МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. Э. БАУМАНА

УДК ______
№ госрегистрации ______
Инв. №______

УТВЕРЖДАЮ

____
головной исполнитель НИР

__________________________ ___________

«______» ____________________ 2019 г.

ОТЧЁТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ"
О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1
по теме:
"Расстояние Левенштейна и Дамерау-Левенштейна"
(промежуточный)

Студент ИУ7-53Б ___ Пудов Дмитрий Юрьевич

Москва 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: изучение метода динамического программирования на материале алгоритмов Левенштейна и Дамерау-Левенштейна.

Постановка задачи:

- изучить метод метод динамического программирования на материала алгоритмов Левенштейна и Дамерау-Левенштейна;
- применить его;
- получить практические навыки реализации указанных алгоритмов.

1 Аналитическая часть

В данной части будут описаны суть задач нахождения расстояния Левенштейна и Дамерау-Левенштейна, а также математические способы их решения.

Поиск расстояния Левенштейна заключается в определении минимального количества редакционных операций (вставка, удаление, замена одного символа) необходимых для трансформации одной строки в другую.

В задаче о расстоянии Дамерау-Левенштейна во множество редакционных операций добавляется транспозиция - перестановка двух соседних символов.

1.1 Описание алгоритмов

Пусть a и b - строки над некоторым алфавитом длины M и N соответственно. Тогда расстояние Левенштейна определяется формулой $d(a, b) = D(M, N)$, где

$$D(i,j) = \begin{cases} 0 & i = 0, j = 0 \\ i & j = 0, i > 0 \\ j & i = 0, j > 0 \\ D(i-1, j-1) & a[i] = b[j] \\ min(& \\ D(i, j-1) + 1 & \\ D(i-1, j) + 1 & \\ D(i-1, j-1) + 1 & \\ ) & j > 0, i > 0, a[i] \neq b[j] \end{cases}$$

Расстояние Дамерау-Левенштейна для данных строк определяется как $d(a, b) = D(M, N)$, где

$$D(i,j) = \begin{cases} max(i,j) & min(i,j) = 0 \\ min\begin{cases} D(i,j)+1 \\ D(i,j-1)+1 \\ D(i-1,j-1)+1_{a[i]\neq b[j]} \\ D(i-2,j-2)+1 \end{cases} & i > 1 \text{ и } j > 1 \\ \text{ и } a[i] = b[j-1] \text{ и } a[i-1] = b[j] & \\ min\begin{cases} D(i-1,j)+1 \\ D(i,j-1)+1 \\ D(i-1,j-1)+1_{a[i]\neq b[j]} \end{cases} & \text{иначе.} \end{cases}$$

2 Конструкторская часть

В данной части будут приведены схемы алгоритмов Левенштейна в рекурсивной и матричной реализации и Дамерау-Левенштейна.

2.1 Разработка алгоритмов

Далее указаны разработанные схемы алгоритмов Левенштейна и Дамерау-Левенштейна. Будем считать, что известны следующие функции: определения длины строки, поиска максимума и минимума среди нескольких чисел. Для матричных реализаций требуется наличие функции, динамически выделяющей память.

На рис. 2.1 представлена схема алгоритма определения расстояния Левенштейна в рекурсивной реализации.

