Отчет по лабораторной работе № 24 по курсу
Алгоритмы и структуры данных

Студент группы М8О-103Б-22 Ахметшин Булат Рамилевич, № по списку 2

Контакты www, e-mail, icq, skype ahmbulat04@yandex.ru

Работа выполнена: 31.05.2023 г.

Преподаватель: доцент каф. 806 Никулин С.П.

Входной контроль знаний с оценкой _____

Отчет сдан « » _____ 202 __ г., итоговая оценка ___

Подпись преподавателя _____

1. **Тема:** Деревья выражений. _____

2. **Цель работы:** Научиться реализовывать алгоритмы построения и обработки деревьев выражений. _____

3. **Задание** (*вариант № 3*): Составить программу выполнения заданных преобразований арифметический выражений с применением деревьев на языке Си. _____

4. **Оборудование** (*лабораторное*):
ЭВМ _____, процессор _____, имя узла сети _____ с ОП _____ Мб,
НМД _____ Мб. Терминал _____ адрес _____. Принтер _____
Другие устройства _____

Оборудование ПЭВМ студента, если использовалось:
Процессор Intel(R) Core(TM) i7-10510U____ с ОП 8 ГБ____ НМД SSD 512 ГБ____ . Монитор Встроенный 1920x1080
Другие устройства _____

5. **Программное обеспечение** (*лабораторное*):
Операционная система семейства _____, наименование _____ версия _____
интерпретатор команд _____ версия _____
Система программирования _____ версия _____
Редактор текстов _____ версия _____
Утилиты операционной системы _____
Прикладные системы и программы _____
Местонахождение и имена файлов программ и данных _____

Программное обеспечение ЭВМ студента, если использовалось:
Операционная система семейства UNIX_____, наименование Ubuntu_____ версия 22.04_____
интерпретатор команд GNU bash_____ версия 5.1.16_____
Система программирования Visual Studio Code_____ версия 1.77.3_____
Редактор текстов Sublime Text 3_____ версия 3211_____
Утилиты операционной системы Стандартные утилиты OS Linux_____

Прикладные системы и программы Редактор текста nano.
Местонахождение и имена файлов программ и данных на домашнем компьютере
/home/bulat/Studying/prprm/l/l24/ty2

6. **Идея, метод, алгоритм** решение задачи (в формах: словесной, псевдокода, графической [блок-схема, диаграмма, рисунок, таблица] или формальные спецификации с пред- и постусловиями)

Программа будет рассматривать выражения, которые прдеставляют из себя суперпозицию 7 операций, 2 из которых унарные (унарные $+, -$) и 5 бинарных (+, -, *, /, ^), операндами которых могут быть вещественные числа с разделителем '.' (например, 5.47), переменные, которые представляют символы латинского алфавита ($a, b, ..., x, y, z$), и скобочные подвыражения.

Каждой операции будет соответсвовать приоритет в виде целого числа, начиная с единицы; также каждой операции в выражении будет соответсвовать приоритет глубины (priority depth - pd), который равен десяти суммам открытых скобок до самой операции (т.е. приоритет глубины выражает собой глубину скобочного подвыражения, таким образом, приоритет глубины $*$ в выражении $a+(b+(c*d))$ будет равен $10 \cdot (1+1) = 20$). Абсолютным приоритетом будем называть сумму операции и её приоритет глубины.

Дерево выражений будет строиться следующим образом:

(a) Каждой операции соответствеут вершина дерева выражений

(b) Левое поддерево вершины операции есть левый операнд

(c) Правое поддерево вершины операции есть правый операнд

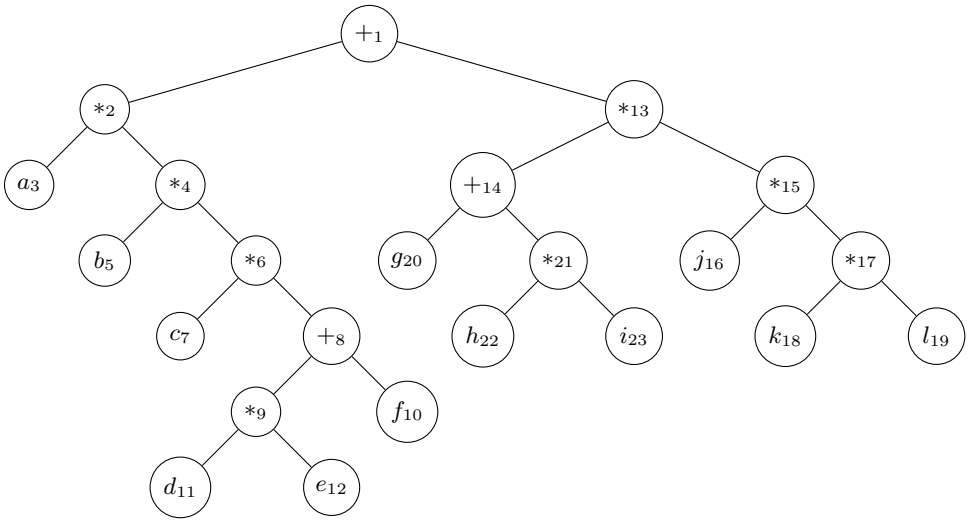
(d) Если выражение не содержит операций, то единственная вершина дерева представляет число или переменную

