МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Кафедра САПР

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №3

по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»

Тема: Двоичные деревья на примере языка C++

Вариант 1

Студент 0301 _____ Сморжок В. Е.

Преподаватель _____ Тутуева А.В.

Санкт-Петербург,
2021

Задание на лабораторную работу:

Реализовать класс двоичного дерева в соответствии со своим вариантом. (двоичное дерево поиска)

Список методов, которые реализует каждый вариант:

1. bool contains(int); // поиск элемента в дереве по ключу

2. void insert(int); // добавление элемента в дерево по ключу. Должен работать за O(logN)

3. void remove(int); // удаление элемента дерева по ключу

4. Iterator create_dft_iterator(); // создание итератора, реализующего один из методов обхода в глубину (depth-first traverse)

5. Iterator create_bft_iterator() // создание итератора, реализующего методы обхода в ширину (breadth-first traverse)

Текст программы:

```
#include <iostream>

using namespace std;
size_t get_size;
int per = 0;
int firstgo = 0;
int sizeofstack = 0;

class Queue
{
private:
	class Node
	{
	public:
		int element;
		Node* next;
	};
	Node* head;
	Node* tail;
public:
	int size_queue;
	Queue()
	{
		Node* current = new Node;
		head = current;
		current->next = NULL;
		tail = head = current;
		size_queue = 0;
	}
	~Queue()
	{
		while (head != tail)
			remove();
	}
	int getfirst()
	{
```

```
		if (size_queue != 0)
		{
			return head->element;
		}
		else
		{
			throw out_of_range("Empty list");
		}
	}
	void remove() // delete an element
	{
		head = head->next;
		size_queue--;
	}
	void insert(int element)
	{
		if (size_queue == 0)
		{
			head = new Node;
			head->element = element;
			tail = head;
		}
		else
		{
			tail->next = new Node;
			tail = tail->next;
			tail->element = element;
			tail->next = NULL;
		}
		size_queue++;
	}
};

class Stack
{
private:
	class Node
	{
	public:
		int element;
		Node* previous;
	};


public:
	Node* current;
	int size_stack;

	Stack()
	{
		Node* buffer = new Node;
		buffer->element = NULL;
		buffer->previous = NULL;
		size_stack = 0;
	}
	~Stack()
	{
		Node* buffer;
		while (current)
		{
			buffer = current->previous;
			delete(current);
			current = buffer;
		}
	}
```

```
	void add(int element)
	{
		if (size_stack == 0)
		{
			Node* buffer = new Node;
			buffer->element = element;
			buffer->previous = nullptr;
			current = buffer;
		}
		else
		{
			Node* buffer = current;
			current = new Node;
			current->element = element;
			current->previous = buffer;
		}
		size_stack++;
	}
	void remove()
	{
		Node* buffer = current;
		current = current->previous;
		delete(buffer);
		size_stack--;
	}
	int getlast()
	{
		return current->element;
	}
	int size()
	{
		if (sizeofstack == 0)
			return size_stack;
		else
			return 0;
	}

};



class Iterator
{
public:
	virtual int next() = 0;
	virtual bool has_next() = 0;
};

class Tree
{
private:
	class Node
	{
	public:
		Node* left = NULL;
		Node* right = NULL;
		int element = NULL;
		int forstack = 0;
	};
	Node* parent;

public:
```

```
Iterator* create_BFT_iterator()
{
	return new ListIteratorBFT(parent);
}
Iterator* create_DFT_iterator()
{
	return new ListIteratorDFT(parent);
}

void push_back(int element)
{
	Node* buffer = new Node;
	buffer->element = element;
	if (parent->element == NULL)
	{
		parent = buffer;
		parent->left = NULL;
		parent->right == NULL;
	}
	else
	{
		Node* root = parent;
		while (1)
		{
			if (root->element >= buffer->element)
			{
				if (root->left == NULL)
					root->left = new Node;
				root = root->left;
			}
			else {
				if (root->right == NULL)
					root->right = new Node;
				root = root->right;
			}
			if (root->element == NULL)
			{
				root->element = (int)buffer->element;
				break;
			}
		}
	}
	get_size++;
}
Tree() // default constructor
{
	Node* buffer = new Node;
	buffer->left = buffer->right = NULL;
	buffer->element = NULL;
	parent = buffer;
}



class ListIteratorBFT : public Iterator
{
public:

	ListIteratorBFT(Node* buffer)
	{
		current = buffer;
		check = current;
		queue.insert(buffer->element);
	};
	bool has_next() override;
```

```
		int next() override;

	private:
		Queue queue;
		Node* current;
		Node* check;

	};

	class ListIteratorDFT : public Iterator
	{
	public:

		ListIteratorDFT(Node* buffer)
		{
			current = buffer;
			checkstack = current;
			stack.add(buffer->element);
		};
		bool has_next() override;
		int next() override;

	private:
		Stack stack;
		Node* current;
		Node* checkstack;

	};


	bool Contains(int value)
	{
		Node* buffer;
		Node* root = parent;
		bool answer = false;
		if (root->element == value)
		{
			answer = true;
		}
		while (answer == false && (root->left != nullptr || root->right !=
nullptr))
		{

			if (value <= root->element)
			{
				root = root->left;
			}
			else
			{
				root = root->right;
			}
			if (root->element == value)
			{
				answer = true;
				break;
			}
		}
		return answer;
	}
	void insert(int value)
	{
		Node* buffer = parent;
		bool answer = false;
		Node* root = parent;
		if (root->element >= value)
```

```
	{
		root = root->left;
	}
	else root = root->right;
	while (1)
	{
		if (root != NULL)
		{
			if (root->left == NULL && root->right == NULL)
			{
				break;
			}
		}
		else
		{
			if (value <= buffer->element)
			{
				buffer->left = new Node;
				buffer->left->element = value;
			}
			else
			{
				buffer->right = new Node;
				buffer->right->element = value;
			}
			answer = true;

			break;
		}
		buffer = root;
		if (root->element >= value)
		{
			root = root->left;
		}
		else root = root->right;
	}
	if (answer == false)
		if (root->element >= value)
		{
			root->left = new Node;
			root->left->element = value;
		}
		else
		{
			root->right = new Node;
			root->right->element = value;
		}
}
void remove(int value)
{
	Node* root = parent;
	Node* buffer = parent;
	Node* help = parent;
	while (root->element != value)
	{
		if (root->element >= value)
		{
			buffer = root;
			root = root->left;
		}
		else
		{
			buffer = root;
			root = root->right;
		}
```

```
                }
                if (root->left == nullptr && root->right == nullptr)
                {
                        if (buffer->left == root)
                        {
                                buffer->left = nullptr;
                        }
                        else
                                buffer->right = nullptr;
