

**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: Редакционное расстояние. Вар. 14а Методом динамического**  
**программирования вычислить: длину наибольшей общей**  
**подпоследовательности двух строк.**

Студентка гр. 3343

Синицкая Д.В.

Преподаватель

Жангиров Т.Р.

Санкт-Петербург

2025

### **Цель работы.**

Изучить и реализовать алгоритм вычисления редакционного расстояния между двумя строками.

### **Задание.**

3.1 Над строкой  $\epsilon$  (будем считать строкой непрерывную последовательность из латинских букв) заданы следующие операции:

1.  $\text{replace}(\epsilon, a, b)$  – заменить символ  $a$  на символ  $b$ .
2.  $\text{insert}(\epsilon, a)$  – вставить в строку символ  $a$  (на любую позицию).
3.  $\text{delete}(\epsilon, b)$  – удалить из строки символ  $b$ .

Каждая операция может иметь некоторую цену выполнения (положительное число).

Даны две строки  $A$  и  $B$ , а также три числа, отвечающие за цену каждой операции. Определите минимальную стоимость операций, которые необходимы для превращения строки  $A$  в строку  $B$ .

Входные данные: первая строка – три числа: цена операции  $\text{replace}$ , цена операции  $\text{insert}$ , цена операции  $\text{delete}$ ; вторая строка –  $A$ ; третья строка –  $B$ .

Выходные данные: одно число – минимальная стоимость операций.

Sample Input:

1 1 1

entrance

reenterable

Sample Output:

5

3.2 Над строкой  $\epsilon$  (будем считать строкой непрерывную последовательность из латинских букв) заданы следующие операции:

1.  $\text{replace}(\epsilon, a, b)$  – заменить символ  $a$  на символ  $b$ .
2.  $\text{insert}(\epsilon, a)$  – вставить в строку символ  $a$  (на любую позицию).
3.  $\text{delete}(\epsilon, b)$  – удалить из строки символ  $b$ .

Каждая операция может иметь некоторую цену выполнения (положительное число).

Даны две строки A и B, а также три числа, отвечающие за цену каждой операции. Определите последовательность операций (редакционное предписание) с минимальной стоимостью, которые необходимы для превращения строки A в строку B.

Пример (все операции стоят одинаково)

М	М	М	Р	И	М	Р	Р
С	О	Н	Н		Е	С	Т
С	О	Н	Е	Н	Е	А	Д

Пример (цена замены 3, остальные операции по 1)

М	М	М	Д	М	И	И	И	И	Д	Д
С	О	Н	Н	Е					С	Т
С	О	Н		Е	Н	Е	А	Д		

Входные данные: первая строка – три числа: цена операции replace, цена операции insert, цена операции delete; вторая строка – A; третья строка – B.

Выходные данные: первая строка – последовательность операций (М – совпадение, ничего делать не надо; R – заменить символ на другой; I – вставить символ на текущую позицию; D – удалить символ из строки); вторая строка – исходная строка A; третья строка – исходная строка B.

Sample Input:

1 1 1

entrance

reenterable

Sample Output:

IMIMMIMMRRM

entrance

reenterable

3.3 Расстоянием Левенштейна назовём минимальное количество операций вставки одного символа, удаления одного символа и замены одного символа на другой, необходимых для превращения одной строки в другую.

Разработайте программу, осуществляющую поиск расстояния Левенштейна между двумя строками.

Пример:

Для строк `pedestal` и `stien` расстояние Левенштейна равно 7:

Сначала нужно совершить четыре операции удаления символа: `pedestal` -> `stal`.

Затем необходимо заменить два последних символа: `stal` -> `stie`.

Потом нужно добавить символ в конец строки: `stie` -> `stien`.

Параметры входных данных:

Первая строка входных данных содержит строку из строчных латинских букв. ( $1 \leq |S| \leq 2550$ ).

Вторая строка входных данных содержит строку из строчных латинских букв. ( $1 \leq |T| \leq 2550$ ).

Параметры выходных данных:

Одно число  $L$ , равное расстоянию Левенштейна между строками  $S$  и  $T$ .

Sample Input:

`pedestal`

`stien`

Sample Output:

7

## Выполнение работы.

### 3.1

Основные шаги алгоритма:

1. Ввод данных: ввод стоимости операций (замены, вставки, удаления) и две строки A и B, для которых нужно найти редакционное расстояние.
2. Инициализация таблицы *dp*: создаётся матрица размером  $(m+1) \times (n+1)$ , где *m* и *n* — длины строк.
3. Заполнение базовых случаев: первая строка и первый столбец таблицы заполняются с учётом стоимости операций удаления и вставки.
4. Вычисление редакционного расстояния:  
Если символы строки  $A[i - 1]$  и  $B[j - 1]$  совпадают — операция не требуется.  
Если символы различаются — выбирается операция с минимальной стоимостью (замена, вставка, удаление).
5. Вычисление длины LCS (наибольшей общей подпоследовательности) — дополнительный алгоритм на основе динамического программирования.
6. Вывод таблиц и результата — осуществляется подробный вывод промежуточных значений и финальных метрик.