(e) Чем больше абсолютный приоритет операции - тем больше глубина её вершины

(f) Преобразование выражения в дерево происходит слева-направо

Из этих правил следует, что в дереве выражений листьями могут быть только числа и переменные, остальными вершинами дерева будут операции, притом подвыражения суперпозиции операций одного абсолютного приоритета выстраиваются в 'линию'.

Рассмотрим пример:
Выражение $a * b * c * (d * e + f) + (g + h * i) * j * k * l$ будет преобразовано в дерево:



(Каждой вершине соответствует номер в индексе символа этой вершины)

Сначала будет добавлена вершина 3, затем будет добавлен её предок 2, после в правый лист 2 добавится вершина 5; следующая операция 4, чей абсолютный приоритет равен абсолютному приоритету предыдущей операции, будет помещена в правое поддерево вершины 2, а вершина 5 поместится в левое поддерево вершины 4.

После того, как в правое поддерево вершины 6 добавиться вершина 11, будет считана операция 9. Её абсолютный приоритет выше, чем операции 6, она замещает вершину 11, а вершина 11 добавляется в левое поддерево 9 вершины, после в правое поддерево той же вершины будет добавлена вершина 12. Следующая операция 8 - её приоритет ниже операции 9, поэтому она помещается в правое поддерево вершины 6, а в левое поддерево вершины 8 перемещается вершина 9, затем в левое поддерево вершины 8 добавляется вершина 10.

Итак, поддерево с корнем в вершине 2 построено. После этого будет считана операция 1, её абсолютный приоритет ниже, чем любой другой операции в построенном поддереве, следовательно, она станет предком вершины 2, которая, в свою очередь, станет левым поддеревом вершины 1.

Левое поддерево вершины 1 строится аналогично.

Печать дерева реализуется следующим алгоритмом:

(a) Печать левого поддерева
(b) Печать вершины
(c) Печать правого поддерева

Печать скобок будет осуществляться за счет определения приоритета глубины текущей операции. Если она больше приоритета глубины предыдущей операции, справа и слева от крайних членов скобочного выражения должны быть напечатаны открывающая и закрывающая скобки соответственно.

Перемножение чисел в членах выражения будет производиться в два этапа:

(a) Перенос констант в начало члена
(b) Последовательное перемножение констант в каждом члене

Для переноса констант нужно рекурсивно искать 'линии' (последовательности операций одного приоритета глубины с их операндами) в выражении, и производить перенос в этих линиях. Т.к. при выполнении рекурсивной функции, относительное положение вершины, на адрес которой указывает данный указатель, меняется, необходимо передавать начало и конец перестроенной 'линии' и продолжать выполнение алгоритма с учетом этих данных.

После переноса констант в членах выражения, нужно их перемножить. Для этого нужно снова отыскать 'линии' и заменить подвыражения произведения констант на одну константу (результат произведения).

Второй алгоритм при произвольной операции представляет собой упрощение выражения для произвольной (в том числе некоммутативной) операции.

Преобразование, соответствующее моему варианту, я решил реализовать как композицию двух описанных выше алгоритмов.

7. **Сценарий выполнения работы** (план работы, первоначальный текст программы в черновике [можно на отдельном листе] и тесты либо соображения по тестированию)

   (a) Написать функцию проверки валидности выражения

   (b) Написать функцию парсинга валидного выражения и построения соответствующего дерева

   (c) Написать функцию печати дерева выражения

   (d) Написать функцию переноса констант в 'линиях' выражения вперед

   (e) Написать функцию упрощения выражения для произвольной операции

   (f) Написать функцию упрощения коммутативной операции (композиция двух предыдущих функций)

Пункты 1-7 отчета составляются строго до начала лабораторной работы.
Допущен к выполнению работы. **Подпись преподавателя** _____

