**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра МО ЭВМ**

отчет

**по лабораторной работе №2**

**по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»**

Тема: **Иерархические списки**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 9381 |  | Прибылов Н.А. |
| Преподаватель |  | Фирсов М.А. |

Санкт-Петербург

2020

## Цель работы.

Изучить принципы рекурсии, реализовать рекурсивно определённую структуру данных — иерархический список.

## Задание.

**Вариант 12**

Проверить идентичность двух иерархических списков.

**Основные теоретические положения.**

Иерархический список — рекурсивно определённая структура данных. Похожа на линейный список, однако её узлами могут быть в том числе другие иерархические списки. Структура иерархического списка элементов типа *elem*:

<Hlist(elem)> :== <head(elem)>

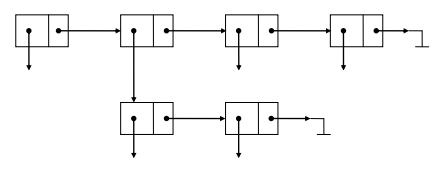
<head(elem)> :== <Node(elem)>

<Node(elem)> :== ((<Atom(elem)> | <Hlist(elem)>) <next>)

<Atom(elem)> :== <elem>

<next> :== <Node(elem)>

Графический пример списка:



Как видно, второй элемент списка сам представляет из себя иерархический список.

**Описание алгоритма.**

Проверка на идентичность двух иерархических списков состоит в том, чтобы установить идентичность каждой пары соответствующих узлов. Списки считаются идентичными, если длины списков одинаковы и каждая пара соответствующих узлов идентична. Узлы считаются идентичными, если совпадает их тип (оба узла — либо атомы, либо вложенные списки) и внутреннее содержимое (либо атомы одинаковы, либо вложенные списки идентичны). Алгоритм проходит по спискам, сравнивая их узлы друг с другом. Отсюда косвенная рекурсия — для того, чтобы проверить идентичность списков, требуется проверять идентичность узлов. Если узлы сами являются списками, требуется проверить идентичность этих списков.

## **Описание структур данных и функций**.

*struct Node* — узел списка.

Поля структуры:

*std::variant<atom, HList\*> cur* — текущий элемент (либо атом, либо указатель на вложенный список).

*Node\* next* — указатель на следующий узел.

Методы структуры:

*explicit Node(std::variant<atom, HList\*> elem)* — конструктор, принимает элемент и создаёт на его основе узел.

*bool operator==(const Node& other) const* — оператор сравнения двух узлов. Принимает другой узел, возвращает результат сравнения. Проверяют, совпадает ли тип элементов, затем, проверяют их идентичность (либо сравниваются атомы, либо проверяются на идентичность вложенные списки с помощью оператора сравнения двух иерархических списков). Узлы равны, только если совпадает тип их элементов и сами элементы.

*bool operator!=(const Node& other) const* — инверсия предыдущего оператора.

*std::string toString() const* — возвращает узел в виде строки.

*class HList* — иерархический список.

Поля класса:

*Node\* head* — указатель на голову списка.

*Node\* tail* — указатели на хвост списка.

Методы класса:

*Hlist() —* конструктор класса, создаёт пустой список.

*explicit HList(const std::string &from)* — конструктор класса, принимает строку с сокращённой скобочной записью и создаёт список на основе этой строки. Если строка некорректна, создаёт пустой список.

*~Hlist()* — деструктор, очищает память.

*bool operator==(const HList& other) const* — оператор сравнения. Принимает другой список, возвращает результат сравнения. Проверяет идентичность списков, пробегая от головы до хвоста обоих и вызывая операторы сравнения пары узлов. Списки равны, только если каждая пара соответствующих узлов совпадает и концы списков достигнуты одновременно (то есть одинаковы по длине, нет «лишних» узлов на конце одного из них).

*Node\* pushBack(std::variant<atom, HList\*> elem)* — принимает элемент, вставляет его в конец списка, возвращает его же.