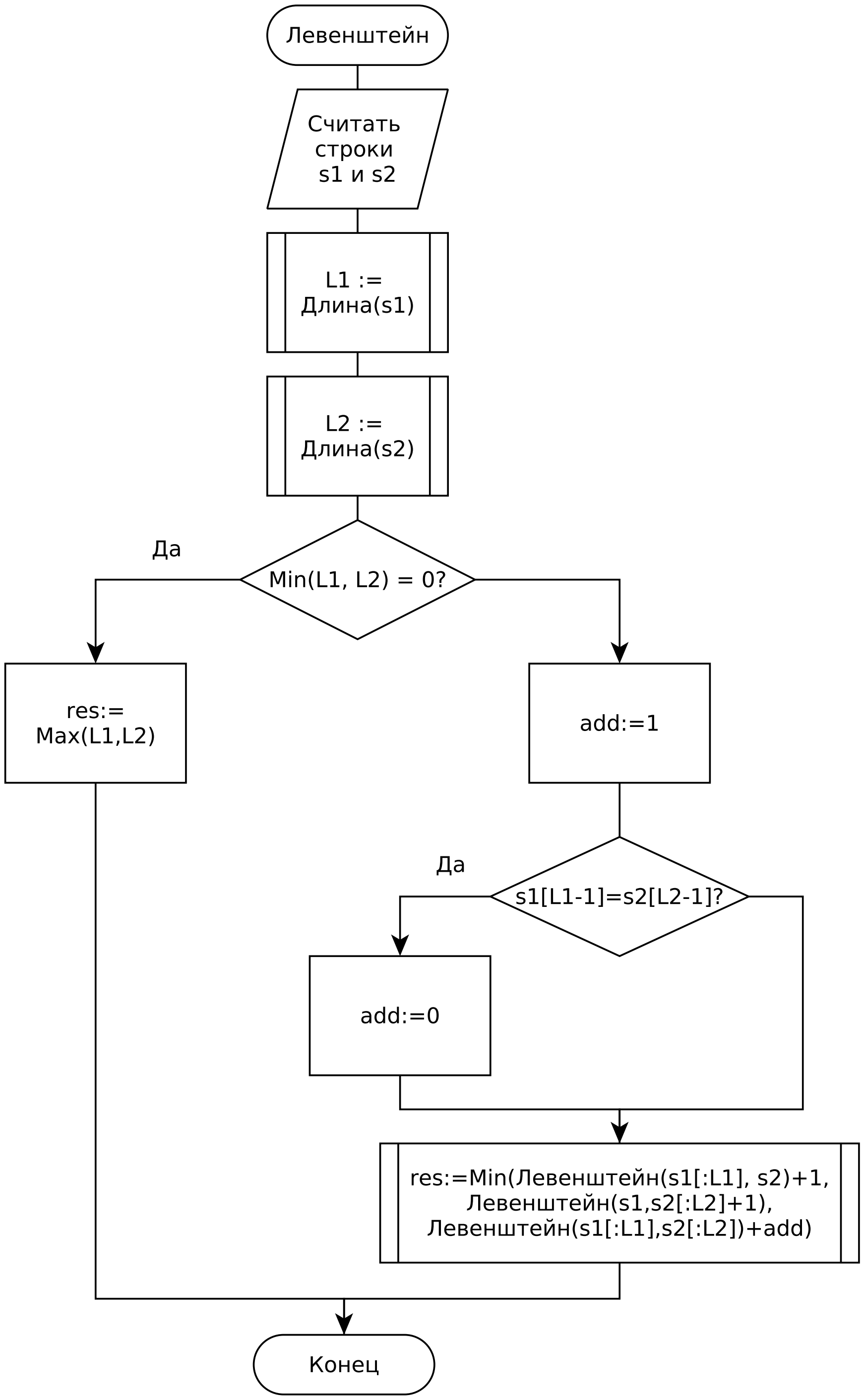


Рисунок 2.1 — Схема алгоритма определения расстояния Левенштейна в рекурсивной реализации.

На рис. 2.2 и на рис. 2.3 представлена 1 часть схемы алгоритма определения расстояния Левенштейна в матричной реализации.

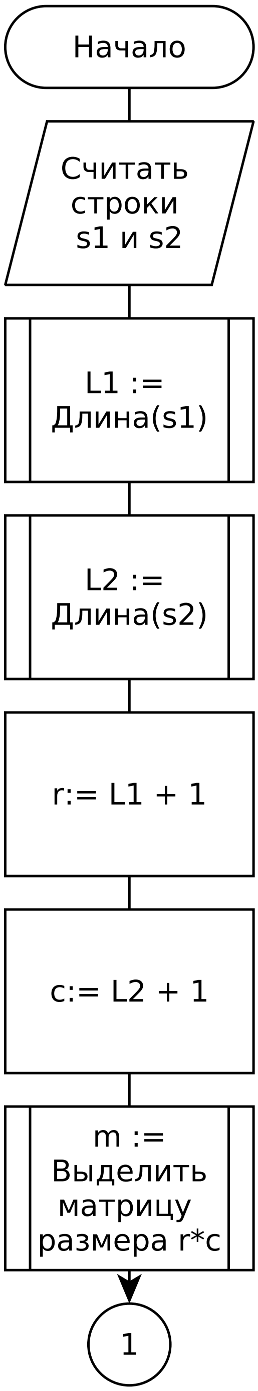


Рисунок 2.2 — Схема алгоритма определения расстояния Левенштейна в матричной реализации. Часть 1.