                        delete(root);
                }
                else
                {
                        if (root->left == nullptr)
                        {
                                root->element = root->right->element;
                                root = root->right;
                                buffer->right = nullptr;
                                delete(root);
                        }
                        else
                                if (root->right == nullptr)
                                {
                                        root->element = root->left->element;
                                        root = root->left;
                                        buffer->left = nullptr;
                                        delete (root);
                                }
                        if (root->left != nullptr && root->right != nullptr)
                        {
                                buffer = root;
                                buffer = buffer->right;
                                while (buffer->left != nullptr)
                                {
                                        help = buffer;
                                        buffer = buffer->left;
                                }
                                root->element = buffer->element;
                                if (help != parent)
                                help->left = nullptr;
                                delete(buffer);
                        }
                }
        }
};

int Tree::ListIteratorBFT::next()
{
        int temp = queue.getfirst();

        if (queue.getfirst() == current->element && per == 0)
        {
                check = current;
                per = 1;
        }
        else
        {
                if (check != nullptr)
                        current = check;
        }
        queue.remove();
        while (current->element != temp)
        {
                if (current->element > temp)
                {
```

```
                        current = current->left;
                }
                else
                {
                        current = current->right;
                }
        }
        if (current->left != nullptr)
        {
                queue.insert(current->left->element);
        }

        if (current->right != nullptr)
        {
                queue.insert(current->right->element);
        }
        return temp;

}

bool Tree::ListIteratorBFT::has_next()
{
        if (queue.size_queue == 0)
        {
                return false;
        }
        else
        {
                return true;
        }
}

int Tree::ListIteratorDFT::next()
{
        int per = 0;
        int temp = 0;

        if (current->element == stack.current->element && firstgo == 0)
        {
                firstgo = 1;
                temp = current->element;
                return temp;
        }
        else
        {
                current = checkstack;
                while (1)
                {
                        if (current == checkstack)
                                while (stack.getlast() != current->element)
                                {
                                        if (current->element > stack.getlast())
                                        {
                                                current = current->left;
                                        }
                                        else
                                        {
                                                current = current->right;
                                        }
                                }
                        if (current->left != nullptr && current->left->forstack == 0)
                        {
                                current = current->left;
                                stack.add(current->element);
                                temp = current->element;
```

```
                        break;
                }
                else

                        if (current->right != nullptr && current->right->forstack ==
0)
                        {
                                current = current->right;
                                stack.add(current->element);
                                temp = current->element;
                                if (current->left == nullptr && current->right ==
nullptr)
                                {
                                        stack.remove();
                                        current->forstack = 1;
                                }
                                break;
                        }
                        else
                        {
                                stack.remove();
                                current->forstack = 1;
                                current = checkstack;
                        }
                }
        }
        if (checkstack->left->forstack == 1 && checkstack->left->forstack == 1)
        {
                sizeofstack = 1;
                return temp;
        }
        else
                return temp;
}

bool Tree::ListIteratorDFT::has_next()
{
        if (stack.size() != 0)
        {
                return true;
        }
        else
        {
                return false;
        }
}

int main()
{

        int array[6] = {8,10,3,6,1,4};
        int* arraystek;
        int n = 6;
        arraystek = (int*)malloc(n * sizeof(int));
        Tree lst;
        for (int i = 0; i < n; i++)
        {
                lst.push_back(array[i]);
        }
        bool answer = lst.Contains(3);
        if (answer == 1)
        {
                cout << "this element is contained in a Tree" << endl;
        }
        else
```

```
            cout << "this element isn't contained in a Tree" << endl;
        lst.insert(7);
        lst.remove(4);
        cout << "_____________" << endl;

        cout << "BFT Iterator: " << endl;
        Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
        while (lst_iterator->has_next())
        {
            cout << lst_iterator->next() << ' ';

        }
        cout << endl;
        cout << "DFT Iterator: " << endl;
        Iterator* lst_iterator_DFT = lst.create_DFT_iterator();
        while (lst_iterator_DFT->has_next())
        {
            cout << lst_iterator_DFT->next() << ' ';
        }
        cout << endl;

        return 0;
}
```

