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: Деревья

Студент гр. 9382 _____ Бочаров Г.С.

Преподаватель _____ Фирсов М.А.

Санкт-Петербург

2020

Цель работы.

Освоить некоторые методы работы с деревьми. Научиться представлять логические выражения с помощью дерева. Вычислить результат логического выражения с помощью дерева и рекурсии.

Задание.

18) логическое, вычисление, добавить 4-ую операцию (которая может принимать 2 аргумента), префиксная форма.

Основные теоретические положения.

Пусть выражение (логическое, арифметическое, алгебраическое*) представлено иерархическим списком. В выражение входят константы и переменные, которые являются атомами списка. Операции представляются в префиксной форме ((<операция> <аргументы>)), либо в постфиксной форме (<аргументы> <операция>)). Аргументов может быть 1, 2 и более. Например (в префиксной форме): (+ a (* b (- c))) или (OR a (AND b (NOT c))).
В задании даётся один из следующих вариантов требуемого действия с выражением: проверка синтаксической корректности, упрощение (преобразование), вычисление.

Пример упрощения: (+ 0 (* 1 (+ a b))) преобразуется в (+ a b).

В задаче вычисления на входе дополнительно задаётся список значений переменных

((x1 c1) (x2 c2) … (xk ck)),

где xi – переменная, а ci – её значение (константа).

В индивидуальном задании указывается: тип выражения (возможно дополнительно - состав операций), вариант действия и форма записи. Всего 9 заданий.

* - здесь примем такую терминологию: в арифметическое выражение входят операции +, -, *, /, а в алгебраическое – +, -, * и дополнительно некоторые функции.

Функции и структуры данных.

Структура Node {std::string value, std::vector<Node>, childrens, Type type} хранит строковое значение элемента дерева, список его детей и тип.

Структура Var {std::string name; int val; } хранит имя и значение переменной.

template<typename IterT>

void readVariables(std::vector<Var> *res, IterT &first, const IterT &last)

Функция преобразует массив токенов в массив переменных. Функция принимает на вход массив для записи результата, указатель на первый последний элемент массива токенов. Также проверет корректность данного выражения

template<typename StreamT>

std::vector<std::string> getToken(StreamT &stream)

Функция преобразует строку в массив токенов, для удобства работы выражением. Функция принимает на вход поток ввода и возвращает массив токенов.

void getOperator(IterT &first, const IterT &last, Node *&parent)

Функция обрабатывает встреченный оператор и его аргументы и формирует очередной узел дерева.

template<typename IterT>

void getSentence(IterT &first, const IterT &last, Node *&parent)

Функция обрабатывает скобки и простые выражения.

bool getVarValue(Node *a, const std::vector<Var> &Vars)

Функция возвращает значение переменной, принимая на вход имя переменной и массив заданных переменных. Если значение переменной не было найдено выводит сообщение об ошибке

bool doAction(const std::string &opName, bool a, bool b = false)

Функция выполняет требуемую операцию, также проверяет корректность имен операторов

bool Calculate(Node *parent, std::vector<Var> &Variables)

Фуннкция рекурсивно вычисляет значение логического выражения, проходя по дереву в глубину и вычисляя значения узлов.

bool CalculateWithDetails(Node *parent, std::vector<Var> &Variables)

Фунция работает как и Calculate(), но еще выводит порядок выполняемых действий.

Описание алгоритма.

На вход программе подается 2 выражение. Первое — задает имена и значения переменных, второе — задает само логическое выражение.

Для удобства работы с рекурсией оба выражения были разбиты на токены.

Создается массив структур Var для хранения заданных переменных.

С помощью двух взаимно рекурентных функций создается дерево, узлами которого являются операторы, а листьями — переменные и константы.

Используя обход дерева в глубину, вычисляются значения (результат выполнения той или иной логической операции) в узлах дерева, и в корне.

Таким образом вычисляется значение всего выражения.

