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

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №3

по дисциплине «Построение и анализ алгоритмов»

Тема: Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта

Студент гр. 8303 _____ Стукалев А.И.

Преподаватель _____ Фирсов М.А.

Санкт-Петербург

2020

Цель работы.

Изучить и реализовать на языке программирования C++ алгоритм Кнута-Морриса-Пратта поиска подстроки в строке, также с помощью этого алгоритма определить является ли одна строка циклическим сдвигом другой строки.

Индивидуализация.

Вар. 2. Оптимизация по памяти: программа должна требовать O(m) памяти, где m - длина образца. Это возможно, если не учитывать память, в которой хранится строка поиска.

Формулировка задания для КМП.

Реализуйте алгоритм КМП и с его помощью для заданных шаблона P(|P|≤15000) и текста T(|T|≤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.

Пример входных данных для КМП.

ab

abab

Соответствующие выходные данные для КМП.

0,2

Формулировка задания для алгоритма по определению циклического сдвига.

Заданы две строки A(|A|≤5000000) и B(|B|≤5000000).

Определить, является ли A циклическим сдвигом B (это значит, что AA и BB имеют одинаковую длину и AA состоит из суффикса BB, склеенного с

префиксом B). Например, defabc является циклическим сдвигом abcdef.

Вход:

Первая строка - A

Вторая строка - B*B*

Выход:

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

Пример входных данных для алгоритма по определению циклического сдвига.

defabc

abcdef

Соответствующие выходные данные для алгоритма по определению циклического сдвига.

3

Описание алгоритмов.

КМП:

Рассмотрим сравнение строк на позиции , где образец сопоставляется с частью текста . Предположим, что первое несовпадение произошло между и где . Тогда и .

При сдвиге вполне можно ожидать, что префикс (начальные символы) образца сойдется с каким-нибудь суффиксом (конечные символы) текста . Длина наиболее длинного префикса, являющегося одновременно суффиксом, есть значение префикс-функции от строки для индекса .

Это приводит нас к следующему алгоритму: пусть — значение префикс-функции от строки для индекса . Тогда после сдвига мы можем возобновить сравнения с места и без потери возможного местонахождения образца. Можно показать, что таблица может быть вычислена (амортизационно) за сравнений перед началом поиска. А

поскольку строка будет пройдена ровно один раз, суммарное время работы алгоритма будет равно , где — длина текста .

Алгоритм для нахождения циклического сдвига.

В данном алгоритме можно обойтись без удваивания строки. В самом начале происходит проверка на соответствие длин строк. Если соответствия не было обнаружено, то выводится -1. Инициализируются два счётчика для первой и второй строки. Далее сравниваются символы первой и второй строки, если символы совпадают переход к следующим, счётчики увеличиваются, если совпадения не обнаружено, счётчик для второй строки уменьшается. В том случае, если счётчик второй строки равен её длине, то сдвиг найден, а если счётчик первой строки равен её длине, то происходит его обнуление, таким образом строка зацикливается и можно обойтись без удвоения строки.

Префикс функция.

Префикс-функция от строкии позиции в ней — длина наибольшего собственного префикса подстроки, который одновременно является суффиксом этой подстроки.

То есть, в начале подстроки длины нужно найти такой префикс максимальной длины , который был бы суффиксом данной подстроки .

Например, для строки префикс-функция будет такой: .

Сложность Жадного алгоритма по операциям: O(N logN + N)

Сложность алгоритма Дейкстры и A* по операциям: O (N^2)

Сложность алгоритмов по памяти: O (N)

Описание структур данных алгоритма КМП и алгоритма нахождения циклического сдвига.

1.

```
class SubStr
{
```

```
    std::vector <int> ind_lenghts;
    std::string input_string;
}
```

Класс необходимый для работы алгоритма КМП, input_string – строка-образец, ind_lenghts – массив для префиксов.

2.

```
class Cycle
{
    std::vector <int> ind_lenghts;
    std::string first_string;
    std::string second_string;
    std::string result_string;
}
```

Класс, необходимый для работы алгоритма поиска циклического сдвига. First_string – первая строка, second_string – вторая строка, result_string - строка, необходимая для конкатенации первой и второй строки, ind_lenghts – массив префиксов для result_string.

Описание функций КМП.

1. SubStr()

Конструктор класса Substr. Происходит считывание строки в input_string и инициализация нулями ind_lenghts.

2. void prefix_func()

Функция класса SubStr вычисления префикс функции для input_string и записи результата в ind_lenghts.