8. **Распечатка протокола** (подклеить листинг окончательного варианта программы с тестовыми примерами, подписанный преподавателем)

```
bulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$ ls
expr_tree.c  expr_tree.h  l24-2012.djvu  logs  main.c  tex
bulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$ cat expr_tree.h
#ifndef __EXPR_TREE_H

#define __EXPR_TREE_H

#include <inttypes.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>

// Operations

typedef enum {
    // unary minus and plus
    _EXPR_UN_MINUS,
    _EXPR_UN_PLUS,
    // binary minus and plus
    _EXPR_BIN_MINUS,
    _EXPR_BIN_PLUS,
    // binary multiplication and division
    _EXPR_BIN_MULT,
    _EXPR_BIN_DIV,
    // binary power
    _EXPR_BIN_POW,
    // case if node is not an operation
    _EXPR_NOP
} _EXPR_OPERATION;

// Type of expression tree node
typedef enum {
    _EXPR_VAR,
    _EXPR_CONST,
    _EXPR_OP,
    _NONTYPE
} _EXPR_EL_TYPE;

typedef union {
    double num;
    char  var;
    char  op;

} expr_node_data;

// Node of expression tree
typedef struct expr_node {
    _EXPR_EL_TYPE type;
    _EXPR_OPERATION op;
```

```
    expr_node_data data;
    struct expr_node* left;
    struct expr_node* right;
    struct expr_node* ancestor;
    // Priority depth of the operation (for brackets)
    // if node is an operation
    uint8_t pd;
} expr_node;

typedef struct expr_line {
    expr_node* p1;
    expr_node* p2;
} expr_line;

// Expression tree
typedef struct expr_tree {
    // count of nodes in tree
    int64_t n;
    // tree root
    expr_node* root;
} expr_tree;

int8_t is_valid_expression(char* const e, uint32_t _size);

// Return expr_node_data variable with memory filled with 0
expr_node_data expr_node_data_dv();

void construct_empty_expr_tree(expr_tree* t);

void construct_empty_expr_node(expr_node* p);

void init_empty_expr_node(expr_node** p,
                          _EXPR_EL_TYPE type,
                          _EXPR_OPERATION op,
                          expr_node* const ancestor);

void parse_expr(char* const expr, uint32_t _size, expr_tree* t);

void free_expr_tree(expr_node* root);

void print_expr_tree(expr_node* root, int8_t bl, int8_t br);

void print_tree(expr_node* root, uint8_t tab);

void simplify_bin_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op);

void const_fwrd_by_op_in_line(expr_node** p1, expr_node** p2, _EXPR_OPERATION op);

expr_node* const_fwrd_by_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op);

expr_node* simplify_com_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op);

#endifbulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$ cat expr_tree.c
#include "expr_tree.h"

int8_t is_operation(char c) {
    switch (c)
    {
    case '-':
        return 1;
    case '+':
        return 1;
    case '*':
        return 1;
    case '/':
        return 1;
    case '^':
        return 1;
    default:
        return 0;
    }
}

int8_t is_commutative(_EXPR_OPERATION op) {
    switch (op)
    {
    case _EXPR_BIN_DIV:
        return 1;
    case _EXPR_BIN_MULT:
        return 1;
    case _EXPR_BIN_MINUS:
        return 1;
    case _EXPR_BIN_PLUS:
        return 1;
    default:
```

```
        return 0;
    }
}

int8_t expr_op_is_unary(_EXPR_OPERATION op) {
    return op == _EXPR_UN_PLUS || op == _EXPR_UN_MINUS;
}

_EXPR_OPERATION operation(char c, int8_t unary) {
    if (c == '-' && unary) {
        return _EXPR_UN_MINUS;
    } else if (c == '+' && unary) {
        return _EXPR_UN_PLUS;
    } else if (c == '-') {
        return _EXPR_BIN_MINUS;
    } else if (c == '+') {
        return _EXPR_BIN_PLUS;
    } else if (c == '*') {
        return _EXPR_BIN_MULT;
    } else if (c == '/') {
        return _EXPR_BIN_DIV;
    } else if (c == '^') {
        return _EXPR_BIN_POW;
    } else {
        return _EXPR_NOP;
    }
}

// priority of operations
int8_t expr_op_prty(_EXPR_OPERATION op) {
    switch (op)
    {
    case _EXPR_BIN_MINUS:
        return 1;
    case _EXPR_BIN_PLUS:
        return 1;
    case _EXPR_BIN_MULT:
        return 2;
    case _EXPR_BIN_DIV:
        return 2;
    case _EXPR_UN_MINUS:
        return 3;
    case _EXPR_UN_PLUS:
        return 3;
    case _EXPR_BIN_POW:
        return 4;
    case _EXPR_NOP:
        return 0;
    default:
        return -1;
    }
}

int8_t is_valid_expression(char* const _e, uint32_t _size) {
    char* p = _e;
    if (p == NULL) {
        return 0;
    }

    char* _p = (char*)malloc(sizeof(char) * _size);