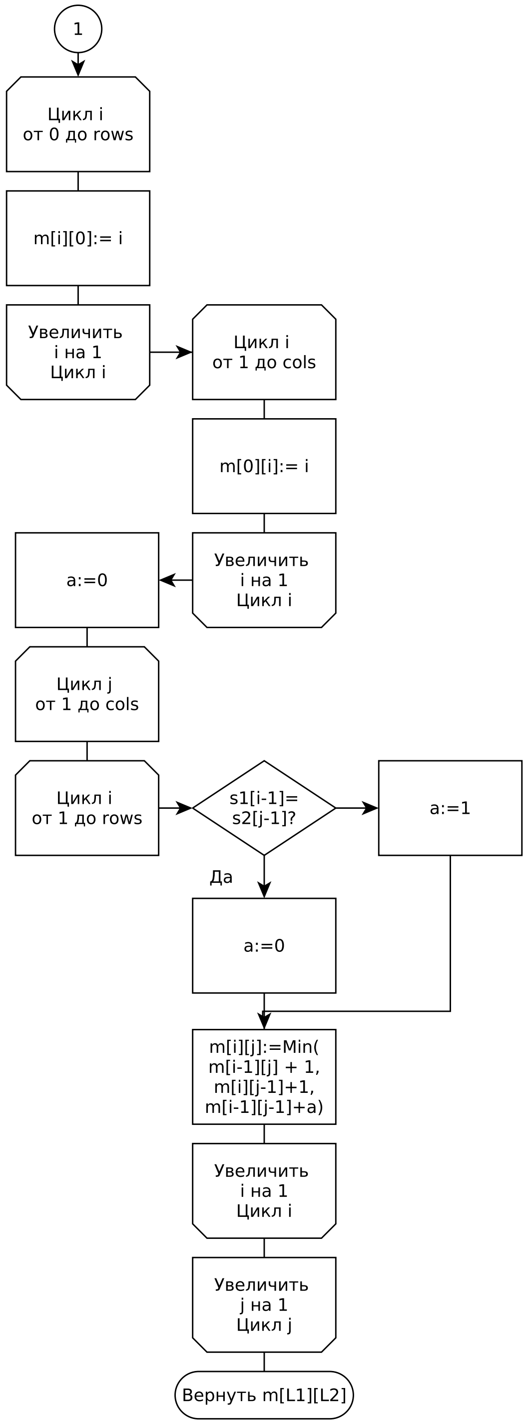


Рисунок 2.3 — Схема алгоритма определения расстояния Левенштейна в матричной реализации. Часть 2.

На рис. 2.4 и рис. 2.5 представлена схема алгоритма определения расстояния Дамерау-Левенштейна в матричной реализации.

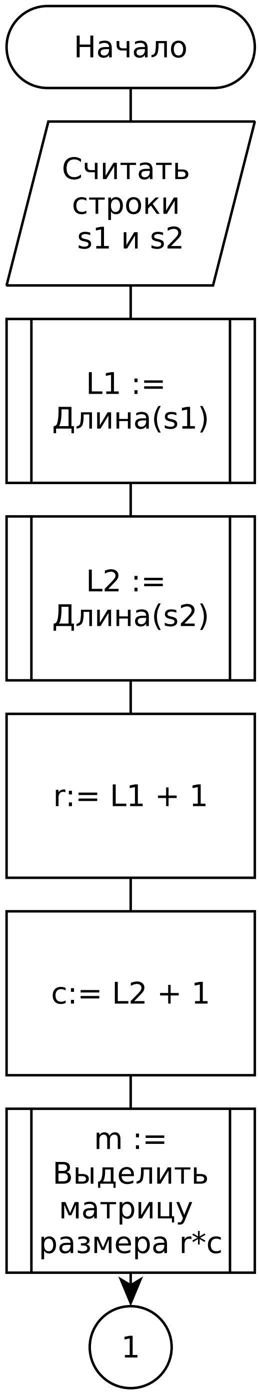


Рисунок 2.4 — Схема алгоритма определения расстояния Дамерау-Левенштейна. Часть 1.