Описание функций и методов:

1. *void initializeBaseCases(vector<vector<int>>& dp, int m, int n, int delete\_cost, int insert\_cost)* — метод инициализирует первую строку и первый столбец таблицы *dp*.

Параметры:

*dp* — таблица для хранения стоимости редактирования.

*m, n* — длины строк A и B.

*delete\_cost, insert\_cost* — стоимости операций удаления и вставки.

2. *void computeEditDistance(vector<vector<int>>& dp, const string& A, const string& B, int replace\_cost, int insert\_cost, int delete\_cost, int m, int n)* — метод вычисляет редакционное расстояние между строками A и B.

Параметры:

*dp* — таблица для хранения стоимости редактирования.

*A, B* — строки для сравнения.

*replace\_cost, insert\_cost, delete\_cost* — стоимости операций.

*m, n* — длины строк *A* и *B*.

3. *int computeLCSLength(const string& A, const string& B, int m, int n)* — функция вычисляет длину наибольшей общей подпоследовательности строк *A* и *B*.

Параметры:

*A, B* — входные строки.

*m, n* — длины строк *A* и *B*.

Возвращаемое значение: *lcs[m][n]* — длина наибольшей общей подпоследовательности.

4. *void printDPTable(const vector<vector<int>>& dp, const string& A, const string& B, int m, int n)* и *void printLCSTable(const vector<vector<int>>& lcs, const string& A, const string& B, int m, int n)* — методы печатают таблицы *dp* и *lcs* соответственно в удобном для пользователя виде.

Оценка сложности алгоритма:

Временная сложность:

Редакционное расстояние:

Алгоритм использует двойной цикл по *m* и *n*, поэтому:  $O(m \times n)$

LCS (наибольшая общая подпоследовательность):

Алгоритм использует двойной цикл по *m* и *n*, поэтому:  $O(m \times n)$

Сложность по памяти:

1. Таблица *dp*. Хранит  $(m+1) \times (n+1)$  значений:  $O(m \times n)$

2. Таблица *lcs*. Хранит  $(m+1) \times (n+1)$  элементов:  $O(m \times n)$

3. Дополнительные переменные. Строки A, B, и несколько `int` переменных — пренебрежимо малы в сравнении с таблицами.

Общая пространственная сложность:  $O(m \times n)$

### 3.2

Основные шаги алгоритма:

1. Ввод данных: принимаются строки A, B и стоимости операций.

2. Инициализация таблиц:

`dp` — таблица стоимости преобразования.

`op` — таблица операций (M, R, I, D).

3. Заполнение таблицы `dp` согласно минимальной стоимости.

4. Восстановление пути операций — по таблице `op` строится строка операций.

5. Вычисление длины LCS — отдельно, через классический алгоритм LCS.

6. Вывод таблиц, операций и результата.

Описание функций и методов:

1. `void initializeDP(...)` `void initializeDP(vector<vector<int>>& dp, vector<vector<char>>& op, int m, int n, int cost_delete, int cost_insert)` — метод инициализирует начальные значения таблицы `dp` и `op`.

Параметры:

`dp, op` — таблицы для хранения стоимости и действий

`m, n` — размеры строк A, B.

`cost_delete, cost_insert` — стоимости операций.

2. `void fillDPTable(...)` `void fillDPTable(const string& A, const string& B, int cost_replace, int cost_insert, int cost_delete, vector<vector<int>>& dp, vector<vector<char>>& op)` — метод строит таблицу минимальных стоимостей преобразования строки A в B.

Параметры:

$A, B$  — входные строки.

$cost\_replace, cost\_insert, cost\_delete$  — стоимости операций.

$dp, op$  — таблицы для хранения стоимости и операций.

3. *string reconstructOperations(...)**string reconstructOperations(const vector<vector<char>>& op, int m, int n)* — функция восстанавливает последовательность операций по таблице  $op$ .

Параметры:

$op$  — таблица операций.

$m, n$  — размеры строк.

Возвращаемое значение:  $operations$  — строка символов.

4. *int computeLCSLength(const string& A, const string& B, int m, int n)* — функция вычисляет длину наибольшей общей подпоследовательности строк  $A$  и  $B$ .

Параметры:

$A, B$  — входные строки.

$m, n$  — длины строк  $A$  и  $B$ .

Возвращаемое значение:  $lcs[m][n]$  — длина наибольшей общей подпоследовательности.

