

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.
Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

Институт радиоэлектроники и информационных технологий
Кафедра «Информационные радиосистемы»

**Индуктивные операции и функции высших порядков
(Вариант 28)**

Выполнил:
Студент гр. 22-Рз Наумов А.А.

Проверил:
к.т.н., доцент кафедры ИРС Сидоров С.Б.

Нижний Новгород,
2024 г.

Оглавление

Задание по варианту.....	3
Контрольная работа № 1.....	4
1.1. Постановка задачи.....	4
1.2. Алгоритм индуктивной обработки.....	4
1.3. Архитектура программной реализации вычислителя.	
.....	6
АТД Application.....	6
application.h.....	6
algo.h.....	7
Приложение 1.....	9
Контрольная работа №2.....	15
2.1 Архитектура программной системы.....	15
2.2 Использование индуктивного вычислителя.....	16
Приложение 1.....	17

Задание по варианту

Обнаружение наиболее длинного участка монотонного возрастания значений последовательных элементов, при условии что разность значений последнего и первого элементов участка не менее чем D . Результатом является интервал: (начальный номер, конечный номер). Тип элемента — целочисленный.

Контрольная работа № 1.

«Реализация индуктивной обработки последовательности элементов»

1.1. Постановка задачи

Освоение способов разработки алгоритмов выполнения индуктивных операций над последовательностью данных, построение индуктивных функций методом индуктивных расширений. Изучение общей схемы программной реализации индуктивной функции и схемы обработки последовательности элементов с использованием индуктивной функции.

На вход системы последовательно и неограниченно во времени поступают элементы x_i , где i — порядковый номер элемента, начиная с 1. Реализовать указанную в варианте обработку $f(X)$ последовательности элементов $X = \langle x_1, x_2, x_3, \dots \rangle$ с использованием схемы индуктивной обработки на пространстве последовательностей. Полученный набор выходных значений $Y = \langle y_1, y_2, y_3, \dots \rangle$ рассматривается как результирующая последовательность. Значения элементов исходной последовательности должны запрашиваться у пользователя (приниматься со стандартного устройства ввода) по одному за раз. Сформированные выходные значения требуется выдавать сразу после их формирования на стандартное устройство вывода. Реализация обработки должна быть приведена в отдельном модуле.

1.2. Алгоритм индуктивной обработки

Примем следующие сокращения, и каким значением инициализируются (если значение явно не указывается, то его упоминание пропускается):

tLi — индекс левого элемента, обрабатываемой в данный момент последовательности;

tLv — значение левого элемента, обрабатываемой в данный момент последовательности;

tRi — индекс правого элемента, обрабатываемой в данный момент последовательности;

tRv — значение правого элемента, обрабатываемой в данный момент последовательности;

tCS ($tempCS$) — количество элементов в текущей, обрабатываемой последовательности;

fLi — индекс левого элемента, максимальной по кол-ву элементов последовательности, при разнице значений начального и конечного, на данный момент, элемента, больше, чем D ;

fLv – значение левого элемента, максимальной по кол-ву элементов последовательности, при разнице значений начального и конечного, на данный момент, элемента, больше, чем D ;

fRi – индекс правого элемента, максимальной по кол-ву элементов последовательности, при разнице начального и конечного, на данный момент, элемента, больше, чем D ;;

fRv – значение правого элемента, максимальной по кол-ву элементов последовательности, при разнице начального и конечного, на данный момент, элемента, больше, чем D ;

fCS ($finalCS$)– максимальное количество элементов, для обработанных последовательностей, на данный момент.

x_n - очередное поступившее значение;

lx - предыдущее поступившее значение;

Δv - разница значений пеоовго и последнего элемента максимальной, подходящей, на данный момент, последовательности, $x_n - fLv$;

Δi - разница индексов пеоовго и последнего элемента максимальной, подходящей, на данный момент, последовательности, $n - fCS$;

n - индекс поступившего элемента; (Равен 0, т. к. это итератор)

D – цифра, вводимая пользователем, по условию задачи.

y - элемент выходной последовательности, представлен набором из трех элементов
 $y = (n, fLi, fRi)$

Отклик вычислителя q определим как $q = \langle y \rangle$.

