

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №4
по дисциплине «Построение и анализ алгоритмов»
Тема: Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта

Студент гр. 9382

Сорокумов С. В.

Преподаватель

Фирсов М. А.

Санкт-Петербург

2021

Цель работы.

Изучить алгоритм Кнута-Морриса-Пратта поиска подстроки в строке. Реализовать программу на C++, которая для заданного текста находит все вхождения заданной строки.

Задание.

Задание №1.

Реализуйте алгоритм КМП и с его помощью для заданных шаблона P ($|P| \leq 15000$) и текста T ($|T| \leq 5000000$) найдите все вхождения P в T .

Вход:

Первая строка - P

Вторая строка - T

Выход:

индексы начал вхождений P в T , разделенных запятой, если P не входит в T , то вывести -1

Sample Input:

ab

abab

Sample Output:

0,2

Задание №2.

Заданы две строки A ($|A| \leq 5000000$) и B ($|B| \leq 5000000$).

Определить, является ли AA циклическим сдвигом BB (это значит, что AA и BB имеют одинаковую длину и AA состоит из суффикса BB , склеенного с префиксом BB). Например, `defabc` является циклическим сдвигом `abcdef`.

Вход:

Первая строка - A

Вторая строка - B

Выход:

Если A является циклическим сдвигом B , индекс начала строки B в A , иначе вывести `1-1`. Если возможно несколько сдвигов вывести первый индекс.

Sample Input:

`defabc`

`abcdef`

Sample Output:

`3`

Функции и структуры данных.

```
std::vector<int> prefix(const std::string& data)
```

Префикс функция, которая принимает на вход константную ссылку на строку `data`.

Функция возвращает вектор целых чисел.

```
std::vector<int> kmp(std::string& A, std::string& B)
```

Функция реализует алгоритм Кнута-Морриса-Пратта. Принимает на вход 2 ссылки на строки A и B .

Функция возвращает вектор целых чисел.

Описание алгоритма.

Сначала была написана префикс функция, которая возвращает вектор, элементы которого обозначают длину максимального префикса строки $s[0..i]$, где i - индекс элемента массива, совпадающего с суффиксом данной строки.

Этот вектор используется в функции $kmp()$, которая находит индексы вхождений подстроки в строку. Для этого, нужно всего лишь найти элементы вектора такие, что они равны длине подстроки. В таком случае, получим начало вхождения подстроки P в текст T .

Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта позволяет находить префикс функцию для заданной строки за линейное время и осуществлять поиск подстроки в строке. Изначально алгоритм вычисляет префикс-функцию для строки вида $P\#T$, где P — образец, который ищется в тексте T , значок $\#$ гарантированно не встречается ни в P , ни в T . Если префикс-функция содержит значение, равные длине P , значит P входит в T . Таким образом решается первая задача.

Вторая задача решается тем, что с помощью алгоритма Кнута-Морриса-Пратта происходит поиск подстроки B в строке $A + A$. Для этого необходимо вычислить значение префикс-функции для строки вида $B\#AA$.

Оценка сложности алгоритма.

Пусть длина строки, для которой вычисляется префикс-функция равна m , а текста T — n . Тогда сложность алгоритма равна $O(m + n)$, т. к. алгоритм сначала проходится по строке, переданной в префикс-функцию, а после проходит по строке T .

Тестирование.

Все тесты продемонстрированы в таблице 1.

Таблица 1 – тестирование программ

Номер теста	Входные данные	Ответ	Тестирование алгоритма (1/2)
1	ab abab	0,2	1
2	we wertwengkwe	0,4,9	1
3	lpkps knfkndlngvflspe	-1	1

4	an annaalenann	0,8	1
5	aslf dfdg	-1	2
6	defabc abcdef	3	2
7	wer erw	1	2

Выводы.

Изучили алгоритм Кнута-Морриса-Пратта поиска подстроки в строке. Реализовали программу на C++, которая для заданного текста находит все вхождения заданной строки.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

find.cpp:

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

void print_vector(std::vector<int> vec){
    for (int i : vec){
        std::cout << i;
    }
    std::cout << std::endl;
}

//Префикс функция
std::vector<int> prefix(const std::string& data){
    // Получаем длину строки
    std::cout << "Префикс функция получила на вход строку: " << data <<
std::endl;
    int n = data.length();
    //Инициализация вектора pi
    std::vector<int> pi(data.length(), 0);
    std::cout << "Вектор pi равен: ";
    print_vector(pi);
    // Проход по всему вектору с 1 элемента
    for(int i = 1; i < n; i++){
        std::cout << "Шаг: " << i << std::endl;
        int j = pi[i - 1];
        std::cout << "j = " << j << std::endl;
        //Выбор индекса из начала строки (строки которую ищем в другой)
        while(j > 0 && data[i] != data[j]){
            j = pi[j - 1];
            std::cout << "j = " << j << std::endl;
        }
        std::cout << "Сравнение элементов " << data[i] << " и " <<
data[j] << std::endl;
        if(data[i] == data[j]){
            std::cout << "pi[" << i <<"] = " << j+1 << std::endl;
```