Также с помощью обхода в глубину данное дерево выводится на экран.

Графическое представление дерева для выражения (- (+ a (^ 0 c))) показано на рисунке 1 в Приложении Б.

Тестирование.

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования

№ п/п	Входные данные	Выходные данные	Комментарии
1.	((a 1) (b 0)) (+ (- a) (- b))	+ - a - b --> res = 1	Вывод дерева и результата
2.	((a 1) (b 0) (c 1)) (- (+ a (^ 0 c)))	- + a ^ 0 c --> res = 0	Вывод дерева и результата.
3.	((x1 0) (x2 0) (x3 1)) (* (- x1) (- (+ x2 x1)))	--> res = 1	
4.	(+ 1 (- 0))	--> res = 1	Обработка выражения без переменных
5.	((a 1) (b 0) (c 1)) (- (+ a (^ 0 G)))	--> res = Значение переменной <G> не указано	Значение переменной не указано

6.	((a 7) (23a 0) (7 b)) (- (+ a (^ 0 c)))	Недопустимое значение переменной <a>	Значение переменной не является нулем или единицей
7.	1	--> res = 1	Выражение из 1 элемента
8.	((23a 1) (1 1)) (+ 1 1)	Недопустимое имя переменной <23a>	Некорректное имя переменной
9.	((a 1) (b 1) (c 0) (d 1)) (* (- (+ (^ 1 b) (* (- b) (+ a 0)))) 0)	0 - считать из файла, 1 - считать с консоли 0 Введите имя файла : test2 1 - вывести значения переменных, 2 - вывести выражение, 3 - вывести результат вычислений, 4 - вывести результат вычислений с выводом порядка действий, 5 - вывести дерево, 0 - выход 1 ((a 1) (b 1) (c 0) (d 1)) 2 (* (- (+ (^ 1 b) (* (- b) (+ a 0)))) 0) 3 --> res = 0	Весь функционал

		4 (^ 1 1) = 0 (- 1) = 0 (+ 1 0) = 1 (* 0 1) = 0 (+ 0 0) = 0 (- 0) = 1 (* 1 0) = 0 --> res = 0 5 * - + ^ 1 b * - b + a 0 0	

Выводы.

Был реализован алгоритм вычисления логического выражения в префиксной форме. Вычмслено значение логического выражения с помощью дерева и рекурсии. Освоены приемы работы с деревьями.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Название файла: main.cpp

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <sstream>
#include <fstream>
#include <string>

int depth = 0
enum Type {
    OPERATOR, VAR
};
// Структура данных для хранения оператора, переменной или константы
struct Node {
    std::string value;
    std::vector<Node> childrens;
    Type type;
};

// Структура данных для хранения переменной (имя + значение)
struct Var {
    std::string name; //имя переменной
    int val;  //значение переменной
};

//Функция преобразует строку в которой заданы имена и значения переменных
в массив токенов, для удобства работы с выражением
//также проверет корректность данного выражения
template<typename IterT>
```

```
void readVariables(std::vector<Var> *res, IterT &first, const IterT &last) {
    if (first >= last) {
        return;
    }
    if (*first == "(") {
        if (*(first + 3) != ")")
            throw std::runtime_error("Неправильный формат ввода5");
        readVariables(res, ++first, last);
    } else if (*first == ")") {

        if (*(first - 3) != "("
            throw std::runtime_error("Неправильный формат ввода");
        readVariables(res, ++first, last);
    } else {
        if ((*(first + 1) != "1") && (*(first + 1) != "0"))
            throw std::runtime_error("Недопустимое значение переменной <" + *first +
">");
        if (!isalpha((*first)[0])) {
            throw std::runtime_error("Недопустимое имя переменной <" + *first +
">");
        }
        Var var = {*first, stoi(*(first + 1))};
        res->push_back(var);
        if (first + 2 >= last) {
            throw std::runtime_error("Неправильный формат ввода");
        } else {
            first += 2;
        }
        if (*first != ")")
            throw std::runtime_error("Неправильный формат ввода");
        readVariables(res, first, last);
```