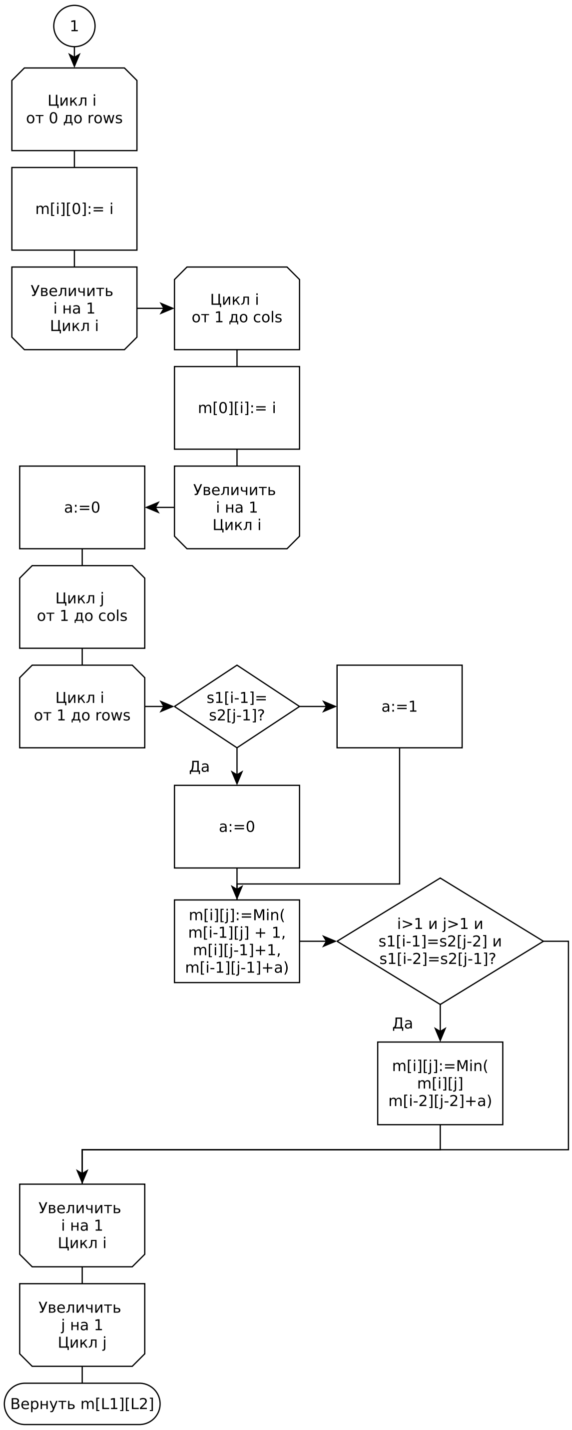


Рисунок 2.5 — Схема алгоритма определения расстояния Дамерау-Левенштейна. Часть 2.

2.2 Сравнительный анализ рекурсивной и нерекурсивной реализаций

Рекурсивная реализация по сравнению с матричной будет иметь большую сложность. В матричной количество итераций заранее известно и будет равно $m * n$, где m - число строк, а n -число столбцов.

При этом в рекурсивной версии сложность может достигать $3^{max(m,n)}$, так как на каждый вызов функции может требоваться ещё 3. При этом в данном дереве рекурсии на некоторых ветвях будут производится повторные вычисления, что неэффективно.

3 Технологическая часть

В данной части будет описан подход для программной реализации ранее указанных алгоритмов.

3.1 Требования к программному обеспечению

Разработанное ПО должно предоставлять возможность замеров процессорного времени выполнения каждого алгоритма. Требуется вводить 2 строки и выводить матрицу (кроме рекурсивной реализации) и значения расстояний, полученных различными реализациями.

3.2 Средства реализации

Для реализации ПО был выбран язык Go, поскольку в его основном пакете присутствуют удобные средства замера процессорного времени и памяти модуля testing.

3.3 Листинг кода

В данном разделе приведены листинги реализаций ранее указанных алгоритмов на языке Go.

Листинг 3.1 — Матричная версия алгоритма Дамерау-Левенштейна

```
func LevenshteinDamerau(first string, second string) (int, [][] int) {
    lenFirst := len(first)
    lenSecond := len(second)
    rows := lenFirst + 1
    cols := lenSecond + 1
    matrix := allocateMatrix(rows, cols)

    for i := 0; i < rows; i++ {
        matrix[i][0] = i
    }
    for i := 1; i < cols; i++ {
        matrix[0][i] = i
    }

    add := 0
```

```
    for j := 1; j < cols; j++ {
        for i := 1; i < rows; i++ {
            if first[i-1] == second[j-1] {
                add = 0
            } else {
                add = 1
            }
            matrix[i][j] = MinThree(matrix[i-1][j]+1,
                matrix[i][j-1]+1,
                matrix[i-1][j-1]+add)

            if i > 1 && j > 1 && first[i-1] == second[j-2] && first[i-2] ==
               second[j-1] {
                matrix[i][j] = Min(matrix[i][j], matrix[i-2][j-2]+add)
            }
        }
    }

    return matrix[lenFirst][lenSecond], matrix
}
```