Описание реализуемых алгоритмов:

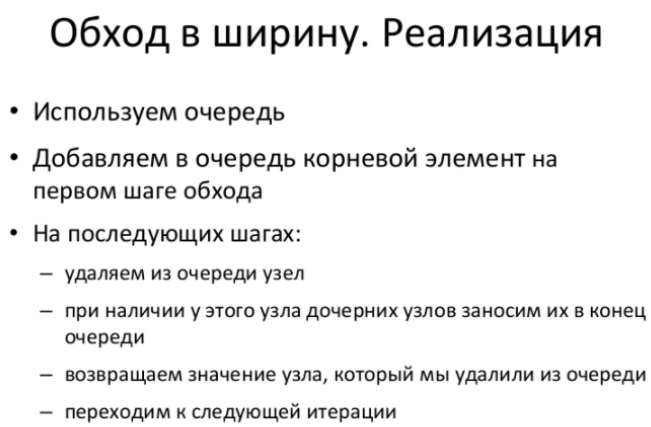
В данной программе реализован класс двоичного бинарного дерева. Класс содержит в себе ссылку на родителя, данные о содержимом узла графа – значение элемента, ссылку на правый и левый элементы дерева. Для этого дерева реализованы конструктор, деструктор, три метода: удаление, вставка и проверка на содержание в дереве элемента. Удаление листа происходит обнулением этого элемента и удалением всех ссылок на него. Удаление узла происходит по алгоритму:

Удаление узла с одним дочерним узлом происходит заменой этого элемента на листовой и удалением листового. Метод проверки на наличие элемента в дереве реализован с помощью обхода всего графа. Метод вставки реализован

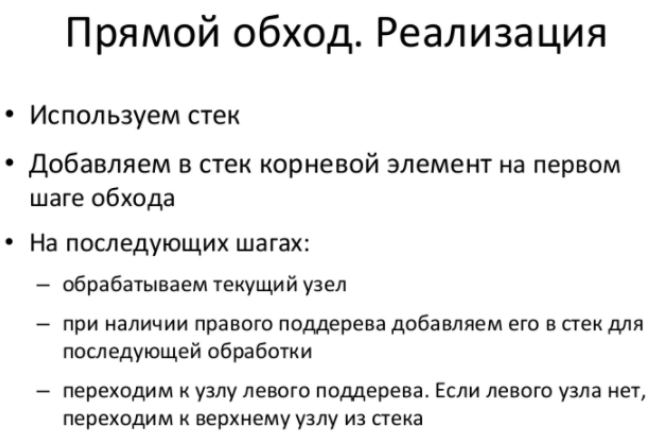
с помощью обхода всего графа, сравнением всех элементов со вставляемыми и вставка в конец графа, то есть элемент становится листовым.

Для реализации обхода в ширину и глубину были реализованы сект и очередь, как классы. Для них были созданы методы добавления, удаления, конструкторы, деструкторы.

Обход в ширину:



Обход в глубину:



Были созданы итераторы для каждого из обходов, также методы для них, с помощью которых и был выполнен обход. В методе next выполнялись вышеуказанные алгоритмы.

Оценка временной сложности каждого метода:

1. bool contains(int) – O(logN)
2. void insert(int) – O(logN)
3. void remove(int) – O(logN)
4. Iterator create_dft_iterator();
5. Iterator create_bft_iterator()

Текст Unit – тестов

```
#include "pch.h"
#include "CppUnitTest.h"
#include "../3 lab.h"

using namespace Microsoft::VisualStudio::CppUnitTestFramework;

namespace UnitTestLab3
{
	TEST_CLASS(UnitTestLab3)
	{
	public:

		TEST_METHOD(ContainsFunction)
		{
			Tree lst;
			int array[] = { 16,6,20,2,12 };
			for (int i = 0; i < 5; i++)
			{
				lst.push_back(array[i]);
			}
			int temp = 0;
			for (int i = 0; i < 5; i++)
			{
				temp = lst.Contains(array[i]);
				Assert::IsTrue(temp == 1);
			}
		}
		TEST_METHOD(BFTFunction)
		{
			Tree lst;
			int array[7] = { 12,10,5,19,6,4,7 };
			for (int i = 0; i < 7; i++)
			{
				lst.push_back(array[i]);
			}
			int arraytest[] = { 12,10,19,5,4,6,7 };
			Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
			int i = 0;
			int temp;
			while (lst_iterator->has_next())
			{
				temp = lst_iterator->next();
				Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
				i++;
			}
		}
		TEST_METHOD(DFTFunction)
		{
			Tree lst;
			int array[7] = { 12,10,5,19,6,4,7 };
			for (int i = 0; i < 7; i++)
			{
				lst.push_back(array[i]);
			}
			int arraytest[] = { 12,10,5,4,6,7,19 };
			Iterator* lst_iterator = lst.create_DFT_iterator();
			int i = 0;
			int temp;
			while (lst_iterator->has_next())
			{
				temp = lst_iterator->next();
				Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
				i++;
```

```
		}
	}
	TEST_METHOD(InsertFunction)
	{
		Tree lst;
		int array[5] = { 16,20,6,2,12 };
		for (int i = 0; i < 5; i++)
		{
			lst.push_back(array[i]);
		}
		int arraytest[] = { 16,6,20,2,12,14 };
		lst.insert(14);
		Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
		int i = 0;
		int temp;
		for (int i = 0; i < 6; i++)
		{
			temp = lst_iterator->next();
			Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
		}
	}
	TEST_METHOD(RemoveFunction)
	{
		Tree lst;
		int array[7] = { 16,20,6,2,12,11,13 };
		for (int i = 0; i < 7; i++)
		{
			lst.push_back(array[i]);
		}
		int arraytest[] = { 16,11,20,2,12,13 };
		lst.remove(6);
		Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
		int i = 0;
		int temp;
		for (int i = 0; i < 6; i++)
		{
			temp = lst_iterator->next();
			Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
		}
		int arraytest1[5] = {16,11,20,2,12};
		lst.remove(13);
		Iterator* lst_iterator1 = lst.create_BFT_iterator();
		for (int i = 0; i < 4; i++)
		{
			temp = lst_iterator1->next();
			Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
		}
	}

};
}
```