5. *void printDPTable(const vector<vector<int>>& dp, const string& A, const string& B, int m, int n)* и *void printLCSTable(const vector<vector<int>>& lcs, const string& A, const string& B, int m, int n)* — методы печатают таблицы  $dp$  и  $lcs$  соответственно в удобном для пользователя виде.

Оценка сложности алгоритма:

Временная сложность:

Алгоритм выполняется в двух этапах, оба со сложностью:

Инициализация + заполнение таблицы преобразования ( $dp$ ):  $O(m \times n)$

Вычисление LCS:  $O(m \times n)$



Восстановление последовательности операций:  $O(m + n)$

Итоговая временная сложность:  $O(m \times n)$

Сложность по памяти:

1. Таблица  $dp$  размера  $(m + 1) \times (n + 1)$ :  $O(m \times n)$

2. Таблица  $op$  размера  $(m + 1) \times (n + 1)$ :  $O(m \times n)$

3. Таблица  $lcs$  размера  $(m + 1)(n + 1)$ :  $O(m \times n)$

Общая пространственная сложность:  $O(m \times n)$

### 3.3

Основные шаги алгоритма:

1. Ввод двух строк  $S$  и  $T$

2. Инициализация таблицы  $dp$  размером  $(m+1) \times (n+1)$  для вычисления расстояния Левенштейна

3. Заполнение таблицы  $dp$ :

Используются три операции: вставка, удаление, замена

При совпадении символов используется перенос диагонального значения

Вычисление расстояния Левенштейна — значение в правом нижнем углу таблицы  $dp$

4. Вычисление длины LCS (наибольшей общей подпоследовательности):

Используется отдельная таблица  $lcs$

При совпадении символов увеличивается длина LCS

5. Вывод таблиц  $dp$  и  $lcs$  с пояснениями

Описание функций и методов:

1. *void printDPTable(const vector<vector<int>>& dp, const string& A, const string& B, int m, int n)* и *void printLCSTable(const vector<vector<int>>& lcs, const string& A, const string& B, int m, int n)* — методы печатают таблицы  $dp$  и  $lcs$  соответственно в удобном для пользователя виде.

2. *int computeLCSLength(const string& A, const string& B, int m, int n)* — функция вычисляет длину наибольшей общей подпоследовательности строк A и B.

Параметры:

*A, B* — входные строки.

*m, n* — длины строк A и B.

Возвращаемое значение: *lcs[m][n]* — длина наибольшей общей подпоследовательности.

3. *void initializeDP(vector<vector<int>>& dp, int m, int n)* — метод заполняет первую строку и первый столбец значениями (базовые случаи).

Параметры:

*dp* — таблица расстояний

*m, n* — размеры таблицы

4. *void fillDPTable(const string& S, const string& T, vector<vector<int>>& dp)* — метод сравнивает символы двух строк, выбирает минимум из вставки, удаления и замены, заполняет таблицу *dp* шаг за шагом

Параметры:

*S, T* — строки

*dp* — таблица расстояний

Оценка сложности алгоритма:

Временная сложность:

Для расстояния Левенштейна:

Проходим по всей таблице *dp* размером  $(m + 1) \times (n + 1)$ :  $O(m \times n)$

Для LCS:

Проходим по всей таблице *lcs* размером  $(m + 1) \times (n + 1)$ :  $O(m \times n)$

Итоговая временная сложность:  $O(m \times n)$

Сложность по памяти:

1. Таблица *dp* размера  $(m + 1) \times (n + 1)$ :  $O(m \times n)$

2. Таблица lcs размера  $(m + 1)(n + 1)$ :  $O(m \times n)$

Общая пространственная сложность:  $O(m \times n)$

## Тестирование.

Результаты тестирования представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Результаты тестирования задания 3.1

№ п/п	Входные данные	Выходные данные	Комментарии
1.	2 1 1 abc abc	Редакционное расстояние: 0 Длина наибольшей подпоследовательности: 3	Строки уже совпадают. Не требуется ни одной операции. Результат соответствует ожидаемому.
2.	1 1 1 abc abd	Редакционное расстояние: 1 Длина наибольшей подпоследовательности: 2	Только одна замена. Результат соответствует ожидаемому.
3.	5 1 1 abc abcd	Редакционное расстояние: 1 Длина наибольшей подпоследовательности: 3	Вставка в конец. Результат соответствует ожидаемому.
4.	1 1 1 kitten sitting	Редакционное расстояние: 3 Длина наибольшей подпоследовательности: 4	Одна замена, одна вставка, одна вставка. Результат соответствует ожидаемому.
5.	2 2 2 aaaaa bbbbbb	Редакционное расстояние: 10 Длина наибольшей подпоследовательности: 0	Все символы заменяются. Результат соответствует ожидаемому.