Рассмотрим каждое из условий:

$$r_1(n=0);$$

$$r_2(x_n \leq lx);$$

$$r_3(tCS > fCS);$$

$$r_4(\Delta v > D);$$

Имея набор базовых условий, можно сформировать предикаты. Так же, для переменных, которые притерпевают изменения, приведем правила пересчета. Если переменная не пересчитывается, то правило пересчета **не приводится**.

$R_1(): r_1$ - справедливо для $n=0$;

Результат: $R_1(.) \rightarrow fLi=n, fRi=n, fLv=x_n, fRv=x_n, q=<y>;$

$R_2(): \neg r_1 \wedge r_2$ - справедливо для $x_n < lx$;

Результат: $R_2(.) \rightarrow tCS=0, \Delta x=x_n - fLv, \Delta i=n - tCS, q=<y>;$

$R_3(): \neg r_1 \wedge \neg r_2 \wedge \neg r_3$ - справедливо для $n>0 \wedge x_n > x_{n-1} \wedge tCS < fCS$;

Результат: $R_3(.) \rightarrow tCS=tCS+1, \Delta x=x_n - fLv, \Delta i=n - tCS, q=<y>;$

$R_4(): \neg r_1 \wedge \neg r_2 \wedge r_3 \wedge \neg r_4$ - справедливо для $(n>0) \wedge (x_n > x_{n-1}) \wedge (tCS > fCS) \wedge (\Delta v < D)$;

Результат: $R_4(.) \rightarrow tCS=tCS+1, \Delta x=x_n - fLv, \Delta i=n - tCS, q=<y>;$

$R_5(): \neg r_1 \wedge \neg r_2 \wedge r_3 \wedge r_4$ - справедливо для $(n>0) \wedge (x_n > x_{n-1}) \wedge (tCS > fCS) \wedge (\Delta v > D)$;

Результат:

$R_5(.) \rightarrow tCS=tCS+1, \Delta x=x_n - fLv, \Delta i=n - tCS, fLi=\Delta i, fRi=x_n, fCS=tCS, q=<y>;$

Предикат $R_1(.)$ соответствует случаю, когда программа находится на первой итерации. $R_2(.)$, когда итерация не является первой, и текущее, поступившее значение меньше предыдущего. $R_3(.)$, если итерация не является первой, поступившее значение больше предыдущего, и кол-во элементов в текущей последовательности больше, чем в предыдущей, максимально достигнутой вычислителем. $R_4(.)$, в случае, если итерация не является первой, текущее значение x больше предыдущего, кол-во элементов в текущей последовательности больше, чем прежде, максимально достигнутое, и разница первого и последнего элемента **меньше** D . $R_5(.)$, когда итерация не является первой, текущее значение x больше предыдущего, кол-во элементов в текущей последовательности больше, чем прежде, максимально достигнутое, и разница первого и последнего элемента **больше** D .

В общем случае вид формулы, по которой вычисляется новое значение величины, определяется набором условий $R=(R_1(.), R_2(.), R_3(.), R_4(.), R_5(.))$.

Приведенные условия являются предикатами, т.е. результатом каждого из условий является логическое значение истина/ложь. Точкой обозначен набор аргументов, необходимых для вычисления значения предиката.

В ходе выполнения программы, значение счетчика *tempCS*, претерпевает изменения, в результате индуктивной операции над x_n , соответственно работа счетчика будет считаться индуктивным расширением.

Условия, используемые в правиле пересчета *fLi* и *fRi* охватывают все возможные ситуации, то есть $R_1 \cup R_2 \cup R_3 \cup R_4 \cup R_5 = true$. Таким образом одно из условий должно обязательно выполняться. В противном случае для некоторых ситуаций отсутствует правило пересчета величины.

Кроме того, выполняется условие $\forall x_n: R_5 \rightarrow R_1 \cap R_2 \cap R_3 \cap R_4 \cap R_5 = false$, то есть не допускается одновременное выполнение различных условий. И обратное утверждение, $\neg \forall x_n: R_5 \rightarrow R_1 \cap R_2 \cap R_3 \cap R_4 \cap R_5 = true$. Истинное значение предиката обозначает факт наступления связанного с ним события.

1.3. Архитектура программной реализации вычислителя.

Разберём используемый абстрактный тип данных.