```
            return;
        }
    }
    //Ф-ция выводит попарно имена и значения для каждой переменной
    void printVariables(std::vector<Var> *res) {
        for (auto &i : *res) {
            std::cout << "name : " << i.name << std::endl;
            std::cout << "value : " << i.val << std::endl;
        }
    }
    //Функция преобразует строку в массив токенов, для удобства работы с выражением
    template<typename StreamT>
    std::vector<std::string> getToken(StreamT &stream) {
        std::vector<std::string> result;
        std::string temp;
        char symbol = 0;
        std::string line;
        std::getline(stream, line);
        line.push_back('\n');
        std::istringstream str(line);
        str >> std::noskipws;
        while (symbol != '\n') {
            str >> symbol;
            if ((symbol == ' ') || ((symbol == '\n'))) {
                if (!temp.empty())
                    result.push_back(temp);
                temp.clear();
            }
            if ((symbol == '(') || (symbol == ')')) {
                if (!temp.empty())
```

```
            result.push_back(temp);
        temp.clear();
        temp.push_back(symbol);
        result.push_back(temp);
        temp.clear();
    }
    if ((symbol != '(') && (symbol != ')') && (symbol != ' ') && (symbol != '\n'))
        temp.push_back(symbol);
  }
  return result;
}

//Ф-ция проверяет, является ли оператор унарным
bool isUnoOperator(const std::string &s) {
  if (s == "-")
    return true;
  return false;
}

//Ф-ция проверяет, является ли оператор бинарным
bool isBinOperator(const std::string &s) {
  if ((s == "+") || (s == "*") || (s == "^"))
    return true;
  return false;ЫI
}

template<typename IterT>
void getSentence(IterT &first, const IterT &last, Node *&parent);
//Ф-ция заносит оператор в дерево и считывает его аргументы
template<typename IterT>
void getOperator(IterT &first, const IterT &last, Node *&parent) {
```

```
    if (first >= last) {
        return;
    }
    std::vector<Node> tmp;
    Node atom = {*first, tmp, OPERATOR};
    Node *next;
    if (parent == nullptr) {
        parent = new Node();
        parent->value = *first;
        parent->childrens = tmp;
        parent->type = OPERATOR;
        next = parent;
    } else {
        parent->childrens.push_back(atom);
        next = &parent->childrens.back();
    }
    if (isBinOperator(*first)) {
        getSentence(++first, last, next);
        getSentence(++first, last, next);
    } else {
        getSentence(++first, last, next);
    }
}
//Ф-ция рекурсивно обрабатывает скобки в выражении. Если выражение
состоит из 1 части (например" 1, 0, a , b ...), заносит его в дерево
template<typename IterT>
void getSentence(IterT &first, const IterT &last, Node *&parent) {
    if (first >= last) {
        return;
    }
```

```
    if (*first == "(") {
        getOperator(++first, last, parent);
    } else if (*first == ")") {
        getSentence(++first, last, parent);
    } else {
        std::vector<Node> tmp;
        Node atom = {*first, tmp, VAR};
        if (parent == nullptr) {
            parent = new Node();
            parent->value = *first;
            parent->childrens = tmp;
            parent->type = VAR;
        } else {
            parent->childrens.push_back(atom);
        }
        return;
    }
}
//Ф-ция выводит построенное дерево на экран
void widthPrint(Node *parent, int &k) {
    std::string sp(k, '\t');
    std::cout << sp << parent->value << std::endl;
    k++; // Глубина элемента
    for (auto &i:parent->childrens) {
        widthPrint(&i, k);
        k--;
    }
}
```

//Ф-ция возвращает значение переменной, принимая на вход имя переменной и массив заданных переменных. Если значение переменной не было найдено выводит сообщение об ошибке