Таблица 2 – Результаты тестирования задания 3.2

№ п/п	Входные данные	Выходные данные	Комментарии
1.	1 1 1 abc abc	Последовательность операций: MMM Исходная строка A: abc Целевая строка B: abc Длина наибольшей подпоследовательности: 3	Строки уже совпадают. Не требуется ни одной операции. Результат соответствует ожидаемому.
2.	1 1 1 abc abd	Последовательность операций: MMR Исходная строка A: abc	Только одна замена. Результат соответствует ожидаемому.

		Целевая строка В: abd Длина наибольшей подпоследовательности: 2	
3.	5 1 1 abc abcd	Последовательность операций: МММІ Исходная строка А: abc Целевая строка В: abcd Длина наибольшей подпоследовательности: 3	Вставка в конец. Результат соответствует ожидаемому.
4.	1 1 1 kitten sitting	Последовательность операций: RМММRМІ Исходная строка А: kitten Целевая строка В: sitting Длина наибольшей подпоследовательности: 4	Классический случай: замены, совпадения и вставка.. Результат соответствует ожидаемому.
5.	2 2 2 aaaaa bbbbbb	Последовательность операций: RRRRR Исходная строка А: aaaaa Целевая строка В: bbbbbb Длина наибольшей подпоследовательности: 0	Все символы заменяются. Результат соответствует ожидаемому.

Таблица 3 – Результаты тестирования задания 3.3

№ п/п	Входные данные	Выходные данные	Комментарии
1.	abc abc	Расстояние Левенштейна между "abc" и "abc" = 0 Длина наибольшей подпоследовательности: 3	Строки идентичны. Результат соответствует ожидаемому.
2.	abc abd	Расстояние Левенштейна между "abc" и "abd" = 1 Длина наибольшей подпоследовательности: 2	Одна замена. Результат соответствует ожидаемому.

3.	abc abcd	Расстояние Левенштейна между "abc" и "abcd" = 1 Длина наибольшей подпоследовательности: 3	Одна вставка. Результат соответствует ожидаемому.
4.	abc ab	Расстояние Левенштейна между "abc" и "ab" = 1 Длина наибольшей подпоследовательности: 2	Одна операция удаления. Результат соответствует ожидаемому.
5.	pedestal stien	Расстояние Левенштейна между "pedestal" и "stien" = 7 Длина наибольшей подпоследовательности: 2	Классический случай. Результат соответствует ожидаемому.

### **Выводы.**

В лабораторной работе была изучена и реализована реализация алгоритма вычисления редакционного расстояния между двумя строками. Реализация позволяет определить минимальное количество операций (вставка, удаление, замена), необходимых для преобразования одной строки в другую.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Название файла: lr\_3\_1\_1.cpp

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

using namespace std;

// метод печати таблицы dp
void printDPTable(const vector<vector<int>>& dp, const string& A,
const string& B, int m, int n) {

    cout << "\nТаблица стоимости редактирования:\n\n";
    cout << "      ";
    for (int j = 0; j <= n; ++j) {
        if (j == 0) cout << "      ";
        else cout << " " << B[j - 1] << " ";
    }
    cout << endl;

    for (int i = 0; i <= m; ++i) {
        if (i == 0) cout << "      ";
        else cout << A[i - 1] << " ";

        for (int j = 0; j <= n; ++j) {
            cout << setw(2) << dp[i][j] << " ";
        }
        cout << endl;
    }
    cout << endl;
}

// метод печати таблицы LCS
void printLCSTable(const vector<vector<int>>& lcs, const string& A,
const string& B, int m, int n) {

    cout << "\nТаблица значений LCS:\n\n";
    cout << "      ";
    for (int j = 0; j <= n; ++j) {
        if (j == 0) cout << "      ";
        else cout << " " << B[j - 1] << " ";
    }
    cout << endl;

    for (int i = 0; i <= m; ++i) {
        if (i == 0) cout << "      ";
        else cout << A[i - 1] << " ";

        for (int j = 0; j <= n; ++j) {
            cout << setw(2) << lcs[i][j] << " ";
        }
        cout << endl;
    }
}
```

```

    }
    cout << endl;
}

// метод инициализации базовых случаев для динамической таблицы
void initializeBaseCases(vector<vector<int>>& dp, int m, int n, int
delete_cost, int insert_cost) {
    // заполнение первой колонки (число операций удаления символов)
    for (int i = 0; i <= m; ++i)
        dp[i][0] = i * delete_cost; // стоимость удаления i
СИМВОЛОВ

    // заполнение первой (число операций вставки символов)
    for (int j = 0; j <= n; ++j)
        dp[0][j] = j * insert_cost; // стоимость вставки j СИМВОЛОВ
}