АТД Application

Определяется структурный тип данных **Application**, содержащий семь полей:

```
int const_D;  
std::pair<int, int> current_element;  
std::pair<int, int> last_element;  
std::pair<int, int> finalLeft;  
std::pair<int, int> finalRight;  
int tempCS = 0;  
int finalCS = 0;
```

Первое — константа D , используемая для сравнения значений крайних элементов последовательности. Логика использования пары интов следующая, первое значение — индекс, второе — значение. Следуя ей, объявляются переменные — текущий элемент, последний элемент, финальный левый и финальный правый элементы. Целочисленными, так же, объявляются переменные *tempCS/finalCS*, хранящие временный стрик текущей последовательности, и максимальный достигнутый за время работы программы, соответственно.

application.h

В заголовочном файле `application.h` объявляется глобальная функция `int appRun(Application& app)`. Эта функция отвечает за исполнение работу программы, а соответственно, напрямую взаимодействует с АТД *Application*, а именно: получает данные от пользователя, обрабатывает их, и выводит результат в стандартное устройство вывода. При успешном выполнении возвращает значение 0, если произошла ошибка на одном из этапов, возвращает значение 1.

Для выполнения поставленных, условием, задач, в `.h` файле объявляется прототип функции, а в `.cpp` файле, определяются под-функции `appRun`, а именно:

```
bool appInitializeData(Application &app);
bool appGetConstantD(Application &app);
bool appProcess(Application &app);
bool appGetOutputToUser(Application &app);
```

Рассмотрим каждую функцию в отдельности:

`bool appInitializeData(Application &app);` - отвечает за получение очередного значения, от пользователя.

`bool appGetConstantD(Application &app);` - Получение числа D .

`bool appProcess(Application &app);` - Содержит основную логическую функцию обработки.

`bool appGetOutputToUser(Application &app);` - выводит промежуточный результат на стандартное устройство вывода.

algo.h

В файле объявляются функции для базовых условий r , и одна вспомогательная с типом `void`, а именно:

```
bool algo_check_first_iteration(void *object);
bool algo_check_ascending(void *object);
bool algo_check_D(void *object);
bool algo_check_breakage(void *object);
void algo_update_last(void *object);
```

Все они принимают указатель на тип переменную по типу данных АТД Application. Рассмотрим каждую функцию в отдельности:

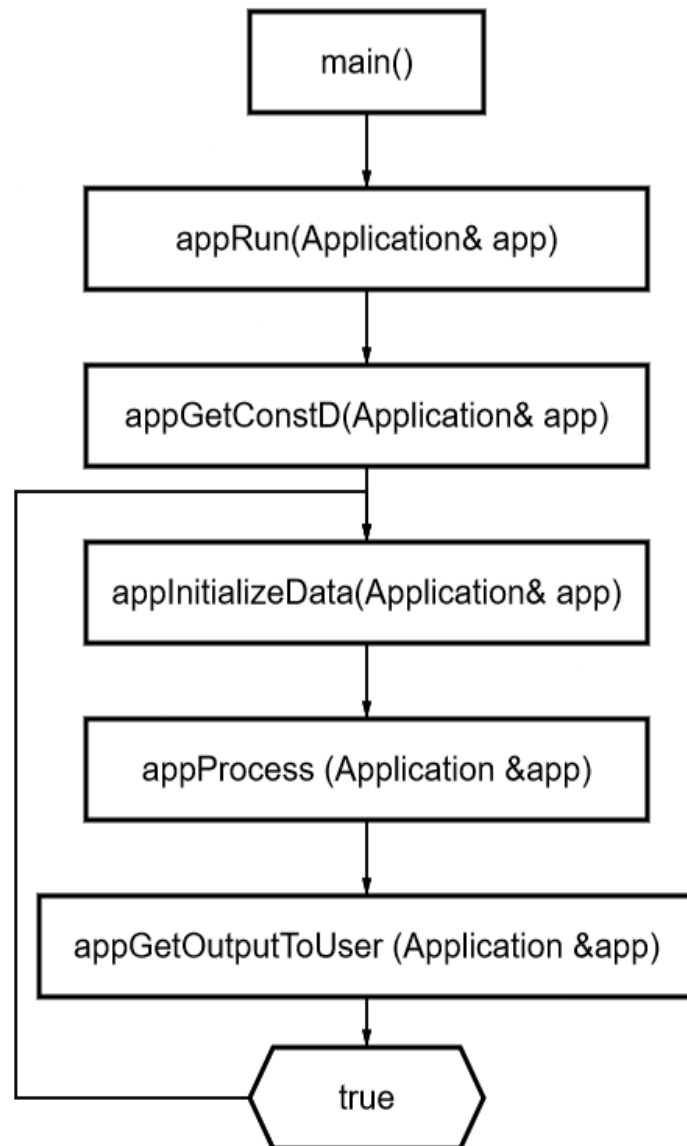
`bool algo_check_first_iteration(void *object);` - соответствует выражению $r_1(n=0) \rightarrow (fLi \wedge fRi)=n \wedge (fLv \wedge fRv)=x_n$. Выполняя действия и возвращая *true*, в случае $n=0$. Словами, приравнивает левый и правый индексы к параметрам текущего, индекс и значение.