```
bool getVarValue(Node *a, const std::vector<Var> &Vars) {
    for (auto &i:Vars)
        if (i.name == a->value)
            return i.val;
    throw std::runtime_error("Значение переменной <" + a->value + "> не
указано");
}
//Ф-ция выполняет  требуемую операцию, также проверяет корректность
имен операторов
bool doAction(const std::string &opName, bool a, bool b = false) {
    if (opName == "+")
        return a || b;
    else if (opName == "*")
        return a && b;
    else if (opName == "^")
        return a ^ b;
    else if (opName == "-")
        return !a;
    else
        throw std::runtime_error("Неопознанный оператор <" + opName + ">");
}

//Ф-ция рекурсивно вычисляет значение логического выражения, проходя по
дереву в глубину и вычисляя значения узлов.
bool Calculate(Node *parent, std::vector<Var> &Variables) {
    if (parent->type == VAR) {
        if (parent->value == "1")
            return true;
        else if (parent->value == "0")
            return false;
        else return getVarValue(parent, Variables);
```

```
    } else if (isUnoOperator(parent->value)) {
        if (parent->childrens.size() != 1)
            throw std::runtime_error("Неверное количество аргументов у <" + parent-
>value + ">");
        else
            return doAction(parent->value, Calculate(&parent->childrens.at(0),
Variables));
    } else if (parent->childrens.size() != 2)
        throw std::runtime_error("Неверное количество аргументов у <" + parent-
>value + ">");
    else
        return doAction(parent->value, Calculate(&parent->childrens.at(0), Variables),
                Calculate(&parent->childrens.at(1), Variables));
}
//Ф-ция рекурсивно вычисляет значение логического выражения, проходя по
дереву в глубину и вычисляя значения узлов.
//Выводит порядок действий
bool CalculateWithDetails(Node *parent, std::vector<Var> &Variables) {
    if (parent->type == VAR) {
        if (parent->value == "1")
            return true;
        else if (parent->value == "0")
            return false;
        else return getVarValue(parent, Variables);
    } else if (isUnoOperator(parent->value)) {
        if (parent->childrens.size() != 1)
            throw std::runtime_error("Неверный формат заиси>");
        else {
            depth++;
            bool a = CalculateWithDetails(&parent->childrens.at(0), Variables);
```

```
            std::string sp(depth, '\t');
            bool res = doAction(parent->value, a);
            std::cout << sp << "( " << parent->value << " " << a << " ) = " << res <<
std::endl;

            depth--;
            return res;
        }
    } else if (parent->childrens.size() != 2)
        throw std::runtime_error("Неверное количество аргументов у <" + parent-
>value + ">");
    else {
        depth++;
        bool a = CalculateWithDetails(&parent->childrens.at(0), Variables);
        bool b = CalculateWithDetails(&parent->childrens.at(1), Variables);

        bool res = doAction(parent->value, a, b);