    p = _p;
    uint32_t size = 0;
    for (uint32_t i = 0; i < _size; ++i) {
        if (_e[i] != ' ') {
            p[size++] = _e[i];
        }
    }

    int8_t res = 1;

    // Is first letter, count of parentheses not closed
    int8_t fl = 1, psc = 0;
    while (*p != '\0') {
        // There should be no other operation and after could be only digit, parenthesis or variable
        if (is_operation(*p)) {
            // Incorrect what's after
            if (*(p + 1) == '\0' ||
                !(isdigit(*(p + 1)) || *(p + 1) == '(' || isalpha(*(p + 1)))) {
                res = 0; break;
            }
            // Incorrect what's before if
                // unary
            if (fl && !(*p == '-' || *p == '+')) {
                res = 0; break;
            }
```

```
                // binary
            if (!(*p == '-' || *p == '+') && (*(p - 1) == '(' || is_operation(*(p - 1)))) {
                res = 0; break;
            }
        // Variable or first and has operation after or last and has operation before
        // or has operation before and after or single
        } else if (isalpha(*p)) {
            if (! (fl || is_operation(*(p - 1)) || *(p - 1) == '('){
                res = 0; break;
            }
            if (! (fl || ((*(p + 1) == '\0') || is_operation(*(p + 1)) || *(p + 1) == ')'))) {
                res = 0; break;
            }
        // Number is just as variable but it could be longer than one symbol
        } else if (isdigit(*p)) {
            if (! (fl || is_operation(*(p - 1)) || *(p - 1) == '(')) {
                res = 0; break;
            }
            int8_t count_of_dots = 0;
            while (*p != '\0' && (isdigit(*p) || *p == '.')) {
                if (*p == '.') {
                    ++count_of_dots;
                    if (1 < count_of_dots) {
                        res = 0; break;
                    }
                }
                ++p;
            }
            if (!res) {
                break;
            }
            --p;
            if (! ((*(p + 1) == '\0') || is_operation(*(p + 1)) || *(p + 1) == ')')) {
                res = 0; break;
            }
        // Open bracket should has operation before it if not first symbol
        // and should not be last and should not has another open bracket after it
        } else if (*p == '(') {
            if (! (fl || is_operation(*(p - 1)) || *(p - 1) == '(')) {
                res = 0; break;
            }
            if ((*(p + 1) == '\0') || *(p + 1) == ')') {
                res = 0; break;
            }
            ++psc;
        // Close bracket should not be first, has operation or open bracker before it and should be last
        // or has operation after it
        } else if (*p == ')') {
            if (fl || is_operation(*(p - 1)) || *(p - 1) == '(') {
                res = 0; break;
            }
            if (! (*(p + 1) == '\0' || is_operation(*(p + 1)) || *(p + 1) == ')')) {
                res = 0; break;
            }
            --psc;
        } else {
            res = 0; break;
        }
        fl = 0;
        ++p;
    }

    free(_p);

    return res && psc == 0;
}

expr_node_data expr_node_data_dv() {
    expr_node_data _;
    _.num = 0;
    return _;
}

void construct_empty_expr_tree(expr_tree* t) {
    t->n = 0;
    t->root = NULL;
}

void construct_empty_expr_node(expr_node* p) {
    init_empty_expr_node(&p, _NONTYPE, _EXPR_NOP, NULL);
}

void init_empty_expr_node(expr_node** p,
                          _EXPR_EL_TYPE type,
                          _EXPR_OPERATION op,
```

```
                        expr_node* const ancestor) {
    *p = (expr_node*)malloc(sizeof(expr_node));
    (*p)->type = type;
    (*p)->op = op;
    (*p)->ancestor = ancestor;
    (*p)->data.var = 0;
    (*p)->pd = 0;
    (*p)->left = NULL;
    (*p)->right = NULL;
}

double expr_make_num(char** _c) {
    char** c = _c;
    double f = 0, i = 10;
    int8_t phase = 1;
    while (**c != '\0' && (isdigit(**c) || **c == '.')) {
        if (**c == '.') {
            phase = 2;
            ++(*c);
        }
        if (phase == 1) {
            f = 10 * f + (**c - 48);
        } else if (phase == 2) {
            f += (double)(**c - 48) / i;
            i *= 10;
        }
        ++(*c);
    }
    --(*c);

    return f;
}

void parse_expr(char* const _expr, uint32_t _size, expr_tree* t) {
    char* expr = (char*)malloc(sizeof(char) * _size);