Листинг 3.2 — Матричная реализация алгоритма Левенштейна

```
func LevenshteinIterative(first string, second string) (int, [][]int) {
    lenFirst := len(first)
    lenSecond := len(second)
    rows := lenFirst + 1
    cols := lenSecond + 1
    matrix := allocateMatrix(rows, cols)

    for i := 0; i < rows; i++ {
        matrix[i][0] = i
    }
    for i := 1; i < cols; i++ {
        matrix[0][i] = i
    }

    add := 0
    for j := 1; j < cols; j++ {
        for i := 1; i < rows; i++ {
            if first[i-1] == second[j-1] {
                add = 0
            } else {
                add = 1
            }
            matrix[i][j] = MinThree(matrix[i-1][j]+1,
                matrix[i][j-1]+1,
```

```
                    matrix[i-1][j-1]+add)
            }
        }

        return matrix[lenFirst][lenSecond], matrix
}
```

Листинг 3.3 — Рекурсивная версия алгоритма Левенштейна

```
func LevenshteinRecursive(first string, second string) int {
        lenFirst := len(first)
        lenSecond := len(second)
        if Min(lenFirst, lenSecond) == 0 {
            return Max(lenFirst, lenSecond)
        } else {
            add := 1
            if first[lenFirst-1] == second[lenSecond-1] {
                add = 0
            }

            return MinThree(
                LevenshteinRecursive(first[:lenFirst-1], second)+1,
                LevenshteinRecursive(first, second[:lenSecond-1])+1,
                LevenshteinRecursive(first[:lenFirst-1],
                    second[:lenSecond-1])+add)
        }
}
```

Листинг 3.4 — Оптимизированная версия рекурсивного алгоритма Левенштейна

```
func levenshteinRecursiveModule(first, second string, result, minval int)
    int {
        lenFirst := len(first)
        lenSecond := len(second)
        if result >= minval {
            return minval
        } else if lenFirst == 0 {
            return result +lenSecond
        } else if lenSecond == 0 {
            return result + lenFirst
        } else {
            add := 1
            if first[lenFirst-1] == second[lenSecond-1] {
                add = 0
            }
            r1 := levenshteinRecursiveModule(first[:lenFirst-1],
                second[:lenSecond-1], result+add, minval)
```

```
        r2 := levenshteinRecursiveModule(first, second[:lenSecond-1],
            result+1, Min(r1, minval))
        r3 := levenshteinRecursiveModule(first[:lenFirst-1], second,
            result+1, MinThree(r1, r2, minval))
        return MinThree(r1, r2, r3)
    }
}

func LevenshteinRecursiveOptimized(first string, second string) int {
    minval := Max(len(first), len(second))
    result := 0
    return levenshteinRecursiveModule(first, second, result, minval)
}
```

3.4 Описание тестирования

Тестирование будет проведено для каждой из реализаций со следующими входными данными:

— пустых строки;

— идентичные строки;

— строки одинаковой длины, но с разными символами;

— строки различной длины, но отличных лишь в некотором числе вставок или удалений символа;

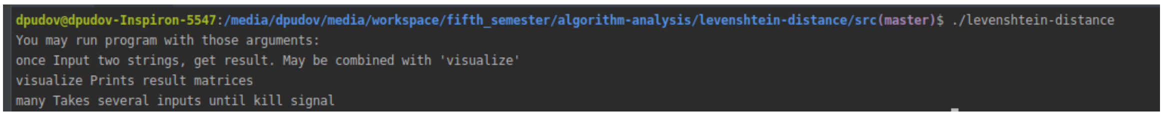
— строки различной длины и требующих замены символа.

4 Экспериментальная часть

В данной части будет проведена апробация и тестирование разработанной программы.