*std::string toString() const* — возвращает список в виде строки с сокращённой скобочной записью.

*bool isStringCorrect(const std::string& str)* — принимает строку с сокращённым скобочным представлением списка. Возвращает результат проверки строки на корректность.

*void readFromString(const std::string& from, int &pos)* — принимает строку и позицию, с которой нужно её читать. Добавляет элементы из неё в список.

*class Logger* — вспомогательный класс для логгирования промежуточных результатов.

Методы класса:

*static Logger& instance()* — возвращает экземпляр класса.

*void log(const std::string& str, bool toConsole = true, bool toFile = true)* — принимает строку, которую нужно внести в лог, и две опции — печатать в консоль и/или в файл.

*void logNodeOperatorEquals(const std::string& first, const std::string& second, bool res)* — принимает две строки, соответствующие некоторым частям двух списков, и результат их сравнения для логирования.

*Logger() —*  конструктор, создаёт файл лога и открывает его.

*~Logger()*— деструктор, закрывает файл лога.

Конструкторы копирования, перемещения, операторы присваивания объявлены удалёнными во избежание случайного дублирования экземпляра класса.

Разработанный программный код см. в приложении А.

**Тестирование.**

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Входные данные | Выходные данные |
| 1 | (f)  (f) | Первый список: (f)  Второй список: (f)  Узлы "f" и "f" идентичны.  Списки идентичны. |
| 2 | (f(a))  (f(a)) | Первый список: (f(a))  Второй список: (f(a))  Узлы "f" и "f" идентичны.  Узлы "a" и "a" идентичны.  Узлы "(a)" и "(a)" идентичны.  Списки идентичны. |
| 3 | a  () | Первый список: a  Второй список: ()  Строка "a" некорректна. Создан пустой список.  Списки идентичны. |
| 4 | (a)  (a)) | Первый список: (a)  Второй список: (a))  Строка "(a))" некорректна. Создан пустой список.  Списки не идентичны. |
| 5 | (ab((cd)(e((fg ))hi)))  (ab((cd)(e((fg(x)))hi))) | Узлы "a" и "a" идентичны.  Узлы "b" и "b" идентичны.  Узлы "c" и "c" идентичны.  Узлы "d" и "d" идентичны.  Узлы "(cd)" и "(cd)" идентичны.  Узлы "e" и "e" идентичны.  Узлы "f" и "f" идентичны.  Узлы "g" и "g" идентичны.  Узлы "(fg)" и "(fg(x))" не идентичны.  Узлы "((fg))" и "((fg(x)))" не идентичны.  Узлы "(e((fg))hi)" и "(e((fg(x)))hi)" не идентичны.  Узлы "((cd)(e((fg))hi))" и "((cd)(e((fg(x)))hi))" не идентичны.  Списки не идентичны. |
| 6 | (ab((cd)(e((fg x ))hi)))  (ab((cd)(e((fg(x)))hi))) | Первый список: (ab((cd)(e((fgx))hi)))  Второй список: (ab((cd)(e((fg(x)))hi)))  Узлы "a" и "a" идентичны.  Узлы "b" и "b" идентичны.  Узлы "c" и "c" идентичны.  Узлы "d" и "d" идентичны.  Узлы "(cd)" и "(cd)" идентичны.  Узлы "e" и "e" идентичны.  Узлы "f" и "f" идентичны.  Узлы "g" и "g" идентичны.  Узлы "x" и "(x)" не идентичны.  Узлы "(fgx)" и "(fg(x))" не идентичны.  Узлы "((fgx))" и "((fg(x)))" не идентичны.  Узлы "(e((fgx))hi)" и "(e((fg(x)))hi)" не идентичны.  Узлы "((cd)(e((fgx))hi))" и "((cd)(e((fg(x)))hi))" не идентичны.  Списки не идентичны. |
| 7 | (ab((cd)(e((fg( )))hi)))  (ab((cd)(e((fg(x)))hi))) | Первый список: (ab((cd)(e((fg()))hi)))  Второй список: (ab((cd)(e((fg(x)))hi)))  Узлы "a" и "a" идентичны.  Узлы "b" и "b" идентичны.  Узлы "c" и "c" идентичны.  Узлы "d" и "d" идентичны.  Узлы "(cd)" и "(cd)" идентичны.  Узлы "e" и "e" идентичны.  Узлы "f" и "f" идентичны.  Узлы "g" и "g" идентичны.  Узлы "()" и "(x)" не идентичны.  Узлы "(fg())" и "(fg(x))" не идентичны.  Узлы "((fg()))" и "((fg(x)))" не идентичны.  Узлы "(e((fg()))hi)" и "(e((fg(x)))hi)" не идентичны.  Узлы "((cd)(e((fg()))hi))" и "((cd)(e((fg(x)))hi))" не идентичны.  Списки не идентичны. |
| 8 | (ab((cd)(e((fg( x )))hi)))  (ab((cd)(e((fg (x) ))hi))) | Первый список: (ab((cd)(e((fg(x)))hi)))  Второй список: (ab((cd)(e((fg(x)))hi)))  Узлы "a" и "a" идентичны.  Узлы "b" и "b" идентичны.  Узлы "c" и "c" идентичны.  Узлы "d" и "d" идентичны.  Узлы "(cd)" и "(cd)" идентичны.  Узлы "e" и "e" идентичны.  Узлы "f" и "f" идентичны.  Узлы "g" и "g" идентичны.  Узлы "x" и "x" идентичны.  Узлы "(x)" и "(x)" идентичны.  Узлы "(fg(x))" и "(fg(x))" идентичны.  Узлы "((fg(x)))" и "((fg(x)))" идентичны.  Узлы "h" и "h" идентичны.  Узлы "i" и "i" идентичны.  Узлы "(e((fg(x)))hi)" и "(e((fg(x)))hi)" идентичны.  Узлы "((cd)(e((fg(x)))hi))" и "((cd)(e((fg(x)))hi))" идентичны.  Списки идентичны. |

