

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра автоматизованих систем обробки інформації
і управління

Звіт

з лабораторної роботи № 4 з дисципліни
«Алгоритми та структури даних 2. Структури даних»

«Прикладні задачі теорії графів ч.2»

Виконав(ла)

ІП-13 Шиманська Ганна Артурівна

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірів

Сопов Олексій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2022

ЗМІСТ

1	МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	3
2	ЗАВДАННЯ	4
3	ВИКОНАННЯ.....	8
3.1	ПСЕВДОКОД АЛГОРИТМУ	8
3.2	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ	8
3.2.1	<i>Вихідний код</i>	8
	ВИСНОВОК	10
	КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	11

1 МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – вивчити додаткові прикладні алгоритми на графах та способи їх імплементації.

2 ЗАВДАННЯ

Згідно варіанту (таблиця 2.1), розробити та записати алгоритм задачі на графах за допомогою псевдокоду (чи іншого способу за вибором).

Виконати програмну реалізацію алгоритму на будь-якій мові програмування для довільного графа, передбачити введення розмірності графа та введення даних графа вручну чи випадковим чином.

Для самостійно обраного графа (розмірності не менше 7 вершин) розв'язати задану за варіантом задачу вручну.

Зробити узагальнений висновок з лабораторної роботи, у якому порівняти програмне та ручне розв'язання задачі.

Таблиця 2.1 – Варіанти алгоритмів

№	Задача	Алгоритм	Спосіб задання мережі
1	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
2	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
3	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
4	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
5	Задача визначення збільшуючого ланцюга	За означенням	Ортграф, матриця вагів, типи дуг
6	Задача про максимальний потік	Форда - Фалкерсона	Ортграф, матриця вагів
7	Задача про	Едмондса - Карпа	Ортграф, матриця

	максимальний потік		вагів
8	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
9	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
10	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
11	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
12	Задача визначення збільшуючого ланцюга	За означенням	Ортграф, матриця вагів, типи дуг
13	Задача про максимальний потік	Форда - Фалкерсона	Ортграф, матриця вагів
14	Задача про максимальний потік	Едмондса - Карпа	Ортграф, матриця вагів
15	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
16	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
17	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
18	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
19	Задача визначення	За означенням	Ортграф, матриця

	збільшуючого ланцюга		вагів, типи дуг
20	Задача про максимальний потік	Форда - Фалкерсона	Ортграф, матриця вагів
21	Задача про максимальний потік	Едмондса - Карпа	Ортграф, матриця вагів
22	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
23	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
24	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
25	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
26	Задача визначення збільшуючого ланцюга	За означенням	Ортграф, матриця вагів, типи дуг
27	Задача про максимальний потік	Форда - Фалкерсона	Ортграф, матриця вагів
28	Задача про максимальний потік	Едмондса - Карпа	Ортграф, матриця вагів
29	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів

30	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
31	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
32	Пошук усіх найкоротших шляхів	Данцига (зовнішній спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів
33	Задача визначення збільшуючого ланцюга	За означенням	Ортграф, матриця вагів, типи дуг
34	Задача про максимальний потік	Форда - Фалкерсона	Ортграф, матриця вагів
35	Задача про максимальний потік	Едмондса - Карпа	Ортграф, матриця вагів
36	Пошук усіх найкоротших шляхів	Флойда-Уоршелла (вбудований спосіб визначення шляхів)	Ортграф, матриця вагів

3 ВИКОНАННЯ

3.1 Псевдокод алгоритму

Функція GetPathMatrix(matrix)

pathMatrix[matrix.GetLength(0), matrix.GetLength(1)]

для i = 0; i < pathMatrix.GetLength(0); i++ **повторити**

для j = 0; j < pathMatrix.GetLength(1); j++ **повторити**

якщо matrix[i, j] is > 0 and < int.MaxValue/2

то

pathMatrix[i, j] = i

все якщо

все повторити

все повторити

для m = 0; m < matrix.GetLength(0); m++ **повторити**

для i = 0; i < matrix.GetLength(0); i++ **повторити**

якщо i == m

то

продовжити

все якщо

для j = 0; j < matrix.GetLength(1) ; j++ **повторити**

якщо i == j || j == m

то

продовжити

все якщо

якщо matrix[i, m] + matrix[m, j] < matrix[i, j]

то

pathMatrix[i, j] = m

matrix[i, j] = matrix[i, m] + matrix[m, j]