```

        //Добавляем номер повторенной буквы в строке где ищем в
вектор префикс функции
        pi[i] = j + 1;
    }else{
        std::cout << "pi[" << i <<"] = " << j << std::endl;
        //Добавляем номер повторенной буквы в строке где ищем в
вектор префикс функции
        pi[i] = j;
    }
    std::cout << "Вектор pi на " << i << " шаге равен: ";
    print_vector(pi);
    std::cout << std::endl;
}
return pi;
}

std::vector<int> kmp(std::string& T, std::string& P){
    std::vector<int> res;
    //Составление строки для префикс функции
    std::string tmp = P + "#" + T;
    //Вызов префикс функции
    std::cout << "Вызов префикс функции" << std::endl;
    std::vector<int> pi = prefix(tmp);
    std::cout << "Префикс функция вернула: ";
    print_vector(pi);
    //Получает длину строки P
    int pLen = P.size();
    std::cout << "Длина строки P равна: " << pLen << std::endl;
    //Получает длину строки T
    int tLen = T.size();
    std::cout << "Длина строки T равна: " << tLen << std::endl;
    for(int i = 0; i < tLen; i++){
        std::cout << "Сравнение элементов " << "pi[pLen + 1 + i] ( = " <<
pi[pLen + 1 + i] << ") и pLen ( = " << pLen << ")" << std::endl;
        if(pi[pLen + 1 + i] == pLen){
            //Если значение в векторе префикс функции совпало с длиной
строки, то заносим в итоговый вектор элемент откуда началась строка

```

```

        std::cout << "Добавление в результирующий вектор индекса " <<
(i - pLen + 1) << std::endl;
        res.push_back(i - pLen + 1);
    }
}
return res;
}

int main(){
    //Объявление переменных, где будут храниться входные данные
    std::string P, T;
    //Считывание данных
    std::cin >> P >> T;
    std::cout << "Вы ввели:\n\t"
        << P << "\n"
        << "и\n\t"
        << T << "\n";
    //Вызов алгоритма КМП
    std::vector<int> res = kmp(T, P);
    std::cout << "Ответ: ";
    //Если выходной вектор пустой, то печатается -1
    if(res.empty()){
        std::cout << -1;
        return 0;
    }
    //Если вектор не пустой, то выводится на экран ответ
    for (int i = 0; i < res.size(); ++i) {
        if (i != res.size()-1){
            std::cout << res[i] << ',';
        } else{
            std::cout << res[i];
        }
    }
    return 0;
}

```


shift.cpp

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

void print_vector(std::vector<int> vec){
    for (int i : vec){
        std::cout << i;
    }
    std::cout << std::endl;
}

//Префикс функция
std::vector<int> prefix(const std::string& data){
    // Получаем длину строки
    std::cout << "Префикс функция получила на вход строку: " << data <<
std::endl;
    int n = data.length();
    //Инициализация вектора pi
    std::vector<int> pi(data.length(), 0);
    std::cout << "Вектор pi равен: ";
    print_vector(pi);
    // Проход по всему вектору с 1 элемента
    for(int i = 1; i < n; i++){
        std::cout << "Шаг: " << i << std::endl;
        int j = pi[i - 1];
        std::cout << "j = " << j << std::endl;
        //Выбор индекса из начала строки (строки которую ищем в другой)
        while(j > 0 && data[i] != data[j]){
            j = pi[j - 1];
            std::cout << "j = " << j << std::endl;
        }
        std::cout << "Сравнение элементов " << data[i] << " и " <<
data[j] << std::endl;
        if(data[i] == data[j]){
            std::cout << "pi[" << i <<"] = " << j+1 << std::endl;
            //Добавляем номер повторенной буквы в строке где ищем в
вектор префикс функции
```

```

        pi[i] = j + 1;
    }else{
        std::cout << "pi[" << i <<"] = " << j << std::endl;
        //Добавляем номер повторенной буквы в строке где ищем в
вектор префикс функции
        pi[i] = j;
    }
    std::cout << "Вектор pi на " << i << " шаге равен: ";
    print_vector(pi);
    std::cout << std::endl;
}
return pi;
}

std::vector<int> kmp(std::string& A, std::string& B){
    std::vector<int> res;
    //Составление строки для префикс функции
    std::string tmp = B + "#" + A + A;
    //Вызов префикс функции
    std::cout << "Вызов префикс функции" << std::endl;
    std::vector<int> pi = prefix(tmp);
    std::cout << "Префикс функция вернула: ";
    print_vector(pi);
    //Получает длину строки A
    int aLen = A.size();
    std::cout << "Длина строки A равна: " << aLen << std::endl;
    //Получает длину строки B
    int bLen = B.size();
    std::cout << "Длина строки B равна: " << bLen << std::endl;
    for(int i = 0; i < 2 * bLen; i++){
        std::cout << "Сравнение элементов " << "pi[aLen + 1 + i] ( = " <<
pi[aLen + 1 + i] << ") и aLen ( = " << aLen << ")" << std::endl;
        if(pi[aLen + 1 + i] == aLen){
            res.push_back(i - aLen + 1);
            //Если значение в векторе префикс функции совпало с длиной
строки, то заносим в итоговый вектор элемент откуда началась строка
            std::cout << "Добавление в результирующий вектор индекса " <<
(i - aLen +1) << std::endl;

```

```

    }
}
return res;
}

int main(){
    //Объявление переменных, где будут храниться входные данные
    std::string A, B;
    //Считывание данных
    std::cin >> A >> B;
    std::cout << "Вы ввели:\n"
                << A << "\n"
                << "и\n"
                << B << "\n";
    //Вызов алгоритма КМП
    std::vector<int> res = kmp(A, B);
    std::cout << "Ответ: ";
    //Если выходной вектор пустой, то печатается -1
    if(res.empty()){
        std::cout << -1;
        return 0;
    }
    //Если вектор не пустой, то выводится на экран ответ

    std::cout << res[0];
    return 0;
}

```