    uint32_t size = 0;
    for (uint32_t i = 0; i < _size; ++i) {
        if (_expr[i] != ' ') {
            expr[size++] = _expr[i];
        }
        if (_expr[i] == '\0') {
            break;
        }
    }

    construct_empty_expr_tree(t);

    expr_node* p = NULL;

    int8_t empty = 1;

    // Priority depth. Each time parenthesis opens priority depth
    // of next operations increases and decreases when closes
    int8_t pd = 0;

    // Priority of last operation
    int8_t lp = 0;

    char* c = expr,* pr = NULL;
    while (*c != '\0') {
        // Case if read symbol was a letter means that we're reading a variable
        if (isalpha(*c)) {
            // If tree is empty we should create root
            if (empty) {
                init_empty_expr_node(&p, _EXPR_VAR, _EXPR_NOP, NULL);
                p->data.var = *c;
                t->root = p;
                empty = 0;
            } else {
                // Variable or constant can be read before operation only in the beggining
                init_empty_expr_node(&p->right, _EXPR_VAR, _EXPR_NOP, p);
                p = p->right;
                p->data.var = *c;
            }
        // Case if readen symbol is '-', '+', '*', '/' or '^' means that we're reading an operation
        } else if (is_operation(*c)) {
            // Unary
            if (p == NULL || p->type == _EXPR_OP) {
                if (p == NULL) {
                    init_empty_expr_node(&p, _EXPR_OP, operation(*c, 1), NULL);
                    p->data.op = *c;
                    p->pd = pd;
                    t->root = p;
                    empty = 0;
                    lp = expr_op_prty(operation(*c, 1)) + pd;
```

```
                } else {
                    init_empty_expr_node(&p->right, _EXPR_OP, operation(*c, 1), p);
                    p = p->right;
                    p->data.op = *c;
                    p->pd = pd;
                    lp = expr_op_prty(operation(*c, 1)) + pd;
                }
            // Binary
            } else {
                if (expr_op_prty(operation(*c, 0)) + pd < lp) {
                    while (! (p->ancestor == NULL) &&
                           expr_op_prty(operation(*c, 0)) + pd < expr_op_prty(p->ancestor->op) + p->ancestor->pd) {
                        p = p->ancestor;
                    }
                    expr_node* _p = p->ancestor;
                    init_empty_expr_node(&p->ancestor, _EXPR_OP, operation(*c, 0), NULL);
                    p->ancestor->left = p;
                    p = p->ancestor;
                    if (! (_p == NULL)) {
                        _p->right = p;
                        p->ancestor = _p;
                    }
                    p->data.op = *c;
                    p->pd = pd;
                    if (p->ancestor == NULL) {
                        t->root = p;
                    }
                    lp = expr_op_prty(operation(*c, 0)) + pd;
                } else {
                    expr_node* _p;
                    init_empty_expr_node(&_p, _EXPR_OP, operation(*c, 0), p->ancestor);
                    _p->data.op = *c;
                    _p->pd = pd;
                    if (! (p->ancestor == NULL)) {
                        p->ancestor->right  =_p;
                    }
                    _p->left = p;
                    p->ancestor = _p;
                    p = _p;
                    if (p->ancestor == NULL) {
                        t->root = p;
                    }
                    lp = expr_op_prty(operation(*c, 0)) + pd;
                }
            }
        // Case if read sybmol was a bracket
        } else if (*c == '(') {
            pd += 10;
        } else if (*c == ')') {
            pd -= 10;
        // Cse if read symbol was a digit
        } else if (isdigit(*c)) {
            // If tree is empty we should create root
            if (empty) {
                init_empty_expr_node(&p, _EXPR_CONST, _EXPR_NOP, NULL);
                p->data.num = expr_make_num(&c);
                t->root = p;
                empty = 0;
            } else {
                // Variable or constant can be read before operation only in the beggining
                init_empty_expr_node(&p->right, _EXPR_CONST, _EXPR_NOP, p);
                p = p->right;
                p->data.num = expr_make_num(&c);
            }
        }
        ++c;
    }
}

void print_expr_tree(expr_node* root, int8_t bl, int8_t br) {
    if (root == NULL) {