все якщо

все повторити

все повторити
все повторити
повернути pathMatrix

3.2 Програмна реалізація алгоритму

3.2.1 Вихідний код

```
using System;

namespace Lab4
{
    public class InputOperations
    {
        public static int GetDimensions()
        {
            while (true)
            {
                Console.WriteLine("Enter your graph size");
                string input = Console.ReadLine();
                if (int.TryParse(input, out int x))
                {
                    return x;
                }
            }
        }

        public static bool IsRandomized()
        {
            Console.WriteLine("Do you want to fill the matrix randomly (r) or manually (m) ? ");
            while (true)
            {
                string answer = Console.ReadLine();
                if (answer == "r")
                {
                    return true;
                }

                if (answer == "m")
                {
                    return false;
                }

                Console.WriteLine("Incorrect input. Try again...");
            }
        }

        public static int[,] GetManualInput(int n)
        {
            int[,] matrix = new int[n, n];
            for (int i = 0; i < n; i++)
            {
                for (int j = 0; j < n; j++)
                {
                    matrix[i, j] = int.MaxValue;
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        while (true)
        {
            Console.WriteLine($"Enter adjacent vertice's number to vertice {i +
1}:");
            string input = Console.ReadLine();
            if (string.IsNullOrEmpty(input)) break;
            if (int.TryParse(input, out int adjacentVertice) && adjacentVertice <= n
&& adjacentVertice > 0)
            {
                if (adjacentVertice == i)
                {
                    Console.WriteLine("Distance must be 0");
                    continue;
                }
                while (true)
                {
                    Console.WriteLine($"Enter your distance between {i+1} and
{adjacentVertice} ");
                    string distanceInput = Console.ReadLine();
                    if (int.TryParse(distanceInput, out int distance))
                    {
                        matrix[i, adjacentVertice-1] = distance;
                        break;
                    }
                    Console.WriteLine("Incorrect input");
                }
            }
            else Console.WriteLine("Incorrect input");
        }
    }

    return matrix;
}

public static (int, int) GetEntryPointsIndexes(int verticeNumber)
{
    Console.WriteLine("Enter startpoint and endpoint indexes, separated by
',' : ");
    while (true)
    {
        string input = Console.ReadLine();
        string[] points = input.Split(",");
        if (points.Length == 2 && int.TryParse(points[0], out int startPoint)
&& int.TryParse(points[1], out int endPoint)
            && startPoint > 0 && startPoint < verticeNumber && endPoint > 0
&& endPoint < verticeNumber)
        {
            return (startPoint-1, endPoint-1);
        }
        Console.WriteLine("Incorrect input");
    }
}
}

```

```

using System;

namespace Lab4
{
    public class MatrixRandomizer
    {
        public static int[,] CreateRandomMatrix(int n)
        {

```

```

        Random rand = new Random();
        int[,] matrix = new int[n, n];
        for (int i = 0; i < n; i++)
        {
            for (int j = 0; j < n; j++)
            {
                if (i == j) matrix[i, j] = 0;
                else matrix[i, j] = rand.Next(2) == 0 ? rand.Next(10, 50) :
Int32.MaxValue/2;
            }
        }
        return matrix;
    }
}

```

```

using System;
using System.IO;

namespace Lab4
{
    public class FloydWarshallAlgorithm
    {
        public static int[,] GetPathMatrix(ref int[,] matrix)
        {
            int[,] pathMatrix = new int[matrix.GetLength(0), matrix.GetLength(1)];
            for (int i = 0; i < pathMatrix.GetLength(0); i++)
            {
                for (int j = 0; j < pathMatrix.GetLength(1) ; j++)
                {
                    if (matrix[i, j] is > 0 and < int.MaxValue/2) pathMatrix[i, j] =
i;
                }
            }
            for (int m = 0; m < matrix.GetLength(0); m++)
            {
                for (int i = 0; i < matrix.GetLength(0); i++)
                {
                    if (i == m) continue;
                    for (int j = 0; j < matrix.GetLength(1) ; j++)
                    {
                        if(i == j || j == m) continue;
                        if (matrix[i, m] + matrix[m, j] < matrix[i, j])
                        {
                            pathMatrix[i, j] = m;
                            matrix[i, j] = matrix[i, m] + matrix[m, j];
                        }
                    }
                }
            }
            return pathMatrix;
        }
    }
}

```

```

using System;

namespace Lab4
{
    public class DisplayOperations
    {
        public static void DisplayMatrix(int[,] matrix)
        {
            for (int i = 0; i < matrix.GetLength(0); i++)