        std::string sp(depth, '\t');
        std::cout<<sp << "( " << parent->value << " " << a << " " << b << " ) = " << res
<< std::endl;
        depth--;
        return res;
    }
}
//Функция выводит массив токенов
void printTokens(const std::vector<std::string> &Tokens) {
    for (auto &i:Tokens)
        std::cout << i << " ";
    std::cout << std::endl;
}
```

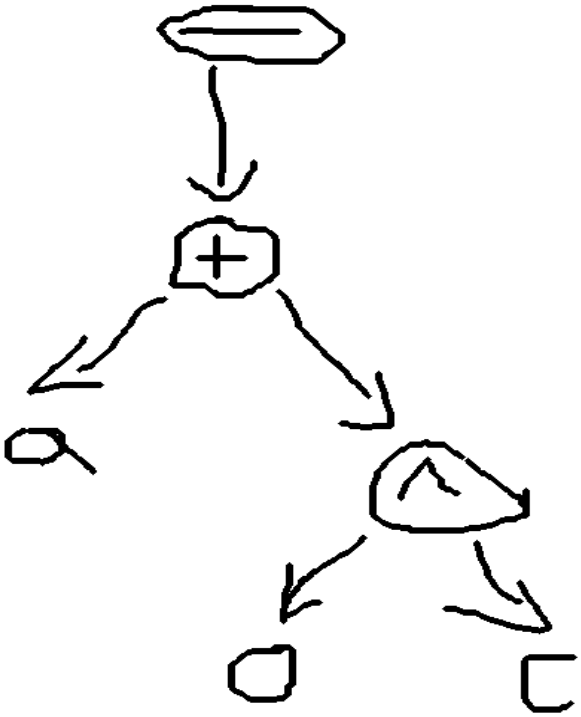
```
int main() {
    try {
        while (1) {
            Node *head = nullptr;
            std::vector<std::string> TokensVar; // Масив токенов для выражения, задающего имена и значения переменных
            std::vector<std::string> TokensSentence; // Масив токенов для логического выражения
            std::vector<Var> Variables;
            int readFormat;
            std::cout << "0 - считать из файла, 1 - считать с консоли" << std::endl;
            std::cin >> readFormat;
            std::cin.ignore();
            switch (readFormat) {
                case 0: {
                    std::cout << "Введите имя файла : ";
                    std::ifstream in;
                    std::string fileName;
                    std::cin >> fileName;
                    in.open(fileName);
                    if (in) {
                        TokensVar = getToken(in);
                        TokensSentence = getToken(in);
                    } else
                        throw std::runtime_error("Файл не найден!");
                    in.close();
                    break;
                }
                case 1: {
                    std::cout << "Введите имена переменных и их значения. Например :
```

```
((a 0) (x 1))" << std::endl;
            TokensVar = getToken(std::cin);

            std::cout << "Введите выражение в префиксной форме. Например :
(+ a (* 0 (- x)))" << std::endl;
            TokensSentence = getToken(std::cin);
            break;
         }
         default:
            throw std::runtime_error("Неветный формат ввода");
      }
      if (!TokensVar.empty()) {
         if ((*TokensVar.begin() != "(") || (*(TokensVar.end() - 1) != ")"))
            throw std::runtime_error("Неправильный формат ввода");
         auto beg = TokensVar.begin() + 1, last = TokensVar.end() - 1;
         readVariables(&Variables, beg, last);
      }
      auto beg = TokensSentence.begin(), last = TokensSentence.end();
      getSentence(beg, last, head);
      int action;
      std::cout << " 1 - вывести значения переменных, \n"
                   " 2 - вывести выражение,\n"
                   " 3 - вывести результат вычислений,\n"
                   " 4 - вывести результат вычислений с выводом порядка
действий,\n"
                   " 5 - вывести дерево,\n"
                   " 0 - выход" << std::endl;
      while ((std::cin >> action) && (action != 0)) {
         switch (action) {
            case 1: {
               printTokens(TokensVar);
```

```
            break;
        }
        case 2: {
            printTokens(TokensSentence);
            break;
        }
        case 3: {
            bool res = Calculate(head, Variables);
            std::cout << "--> res = " << res << std::endl;
            break;
        }
        case 4: {
            bool res = CalculateWithDetails(head, Variables);
            std::cout << "--> res = " << res << std::endl;
            break;
        }
        case 5: {
            int k = 0;
            widthPrint(head, k);
            break;
        }
        case 0: {
            break;
        }
        default:
            std::cout << "Выбрано неверное действие" << std::endl;
            break;
    }
}

int temp;
```

```
            std::cout << "Для повторного ввода нажмите 1, для выхода - любую
другую клавишу" << std::endl;
            std::cin >> temp;
            std::cin.ignore();
            if (temp != 1)
                break;
        }
    } catch (std::exception &e) {
        std::cerr << e.what() << std::endl;
        return 0;
    }
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



(Рисунок 1)