        return;
    }
    if (root->type == _EXPR_OP) {
        if (! (root->ancestor == NULL) &&
            root->ancestor->pd < root->pd) {
            print_expr_tree(root->left, bl + 1, 0);
        } else {
            print_expr_tree(root->left, bl, 0);
        }
    }
    if (root->type == _EXPR_OP) {
        if (expr_op_is_unary(root->op)) {
            for (int8_t i = 0; i < bl + 1; ++i) {
                printf("(");
```

```
            }
            printf("%c", root->data.op);
        } else {
            printf(" %c ", root->data.op);
        }
    } else if (root->type == _EXPR_VAR) {
        for (int8_t i = 0; i < bl; ++i) {
            printf("(");
        }
        printf("%c", root->data.var);
        for (int8_t i = 0; i < br; ++i) {
            printf(")");
        }
    } else if (root->type == _EXPR_CONST) {
        for (int8_t i = 0; i < bl; ++i) {
            printf("(");
        }
        if ((root->data.num - (int)root->data.num) < 1e-2) {
            printf("%d", (int)root->data.num);
        } else {
            printf("%.2f", root->data.num);
        }
        for (int8_t i = 0; i < br; ++i) {
            printf(")");
        }
    }
    if (root->type == _EXPR_OP) {
        if ((! (root->ancestor == NULL) &&
            root->ancestor->pd < root->pd) ||
            expr_op_is_unary(root->op)) {
            print_expr_tree(root->right, 0, br + 1);
        } else {
            print_expr_tree(root->right, 0, br);
        }
    }
}

void print_tree(expr_node* root, uint8_t tab) {
    if (root == NULL) {
        return;
    }
    print_tree(root->left, tab + 1);
    for (uint8_t i = 0; i < tab; ++i) {
        printf("  ");
    }
    switch (root->type)
    {
    case _EXPR_OP:
        printf("%c\n", root->data.op);
        break;
    case _EXPR_VAR:
        printf("%c\n", root->data.var);
        break;
    case _EXPR_CONST:
        printf("%.2f\n", root->data.num);
    default:
        break;
    }
    print_tree(root->right, tab + 1);
}

void free_expr_tree(expr_node* root) {
    if (root == NULL) {
        return;
    }
    free_expr_tree(root->left);
    free_expr_tree(root->right);
    (*root).left = NULL;
    (*root).right = NULL;
    free(root);
}

void make_operation(expr_node* p1, expr_node *p2, _EXPR_OPERATION op) {
    switch (op)
    {
    case _EXPR_BIN_MULT:
        p1->data.num *= p2->data.num;
        break;
    case _EXPR_BIN_DIV:
        if (p1->data.num == 0) {
            printf("Division by zero error: %.4f / %.4f\n",
            p1->data.num, p2->data.num);
            exit(-1);
        }
        p1->data.num /= p2->data.num;
```

```
        break;
    case _EXPR_BIN_PLUS:
        p1->data.num += p2->data.num;
        break;
    case _EXPR_BIN_MINUS:
        p1->data.num += p2->data.num;
        break;
    case _EXPR_NOP:
        break;
    default:
        printf("Wrong operation: %d\n", op);
        break;
    }
}

void simplify_simple_operation(expr_node* p1, expr_node *p2, _EXPR_OPERATION op) {
    if (! (p2 == NULL)) {
        while (1) {
            make_operation(p1->left, p1->right->left, op);
            expr_node* _p = p1->right;
            p1->right = p1->right->right;
            p1->right->ancestor = p1;
            if (_p == p2) {
                free(_p);
                break;
            } else {
                free(_p);
            }
        }
    }

    if (p1->right->type == _EXPR_CONST) {
        p1->type = _EXPR_CONST;
        p1->op = _EXPR_NOP;
        p1->pd = 0;
        make_operation(p1->left, p1->right, op);
        p1->data.num = p1->left->data.num;
        free(p1->left);
        free(p1->right);
        p1->left = NULL;
        p1->right = NULL;
    }
}

void _simplify_bin_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op, expr_node* p1, expr_node* p2) {
    if (root == NULL) {
        return;
    }
    // If node is an operation
    if (root->type == _EXPR_OP) {
        _simplify_bin_operation(root->left, op, NULL, NULL);
        // If is simple operation
        if (root->op == op && root->left->type == _EXPR_CONST) {
            if (p1 == NULL) {
                _simplify_bin_operation(root->right, op, root, NULL);
            } else {
                _simplify_bin_operation(root->right, op, p1, root);
            }
        } else if (! (p2 == NULL)) {
            simplify_simple_operation(p1, p2, op);
            _simplify_bin_operation(root->right, op, NULL, NULL);