```

```

        {
            for (int j = 0; j < matrix.GetLength(1); j++)
            {
                Console.Write((matrix[i, j] ==
int.MaxValue/2?"inf":{"matrix[i, j], -3}") + " ");
            }

            Console.WriteLine();
        }
    }

    public static string TracePath(int[,] pathMatrix, int startPoint, int
endPoint)
    {
        if (pathMatrix[startPoint, endPoint] >= Int32.MaxValue / 2) return "";
        string path = (endPoint+1).ToString();
        int iterativeVertice = endPoint;
        while (iterativeVertice!=startPoint)
        {
            iterativeVertice = pathMatrix[startPoint, iterativeVertice];
            path = (iterativeVertice + 1) + " -> " + path;
        }

        return path;
    }
}

```

```

using System;

namespace Lab4
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            int n = InputOperations.GetDimensions();
            int[,] matrix;
            if (InputOperations.IsRandomized())
            {
                matrix = MatrixRandomizer.CreateRandomMatrix(n);
            }
            else
            {
                matrix = InputOperations.GetManualInput(n);
            }
            DisplayOperations.DisplayMatrix(matrix);
            int[,] pathMatrix = FloydWarshallAlgorithm.GetPathMatrix(ref matrix);
            Console.WriteLine("New matrix:");
            DisplayOperations.DisplayMatrix(matrix);
            (int startPoint, int endPoint) = InputOperations.GetEntryPointsIndexes(n);
            if (matrix[startPoint, endPoint] < Int32.MaxValue / 2)
            {
                Console.WriteLine($"Distance is {matrix[startPoint, endPoint]}");
                Console.WriteLine("Path: "+DisplayOperations.TracePath(pathMatrix,
startPoint, endPoint));
            }
            else Console.WriteLine("No path found..");
        }
    }
}

```

3.2.2 Приклад роботи

На рисунках 3.1 і 3.2 показані приклади роботи програми для графів на 7 і 15 вершин відповідно.

```
Enter your graph size
7
Do you want to fill the matrix randomly (r) or manually (m) ?
r
0   inf 13  48  43  10  18
inf 0   14  46  inf 32  47
inf inf 0   11  30  inf inf
inf inf 30  0   inf 20  18
29 29  inf 37  0   inf 29
inf 13  inf 20  14  0   13
34  inf inf inf 33  inf 0
New matrix:
0   23  13  24  24  10  18
73  0   14  25  44  32  43
59  44  0   11  30  31  29
52  33  30  0   34  20  18
29  29  42  37  0   39  29
43  13  27  20  14  0   13
34  57  47  58  33  44  0
Enter startpoint and endpoint indexes, separated by ',':
1,6
Distance is 10
Path: 1 -> 6
```

Рисунок 3.1 – Приклад роботи програми для 7 вершин

```

Enter your graph size
15
Do you want to fill the matrix randomly (r) or manually (m) ?
r
0   inf inf inf 31   inf inf 48   inf inf 14   inf inf inf 11
38  0   44   inf inf 20   inf 25   inf inf 35   16   inf inf 39
22  inf 0    inf 37   inf 30   inf 40   inf inf inf 41   inf 23
39  12  48  0    inf inf 33   11   inf 48   35   33   inf 43   43
13  29  inf inf 0    31   inf 28   10   inf inf 14   25   inf 16
inf 47  inf inf inf 0    12   27   27   inf 40   44   19   inf 41
inf inf 10  inf 44   inf 0    28   inf 19   32   13   inf 38   inf
13  inf inf inf inf inf 28  37   0    45   24   17   inf 15   26   44
inf inf inf inf inf inf 31  inf 0    inf inf inf 42   48   inf
inf 22  inf 15  36  46  32  31  inf 0    18   inf inf inf inf
inf inf inf 41  18  inf inf 26  29  13  0    inf 34   inf inf
24  inf inf inf inf inf 23  inf 12  18  inf 34  0    35  42   inf
15  inf 25  inf 27  14  17  40  44  16  22  inf 0    inf inf
10  inf inf 29  28  45  inf inf 21  inf inf 43   inf 0    inf
47  14  14  inf 29  30  29  19  inf 42  48  inf inf inf 0