## Выводы.

Были изучены принципы рекурсии, был реализован иерархический список и алгоритм проверки двух таких списков на идентичность.

# Приложение А Исходный код программы

Название файла: main.cpp

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <algorithm>

#include "HList.h"

#include "Logger.h"

char kDefaultStopString[] = "STOP";

char kDefaultFileName[] = "input.txt";

void printTask(); // печатает задание

void printMenu(); // печатает меню

void menu(); // вызывает меню

void consoleInput(); // организует ввод с консоли

void fileInput(); // организует ввод с файла

void performTask(std::istream& infile); // принимает поток чтения, начинает работу программы

void printTask() {

Logger::instance().log("Проверка идентичности двух иерархических списков.\n");

}

void printMenu() {

std::cout << "1. Ввести данные с клавиатуры.\n"

"2. Ввести данные с файла.\n"

"0. Выход из программы.\n";

}

void menu() {

printTask();

printMenu();

char c = '1';

do {

std::cin >> c;

switch(c) {

case '1':

std::cin.ignore(256, '\n');

consoleInput();

break;

case '2':

std::cin.ignore(256, '\n');

fileInput();

break;

case '0':

std::cout << "Выход из программы.\n";

break;

default:

std::cout << "Неверное значение.\n";

break;

}

if (c != '0') printMenu();

} while (c != '0');

}

void consoleInput() {

std::cout << "Вводите данные:\n"

"Чтобы вернуться в меню, введите \"" << kDefaultStopString << "\"\n";

performTask(std::cin);

}

void fileInput() {

std::string inputFileName;

std::ifstream infile;

std::cout << "Введите название файла:\n"

"По умолчанию данные читаются из файла \"" << kDefaultFileName << "\".\n";

getline(std::cin, inputFileName);

if (inputFileName.empty()) {

inputFileName = kDefaultFileName;

}

infile.open(inputFileName);

if (!infile) {

std::cout << "Файла \"" << inputFileName << "\" не существует.\n";