`bool algo_check_ascending(void *object);` - соответствует выражению $r_2(x_n \leq x_{n-1}) \rightarrow tCS=0$. Выполняя действия и возвращая *true*, в случае $x_n \leq x_{n-1}$. Словами, если текущий элемент меньше предыдущего, то счетчик текущей последовательности сбрасывается, и возвращается *true*.

`bool algo_check_breakage(void *object);` - соответствует выражению $r_3(tCS > fCS)$. Действий функция не выполняет, только проверяет превосходство текущей последовательности над максимально достигнутой ранее. Если так, то вернется *true*.

`bool algo_check_breakage(void *object);` - соответствует выражению $r_4(x_n - fLv > D) \rightarrow fLi=n - tCS \wedge fRi=n \wedge fCS=tCS$. Основное условие наступления пересчета максимальных индексов. Если значение текущего минус значение первого элемента текущей последовательности больше D , то максимальный левый индекс приравнивается к n минус k -во элементов текущей последовательности, правый индекс к n , и максимальное k -во элементов приравнивается к текущему.

Можем представить общую структуру программы в виде блок-схемы:



Приложение 1.

```
//main.cpp
//
// Created by Anatejl on 15.04.2024.
//

#include "application.h"
#include <iostream>

int main() {

    std::cout << "An unarguably valuable piece of software, THE diamond!" <<
std::endl;

    Application app;

    int ret = appRun(app);

    return ret;
}

//application.h
//
// Created by Anatejl on 15.04.2024.
//

#ifndef NNTU_APPLICATION_H
#define NNTU_APPLICATION_H

#include <climits>
#include <utility>
#include "algo.h"

//Data for program to handle.
struct Application {

    int const_D;
```

```

//Assume 1- iteration 2 - element
std::pair<int, int> current_element;
std::pair<int, int> last_element;

//Assume 1 - index 2 - value
std::pair<int, int> finalLeft;
std::pair<int, int> finalRight;
int finalCS = 0;
int tempCS = 0;
};

// To execute application
int appRun(Application& app);
bool appInitializeData(Application &app);
bool appGetConstantD(Application &app);
bool appProcess(Application &app);
bool appGetOutputToUser(Application &app);

#endif //NNTU_APPLICATION_H

//application.cpp
//
// Created by Anatejl on 20.04.2024.
//

#include "application.h"
#include "algo.h"
#include <iostream>

bool appGetConstantD(Application &app) {

    std::cout << "Input a D constant to compare:" << std::endl;
    std::cin >> app.const_D;
    std::cout << app.const_D << std::endl;

    return true;
}

```

```

bool appInitializeData(Application &app) {

    std::cin >> app.current_element.second;

    return true;
}

bool appProcess(Application &app) {

    while(true) {

        if(algo_check_first_iteration(&app)){
            break;
        }

        if(algo_check_breakage(&app)){
            break;
        }

        if(!algo_check_ascending(&app)){
            break;
        }

        if(!algo_check_D(&app)){
            break;
        }

        break;
    }

    algo_update_last(&app);

    return true;
}

bool appGetOutputToUser(Application &app) {

    std::cout << app.current_element.first << " - Iteration" << std::endl;
    std::cout << "L - " << app.finalLeft.first << std::endl;
}

