МИНОБРНАУКИ РОССИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Кафедра МОЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2 (вариант №2)

по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»

Тема: «Иерархические списки»

Студент гр. 7381 _____ Адамов Я.В.

Преподаватель _____ Фирсов М.А.

Санкт-Петербург

2018

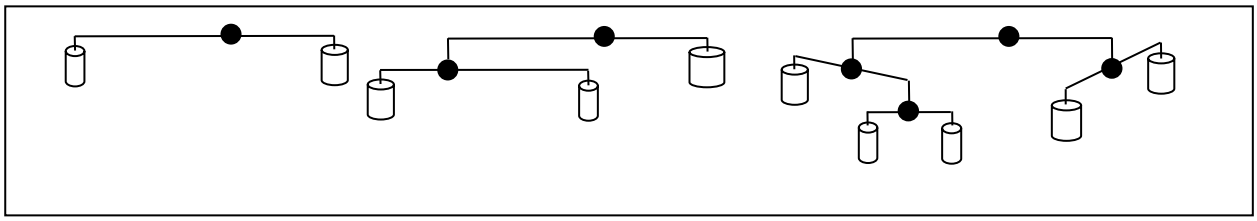
Цель работы.

Ознакомиться с иерархическими списками и научиться применять их на практике.

Основные теоретические положения.

Бинарное коромысло устроено так, что у него есть два плеча: левое и правое. Каждое плечо представляет собой (невесомый) стержень определенной длины, с которого свисает либо гирька, либо еще одно бинарное коромысло, устроенное таким же образом.

Возможный способ представления бинарного коромысла:



В соответствии с данным определением бинарного коромысла представим бинарное коромысло (БинКор) списком из двух элементов

БинКор ::= (Плечо Плечо),

где первое плечо является левым, а второе – правым. В свою очередь Плечо будет представляться списком из двух элементов

Плечо ::= (Длина Груз),

где Длина есть натуральное число, а Груз представляется вариантами

Груз ::= Гирька | БинКор,

где в свою очередь Гирька есть натуральное число. Таким образом, бинарное коромысло есть специального вида иерархический список из натуральных чисел.

Задание.

Вариант №2.

Подсчитать число всех гирек заданного бинарного коромысла bk. Для этого ввести рекурсивную функцию:

unsigned int numbers (**const** БинКор bk).

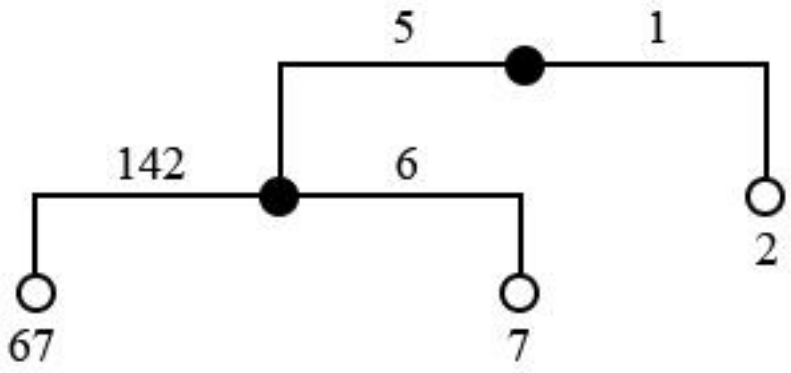
Ход работы.

Программа написана на языке C.

Исходный файл: main.c

В начале работы происходит ввод данных: строка, которая является бинарным коромыслом (пример: ((5 ((142 67) (6 7))) (1 2))), после чего происходит обработка строки и создание бинарного коромысла, для чего вызывается функция createBinCor(). Если введённые данные некорректны, то программа выводит соответствующую ошибку и завершает работу. В случае ввода корректных данных происходит дальнейший вызов функции numbers(), которая выводит на экран общее количество гирек в бинарном коромысле.

Приведённое в примере бинарное коромысло ((5 ((142 67) (6 7))) (1 2)) выглядит следующим образом:



Описание алгоритма функции numbers(): функция принимает указатель на бинарное коромысло. Количество гирек в бинарном коромысле записывается в переменную *result*, значение которой возвращает функция. Если с левого плеча свисает гиря, то значение *result* увеличивается на единицу, если свисает ещё одно бинарное коромысло, то функция numbers() вызывается рекурсивно и в неё передаётся указатель на это коромысло, возвращённый результат прибавляется к *result*. То же самое повторяется с правым плечом.

Для демонстрации работы было написано несколько тестов, а также скрипт perform_tests.sh, который запускает все эти тесты.

Описание функций и структур.

1) *struct BinCor*

Структура бинарного дерева.