```

New matrix:

```

0   25  25  42  31  41  40  30  41  27  14  41  45  56  11
38  0   42  63  53  20  32  25  34  48  35  16  39  51  39
22  37  0   64  37  53  30  42  40  49  36  43  41  68  23
24  12  43  0   46  32  33  11  46  35  28  28  26  37  35
13  29  30  55  0   31  41  26  10  40  27  14  25  52  16
34  47  22  46  46  0   12  27  27  31  40  25  19  50  41
32  41  10  34  44  36  0   25  31  19  32  13  40  38  33
13  38  38  39  35  28  32  0   45  24  17  45  15  26  24
57  72  41  65  69  56  31  56  0   50  63  44  42  48  64
39  22  42  15  36  42  32  26  46  0   18  38  41  52  50
31  35  48  28  18  48  45  26  28  13  0   32  34  52  34
24  49  45  51  47  23  35  12  18  36  29  0   27  38  35
15  38  25  31  27  14  17  40  37  16  22  30  0   55  26
10  35  35  29  28  45  50  40  21  37  24  42  53  0   21
32  14  14  57  29  30  29  19  39  42  36  30  34  45  0

```

Enter startpoint and endpoint indexes, separated by ',' :

1,12

Distance is 41

Path: 1 -> 15 -> 12

Рисунок 3.2 – Приклад роботи програми для 15 вершин

3.3 Розв'язання задачі вручну

На рисунку 3.3 наведено граф для розв'язання задачі вручну.

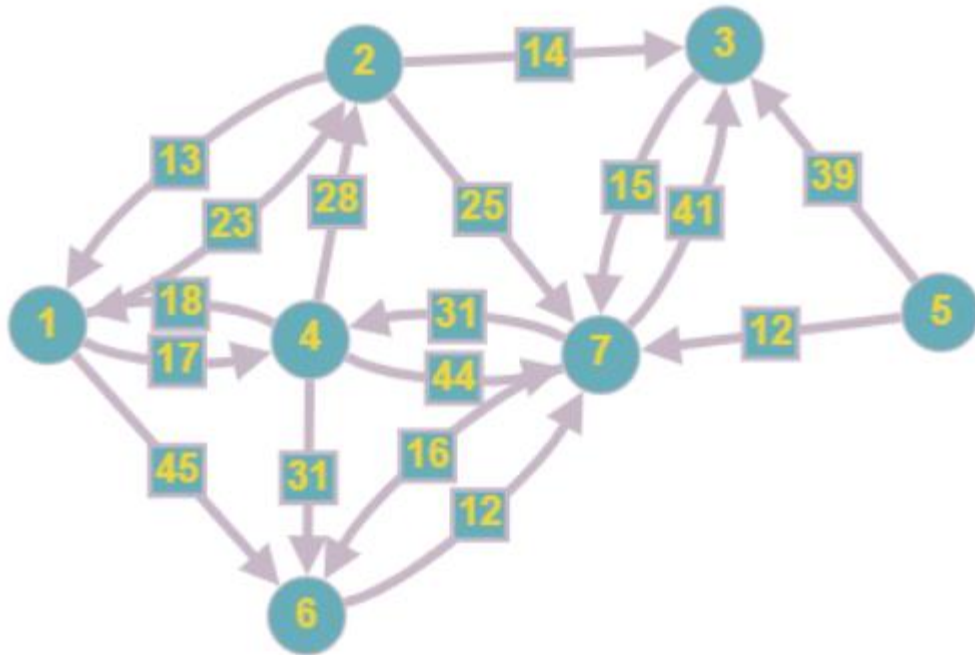


Рисунок 3.3 – Граф для розв'язання задачі алгоритмом Флойда-Уоршелла (вбудований спосіб визначення шляхів).

Початкова матриця вагів:

0	23	inf	17	inf	45	inf
13	0	14	inf	inf	inf	25
inf	inf	0	inf	inf	inf	15
18	28	inf	0	inf	31	44
inf	inf	39	inf	0	inf	12
inf	inf	inf	inf	inf	0	12
inf	inf	41	31	inf	16	0

Початкова матриця шляхів:

0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	2
3	3	0	0	0	3	3
0	0	4	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	5
0	0	6	6	0	6	0

Iteration 1. $m = 1$

$\text{matrix}[1, 0] (13) + \text{matrix}[0, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 2] (14).$

$\text{matrix}[1, 0] (13) + \text{matrix}[0, 3] (17) < \text{matrix}[1, 3] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[1, 3] = 0$

$\text{matrix}[1, 3] = \text{matrix}[1, 0] + \text{matrix}[0, 3] = 30$

$\text{matrix}[1, 0] (13) + \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[1, 0] (13) + \text{matrix}[0, 5] (45) < \text{matrix}[1, 5] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[1, 5] = 0$

$\text{matrix}[1, 5] = \text{matrix}[1, 0] + \text{matrix}[0, 5] = 58$

$\text{matrix}[1, 0] (13) + \text{matrix}[0, 6] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 6] (25).$