```

```

std::cout << "R - " << app.finalRight.first << std::endl << std::endl;

return true;
}

int appRun(Application &app) {

    if (!appGetConstantD(app)) {
        std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl;
        return 1;
    }

    //Default condition is "true", consider using "!std::con.eof()" for testing purposes.
    while(true) {
        if (!appInitializeData(app)) {
            std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl;
            return 1;
        }

        if (!appProcess(app)) {
            std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl << "No matches
applicable." << std::endl;
            return 1;
        }

        if (!appGetOutputToUser(app)) {
            std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl;
            return 1;
        }
        ++app.current_element.first;
    }

    return 0;
}

//algo.h
//
// Created by Anatejl on 20.04.2024.
//

```

```
#ifndef NNTU_ALGO_H
#define NNTU_ALGO_H
```

```
#include "application.h"
```

```
bool algo_check_first_iteration(void *object);
bool algo_check_ascending(void *object);
bool algo_check_D(void *object);
bool algo_check_breakage(void *object);
void algo_update_last(void *object);
```

```
#endif //NNTU_ALGO_H
```

```
//algo.cpp
//
// Created by Anatejl on 20.04.2024.
//
```

```
#include "algo.h"
```

```
void algo_update_last(void *object){
```

```
    Application &app = *((Application*)object);
```

```
    app.last_element.first = app.current_element.first;
    app.last_element.second = app.current_element.second;
    ++app.tempCS;
```

```
}
```

```
bool algo_check_first_iteration(void *object){
```

```
    Application &app = *((Application*)object);
```

```
    if(app.current_element.first == 0){
        app.finalLeft.first = app.current_element.first;
        app.finalLeft.second = app.current_element.second;
```

```

    app.finalRight.first = app.current_element.first;
    app.finalRight.second = app.current_element.second;
    return true;
}

return false;
}

bool algo_check_breakage(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    if(app.current_element.second <= app.last_element.second){
        app.tempCS = 0;

        return true;
    }

    return false;
}

bool algo_check_ascending(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    if(app.tempCS > app.finalCS) {

        return true;
    }

    return false;
}

bool algo_check_D(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    if(app.current_element.second - app.finalLeft.second > app.const_D){
        app.finalLeft.first = app.current_element.first - app.tempCS;

```



```
    app.finalRight.first = app.current_element.first;
    app.finalCS = app.tempCS;
    return true;
}

return false;
}
```

