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»
Вариант №1

Студент гр. 0302 _____ Приезжих Т.А.

Преподаватель _____ Тутуева А.В.

Санкт-Петербург
2021

Постановка задачи

Реализовать методы на основе двоичного дерева поиска

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

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

void remove(int); удаление элемента дерева по ключу

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

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

Описание класса и методов

Node – узел

Queue – очередь для итератора обхода в ширину

Stack – стек для обхода в глубину

Iterator – для реализации обходов в глубину и ширину

bool contains(int) - поиск элемента в дереве по ключу

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

void remove(int) - удаление элемента дерева по ключу

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

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

Временная сложность

Метод	Временная сложность
contains(int)	O(log n)
insert(int)	O(n)
remove(int)	O(n)
create_dft_iterator()	O(1)
create_bft_iterator()	O(1)

Unit-тесты

TestContains – вставляем элемент, проверяем его наличие

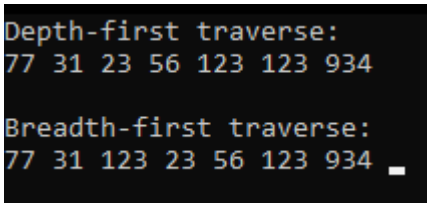
TestInsert - вставляем элемент, проверяем его наличие

TestRemove - вставляем элементы, некоторые удаляем, проверяем наличие

TestDftIterator – вставляем элементы, выполняем обход в глубину, сверяем полученные данные

TestBftIterator - вставляем элементы, выполняем обход в ширину, сверяем полученные данные

Пример работы



Листинг

main.cpp

```
#include "binarySearchTree.h"
using namespace std;

int main()
{
	try{
		BinarySearchTree Tree;
		Tree.insert(77);
		Tree.insert(31);
		Tree.insert(123);
		Tree.insert(23);
	    Tree.insert(56);
		Tree.insert(123);
		Tree.insert(934);

		cout << "Depth-first traverse:\n";
		BinarySearchTree::Iterator* D = Tree.create_dft_iterator();
		while (D->hasNext()) {
			cout<< D->next() << " ";
		}

		cout << "\n\nBreadth-first traverse:\n";
		BinarySearchTree::Iterator* B = Tree.create_bft_iterator();
		while (B->hasNext2()){
			cout << B->Next2() << " ";
		}
	}
	catch (exception ex) { cout << endl << ex.what(); }
	_getch();
}
```

stack.h

```
#pragma once
```

```cpp
#include <iostream>

using namespace std;
class Stack{
public:
	Stack();
	~Stack();
	void push(int data);
	int get_head();
	void pop_front();
	int get_size() { return size; };
	void clear();

	friend std::ostream& operator<<(std::ostream& s, Stack& list){
		unsigned count = 1;
		Node* cur = list.head;

		while (count <= list.size) {
			s << cur->data << '\t';
			cur = cur->pNext;
			count++;
		}

		return s;
	}

private:
	struct Node{
		Node* pNext;
		int data;

		Node(int data = int(), Node* pNext = nullptr){
			this->data = data;
			this->pNext = pNext;
		}
	};
	unsigned size;
	Node* head;
};

Stack::Stack(){
	size = 0;
	head = nullptr;
}

Stack::~Stack(){
	clear();
}

void Stack::push(int data){
	head = new Node(data, head);
	size++;
}

int Stack::get_head(){
	int temp = head->data;
	pop_front();
	return temp;
}

void Stack::pop_front(){
	if (this->size){
		Node* temp = head;
		head = head->pNext;
		delete temp;
```

```
			size--;
		}
}

void Stack::clear(){
		while (size)
			pop_front();
		}
```

queue.h

```
#pragma once
#include <iostream>
#include "node.h"
class Queue{
		unsigned size;
		Node* head;

public:
		Queue();
		~Queue();
		void push_back(intNode* data);
		intNode* get_head(){
			intNode* temp = head->data;
			pop_front();
			return temp;
		}
		void pop_front();
		int get_size() { return size; };
		void clear();
};

Queue::Queue(){
		size = 0;
		head = nullptr;
}

Queue::~Queue(){
		clear();
}

void Queue::push_back(intNode* data){
		if (head == nullptr)
			head = new Node(data);
		else{
			Node* cur = this->head;

			while (cur->pNext != nullptr)
				cur = cur->pNext;
			cur->pNext = new Node(data);
		}
		size++;
}

void Queue::pop_front(){
		if (this->size){
			Node* temp = head;
			head = head->pNext;
			delete temp;
			size--;
		}
}

void Queue::clear(){
		while (size)
			pop_front();
```

```
}
```