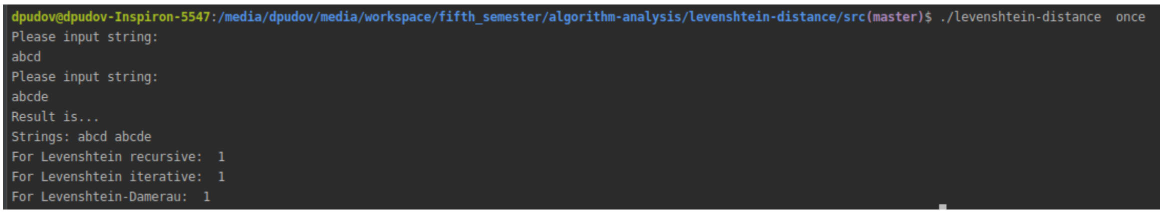
4.1 Примеры работы

Программа имеет консольный интерфейс. Далее будут приведены скриншоты.



```
dpudov@dpudov-Inspiron-5547:/media/dpudov/media/workspace/fifth_semester/algorithm-analysis/levenshtein-distance/src(master)$ ./levenshtein-distance
You may run program with those arguments:
once Input two strings, get result. May be combined with 'visualize'
visualize Prints result matrices
many Takes several inputs until kill signal
```

Рисунок 4.1 — Использование программы.



```
dpudov@dpudov-Inspiron-5547:/media/dpudov/media/workspace/fifth_semester/algorithm-analysis/levenshtein-distance/src(master)$ ./levenshtein-distance  once
Please input string:
abcd
Please input string:
abcde
Result is...
Strings: abcd abcde
For Levenshtein recursive:  1
For Levenshtein iterative:  1
For Levenshtein-Damerau:  1
```

Рисунок 4.2 — Однократное использование.

```
dpudov@dpudov-Inspiron-5547:/media/dpudov/media/workspace/fifth_semester/algorithm-analysis/levenshtein-distance/src(master)$ ./levenshtein-distance  once visualize
Please input string:
abcd
Please input string:
abcde
Result is...
Strings: abcd abcde
For Levenshtein recursive:  1
For Levenshtein iterative:  1
s1/s2 a b c d e
    0 1 2 3 4 5
a   1 0 1 2 3 4
b   2 1 0 1 2 3
c   3 2 1 0 1 2
d   4 3 2 1 0 1
For Levenshtein-Damerau:  1
s1/s2 a b c d e
    0 1 2 3 4 5
a   1 0 1 2 3 4
b   2 1 0 1 2 3
c   3 2 1 0 1 2
d   4 3 2 1 0 1
```

Рисунок 4.3 — Использование с выводом матриц.

4.2 Результаты тестирования

4.3 Постановка эксперимента по замеру времени и памяти

4.4 Сравнительный анализ на материале экспериментальных данных

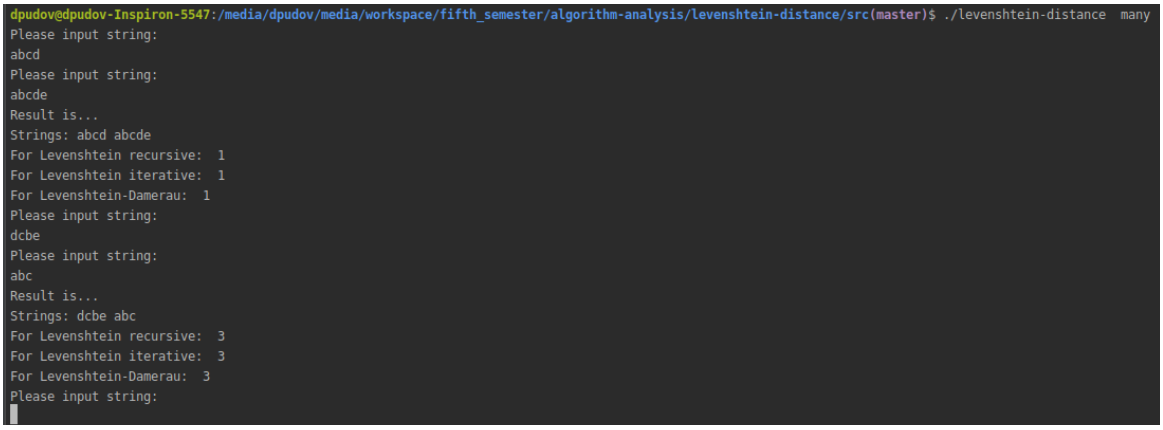


Рисунок 4.4 — Многократное использование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