Поля структуры:

- **unsigned int length1**: длина левого плеча.
- **unsigned int length1**: длина правого плеча.
- **unsigned int weight1**: вес левой гири.
- **unsigned int weight2**: вес правой гири.
- **struct BinCor * cor_1**: указатель на бинарное коромысло, исходящее из левого плеча.
- **struct BinCor * cor_2**: указатель на бинарное коромысло, исходящее из правого плеча.

2) *int createBinCor(char * str, BinCor ** binCor)*

Функция принимает указатель на строку, в которую записано бинарное коромысло и указатель на указатель на структуру BinCor (бинарное коромысло). Функция устанавливает начальный и конечный индексы на первый и последний символы

полученной строки, после чего передаёт эти данные функции readBinCorElement(), которая обрабатывает строку и создаёт бинарное коромысло.

Параметры:

- **str**: указатель на строку с бинарным коромыслом.
- **binCor**: указатель на указатель на структуру данных BinCor, содержащий адрес, куда будет заноситься результат обработки строки str.

Возвращаемое значение: 0 – если данные в строке str корректны, в ином случае – 1.

3) *int readBinCorElement(char * str, int index_1, int index_2, BinCor ** element)*

Функция принимает указатель на строку, в которую записано бинарное коромысло, начальный и конечный индекс на первый и последний символы строки str, между которыми записано обрабатываемое на данном шаге бинарное коромысло и указатель на указатель на структуру BinCor(бинарное коромысло). Функция посимвольно обрабатывает два плеча бинарного коромысла, внося все данные по адресу, содержащемся в указателе, на который указывает element. Если груз плеча является ещё одним бинарным коромыслом, то происходит рекурсивный вызов функции. При возникновении в какой-то момент ошибки вызывается функция errorMassage(), выводящай на экран сообщение об ошибке, после чего функция завершает работу.

Параметры:

- **str**: указатель на строку с бинарным коромыслом.
- **index_1**: индекс, с которого надо начать обрабатывать строку str.
- **index_2**: индекс, которым надо закончить обрабатывать строку str.
- **binCor**: указатель на указатель на структуру данных BinCor, содержащий адрес, куда будет заноситься результат обработки строки str.

Возвращаемое значение: 0 – если данные в строке str корректны, в ином случае – 1.

4) *unsigned int numbers(const BinCor binCor, int deep_of_recursion)*

Функция принимает структуру данных BinCor (бинарное коромысло) и целочисленное значение, указывающее на глубину рекурсии. Функция считает количество гирек в бинарном коромысле binCor.

Параметры:

- **binCor**: бинарное коромысло, в котором считается количество гирек.
- **deep_of_recursion**: глубина рекурсии (необходимо для вывода работы алгоритма на экран).

Возвращаемое значение: количество гирек в бинарном коромысле binCor.

Тестирование программы.

Было создано несколько тестов для проверки работы программы. Помимо тестов, демонстрирующих работу алгоритма, были написаны тесты, содержащие некорректные данные, для демонстрации вывода сообщений об ошибках введенных данных (см. Приложение А).

Вывод.

В ходе выполнения работы была изучена новая структура данных: иерархические списки. Также закреплены навыки работы с рекурсивными функциями.

Приложение А. Тестирование.

Демонстрация работы:

input:

```
((13 ((11 2) (2 ((1 1) (7 3))))) (19 ((3 2) (17 ((2 2) (4 6))))))
```

output:

```
Программа выводит общее число гирек в указанном бинарном коромысле.

Бинарное коромысло записывается в виде:
(ПЛЕЧО ПЛЕЧО)
Плечо имеет следующий вид:
(ДЛИНА ГРУЗ)
В качестве груза может выступать ещё одно бинарное коромысло или груз (число).

Введите бинарное коромысло (не больше 500 символов):
((13 ((11 2) (2 ((1 1) (7 3))))) (19 ((3 2) (17 ((2 2) (4 6))))))
Введены корректные данные.

Ход работы алгоритма:

     левое  плечо: коромысло:
          левое  плечо: гиря (+1).
          правое плечо: коромысло:
               левое  плечо: гиря (+1).
               правое плечо: гиря (+1).
     правое плечо: коромысло:
          левое  плечо: гиря (+1).
          правое плечо: коромысло:
               левое  плечо: гиря (+1).
               правое плечо: гиря (+1).
```

```
Общее количество гирек: 6.
```