$\text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 1] (23) \geq \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 3] (17) \geq \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 5] (45) \geq \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 6] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 6] (15).$

$$\text{matrix}[3, 0] (18) + \text{matrix}[0, 1] (23) \geq \text{matrix}[3, 1] (28).$$

$$\text{matrix}[3, 0] (18) + \text{matrix}[0, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 2] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[3, 0] (18) + \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[3, 0] (18) + \text{matrix}[0, 5] (45) \geq \text{matrix}[3, 5] (31).$$

$$\text{matrix}[3, 0] (18) + \text{matrix}[0, 6] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 6] (44).$$

$$\text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 1] (23) \geq \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 2] (39).$$

$$\text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 3] (17) \geq \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 5] (45) \geq \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 6] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 6] (12).$$

$$\text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 1] (23) \geq \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 3] (17) \geq \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 6] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 6] (12).$$

$$\text{matrix}[6, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 1] (23) \geq \text{matrix}[6, 1] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[6, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 2] (41).$$

$$\text{matrix}[6, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 3] (17) \geq \text{matrix}[6, 3] (31).$$

$\text{matrix}[6, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 4] (\text{inf})$.

$\text{matrix}[6, 0] (\text{inf}) + \text{matrix}[0, 5] (45) \geq \text{matrix}[6, 5] (16)$.

Поточна матриця вагів:

```
0  23 inf 17 inf 45 inf
13 0  14 30 inf 58 25
inf inf 0  inf inf inf 15
18 28 inf 0  inf 31 44
inf inf 39 inf 0  inf 12
inf inf inf inf inf 0  12
inf inf 41 31 inf 16 0
```

Поточна матриця шляхів:

```
0  0  0  0  0  0  0
1  0  1  0  0  0  1
0  0  0  0  0  0  2
3  3  0  0  0  3  3
0  0  4  0  0  0  4
0  0  0  0  0  0  5
0  0  6  6  0  6  0
```

Iteration 2. $m = 2$

$\text{matrix}[0, 1] (23) + \text{matrix}[1, 2] (14) < \text{matrix}[0, 2] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[0, 2] = 1$

$\text{matrix}[0, 2] = \text{matrix}[0, 1] + \text{matrix}[1, 2] = 37$

$\text{matrix}[0, 1] (23) + \text{matrix}[1, 3] (30) \geq \text{matrix}[0, 3] (17)$.

$\text{matrix}[0, 1] (23) + \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 4] (\text{inf})$.

$$\text{matrix}[0, 1] (23) + \text{matrix}[1, 5] (58) \geq \text{matrix}[0, 5] (45).$$

$$\text{matrix}[0, 1] (23) + \text{matrix}[1, 6] (25) < \text{matrix}[0, 6] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[0, 6] = 1$$

$$\text{matrix}[0, 6] = \text{matrix}[0, 1] + \text{matrix}[1, 6] = 48$$

$$\text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 0] (13) \geq \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 3] (30) \geq \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 5] (58) \geq \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 6] (25) \geq \text{matrix}[2, 6] (15).$$

$$\text{matrix}[3, 1] (28) + \text{matrix}[1, 0] (13) \geq \text{matrix}[3, 0] (18).$$

$$\text{matrix}[3, 1] (28) + \text{matrix}[1, 2] (14) < \text{matrix}[3, 2] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[3, 2] = 1$$

$$\text{matrix}[3, 2] = \text{matrix}[3, 1] + \text{matrix}[1, 2] = 42$$

$$\text{matrix}[3, 1] (28) + \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[3, 1] (28) + \text{matrix}[1, 5] (58) \geq \text{matrix}[3, 5] (31).$$

$$\text{matrix}[3, 1] (28) + \text{matrix}[1, 6] (25) \geq \text{matrix}[3, 6] (44).$$

$$\text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 0] (13) \geq \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 2] (14) \geq \text{matrix}[4, 2] (39).$$

$$\text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 3] (30) \geq \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 5] (58) \geq \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}).$$

$\text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 6] (25) \geq \text{matrix}[4, 6] (12).$

$\text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 0] (13) \geq \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 2] (14) \geq \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 3] (30) \geq \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 6] (25) \geq \text{matrix}[5, 6] (12).$

$\text{matrix}[6, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 0] (13) \geq \text{matrix}[6, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[6, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 2] (14) \geq \text{matrix}[6, 2] (41).$

$\text{matrix}[6, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 3] (30) \geq \text{matrix}[6, 3] (31).$

$\text{matrix}[6, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[6, 1] (\text{inf}) + \text{matrix}[1, 5] (58) \geq \text{matrix}[6, 5] (16).$

Поточна матриця вагів:

0 23 37 17 inf 45 48

13 0 14 30 inf 58 25

inf inf 0 inf inf inf 15

18 28 42 0 inf 31 44

inf inf 39 inf 0 inf 12

inf inf inf inf inf 0 12

inf inf 41 31 inf 16 0

Поточна матриця шляхів:

0 0 1 0 0 0 1

1	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	2
3	3	1	0	0	3	3
0	0	4	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	5
0	0	6	6	0	6	0

Iteration 3. $m = 3$

$\text{matrix}[0, 2] (37) + \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 1] (23).$

$\text{matrix}[0, 2] (37) + \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 3] (17).$

$\text{matrix}[0, 2] (37) + \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[0, 2] (37) + \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 5] (45).$

$\text{matrix}[0, 2] (37) + \text{matrix}[2, 6] (15) \geq \text{matrix}[0, 6] (48).$

$\text{matrix}[1, 2] (14) + \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 0] (13).$

$\text{matrix}[1, 2] (14) + \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 3] (30).$

$\text{matrix}[1, 2] (14) + \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[1, 2] (14) + \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 5] (58).$

$\text{matrix}[1, 2] (14) + \text{matrix}[2, 6] (15) \geq \text{matrix}[1, 6] (25).$

$\text{matrix}[3, 2] (42) + \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 0] (18).$

$\text{matrix}[3, 2] (42) + \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 1] (28).$

$\text{matrix}[3, 2] (42) + \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[3, 2] (42) + \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 5] (31).$

$\text{matrix}[3, 2] (42) + \text{matrix}[2, 6] (15) \geq \text{matrix}[3, 6] (44).$

$\text{matrix}[4, 2] (39) + \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[4, 2] (39) + \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[4, 2] (39) + \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[4, 2] (39) + \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[4, 2] (39) + \text{matrix}[2, 6] (15) \geq \text{matrix}[4, 6] (12).$

$\text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) + \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) + \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) + \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) + \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) + \text{matrix}[2, 6] (15) \geq \text{matrix}[5, 6] (12).$

$\text{matrix}[6, 2] (41) + \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[6, 2] (41) + \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 1] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[6, 2] (41) + \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 3] (31).$

$\text{matrix}[6, 2] (41) + \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[6, 2] (41) + \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 5] (16).$

Поточна матриця вагів:

0 23 37 17 inf 45 48

```

13 0 14 30 inf 58 25
inf inf 0 inf inf inf 15
18 28 42 0 inf 31 44
inf inf 39 inf 0 inf 12
inf inf inf inf inf 0 12
inf inf 41 31 inf 16 0

```

Поточна матриця шляхів:

```

0 0 1 0 0 0 1
1 0 1 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 2
3 3 1 0 0 3 3
0 0 4 0 0 0 4
0 0 0 0 0 0 5
0 0 6 6 0 6 0

```

Iteration 4. $m = 4$

$\text{matrix}[0, 3] (17) + \text{matrix}[3, 1] (28) \geq \text{matrix}[0, 1] (23).$

$\text{matrix}[0, 3] (17) + \text{matrix}[3, 2] (42) \geq \text{matrix}[0, 2] (37).$

$\text{matrix}[0, 3] (17) + \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[0, 3] (17) + \text{matrix}[3, 5] (31) \geq \text{matrix}[0, 5] (45).$

$\text{matrix}[0, 3] (17) + \text{matrix}[3, 6] (44) \geq \text{matrix}[0, 6] (48).$

$\text{matrix}[1, 3] (30) + \text{matrix}[3, 0] (18) \geq \text{matrix}[1, 0] (13).$

$\text{matrix}[1, 3] (30) + \text{matrix}[3, 2] (42) \geq \text{matrix}[1, 2] (14).$

$\text{matrix}[1, 3] (30) + \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[1, 3] (30) + \text{matrix}[3, 5] (31) \geq \text{matrix}[1, 5] (58).$

$$\text{matrix}[1, 3] (30) + \text{matrix}[3, 6] (44) \geq \text{matrix}[1, 6] (25).$$

$$\text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 0] (18) \geq \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 1] (28) \geq \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 5] (31) \geq \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 6] (44) \geq \text{matrix}[2, 6] (15).$$

$$\text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 0] (18) \geq \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 1] (28) \geq \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 2] (42) \geq \text{matrix}[4, 2] (39).$$

$$\text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 5] (31) \geq \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 6] (44) \geq \text{matrix}[4, 6] (12).$$

$$\text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 0] (18) \geq \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 1] (28) \geq \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 2] (42) \geq \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) + \text{matrix}[3, 6] (44) \geq \text{matrix}[5, 6] (12).$$

$$\text{matrix}[6, 3] (31) + \text{matrix}[3, 0] (18) < \text{matrix}[6, 0] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[6, 0] = 3$$

$$\text{matrix}[6, 0] = \text{matrix}[6, 3] + \text{matrix}[3, 0] = 49$$

$\text{matrix}[6, 3] (31) + \text{matrix}[3, 1] (28) < \text{matrix}[6, 1] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[6, 1] = 3$