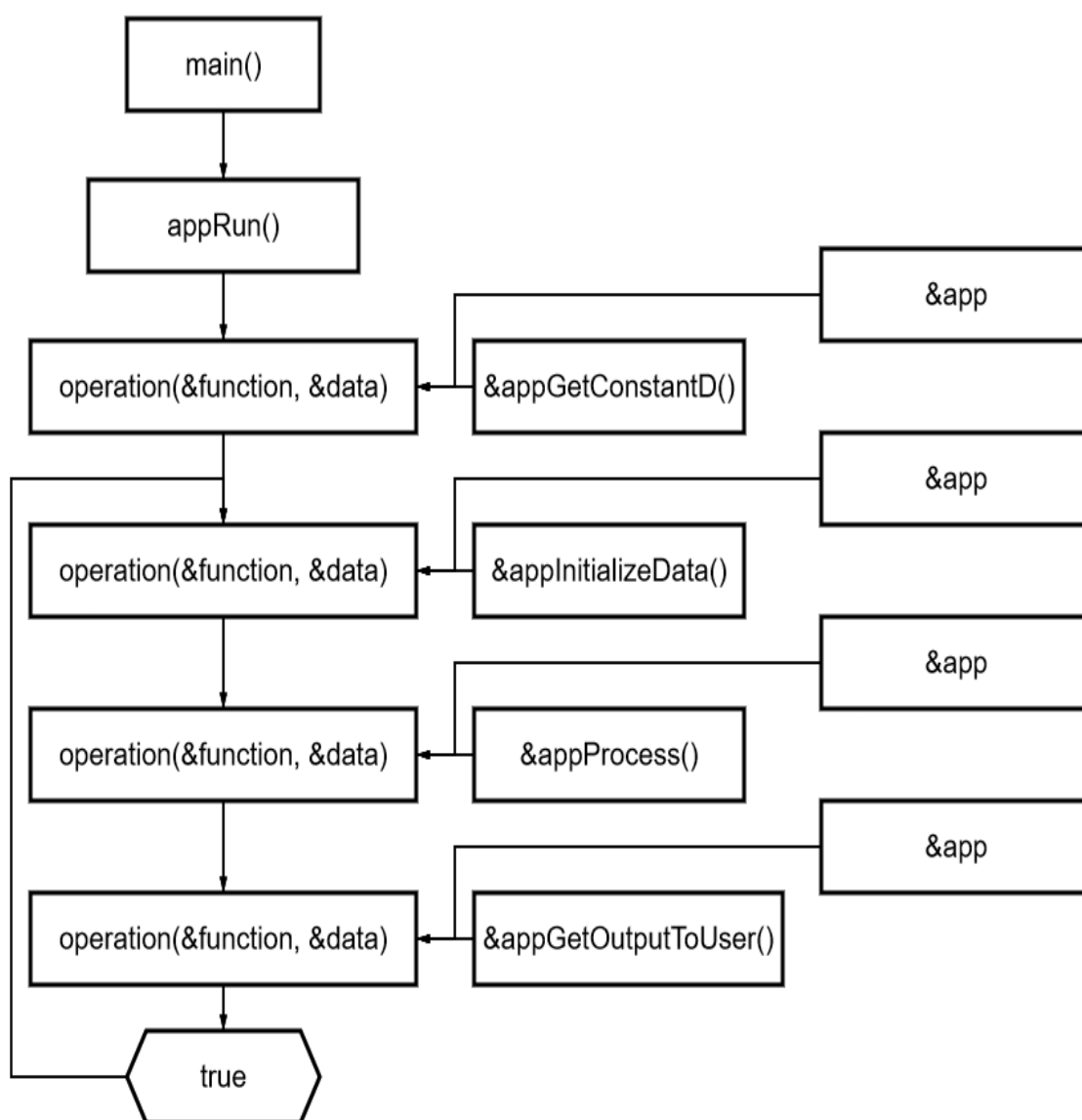
Контрольная работа №2

«Настройка индуктивного вычислителя с использованием функции обратного вызова»

2.1 Архитектура программной системы

Основная логика вычисления не претерпела изменений, с контрольной работы 1. Изменился стиль вызова и способ обмена данными между функциями. Теперь мы объявляем АТД Application в основной функции `appRun`, вместо `main`.

В следствие внедрения данной методологии вызова функций, изменилась структура программы. Представлена ниже.



2.2 Использование индуктивного вычислителя

Функция `operation`, которая соответствует назначению — `callback` из условия работы. Она принимает ссылку на функцию и ссылку на объявленный тип данных. В результате мы избегаем копирования одного и того же типа данных, по несколько раз.

В следствие использования данной структуры, можно наладить общение нескольких программ между друг другом, вследствие унифицированного элемента функции и набора данных.

```
//application.h
```

```
typedef bool (*Callback)(void *object);  
bool operation(Callback callback, void *data);
```

Элемент	Назначение
<code>typedef</code>	аллиас на функцию
<code>bool</code>	тип функции
<code>(*Callback)</code>	указатель на тип функции
<code>(void *object)</code>	указатель на тип принимаемого аргумента, и его название

```
// application.cpp  
bool operation(Callback callback, void *data) {  
    return (*callback)(data);  
}
```

Элемент	Назначение
<code>bool</code>	тип функции
<code>operataion</code>	название
<code>(Callback callback</code>	тип и имя принимаемого аргумента
<code>void *data)</code>	указатель на любой тип данных, имя аргумента
<code>return</code>	возвращаемое значение
<code>(*callback)</code>	результат работы вызываемой функции

(data)	данные с которыми работала программа.
--------	---------------------------------------