        } else {
            _simplify_bin_operation(root->right, op, p1, NULL);
        }
    } else if (! (p1 == NULL)) {
        simplify_simple_operation(p1, p2, op);
    }
}

void simplify_bin_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op) {
    _simplify_bin_operation(root, op, NULL, NULL);
}

expr_line _const_fwrd_by_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op, expr_node* p1, expr_node* p2) {
    if (root == NULL) {
        return (expr_line){ .p1 = NULL, .p2 = NULL };
    }
    if (root->type == _EXPR_OP) {
        if (root->op == op) {
            expr_line l;
            if (! (p1 == NULL)) {
                l = _const_fwrd_by_operation(root->right, op, p1, root);
            } else {
                l = _const_fwrd_by_operation(root->right, op, root, NULL);
            }
```

```
            p1 = l.p1, p2 = l.p2;
            if (! (p1 == NULL)) {
                if (p2 == NULL) {
                    _const_fwrd_by_operation(p1->left, op, NULL, NULL);
                    _const_fwrd_by_operation(p1->right, op, NULL, NULL);
                } else if (p2->right->type == _EXPR_OP) {
                    _const_fwrd_by_operation(p2->right, op, NULL, NULL);
                }
            }
        } else {
            _const_fwrd_by_operation(root->left, op, NULL, NULL);
            _const_fwrd_by_operation(root->right, op, NULL, NULL);
        }
    } else if (! (p2 == NULL)) {
        const_fwrd_by_op_in_line(&p1, &p2, op);
        return (expr_line){ .p1 = p1, .p2 = p2 };
    }
    return (expr_line){ .p1 = NULL, .p2 = NULL };
}

// Move constants forward in expression like a1 * a2 * a3 * ... * an, where some of a1,...,an are constants
// Should be used only for commutatuive operations
void const_fwrd_by_op_in_line(expr_node** p1, expr_node** p2, _EXPR_OPERATION op) {

    expr_node* p = *p1;

    while (1) {
        _const_fwrd_by_operation(p->left, op, NULL, NULL);
        if (p == *p2) {
            break;
        }
        p = p->right;
    }

    expr_node* begin = *p1;
    p = begin->right;

    expr_node* to;
    while (p->type == _EXPR_OP) {
        if (p == *p2) {
            *p2 = (*p2)->right;
        }
        if (p->left->type == _EXPR_CONST && p->pd == p->ancestor->pd) {
            p->right->ancestor = p->ancestor;
            p->ancestor->right = p->right;

            if (begin->left->type == _EXPR_CONST) {
                begin->right->ancestor = p;
                to = p->right;
                p->right = begin->right;
                begin->right = p;
                p->ancestor = begin;
            } else {
                p->ancestor = begin->ancestor;
                if (! (begin->ancestor == NULL)) {
                    if (begin->ancestor->right == begin) {
                        begin->ancestor->right = p;
                    } else {
                        begin->ancestor->left = p;
                    }
                }
                begin->ancestor = p;
                to = p->right;
                p->right = begin;
                begin = p;
            }
        } else {
            to = p->right;
        }
        if (! ((*p2)->type == _EXPR_OP)) {
            *p2 = (*p2)->ancestor;
        }
        p = to;
    }
    p = p->ancestor;
    if (p->right->type == _EXPR_CONST && p->pd == p->ancestor->pd) {
        *p2 = (*p2)->ancestor;
        p->ancestor->right = p->left;
        p->left->ancestor = p->ancestor;

        p->left = p->right;
        p->right = begin->left;
        begin->left->ancestor = p;

        begin->left = p;
```

```
        p->ancestor = begin;
    }
    *p1 = begin;
}

expr_node* back_to_root(expr_node* p) {
    if (! (p->ancestor == NULL)) {
        p = p->ancestor;
    } else {
        return p;
    }
    return back_to_root(p);
}

expr_node* const_fwrd_by_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op) {
    _const_fwrd_by_operation(root, op, NULL, NULL);
    return back_to_root(root);
}

// Simplify expression by commutative operation
expr_node* simplify_com_operation(expr_node* root, _EXPR_OPERATION op) {
    root = const_fwrd_by_operation(root, op);
    simplify_bin_operation(root, op);
    return root;
}bulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$ cat main.c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include "expr_tree.h"

int main() {

    int n;
    scanf("%d", &n);

    expr_tree t;