$\text{matrix}[6, 1] = \text{matrix}[6, 3] + \text{matrix}[3, 1] = 59$

$\text{matrix}[6, 3] (31) + \text{matrix}[3, 2] (42) \geq \text{matrix}[6, 2] (41).$

$\text{matrix}[6, 3] (31) + \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[6, 3] (31) + \text{matrix}[3, 5] (31) \geq \text{matrix}[6, 5] (16).$

Поточна матриця вагів:

0 23 37 17 inf 45 48

13 0 14 30 inf 58 25

inf inf 0 inf inf inf 15

18 28 42 0 inf 31 44

inf inf 39 inf 0 inf 12

inf inf inf inf inf 0 12

49 59 41 31 inf 16 0

Поточна матриця шляхів:

0 0 1 0 0 0 1

1 0 1 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 2

3 3 1 0 0 3 3

0 0 4 0 0 0 4

0 0 0 0 0 0 5

3 3 6 6 0 6 0

Iteration 5. $m = 5$

$\text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 1] (23).$

$\text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 2] (39) \geq \text{matrix}[0, 2] (37).$

$\text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 3] (17).$

$$\text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 5] (45).$$

$$\text{matrix}[0, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 6] (12) \geq \text{matrix}[0, 6] (48).$$

$$\text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 0] (13).$$

$$\text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 2] (39) \geq \text{matrix}[1, 2] (14).$$

$$\text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 3] (30).$$

$$\text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 5] (58).$$

$$\text{matrix}[1, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 6] (12) \geq \text{matrix}[1, 6] (25).$$

$$\text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 5] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 6] (12) \geq \text{matrix}[2, 6] (15).$$

$$\text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 0] (18).$$

$$\text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 1] (28).$$

$$\text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 2] (39) \geq \text{matrix}[3, 2] (42).$$

$$\text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 5] (31).$$

$$\text{matrix}[3, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 6] (12) \geq \text{matrix}[3, 6] (44).$$

$\text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 2] (39) \geq \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 6] (12) \geq \text{matrix}[5, 6] (12).$

$\text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 0] (49).$

$\text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 1] (59).$

$\text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 2] (39) \geq \text{matrix}[6, 2] (41).$

$\text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 3] (31).$

$\text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) + \text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 5] (16).$

Поточна матриця вагів:

0	23	37	17	inf	45	48
13	0	14	30	inf	58	25
inf	inf	0	inf	inf	inf	15
18	28	42	0	inf	31	44
inf	inf	39	inf	0	inf	12
inf	inf	inf	inf	inf	0	12
49	59	41	31	inf	16	0

Поточна матриця шляхів:

0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	2
3	3	1	0	0	3	3
0	0	4	0	0	0	4

```

0 0 0 0 0 0 5
3 3 6 6 0 6 0

```

Iteration 6. $m = 6$

$\text{matrix}[0, 5] (45) + \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 1] (23).$

$\text{matrix}[0, 5] (45) + \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 2] (37).$

$\text{matrix}[0, 5] (45) + \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 3] (17).$

$\text{matrix}[0, 5] (45) + \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[0, 5] (45) + \text{matrix}[5, 6] (12) \geq \text{matrix}[0, 6] (48).$

$\text{matrix}[1, 5] (58) + \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 0] (13).$

$\text{matrix}[1, 5] (58) + \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 2] (14).$

$\text{matrix}[1, 5] (58) + \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 3] (30).$

$\text{matrix}[1, 5] (58) + \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[1, 5] (58) + \text{matrix}[5, 6] (12) \geq \text{matrix}[1, 6] (25).$

$\text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 1] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 3] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[2, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 6] (12) \geq \text{matrix}[2, 6] (15).$

$\text{matrix}[3, 5] (31) + \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 0] (18).$

$\text{matrix}[3, 5] (31) + \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 1] (28).$

$\text{matrix}[3, 5] (31) + \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 2] (42).$

$\text{matrix}[3, 5] (31) + \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[3, 5] (31) + \text{matrix}[5, 6] (12) < \text{matrix}[3, 6] (44)$