binarySearchTree.h

```
#pragma once
#include "stack.h"
#include "queue.h"
#include "conio.h"

using namespace std;

class BinarySearchTree{
public:
	BinarySearchTree(){
		root = nullptr;
	}
	~BinarySearchTree(){
		while (root != nullptr)
			remove(root->data);
	}
	bool contains(int data);
	void insert(int data);
	void remove(int data);

	intNode* root;

	class Iterator{
	public:
		Iterator(intNode* start){
			cur = start;
			if (start != nullptr)
				Queue.push_back(start);
		}

		bool hasNext();
		bool hasNext2();
		int next();
		int Next2();
		int getCurData() { return cur->data; };
	private:
		intNode* cur;
		Stack Stack;
		Queue Queue;
	};

	Iterator* create_dft_iterator(){
		cout << root->data << " ";
		return new Iterator(root);
	}
	Iterator* create_bft_iterator(){
		return new Iterator(root);
	}
};

bool BinarySearchTree::contains(int data)
{
	intNode* cur = root;

	while (cur != nullptr){
		if (data > cur->data){
			cur = cur->pRight;
			continue;
		}
		if (data < cur->data){
```

```
                        cur = cur->pLeft;
                        continue;
                }
                if (data == cur->data)
                        return true;
        }
        return false;
}

void BinarySearchTree::insert(int data){
        intNode* cur = root;

        if (cur == nullptr)
                root = new intNode(nullptr, data);
        else{
                while ((cur->pLeft != nullptr) || (cur->pRight != nullptr)){
                        if ((data > cur->data) && (cur->pRight != nullptr))
                                cur = cur->pRight;
                        else if ((data > cur->data) && (cur->pRight == nullptr)) break;

                        if ((data <= cur->data) && (cur->pLeft != nullptr))
                                cur = cur->pLeft;
                        else if ((data <= cur->data) && (cur->pLeft == nullptr)) break;
                }

                if (data > cur->data)
                        cur->pRight = new intNode(cur, data);
                else
                        cur->pLeft = new intNode(cur, data);
        }
}

void BinarySearchTree::remove(int data){
        if (!contains(data))
                throw exception("You cannot remove a non-existent element!");
        intNode* cur = root;

        while (data != cur->data){
                if (data < cur->data)
                        cur = cur->pLeft;
                else
                        cur = cur->pRight;
        }
        if (cur != nullptr){
                if ((cur->pLeft == nullptr) && (cur->pRight == nullptr)){
                        intNode* temp = cur;
                        if (cur == root)
                                root = nullptr;
                        else{
                                if (cur->data > cur->pPrev->data)
                                        cur->pPrev->pRight = nullptr;
                                else cur->pPrev->pLeft = nullptr;
                        }
                        delete temp;
                }

                else if ((cur->pLeft != nullptr) ^ (cur->pRight != nullptr)){
                        intNode* temp = cur;

                        if (cur == root)
                                if (cur->pLeft != nullptr)
                                        root = root->pLeft;
                                else root = root->pRight;

                        else{
```

```
                        if (cur->data > cur->pPrev->data)
                              if (cur->pLeft != nullptr)
                                    cur->pPrev->pRight = cur->pLeft;
                              else cur->pPrev->pRight = cur->pRight;

                        else
                              if (cur->pLeft != nullptr)
                                    cur->pPrev->pLeft = cur->pLeft;
                              else cur->pPrev->pLeft = cur->pRight;
                  }
                  delete temp;
            }

            else if ((cur->pLeft != nullptr) && (cur->pRight != nullptr)){
                  intNode* temp = cur;
                  cur = cur->pRight;

                  while (cur->pLeft != nullptr)
                        cur = cur->pLeft;

                  if (temp == root)
                        root->data = cur->data;

                  temp->data = cur->data;
                  intNode* temp1 = temp;
                  temp = cur;

                  if (cur->pPrev == temp1)
                        cur->pPrev->pRight = nullptr;
                  else cur->pPrev->pLeft = nullptr;
                  delete temp;
            }
      }
}

bool BinarySearchTree::Iterator::hasNext(){
      if ((Stack.get_size() != 0) || (cur->pLeft != nullptr) || (cur->pRight !=
nullptr))
            return true;
      else return false;
}

bool BinarySearchTree::Iterator::hasNext2(){
      if (Queue.get_size())
            return true;
      else return false;
}

int BinarySearchTree::Iterator::next(){
      if (cur->pRight != nullptr){
            Stack.push(cur->pRight->data);
      }

      if (cur->pLeft != nullptr)
            cur = cur->pLeft;
      else{
            if (Stack.get_size()){
                  int temp = Stack.get_head();
                  do
                        cur = cur->pPrev;
                  while ((cur->pRight == nullptr) || (cur->pRight->data != temp));
                  cur = cur->pRight;
            }
      }
      return cur->data;
```

```
}

int BinarySearchTree::Iterator::Next2()
{
	intNode* tempNode = Queue.get_head();

	if (tempNode->pLeft != nullptr)
		Queue.push_back(tempNode->pLeft);

	if (tempNode->pRight != nullptr)
		Queue.push_back(tempNode->pRight);

	return tempNode->data;
	}
```