// метод вычисления редакционного расстояния между строками A и B
void computeEditDistance(vector<vector<int>>& dp, const string& A,
const string& B, int replace_cost, int insert_cost, int delete_cost, int
m, int n) {

    // применяем правило треугольника
    replace_cost = min(replace_cost, delete_cost + insert_cost);

    cout << "\nНачинаем вычисление редакционного расстояния:\n";

    // заполнение таблицы для хранения стоимости редактирования
    for (int i = 1; i <= m; ++i) {
        for (int j = 1; j <= n; ++j) {

            // если текущие символы совпадают
            if (A[i - 1] == B[j - 1]) {
                dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1]; // стоимость остается
прежней

                cout << "dp[" << i << "][" << j << "] (" << A[i -
1] << " == " << B[j - 1] << ") = dp[" << (i - 1) << "][" << (j - 1) << "]
= " << dp[i][j] << endl;

            } else {

                // выбор минимальной стоимости из трех возможных
операций
                dp[i][j] = min({
                    dp[i - 1][j - 1] + replace_cost, // стоимость
замены символа
                    dp[i][j - 1] + insert_cost, // стоимость
вставки символа
                    dp[i - 1][j] + delete_cost // стоимость
удаления символа
                });

                cout << "dp[" << i << "][" << j << "] (replace " <<
A[i - 1] << " -> " << B[j - 1]
                    << ") = min(replace=" << dp[i - 1][j - 1] +
replace_cost
                    << ", insert=" << dp[i][j - 1] + insert_cost

```



```

        << ", delete=" << dp[i - 1][j] + delete_cost
        << ") = " << dp[i][j] << endl;
    }
}

printDPTable(dp, A, B, m, n);
}

// функция вычисление длины наибольшей общей подпоследовательности
int computeLCSLength(const string& A, const string& B, int m, int
n) {

    vector<vector<int>> lcs(m + 1, vector<int>(n + 1, 0)); //
массив для хранения значений LCS

    cout << "\nНачинаем вычисление длины наибольшей общей
подпоследовательности (LCS):\n";

    // заполнение массива для хранения значений LCS
    for (int i = 1; i <= m; ++i) {
        for (int j = 1; j <= n; ++j) {

            // если символы совпадают, увеличиваем длину на 1
            if (A[i - 1] == B[j - 1]) {
                lcs[i][j] = lcs[i - 1][j - 1] + 1;

                cout << "lcs[" << i << "][" << j << "] (match " <<
A[i - 1] << ") = "
                    << "lcs[" << (i - 1) << "][" << (j - 1) << "]
+ 1 = " << lcs[i][j] << endl;

            } else {

                // иначе берем максимум между LCS без текущего
символа A или B
                lcs[i][j] = max(lcs[i - 1][j], lcs[i][j - 1]);

                cout << "lcs[" << i << "][" << j << "] = max("
                    << "lcs[" << (i - 1) << "][" << j << "] = " <<
lcs[i - 1][j] << ", "
                    << "lcs[" << i << "][" << (j - 1) << "] = " <<
lcs[i][j - 1] << ") = "
                    << lcs[i][j] << endl;

            }
        }
    }

    printLCSTable(lcs, A, B, m, n);

    return lcs[m][n];
}

int main() {

    int replace_cost, insert_cost, delete_cost; //
стоимости операций замены, вставки и удаления

```

```

        cin >> replace_cost >> insert_cost >> delete_cost;

        string A, B;    // строки A, B
        cin >> A >> B;

        int m = A.size();           // длина
строки A
        int n = B.size();           // длина
строки B
        vector<vector<int>> dp(m + 1, vector<int>(n + 1)); //
инициализация таблицы для хранения стоимости редактирования

        initializeBaseCases(dp, m, n, delete_cost, insert_cost);
// инициализация базовых случаев
        computeEditDistance(dp, A, B, replace_cost, insert_cost,
delete_cost, m, n); // вычисление расстояния редактирования
        int lcsLength = computeLCSLength(A, B, m, n);
// вычисление длины наибольшей общей подпоследовательности

        cout << "\nРедакционное расстояние: " << dp[m][n] << endl;
        cout << "\nДлина наибольшей подпоследовательности: " <<
lcsLength << endl;

        return 0;
}

```

### Название файла: lr\_3\_1\_2.cpp

```

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

using namespace std;

// метод печати таблицы LCS
void printLCSTable(const vector<vector<int>>& lcs, const string& A,
const string& B, int m, int n) {

    cout << "\nТаблица значений LCS:\n\n";
    cout << "    ";
    for (int j = 0; j <= n; ++j) {
        if (j == 0) cout << "    ";
        else cout << " " << B[j - 1] << " ";
    }
    cout << endl;

    for (int i = 0; i <= m; ++i) {
        if (i == 0) cout << "    ";
        else cout << A[i - 1] << " ";

        for (int j = 0; j <= n; ++j) {
            cout << setw(2) << lcs[i][j] << " ";
        }
        cout << endl;
    }
    cout << endl;
}

```