    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        char* s = (char*)malloc(sizeof(char) * 50);
        scanf(" %49[^\n]", s);
        if (is_valid_expression(s, 49)) {
            parse_expr(s, 49, &t);
            printf("Origin expression tree construction:\n");
            print_tree(t.root, 0);
            t.root = simplify_com_operation(t.root, _EXPR_BIN_MULT);
            printf("Expression tree after transformation:\n");
            print_tree(t.root, 0);
            printf("And result expression:\n");
            print_expr_tree(t.root, 0, 0);
            printf("\n");
            free_expr_tree(t.root);
        } else {
            printf("Expression is not valid\n");
        }
        free(s);
    }



    return 0;
}bulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$ ls
expr_tree.c  expr_tree.h  l24-2012.djvu  logs  main.c  tex
bulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$ gcc -g main.c expr_tree.c -o main
bulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$ ./main
10
2 * b * 2
Origin expression tree construction:
  2.00
*
    b
  *
    2.00
Expression tree after transformation:
  4.00
*
  b
And result expression:
4 * b
b * 2 * 2
Origin expression tree construction:
  b
*
    2.00
  *
    2.00
```

```
Expression tree after transformation:
  4.00
*
  b
And result expression:
4 * b
2*3*b*4*5
Origin expression tree construction:
  2.00
*
    3.00
  *
      b
    *
        4.00
      *
        5.00
Expression tree after transformation:
  120.00
*
  b
And result expression:
120 * b
2*(3*4+a)*b*(5*6+c)*7*8
Origin expression tree construction:
  2.00
*
        3.00
      *
        4.00
    +
      a
  *
      b
    *
          5.00
        *
          6.00
      +
        c
      *
        7.00
      *
        8.00
Expression tree after transformation:
  112.00
*
      12.00
    +
      a
  *
      b
    *
        30.00
      +
        c
And result expression:
112 * (12 + a) * b * (30 + c)
1*2*x*3*4+5*6*y*7*8
Origin expression tree construction:
    1.00
  *
      2.00
    *
        x
      *
          3.00
        *
          4.00
+
    5.00
  *
      6.00
    *
        y
      *
          7.00
        *
          8.00
Expression tree after transformation:
    24.00
  *
    x
+
    1680.00
```

```
  *
    y
And result expression:
24 * x + 1680 * y
-a*2*3*(9*10)
Origin expression tree construction:
  -
    a
*
    2.00
  *
      3.00
    *
        9.00
      *
        10.00
Expression tree after transformation:
  6.00
*
    -
      a
  *
    90.00
And result expression:
6 * (-a) * 90
-a*2*3*(9*10+b)
Origin expression tree construction:
  -
    a
*
    2.00
  *
      3.00
    *
          9.00
        *
          10.00
      +
        b
Expression tree after transformation:
  -
    a
*
    6.00
  *
      90.00
    +
      b
And result expression:
(-a) * 6 * (90 + b)
2*3*(-a)*(9*10+b)
Origin expression tree construction:
  2.00
*
    3.00
  *
      -
        a
    *
          9.00
        *
          10.00
      +
        b
Expression tree after transformation:
  6.00
*
    -
      a
  *
      90.00
    +
      b
And result expression:
6 * (-a) * (90 + b)
1*2*3*4*5*x*6*7*8*9
Origin expression tree construction:
  1.00
*
    2.00
  *
      3.00
    *
        4.00
      *
```

```
          5.00
        *
            x
          *
              6.00
            *
                7.00
              *
                  8.00
                *
                  9.00
Expression tree after transformation:
  362880.00
*
  x
And result expression:
362880 * x
0*a*8*9
Origin expression tree construction:
  0.00
*
    a
  *
      8.00
    *
      9.00
Expression tree after transformation:
  0.00
*
  a
And result expression:
0 * a
bulat@bulat-Swift-SF314-58:~/Studying/prprm/l/l24/ty2$
```

9. **Дневник отладки** должен содержать дату и время сеансов отладки и основные события (ошибки в сценарии и программе, нестандартные ситуации) и краткие комментарии к ним. В дневнике отладки приводятся сведения об использовании ЭВМ, существенном участии преподавателя и других лиц в написании и отладке программы.

№	Лаб. или дом.	Дата	Время	Событие	Действие по исправлению	Примечание

10. **Замечания автора** по существу работы: _____

11. **Выводы:** в ходе этой лабораторной работы я получил опыт реализации алгоритмов над деревьями выражений, в том числе их построение, вывод и преобразование. _____

12. Недочёты при выполнении задания могут быть устранены следующим образом: _____

Подпись студента _____