Описание Unit – тестов

1. Contains – проверяет каждый элемент дерева этим методом. Выполняется, если все результаты будут равны 1.

2. BTF обход в ширину – проверяет, равен ли результат работы итератора и его методов массиву, который отсортировал элементы графа обходом в ширину
3. DFT – проверяет, равен ли результат работы итератора и его методов массиву, который отсортировал элементы графа обходом в глубину
4. Insert – проверяет, вставился ли элемент в дерево, с помощью обхода в ширину
5. Remove - проверяет, удалился ли элемент из дерева, с помощью обхода в ширину. Рассмотрены случаи удаления листа и узлового элемента

Пример работы программы:

```
this element is contained in a Tree
_____________
BFT Iterator:
8 3 10 1 6 7
DFT Iterator:
8 3 1 6 7 10
```

```
TEST_METHOD(ContainsFunction)
{
    Tree lst;
    int array[] = { 16,6,20,2,12 };
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        lst.push_back(array[i]);
    }
    int temp = 0;
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        temp = lst.Contains(array[i]);
        Assert::IsTrue(temp == 1);
    }
}
TEST_METHOD(BFTFunction)
{
    Tree lst;
    int array[7] = { 12,10,5,19,6,4,7 };
    for (int i = 0; i < 7; i++)
    {
        lst.push_back(array[i]);
    }
    int arraytest[] = { 12,10,19,5,4,6,7 };
    Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
    int i = 0;
    int temp;
    while (lst_iterator->has_next())
    {
        temp = lst_iterator->next();
        Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
        i++;
    }
}
TEST_METHOD(DFTFunction)
```

```
TEST_METHOD(DFTFunction)
{
    Tree lst;
    int array[7] = { 12,10,5,19,6,4,7 };
    for (int i = 0; i < 7; i++)
    {
        lst.push_back(array[i]);
    }
    int arraytest[] = { 12,10,5,4,6,7,19 };
    Iterator* lst_iterator = lst.create_DFT_iterator();
    int i = 0;
    int temp;
    while (lst_iterator->has_next())
    {
        temp = lst_iterator->next();
        Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
        i++;
    }
}
TEST_METHOD(InsertFunction)
{
    Tree lst;
    int array[5] = { 16,20,6,2,12 };
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        lst.push_back(array[i]);
    }
    int arraytest[] = { 16,6,20,2,12,14 };
    lst.insert(14);
    Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
    int i = 0;
    int temp;
    for (int i = 0; i < 6; i++)
    {
        temp = lst_iterator->next();
        Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
```

Проблемы не найдены.

```
TEST_METHOD(InsertFunction)
{
    Tree lst;
    int array[5] = { 16,20,6,2,12 };
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        lst.push_back(array[i]);
    }
    int arraytest[] = { 16,6,20,2,12,14 };
    lst.insert(14);
    Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
    int i = 0;
    int temp;
    for (int i = 0; i < 6; i++)
    {
        temp = lst_iterator->next();
        Assert::IsTrue(temp == arraytest[i]);
    }
}
TEST_METHOD(RemoveFunction)
{
    Tree lst;
    int array[7] = { 16,20,6,2,12,11,13 };
    for (int i = 0; i < 7; i++)
    {
        lst.push_back(array[i]);
    }
    int arraytest[] = { 16,11,20,2,12,13 };
    lst.remove(6);
    Iterator* lst_iterator = lst.create_BFT_iterator();
    int i = 0;
    int temp;
    for (int i = 0; i < 6; i++)
    {
```

Проблемы не найдены