```

    }

    // функция вычисление длины наибольшей общей подпоследовательности
    int computeLCSLength(const string& A, const string& B, int m, int
n) {

        vector<vector<int>>> lcs(m + 1, vector<int>(n + 1, 0)); //
массив для хранения значений LCS

        cout << "\nНачинаем вычисление длины наибольшей общей
подпоследовательности (LCS):\n";

        // заполнение массива для хранения значений LCS
        for (int i = 1; i <= m; ++i) {
            for (int j = 1; j <= n; ++j) {

                // если символы совпадают, увеличиваем длину на 1
                if (A[i - 1] == B[j - 1]) {
                    lcs[i][j] = lcs[i - 1][j - 1] + 1;

                    cout << "lcs[" << i << "][" << j << "] (match " <<
A[i - 1] << ") = "
                        << "lcs[" << (i - 1) << "][" << (j - 1) << "]
+ 1 = " << lcs[i][j] << endl;

                } else {

                    // иначе берем максимум между LCS без текущего
символа A или B
                    lcs[i][j] = max(lcs[i - 1][j], lcs[i][j - 1]);

                    cout << "lcs[" << i << "][" << j << "] = max("
                        << "lcs[" << (i - 1) << "][" << j << "] = " <<
lcs[i - 1][j] << ", "
                        << "lcs[" << i << "][" << (j - 1) << "] = " <<
lcs[i][j - 1] << ") = "
                        << lcs[i][j] << endl;

                }
            }
        }

        printLCSTable(lcs, A, B, m, n);

        return lcs[m][n];
    }

    // метод инициализации таблицы
    void initializeDP(vector<vector<int>>& dp, vector<vector<char>>&
op, int m, int n, int cost_delete, int cost_insert) {
        // инициализация первой колонки (строка A)
        for (int i = 0; i <= m; ++i) {
            dp[i][0] = i * cost_delete; // стоимость удаления i
символов из A
            if (i > 0) op[i][0] = 'D'; // запоминаем операцию 'D'
(удаление)
        }
        // инициализация первой строки (строка B)
        for (int j = 0; j <= n; ++j) {

```

```

        dp[0][j] = j * cost_insert;    // стоимость вставки j
СИМВОЛОВ в А
        if (j > 0) op[0][j] = 'I';    // запоминаем операцию 'I'
(вставка)
    }
}

// метод заполнения таблицы
void fillDPTable(const string& A, const string& B, int
cost_replace, int cost_insert, int cost_delete, vector<vector<int>>& dp,
vector<vector<char>>& op) {

    int m = A.size(), n = B.size(); // размеры строк A, B

    // проход по всем символам строк A и B
    for (int i = 1; i <= m; ++i) {
        for (int j = 1; j <= n; ++j) {

            cout << "Сравниваем A[" << i - 1 << "] = " << A[i - 1]
<< " и B[" << j - 1 << "] = " << B[j - 1] << "\n";

            // если символы совпадают, цена остается прежней
            if (A[i - 1] == B[j - 1]) {
                dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1];    // операция не
нужна
                op[i][j] = 'M';    // запоминаем
операцию 'M' (совпадение)

                cout << "    Совпадают -> операция: M (match),
стоимость: " << dp[i][j] << "\n";

            } else {

                // расчет стоимости операций
                int r = dp[i - 1][j - 1] + cost_replace; // замена
СИМВОЛА
                int d = dp[i - 1][j] + cost_delete;    //
удаление СИМВОЛА из А
                int ins = dp[i][j - 1] + cost_insert;    // вставка
СИМВОЛА в А

                dp[i][j] = r;    // предполагаем, что замена -
наименьшая стоимость
                op[i][j] = 'R'; // запоминаем операцию замены

                cout << "    Не совпадают -> рассматриваем:\n";
                cout << "        Замена (R): " << r << "\n";
                cout << "        Удаление (D): " << d << "\n";
                cout << "        Вставка (I): " << ins << "\n";

                // если удаление дешевле, обновляем стоимость и
операцию
                if (d < dp[i][j]) {
                    dp[i][j] = d;
                    op[i][j] = 'D'; // запоминаем операцию 'D'
(удаление)
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        // если вставка дешевле, обновляем стоимость и
операцию
        if (ins < dp[i][j]) {
            dp[i][j] = ins;
            op[i][j] = 'I'; // запоминаем операцию 'I'
(вставка)
        }

        cout << "    Выбрана операция: " << op[i][j] << ",
стоимость: " << dp[i][j] << "\n";
    }
    cout << "-----\n";
}
}