} else {

std::cout << "Чтение данных прекратится на строке \"" << kDefaultStopString << "\".\n";

performTask(infile);

}

if (infile.is\_open()) {

infile.close();

}

}

void performTask(std::istream& infile)

{

std::string first, second;

while (!infile.eof()) {

getline(infile, first);

// удаляются все пробелы

first.erase(std::remove(first.begin(), first.end(), ' '), first.end());

if (!first.length()) continue;

Logger::instance().log("Первый список: " + first);

if (first == kDefaultStopString) {

Logger::instance().log("Встретилась терминальная строка.\n");

return;

}

getline(infile, second);

second.erase(std::remove(second.begin(), second.end(), ' '), second.end());

if (!second.length()) continue;

Logger::instance().log("Второй список: " + second);

if (second == kDefaultStopString) {

Logger::instance().log("Встретилась терминальная строка.\n");

return;

}

hlist::HList x(first), y(second);

x == y ?

Logger::instance().log("Списки идентичны.\n")

:

Logger::instance().log("Списки не идентичны.\n");

}

}

int main() {

menu();

return 0;

}

Название файла: HList.h

#ifndef ALG\_LAB2\_HLIST\_H

#define ALG\_LAB2\_HLIST\_H

#include <variant>

#include <string>

#include "Logger.h"

namespace hlist

{

struct HList;

using atom = char;

using element = std::variant<atom, HList\*>; // элемент узла - либо атом, либо указатель на внутренний список

struct Node

{

element cur;

Node\* next = nullptr;

// создаёт узел с элементом

explicit Node(element elem);

// проверяет идентичность узлов

bool operator==(const Node& other) const;

bool operator!=(const Node& other) const;

// возвращает узел в виде строки (для логгирования)

std::string toString() const;

};

class HList

{

public:

// создаёт пустой список

HList();

// создаёт список на основе строки с сокращённой скобочной записью;

// если строка содержит некорректный список, создаётся пустой список

explicit HList(const std::string &from);

// очищает память

~HList();

// проверяет идентичность списков

bool operator==(const HList& other) const;

// вставляет новый элемент в конец списка

Node\* pushBack(element elem);

// возвращает сокращённое скобочное представление списка

std::string toString() const;

private:

Node\* head;

Node\* tail;

// проверяет строку на корректность

bool isStringCorrect(const std::string& str);

// анализирует строку с сокращённой скобочной записью и добавляет в список элементы

void readFromString(const std::string& from, int &pos);

};

}

#endif //ALG\_LAB2\_HLIST\_H

Название файла: HList.cpp

#include "HList.h"

namespace hlist

{

Node::Node(element elem) : cur(elem) {}

bool Node::operator==(const Node& other) const {

// если типы текущих узлов различны - узлы однозначно не идентичны

if (cur.index() != other.cur.index()) {

Logger::instance().logNodeOperatorEquals(toString(), other.toString(), false);

return false;

}

if (std::holds\_alternative<atom>(cur)) {

// если текущие узлы - атомы, сравниваются атомы

bool res = std::get<atom>(cur) == std::get<atom>(other.cur);

Logger::instance().logNodeOperatorEquals(toString(), other.toString(), res);

return res;

} else {

// если же текущие узлы - указатели на внутренний список,

// сравниваются списки (вызывается оператор сравнения класса HList) - косвенная рекурсия

bool res = \*(std::get<HList \*>(cur)) == \*(std::get<HList \*>(other.cur));

Logger::instance().logNodeOperatorEquals(toString(), other.toString(), res);

return res;

}

}

bool Node::operator!=(const Node& other) const {

return !(\*this == other);

}

std::string Node::toString() const {

if (std::holds\_alternative<atom>(cur)) {

return std::string(1, std::get<atom>(cur));

} else {

return std::get<HList \*>(cur)->toString();

}

}

HList::HList() : head(nullptr), tail(nullptr) {}

HList::HList(const std::string &from) : HList() {

if (!isStringCorrect(from)) {

Logger::instance().log("Строка \"" + from + "\" некорректна. Создан пустой список.");

return;