Входные данные	Выходные данные
((5 3) (1 2))	Общее количество гирек: 2.
((2 ((13 5) (8 1))) (4 5))	Общее количество гирек: 3.
((5 ((142 67) (6 7))) (1 ((99 66) (1 1))))	Общее количество гирек: 4.
((13 ((11 2) (2 ((1 1) (7 3))))) (19 ((3 2) (17 19))))	Общее количество гирек: 5.
((5 2) (5 ((2 19) (14 6))))	Общее количество гирек: 3.
((13 ((11 2) (2 ((1 1) (7 3))))) (19 ((3 2) (17 ((2 2) (4 6))))))	Общее количество гирек: 6.
((1 1)(1))	Ошибка! Вы ввели некорректные данные: Символ №7 - '('. Ожидался пробел.
((11adsa 5) (4 3))	Ошибка! Вы ввели некорректные данные: Символ №5 - 'a'. Ожидался пробел.
ds((1 6) (4 3))	Ошибка! Вы ввели некорректные данные: Символ №1 - 'd'. Ожидался символ - '('.
((1 6) (4 3)))))))))))	Ошибка! Вы ввели некорректные данные: После символа №12 присутствуют лишние символы.
((1 6) (4 3)dasda)	Ошибка! Вы ввели некорректные данные: После символа №12 присутствуют лишние символы.
((dsa1 6) (4 3))	Ошибка! Вы ввели некорректные данные: Символ №3 - 'd'.

	Ожидалось значение от 1 до 9.

Приложение Б. Код программы.

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>


#define N 501



// Бинарное коромысло
typedef struct BinCor{
    unsigned int length1;
    unsigned int length2;
    unsigned int weight1;
    unsigned int weight2;
    struct BinCor * cor_1;
    struct BinCor * cor_2;
} BinCor;



// вывод сообщений об ошибках
void errorMassage(int error_number, char * str, int index){
    printf("\nОшибка! Вы ввели некорректные данные:\n");
    switch (error_number){
        case 1:
        printf("Символ №%d - '%c'.\n", index+1, str[index]);
        printf("Ожидался символ - '('.\n");
        break;
        case 2:
        printf("Символ №%d - '%c'.\n", index+1, str[index]);
        printf("Ожидался символ - ')'.\n");
        break;
        case 3:
        printf("Символ №%d - '%c'.\n", index+1, str[index]);
        printf("Ожидалось значение от 1 до 9.\n");
```

```
            break;
            case 4:
            printf("Символ №%d - '%c'.\n", index+1, str[index]);
            printf("Ожидался пробел.\n");
            break;
            case 5:
            printf("Символ №%d - '%c'.\n", index+1, str[index]);
            printf("Отсутствует закрывающая скобка.\n");
            break;
            case 6:
            printf("Символ №%d - '%c'.\n", index+1, str[index]);
            printf("Ожидалось значение от 1 до 9 или '('.\n");
            break;
            case 7:
            printf("После символа №%d присутствуют лишние символы.\n", index+1);
            break;
        }
}



BinCor* initBinCorElement(){ // Инициализация элемента списка
    BinCor * element = (BinCor*)malloc(sizeof(BinCor));
    element->length1 = 0;
    element->length2 = 0;
    element->weight1 = 0;
    element->weight2 = 0;
    element->cor_1 = NULL;
    element->cor_2 = NULL;
    return element;
}



// считывание и создание бинарного коромысла
// функция возвращает 1, если возникла ошибка
int readBinCorElement(char * str, int index_1, int index_2, BinCor ** element){
    *element = initBinCorElement();

    if (str[index_1++] != '('){
        errorMassage(1, str, index_1 - 1);
        return 1;
    }
```

```
if (str[index_2--] != ')'){
    errorMassage(2, str, index_2 + 1);
    return 1;
}

// считывание левого плеча
if (str[index_1++] != '('){ // открывающая скобка левого плеча
    errorMassage(1, str, index_1 - 1);
    return 1;
}
// первое число(длина)
if (!isdigit(str[index_1]) || str[index_1] == '0'){
    errorMassage(3, str, index_1);
    return 1;
}
while(1){ // считывание числа
    if (isdigit(str[index_1])){
        (*element)->length1 = (*element)->length1 * 10 + str[index_1] - '0';
        index_1++;
    } else {
        break;
    }
}
if (str[index_1++] != ' '){ // пробел после первого числа
    errorMassage(4, str, index_1 - 1);
    return 1;
}
if (isdigit(str[index_1]) && str[index_1] != 0){ // случай, если гирька
    while(1){
        if (isdigit(str[index_1])){
            (*element)->weight1 = (*element)->weight1 * 10 + str[index_1] - '0';
            index_1++;
        } else {
            break;
        }
    }
} else if (str[index_1] == '('){ // случай, если ещё одно коромысло
    int bracket_count = 0;
    int index;
    // поиск закрывающей скобки
    for (index = index_1; index < index_2; index++){
        if (str[index]=='(')
            bracket_count++;
        if (str[index]==')')
            bracket_count--;
```

```
            if (bracket_count == 0){
                if ( readBinCorElement(str, index_1, index, &((*element)->cor_1)) ){
                    return 1;
                }
                index_1 = index + 1;
                break;
            }
        }
        if (bracket_count != 0){
            errorMassage(5, str, index_1);
            return 1;
        }
    } else {
        errorMassage(6, str, index_1);
        return 1;
    }
    if (str[index_1++] != ')'){ // закрывающая скобка левого плеча
        errorMassage(2, str, index_1 - 1);
        return 1;
    }


    if (str[index_1++] != ' '){ // пробел между плечами
        errorMassage(4, str, index_1 - 1);
        return 1;
    }