// вывод таблицы DP и операций
void printTables(const vector<vector<int>>& dp, const
vector<vector<char>>& op, const string& A, const string& B) {
    int m = A.size(), n = B.size();

    cout << "\nТаблица стоимости операций (dp):\n    ";
    for (int j = 0; j <= n; ++j)
        cout << setw(4) << (j == 0 ? '-' : B[j - 1]);
    cout << "\n";

    for (int i = 0; i <= m; ++i) {
        cout << (i == 0 ? '-' : A[i - 1]) << " ";
        for (int j = 0; j <= n; ++j)
            cout << setw(4) << dp[i][j];
        cout << "\n";
    }

    cout << "\nТаблица операций (op):\n    ";
    for (int j = 0; j <= n; ++j)
        cout << setw(4) << (j == 0 ? '-' : B[j - 1]);
    cout << "\n";

    for (int i = 0; i <= m; ++i) {
        cout << (i == 0 ? '-' : A[i - 1]) << " ";
        for (int j = 0; j <= n; ++j)
            cout << setw(4) << (op[i][j] ? op[i][j] : ' ');
        cout << "\n";
    }
}

// функция восстановления последовательности операций
string reconstructOperations(const vector<vector<char>>& op, int m,
int n) {
    string operations; // строка для хранения последовательности
операций
    int i = m, j = n;

    // восстановление операций (начиная с конца)
    while (i > 0 || j > 0) {
        char action = op[i][j]; // получение текущей операции
        operations += action; // добавление операции в результат
    }
}

```

```

        // переход в предыдущее состояние в зависимости от операции
        switch (action) {
            case 'M': // совпадение
            case 'R': // замена
                --i; // переход к предыдущему
Символу в A
                --j; // переход к предыдущему
Символу в B
                break;
            case 'D': // удаление
                --i; // переход к предыдущему
Символу в A
                break;
            case 'I': // вставка
                --j; // переход к предыдущему
Символу в B
                break;
        }
    }

    // реверс операций, чтобы получить правильный порядок
    reverse(operations.begin(), operations.end());

    return operations;
}

int main() {

    int cost_replace, cost_insert, cost_delete; //
стоимости операций замены, вставки и удаления
    cin >> cost_replace >> cost_insert >> cost_delete;

    string A, B; // строки A, B
    cin >> A >> B;

    int m = A.size(), n = B.size(); // длины строк A, B

    // создание таблиц для хранения стоимости и действий
    vector<vector<int>> dp(m + 1, vector<int>(n + 1));
    vector<vector<char>> op(m + 1, vector<char>(n + 1));

    initializeDP(dp, op, m, n, cost_delete, cost_insert);
// инициализация таблицы
    fillDPTable(A, B, cost_replace, cost_insert, cost_delete, dp,
op); // заполнение таблицы
    string operations = reconstructOperations(op, m, n);
// восстановление последовательности операций
    int lcsLength = computeLCSLength(A, B, m, n);
// вычисление длины наибольшей общей подпоследовательности

    cout << "\nПоследовательность операций: " << operations <<
"\n";
    cout << "Исходная строка A: " << A << "\n";
    cout << "Целевая строка B: " << B << "\n";
    cout << "Длина наибольшей подпоследовательности: " << lcsLength
<< endl;

