный обход\n7) обход в ширину\n\n";  
  
 int answer = getNumericAnswer (0, 7, "Введите номер желаемого варианта: ");  
  
 switch (answer)  
 {  
 case 1:  
 {  
 std::ofstream File;  
 File.open ("C:/Users/abram/CLionProjects/coursew/file1.txt");  
 if (File.is\_open())  
 {  
 printTreeToFile (Tree, 0, "", "", File);  
 File.close();  
 }  
  
  
 std::cout << "выполнено\nдля возврата нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 break;  
 }  
 case 2:  
 {  
 int value = getNumericAnswer (INT\_MIN, INT\_MAX, "введите значение нового элемента: ");  
  
 std::chrono::system\_clock::time\_point TimeBegin, TimeEnd;  
 TimeBegin=std::chrono::system\_clock::now();  
  
 addNode (value, Tree);  
  
 TimeEnd=std::chrono::system\_clock::now();  
 std::cout << "на добавление элемента было затрачено " <<  
 std::chrono::duration\_cast<std::chrono::nanoseconds>(TimeEnd-TimeBegin).count() <<  
 " нс\n\nдля возврата нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 break;  
 }  
 case 3:  
 {  
 int value = getNumericAnswer (INT\_MIN, INT\_MAX, "введите значение удаляемого элемента: ");  
  
 std::chrono::system\_clock::time\_point TimeBegin, TimeEnd;  
 TimeBegin=std::chrono::system\_clock::now();  
  
 deleteElement (value, Tree);  
  
 TimeEnd=std::chrono::system\_clock::now();  
 std::cout << "Выполнено!\nна удаление элемента было затрачено " <<  
 std::chrono::duration\_cast<std::chrono::nanoseconds>(TimeEnd-TimeBegin).count() <<  
 " нс\n\nдля возврата нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 break;  
 }  
 case 4:  
 {  
 int value = getNumericAnswer (INT\_MIN, INT\_MAX, "введите значение искомого элемента: ");  
  
 std::chrono::system\_clock::time\_point TimeBegin, TimeEnd;  
 TimeBegin=std::chrono::system\_clock::now();  
  
 switch (findElement (value, Tree))  
 {  
 case true:  
 TimeEnd=std::chrono::system\_clock::now();  
 std::cout << "элемент найден";  
 break;  
 default:  
 TimeEnd=std::chrono::system\_clock::now();  
 std::cout << "элемент не найден";  
 break;  
 }  
  
 std::cout << "\nна поиск элемента было затрачено " <<  
 std::chrono::duration\_cast<std::chrono::nanoseconds>(TimeEnd-TimeBegin).count() <<  
 " нс\n\nДля возврата нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 break;  
 }  
 case 5:  
 std::cout << "элементы дерева: ";  
 obhodPryamoi (Tree);  
 std::cout << "\nдля возврата нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 break;  
 case 6:  
 std::cout << "элементы дерева: ";  
 obhodObratnyi (Tree);  
 std::cout << "\nдля возврата нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 break;  
 case 7:  
 std::cout << "элементы дерева: ";  
 obhodShir (&Tree, 1);  
 std::cout << "\nдля возврата нажмите enter";  
 std::cin.get();  
 break;  
 default:  
 return;  
 }  
 mainMenu (Tree, Size);  
}  
  
int main ()  
{  
 SetConsoleOutputCP(CP\_UTF8);  
 srand (time (0));  
  
 int Size = 0;  
 int \*Array = NULL;  
  
 std::cout << "способ формирования бинарного "  
 << "дерева:\n\n1) случайными значениями\n2) ввести вручную"  
 << "\n3) "  
 << "другое: сгенерировать тестовое задание\n\n";  
  
 int answer = getNumericAnswer (0, 4, "введите: ");  
  
 switch (answer)  
 {  
 case 1:  
 Size = getNumericAnswer(0, INT\_MAX, "введите число элементов: ");  
 Array = generateRandomTree (Size);  
 break;  
 case 2:  
 Array = readTreeFromTerm (Size);  
 break;  
 case 4:  
 Array = readTreeFromFile (Size);  
 break;  
 case 3:  
 test();  
 return 0;  
 default:  
 return 0;  
 }  
  
 std::chrono::system\_clock::time\_point TimeBegin, TimeEnd;  
 TimeBegin=std::chrono::system\_clock::now();  
  
 tree \*Tree = generateTree (Array, Size);  
  
 TimeEnd=std::chrono::system\_clock::now();  
 std::cout << "\nна генерацию дерева было затрачено " <<  
 std::chrono::duration\_cast<std::chrono::nanoseconds>(TimeEnd-TimeBegin).count()  
 << " нс\n\nДля продолжения нажмите enter";  
 std::cin.get();  
  
 free (Array);  
  
 mainMenu (Tree, Size);  
  
 deleteTree (Tree);  
 return 0;  
}