    // считывание правого плеча
    if (str[index_1++] != '('){ // открывающая скобка прового плеча
        errorMassage(1, str, index_1 - 1);
        return 1;
    }
    // первое число(длина)
    if (!isdigit(str[index_1]) || str[index_1] == 0){
        errorMassage(3, str, index_1);
        return 1;
    }
    while(1){ // считывание числа
        if (isdigit(str[index_1])){
            (*element)->length2 = (*element)->length2 * 10 + str[index_1] - '0';
            index_1++;
        } else {
            break;
        }
```

```
}
if (str[index_1++] != ' '){ // пробел после первого числа
    errorMassage(4, str, index_1 - 1);
    return 1;
}
if (isdigit(str[index_1]) && str[index_1] != '0'){ // случай, если гирька
    while(1){
        if (isdigit(str[index_1])){
            (*element)->weight2 = (*element)->weight2 * 10 + str[index_1] - '0';
            index_1++;
        } else {
            break;
        }
    }
} else if (str[index_1] == '('){ // случай, если ещё одно коромысло
    int bracket_count = 0;
    int index;
    // поиск закрывающей скобки
    for (index = index_1; index < index_2; index++){
        if (str[index]=='(')
            bracket_count++;
        if (str[index]==')')
            bracket_count--;
        if (bracket_count == 0){
            if ( readBinCorElement(str, index_1, index, &((*element)->cor_2)) ){
                return 1;
            }
            index_1 = index + 1;
            break;
        }
    }
    if (bracket_count != 0){
        errorMassage(5, str, index_1);
        return 1;
    }
} else {
    errorMassage(6, str, index_1);
    return 1;
}
if (str[index_1] != ')'){ // закрывающая скобка левого плеча
    errorMassage(2, str, index_1);
    return 1;
}

// проверка на лишние символы
```

```
    if (index_2 != index_1){
        errorMassage(7, str, index_1);
        return 1;
    }

    return 0;
}



// создание бинарного коромысла
// функция возвращает 1, если возникла ошибка
int createBinCor(char * str, BinCor ** binCor){
    int index_1 = 0;
    int index_2 = strlen(str) - 2;

    return readBinCorElement(str, index_1, index_2, binCor);
}



// Возвращаемое значение равно количеству всех
// гирек в заданном бинарном коромысле.
unsigned int numbers(const BinCor binCor, int deep_of_recursion){
    int result = 0;

    for (int i = 0; i < deep_of_recursion; i++)
        printf("     ");
    printf("левое  плечо: ");
    if (binCor.cor_1 == NULL){
        printf("гиря (+1).\n");
        result++;
    }
    else {
        printf("коромысло:\n");
        result += numbers(*(binCor.cor_1), deep_of_recursion+1);
    }

    for (int i = 0; i < deep_of_recursion; i++)
        printf("     ");
    printf("правое плечо: ");
    if (binCor.cor_2 == NULL){
        printf("гиря (+1).\n");
```

```
        result++;
    }
    else{
        printf("коромысло:\n");
        result += numbers(*(binCor.cor_2), deep_of_recursion+1);
    }

    return result;
}




// очистка памяти
void free_memory(BinCor * binCor){
    if (binCor != NULL){
        free(binCor->cor_1);
        free(binCor->cor_2);
    }
    free(binCor);
}







int main(void)
{
    char str[N]; // строка для ввода
    BinCor * binCor = NULL; // бинарное коромысло


    // начало считывания и обработки данных
    printf("\nПрограмма выводит общее число гирек в указанном бинарном коромысле.\n");
    printf("\nБинарное коромысло записывается в виде:\n");
    printf("(ПЛЕЧО ПЛЕЧО)\n");
    printf("Плечо имеет следующий вид:\n");
    printf("(ДЛИНА ГРУЗ)\n");
    printf("В качестве груза может выступать ещё одно бинарное коромысло или груз
(число).\n");
    printf("\nВведите бинарное коромысло (не больше 500 символов): ");
    fgets(str, N, stdin);

    // обработка данных и проверка на ошибки
```

```
    if (createBinCor(str, &binCor)){
        printf("Программа завершила работу.\n\n");
        free_memory(binCor);
        return 0;
    }
    printf("\nВведены корректные данные.\n\n");
    // конец считывания и обработки данных

    // вывод результата
    printf("Ход работы алгоритма:\n\n");
    printf("\nОбщее количество гирек: %u.\n\n", numbers(*binCor, 1));


    free_memory(binCor);

    return 0;
}
```