    return 0;
}

```

```
}
```

### Название файла: lr\_3\_2.cpp

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

using namespace std;

// метод печати таблицы LCS
void printLCSTable(const vector<vector<int>>& lcs, const string& A,
const string& B, int m, int n) {

    cout << "\nТаблица значений LCS:\n\n";
    cout << "      ";
    for (int j = 0; j <= n; ++j) {
        if (j == 0) cout << "    ";
        else cout << " " << B[j - 1] << " ";
    }
    cout << endl;

    for (int i = 0; i <= m; ++i) {
        if (i == 0) cout << "    ";
        else cout << A[i - 1] << " ";

        for (int j = 0; j <= n; ++j) {
            cout << setw(2) << lcs[i][j] << " ";
        }
        cout << endl;
    }
    cout << endl;
}

// функция вычисление длины наибольшей общей подпоследовательности
int computeLCSLength(const string& A, const string& B, int m, int
n) {

    vector<vector<int>> lcs(m + 1, vector<int>(n + 1, 0)); //
массив для хранения значений LCS

    cout << " \nНачинаем вычисление длины наибольшей общей
подпоследовательности (LCS):\n";

    // заполнение массива для хранения значений LCS
    for (int i = 1; i <= m; ++i) {
        for (int j = 1; j <= n; ++j) {

            // если символы совпадают, увеличиваем длину на 1
            if (A[i - 1] == B[j - 1]) {
                lcs[i][j] = lcs[i - 1][j - 1] + 1;

                cout << "lcs[" << i << "][" << j << "] (match " <<
A[i - 1] << ") = "
                    << "lcs[" << (i - 1) << "][" << (j - 1) << "]
+ 1 = " << lcs[i][j] << endl;
            }
        }
    }
}
```

```

        } else {

            // иначе берем максимум между LCS без текущего
символа A или B
            lcs[i][j] = max(lcs[i - 1][j], lcs[i][j - 1]);

            cout << "lcs[" << i << "][" << j << "] = max("
                << "lcs[" << (i - 1) << "][" << j << "] = " <<
lcs[i - 1][j] << ", "
                << "lcs[" << i << "][" << (j - 1) << "] = " <<
lcs[i][j - 1] << ") = "
                << lcs[i][j] << endl;
        }
    }
}

printLCSTable(lcs, A, B, m, n);

return lcs[m][n];
}

// Функция для вывода таблицы расстояний
void printDPTable(const vector<vector<int>>& dp, const string& S,
const string& T) {
    int m = S.size();
    int n = T.size();

    cout << "\nТаблица расстояний (dp):\n\n";

    // Верхняя строка — символы строки T
    cout << setw(4) << " ";
    cout << setw(4) << "' '"; // пустой символ перед T
    for (char c : T)
        cout << setw(4) << c;
    cout << endl;

    // Вся таблица
    for (int i = 0; i <= m; ++i) {
        if (i == 0)
            cout << setw(4) << "' '"; // пустой символ перед S
        else
            cout << setw(4) << S[i - 1];

        for (int j = 0; j <= n; ++j) {
            cout << setw(4) << dp[i][j];
        }
        cout << endl;
    }
    cout << endl;
}

// метод инициализации таблицы
void initializeDP(vector<vector<int>>& dp, int m, int n) {
    // первая строка соответствует расстоянию от пустой строки T к
префиксам строки S
    for (int i = 0; i <= m; ++i) dp[i][0] = i; // расстояние до
пустой строки T

```



```

        // первая колонка соответствует расстоянию от пустой строки S к
префиксам строки T
        for (int j = 0; j <= n; ++j) dp[0][j] = j; // расстояние до
пустой строки S
    }

    // метод заполнения таблицы расстояний Левенштейна
    void fillDPTable(const string& S, const string& T,
vector<vector<int>>& dp) {

        int m = S.size(), n = T.size(); // длины строк A и B

        // заполнение таблицы
        for (int i = 1; i <= m; ++i) {
            for (int j = 1; j <= n; ++j) {

                cout << "Сравниваем S[" << i - 1 << "] = " << S[i - 1]
<< " и T[" << j - 1 << "] = " << T[j - 1] << "\n";

                // если текущие символы совпадают, переносим значение
диагонально
                if (S[i - 1] == T[j - 1]) {
                    dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1];

                    cout << " Совпадают -> операция: M (match),
стоимость: " << dp[i][j] << "\n";

                } else {

                    // берем минимум из трех операций: удаление,
вставка, замена
                    dp[i][j] = min({
                        dp[i - 1][j] + 1, // удаление (S[i-1] не
учитываем)
                        dp[i][j - 1] + 1, // вставка (добавляем
T[j-1] к S)
                        dp[i - 1][j - 1] + 1 // замена (заменяем S[i-
1] на T[j-1])
                    });

                    cout << " Не совпадают -> рассматриваем:\n";
                    cout << " Удаление (D): " << dp[i - 1][j] + 1 <<
"\n";
                    cout << " Вставка (I): " << dp[i][j - 1] + 1 <<
"\n";
                    cout << " Замена (R): " << dp[i - 1][j - 1] + 1
<< "\n";

                    char op;
                    if (dp[i][j] == dp[i - 1][j - 1] + 1)
                        op = 'R';
                    else if (dp[i][j] == dp[i - 1][j] + 1)
                        op = 'D';
                    else
                        op = 'I';
                }
            }
        }
    }

```

```

        cout << "      Выбрана операция: " << op << ",
стоимость: " << dp[i][j] << "\n";
    }
    cout << "-----\n";
}

printDPTable(dp, S, T);
}

int main() {
    string S, T;
    cin >> S >> T;

    int m = S.size(); // длина строки S
    int n = T.size(); // длина строки T

    vector<vector<int>> dp(m + 1, vector<int>(n + 1)); // таблица
для хранения расстояний
    initializeDP(dp, m, n); //
инициализация таблицы
    fillDPTable(S, T, dp); //
заполнение таблицы расстояний
    int lcsLength = computeLCSLength(S, T, m, n); //
вычисление длины наибольшей общей подпоследовательности

    cout << "Расстояние Левенштейна между \"" << S << "\" и \"" <<
T << "\" = " << dp[m][n] << endl;
    cout << "Длина наибольшей подпоследовательности: " << lcsLength
<< endl;

    return 0;
}

```