Приложение 1

```
//main.cpp
//
// Created by Anatejl on 15.04.2024.
//

#include "application.h"
#include <iostream>

int main() {

    std::cout << "An unarguably valuable piece of software, THE diamond!" <<
std::endl;

    int ret = appRun();

    return ret;
}

//application.h
//
// Created by Anatejl on 15.04.2024.
//

#ifndef NNTU_APPLICATION_H
#define NNTU_APPLICATION_H

#include <climits>
#include <utility>
#include "algo.h"

//Data for program to handle.
struct Application {

    int const_D;
```

```

//Assume 1- iteration 2 - element
std::pair<int, int> current_element;
std::pair<int, int> last_element;

//Assume 1 - index 2 - value
std::pair<int, int> finalLeft;
std::pair<int, int> finalRight;
int finalCS = 0;
int tempCS = 0;
};

typedef bool (*Callback)(void *object);
bool operation(Callback callback, void *data);

// To execute application
int appRun();
bool appInitializeData(void *object);
bool appGetConstantD(void *object);
bool appProcess(void *object);
bool appGetOutputToUser(void *object);

#endif //NNTU_APPLICATION_H

//application.cpp
//
// Created by Anatejl on 20.04.2024.
//

#include "application.h"
#include "algo.h"
#include <iostream>

bool operation(Callback callback, void *data) {
    return (*callback)(data);
}

bool appGetConstantD(void *object) {

```

```

Application &app = *((Application*) object);

std::cout << "Input a D constant to compare:" << std::endl;
std::cin >> app.const_D;
std::cout << app.const_D << std::endl;

return true;
}

```

```

bool appInitializeData(void *object) {

    Application &app = *((Application*) object);

    std::cin >> app.current_element.second;

    return true;
}

```

```

bool appProcess(void *object) {

    Application &app = *((Application*) object);

    while(true) {

        if(algo_check_first_iteration(&app)){
            break;
        }

        if(algo_check_breakage(&app)){
            break;
        }

        if(!algo_check_ascending(&app)){
            break;
        }

        if(!algo_check_D(&app)){
            break;
        }
    }
}

```

```

        break;
    }

    algo_update_last(&app);

    return true;
}

bool appGetOutputToUser(void *object) {

    Application &app = *((Application*) object);

    std::cout << app.current_element.first << " - Iteration" << std::endl;
    std::cout << "L - " << app.finalLeft.first << std::endl;
    std::cout << "R - " << app.finalRight.first << std::endl << std::endl;

    return true;
}

int appRun() {

    Application app;

    if (!operation(&appGetConstantD, &app)) {
        std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl;
        return 1;
    }

    //Default condition is "true", consider using "!std::con.eof()" for testing purposes.
    while(true) {
        if (!operation(&appInitializeData, &app)) {
            std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl;
            return 1;
        }

        if (!operation(&appProcess, &app)) {
            std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl << "No matches
applicable." << std::endl;

```

```

        return 1;
    }

    if (!operation(&appGetOutputToUser, &app)) {
        std::cout << "DATA INPUT FAILURE." << std::endl;
        return 1;
    }
    ++app.current_element.first;
}

return 0;
}

```

```

//algo.h
//
// Created by Anatejl on 20.04.2024.
//

```

```

#ifndef NNTU_ALGO_H
#define NNTU_ALGO_H

```

```

#include "application.h"

```

```

bool algo_check_first_iteration(void *object);
bool algo_check_ascending(void *object);
bool algo_check_D(void *object);
bool algo_check_breakage(void *object);
void algo_update_last(void *object);

```

```

#endif //NNTU_ALGO_H

```

```

//algo.cpp
//
// Created by Anatejl on 20.04.2024.
//

```

```

#include "algo.h"

```



```

void algo_update_last(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    app.last_element.first = app.current_element.first;
    app.last_element.second = app.current_element.second;
    ++app.tempCS;

}

bool algo_check_first_iteration(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    if(app.current_element.first == 0){
        app.finalLeft.first = app.current_element.first;
        app.finalLeft.second = app.current_element.second;
        app.finalRight.first = app.current_element.first;
        app.finalRight.second = app.current_element.second;
        return true;
    }

    return false;
}

bool algo_check_breakage(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    if(app.current_element.second <= app.last_element.second){
        app.tempCS = 0;

        return true;
    }

    return false;
}

```

```

bool algo_check_ascending(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    if(app.tempCS > app.finalCS) {

        return true;
    }

    return false;
}

bool algo_check_D(void *object){

    Application &app = *((Application*)object);

    if(app.current_element.second - app.finalLeft.second > app.const_D){
        app.finalLeft.first = app.current_element.first - app.tempCS;
        app.finalRight.first = app.current_element.first;
        app.finalCS = app.tempCS;
        return true;
    }

    return false;
}

```