}

int pos = 0;

readFromString(from, pos);

}

HList::~HList() {

Node\* tmp = head;

while (tmp) {

head = tmp->next;

if (std::holds\_alternative<HList \*>(tmp->cur)) {

// если текущий узел - внутренний список, память под него тоже очищается

delete \*std::get\_if<HList \*>(&(tmp->cur));

}

delete tmp;

tmp = head;

}

}

bool HList::operator==(const HList& other) const {

Node\* i = head; Node\* j = other.head;

// продвигается по спискам, пока не достигнут конец хотя бы одного из них,

// либо пока соответствующие узлы равны (вызывается оператор сравнения класса Node) - косвенная рекурсия

while (i && j && \*i == \*j) {

i = i->next, j = j->next;

}

// последняя проверка на идентичность - концы обоих списков достигнуты

return !i && !j;

}

bool HList::isStringCorrect(const std::string &str) {

int pos = 0, bracketPairsCount = 0;

while (str[pos] == ' ') pos++;

if (str[pos] != '(') return false;

bracketPairsCount++;

while (++pos != str.length() && bracketPairsCount != 0) {

if (str[pos] == ' ') continue;

if (str[pos] == '(') bracketPairsCount++;

else if (str[pos] == ')') bracketPairsCount--;

}

return pos == str.length() && bracketPairsCount == 0;

}

void HList::readFromString(const std::string &from, int &pos) {

while (from[++pos] != ')' && pos < from.length()) {

if (from[pos] == ' ') continue;

if (from[pos] != '(') {

pushBack(from[pos]);

} else {

HList\* tmp = new HList;

tmp->readFromString(from, pos);

pushBack(tmp);

}

}

}

Node\* HList::pushBack(element elem) {

Node\* node = new Node(elem);

if (!head) {

head = node;

tail = node;

} else {

tail->next = node;

tail = tail->next;

}

return node;

}

std::string HList::toString() const {

std::string str;

str += "(";

if (head) {

for (auto i = head; i != nullptr; i = i->next) {

if (std::holds\_alternative<atom>(i->cur)) {

str += std::get<atom>(i->cur);

} else {

str += std::get<HList \*>(i->cur)->toString();

}

}

}

str += ")";

return str;

}

}

Название файла: Logger.h

#ifndef ALG\_LAB2\_LOGGER\_H

#define ALG\_LAB2\_LOGGER\_H

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <ctime>

class Logger {

public:

static Logger& instance();

void log(const std::string& str, bool toConsole = true, bool toFile = true);

void logNodeOperatorEquals(const std::string& first, const std::string& second, bool res);

private:

Logger();

~Logger();

Logger(const Logger&) = delete;

Logger(Logger&&) = delete;

Logger& operator=(const Logger&) = delete;

Logger& operator=(Logger&&) = delete;

static Logger logger;

std::ofstream stream;

};

#endif //ALG\_LAB2\_LOGGER\_H

Название файла: Logger.cpp

#include "Logger.h"

Logger::Logger() {

std::time\_t t = std::time(nullptr);

std::tm\* now = std::localtime(&t);

char logFileName[32];

strftime(logFileName, 32, "log\_%F\_%T.txt", now);

stream.open(logFileName);

}

Logger::~Logger() {

stream.close();

}

Logger& Logger::instance() {

static Logger instance;

return instance;

}

void Logger::log(const std::string& str, bool toConsole, bool toFile) {

if (toConsole) std::cout << str << '\n';

if (toFile) stream << str << '\n';

}

void Logger::logNodeOperatorEquals(const std::string &first, const std::string &second, bool res) {

std::cout << "Узлы \"" << first << "\" и \"" << second << (res ? "\" идентичны.\n" : "\" не идентичны.\n");

stream << "Узлы \"" << first << "\" и \"" << second << (res ? "\" идентичны.\n" : "\" не идентичны.\n");

}