node.h

```
#pragma once

struct intNode{
	intNode* pLeft;
	intNode* pRight;
	intNode* pPrev;
	int data;
	intNode(intNode* pPrev = nullptr, int data = int(), intNode* pLeft = nullptr,
intNode* pRight = nullptr){
		this->pPrev = pPrev;
		this->data = data;
		this->pLeft = pLeft;
		this->pRight = pRight;
	}
};

struct Node{
	Node* pNext;
	intNode* data;
	Node(intNode* data, Node* pNext = nullptr){
		this->data = data;
		this->pNext = pNext;
	}
	};
```

UnitTest3.cpp

```
#include "pch.h"
#include "CppUnitTest.h"
#include "..\Lab3\binarySearchTree.h"
#include "..\Lab3\node.h"
#include "..\Lab3\queue.h"
#include "..\Lab3\stack.h"

using namespace Microsoft::VisualStudio::CppUnitTestFramework;

namespace UnitTestLab3
{
	TEST_CLASS(UnitTestLab3)
	{
	public:

		TEST_METHOD(TestContains)
		{
			BinarySearchTree Tree;
			for (unsigned i = 50; i > 0; i--)
				Tree.insert(i);

			for (unsigned i = 50; i > 0; i--)
				Assert::IsTrue(Tree.contains(i));
```

```
	for (unsigned i = 100; i > 50; i--)
		Assert::IsTrue(!Tree.contains(i));
}

TEST_METHOD(TestInsert)
{
	BinarySearchTree Tree;
	Tree.insert(77);
	Tree.insert(31);
	Tree.insert(123);

	Assert::IsTrue(Tree.contains(77));
	Assert::IsTrue(Tree.contains(31));
	Assert::IsTrue(Tree.contains(123));

	Assert::IsTrue(!Tree.contains(1000));
}

TEST_METHOD(TestRemove)
{
	BinarySearchTree Tree;
	Tree.insert(77);
	Tree.insert(31);
	Tree.insert(123);
	Tree.insert(23);
	Tree.insert(56);

	Tree.remove(56);
	Tree.remove(31);
	Tree.remove(77);
	Tree.remove(123);

	Assert::IsTrue(!Tree.contains(77));
	Assert::IsTrue(!Tree.contains(31));
	Assert::IsTrue(!Tree.contains(123));
	Assert::IsTrue(!Tree.contains(56));

	Assert::IsTrue(Tree.contains(23));
}

TEST_METHOD(TestDftIterator)
{
	BinarySearchTree Tree;
	Tree.insert(77);
	Tree.insert(31);
	Tree.insert(123);
	Tree.insert(23);
	Tree.insert(56);
	Tree.insert(123);
	Tree.insert(934);

	BinarySearchTree::Iterator* D = Tree.create_dft_iterator();

	Assert::IsTrue(D->getCurData() == 77);
	Assert::IsTrue(D->next() == 31);
	Assert::IsTrue(D->next() == 23);
	Assert::IsTrue(D->next() == 56);
	Assert::IsTrue(D->next() == 123);
	Assert::IsTrue(D->next() == 123);
	Assert::IsTrue(D->next() == 934);
}

TEST_METHOD(TestBftIterator)
{
```

```
                BinarySearchTree Tree;
                Tree.insert(77);
                Tree.insert(31);
                Tree.insert(123);
                Tree.insert(23);
                Tree.insert(56);
                Tree.insert(123);
                Tree.insert(934);

                BinarySearchTree::Iterator* B = Tree.create_bft_iterator();

                Assert::IsTrue(B->Next2() == 77);
                Assert::IsTrue(B->Next2() == 31);
                Assert::IsTrue(B->Next2() == 123);
                Assert::IsTrue(B->Next2() == 23);
                Assert::IsTrue(B->Next2() == 56);
                Assert::IsTrue(B->Next2() == 123);
                Assert::IsTrue(B->Next2() == 934);
        }
};
}
```