3. void KMP()

Функция класса SubStr нахождения подстроки в строке. Посимвольно

считывает строку, в которой необходимо проводить поиск, имеет два счётчика – счётчик нахождения в input_string (j) и счётчик количества введённых символов(i), необходимый для вычисления позиция вхождения подстроки в строку. С каждым добавленным элементом второй счётчик увеличивается, первый же счётчик увеличивается лишь в том случае, если произошло равенство считанного элемента и input_string[j]. Если j равняется длине input_string, то подстрока найдена и результат выводится в консоль, j становится равным ind_lenghts[j-1]. Если считанный элемента и input_string[j] не равны, j становится равным ind_lenghts[j-1]. Алгоритм завершает работу, когда следующий символ считать не возможно.

4. ~SubStr()

Деструктор класса SubStr, очищающий input_string и ind_lenghts.

Описание функций алгоритма нахождения циклического сдвига.

1. Cycle()

Конструктор класса Cycle. Происходит считывание первой строки в first_string, считывание второй строки в second_string, заполнение result_string следующим образом result_string = first_string + "@" + second_string, заполнение массива ind_lenghts нулями.

2. void prefix_func()

Функция класса SubStr вычисления префикс функции для first_string и записи результата в ind_lenghts.

3. void cycle()

Функция класса Cycle для нахождения циклического сдвига. В самом начале происходит проверка на соответствие длин строк. Если соответствия не было обнаружено, то выводится -1. Инициализируются два счётчика для первой и второй строки. Далее сравниваются символы первой и второй строки, если символы совпадают переход к следующим, счётчики увеличиваются, если совпадения не обнаружено, счётчик для второй строки уменьшается, в том случае, если он не равен нулю. В том случае, если счётчик второй строки равен её длине, то сдвиг найден, а

если счётчик первой строки равен её длине, то происходит его обнуление, таким образом строка зацикливается и можно обойтись без удвоения строки, во избежания бесконечного цикла проход по строке осуществляется не более двух раз.

4. ~Cycle()

   Деструктор класса Cycle. Очищает first_string, second_string, и ind_lenghts.

Способ хранения частичных решений.

Частичные решения, т.е. значения префикс функции, в массиве ind_lenghts.

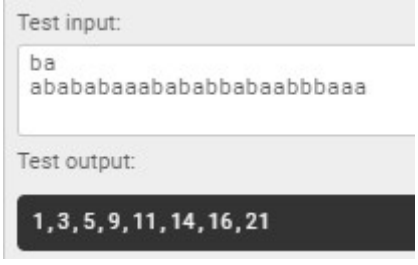
Тестирование.

КМП

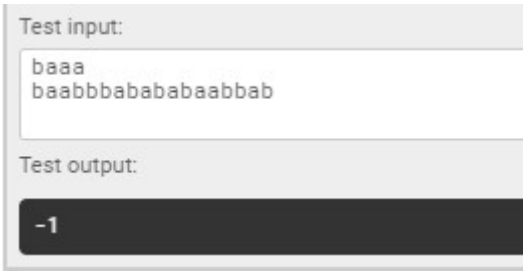
1.

2.

3.

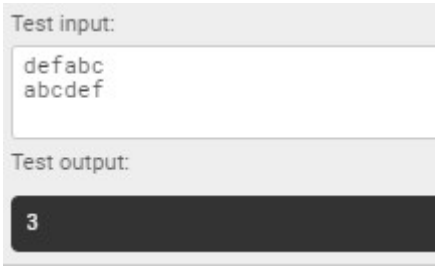


4.



Алгоритм нахождения циклического сдвига

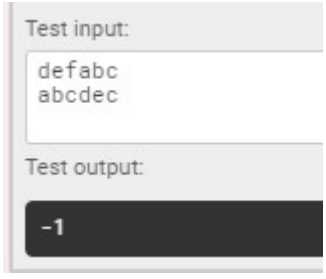
1.



2.

3.

4.



Выводы.

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены и реализованы на языке программирования C++ алгоритм КМП нахождения подстроки в строке и алгоритм нахождения циклического сдвига. Также алгоритм КМП был модифицирован в соответствии с индивидуализацией, для этого хранились только подстрока и массив со значениями префикс функции для подстроки, а строка, в которой необходимо было производить поиск, считывалась посимвольно.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД

КМП.

```
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <vector>
```

```
#include <string>

class SubStr
{
   std::vector <int> ind_lenghts;
   std::string input_string;
public:
   SubStr()
   {
      std::cin >> input_string;
      std::vector <int> tmp(input_string.length());//инициализируем нулями вектор длин префиксов
      ind_lenghts = tmp;
   }
   void prefix_func()
   {

      for (size_t i=1; i<input_string.length(); ++i)
         {
            //ищем, какой префикс можно расширить
            size_t j = ind_lenghts[i-1]; // длина предыдущего префикса-суффикса, возможно нулевая
            while ((j > 0) && (input_string[i] != input_string[j])) // если нельзя расширить
               j = ind_lenghts[j-1];   //уменьшаем значение префикса

            if (input_string[i] == input_string[j])
               ++j;  // расширяем найденный префикс
            ind_lenghts[i] = j;
         }

   }
   void KMP()
   {
      char c;
      int j = 0;
      int i = 0;
      bool no_one_digit = false;
      prefix_func();//считается префикс функция для образца
      std::cin >> c;
      while(!std::cin.fail())//пока возможно считать символ
      {
         if(input_string[j] == c)//соответсвие найдено
         {
            //std::cout << "Equel elements:     " << input_string[j] << "==" << c <<\n";
            j++;
            i++;
            std::cin >> c;
         }
         if(j == input_string.length())//подстрока найдена
         {
            //std::cout << "Sub string founded: " << input_string[j] << "::" << c << "\n";
            if(no_one_digit)//если более одной цифры, то между ними ставится запятая
               std::cout << ',';
            std::cout << i - j;
            j = ind_lenghts[j-1];
            no_one_digit = true;
         }
         else if(input_string[j] != c && !std::cin.fail())//совпадения не обноружено или конец ввода
         {
            //std::cout << "Non equel:          " << input_string[j] << "!=" << c << "\n";
            if(j != 0)
               j = ind_lenghts[j - 1];
            else
            {
               i++;
```

```
                std::cin >> c;
            }
        }

    }
    if(!no_one_digit)//если посдтроки найдено не было
        std::cout << -1;
  }

  ~SubStr()
  {
    ind_lenghts.clear();
    input_string.clear();
  }
};


int main()
{
  SubStr* tmp = new SubStr();
  tmp->KMP();
  delete tmp;
}
```

Алгоритм нахождения циклического сдвигat.

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

class Cycle
{
  std::vector <int> ind_lenghts;
  std::string first_string;
  std::string second_string;
public:
  Cycle()
  {
    std::cin >> first_string;
    std::cin >> second_string;
    std::vector <int> tmp(second_string.length());
    ind_lenghts = tmp;
    tmp.clear();
  }



  void prefix_func()
  {
    for (size_t i=1; i<second_string.length(); ++i)
      {
        // ищем, какой префикс можно расширить
        size_t j = ind_lenghts[i-1]; //длина предыдущего префикса, может быть нулевой
        while ((j > 0) && (second_string[i] != second_string[j])) //если нельзя расширить,
          j = ind_lenghts[j-1];   //уменьшаем значение префикса

        if (second_string[i] == second_string[j])
          ++j;  //расширяем найденный префик
        ind_lenghts[i] = j;
      }
  }
```

```
    void cycle()
    {
        if(first_string.length() != second_string.length())//если длины строк не равны - выход
        {
            std::cout << "Non-equel lengths: " << first_string.length() << "!=" << second_string.length() << '\n';
            std::cout << -1;
            return;
        }
        this->prefix_func();// вычисление префикс функции для second_string
        int laps = 0;
        for (int ind_f = 0, ind_s = 0;;)
        {
            if(first_string[ind_f] == second_string[ind_s])
            {
                //std::cout << "Equel elements:    " << first_string[ind_f] << "==" << second_string[ind_s] <<" index: "<< ind_f <<
" " << ind_s <<'\n';
                ind_f++;
                ind_s++;
            }
            if(ind_f == first_string.length())
            {
                ind_f = 0;
                laps++;
            }
            if(ind_s == first_string.length())
            {
                //std::cout << "Cycle founded: ";
                std::cout << ind_f;
                return;
            }
            else if(first_string[ind_f] != second_string[ind_s] && ind_s < first_string.length())
            {
                //std::cout << "Nonequel elements: " << first_string[ind_f] << "!=" << second_string[ind_s] <<" index: "<< ind_f
<< " " << ind_s <<'\n';
                if(ind_s == 0)
                    ind_f++;
                else
                    ind_s = ind_lenghts[ind_s - 1];
            }
            if(laps > 1)
                break;
        }
        std::cout << -1;
    }

    ~Cycle()
    {
        ind_lenghts.clear();
        first_string.clear();
        second_string.clear();
    }
};


int main()
{
    Cycle* tmp = new Cycle();
    tmp->cycle();
    delete tmp;
}
```