$\text{pathMatrix}[3, 6] = 5$

$\text{matrix}[3, 6] = \text{matrix}[3, 5] + \text{matrix}[5, 6] = 43$

$\text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 0] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 1] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 2] (39).$

$\text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[4, 3] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[4, 5] (\text{inf}) + \text{matrix}[5, 6] (12) \geq \text{matrix}[4, 6] (12).$

$\text{matrix}[6, 5] (16) + \text{matrix}[5, 0] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 0] (49).$

$\text{matrix}[6, 5] (16) + \text{matrix}[5, 1] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 1] (59).$

$\text{matrix}[6, 5] (16) + \text{matrix}[5, 2] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 2] (41).$

$\text{matrix}[6, 5] (16) + \text{matrix}[5, 3] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 3] (31).$

$\text{matrix}[6, 5] (16) + \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}).$

Поточна матриця вагів:

0 23 37 17 inf 45 48

13 0 14 30 inf 58 25

inf inf 0 inf inf inf 15

```

18 28 42 0 inf 31 43
inf inf 39 inf 0 inf 12
inf inf inf inf inf 0 12
49 59 41 31 inf 16 0

```

Поточна матриця шляхів:

```

0 0 1 0 0 0 1
1 0 1 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 2
3 3 1 0 0 3 5
0 0 4 0 0 0 4
0 0 0 0 0 0 5
3 3 6 6 0 6 0

```

Iteration 7. $m = 7$

$\text{matrix}[0, 6] (48) + \text{matrix}[6, 1] (59) \geq \text{matrix}[0, 1] (23).$

$\text{matrix}[0, 6] (48) + \text{matrix}[6, 2] (41) \geq \text{matrix}[0, 2] (37).$

$\text{matrix}[0, 6] (48) + \text{matrix}[6, 3] (31) \geq \text{matrix}[0, 3] (17).$

$\text{matrix}[0, 6] (48) + \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[0, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[0, 6] (48) + \text{matrix}[6, 5] (16) \geq \text{matrix}[0, 5] (45).$

$\text{matrix}[1, 6] (25) + \text{matrix}[6, 0] (49) \geq \text{matrix}[1, 0] (13).$

$\text{matrix}[1, 6] (25) + \text{matrix}[6, 2] (41) \geq \text{matrix}[1, 2] (14).$

$\text{matrix}[1, 6] (25) + \text{matrix}[6, 3] (31) \geq \text{matrix}[1, 3] (30).$

$\text{matrix}[1, 6] (25) + \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[1, 4] (\text{inf}).$

$\text{matrix}[1, 6] (25) + \text{matrix}[6, 5] (16) < \text{matrix}[1, 5] (58)$

$\text{pathMatrix}[1, 5] = 6$

$$\text{matrix}[1, 5] = \text{matrix}[1, 6] + \text{matrix}[6, 5] = 41$$

$$\text{matrix}[2, 6] (15) + \text{matrix}[6, 0] (49) < \text{matrix}[2, 0] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[2, 0] = 6$$

$$\text{matrix}[2, 0] = \text{matrix}[2, 6] + \text{matrix}[6, 0] = 64$$

$$\text{matrix}[2, 6] (15) + \text{matrix}[6, 1] (59) < \text{matrix}[2, 1] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[2, 1] = 6$$

$$\text{matrix}[2, 1] = \text{matrix}[2, 6] + \text{matrix}[6, 1] = 74$$

$$\text{matrix}[2, 6] (15) + \text{matrix}[6, 3] (31) < \text{matrix}[2, 3] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[2, 3] = 6$$

$$\text{matrix}[2, 3] = \text{matrix}[2, 6] + \text{matrix}[6, 3] = 46$$

$$\text{matrix}[2, 6] (15) + \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[2, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[2, 6] (15) + \text{matrix}[6, 5] (16) < \text{matrix}[2, 5] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[2, 5] = 6$$

$$\text{matrix}[2, 5] = \text{matrix}[2, 6] + \text{matrix}[6, 5] = 31$$

$$\text{matrix}[3, 6] (43) + \text{matrix}[6, 0] (49) \geq \text{matrix}[3, 0] (18).$$

$$\text{matrix}[3, 6] (43) + \text{matrix}[6, 1] (59) \geq \text{matrix}[3, 1] (28).$$

$$\text{matrix}[3, 6] (43) + \text{matrix}[6, 2] (41) \geq \text{matrix}[3, 2] (42).$$

$$\text{matrix}[3, 6] (43) + \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[3, 4] (\text{inf}).$$

$$\text{matrix}[3, 6] (43) + \text{matrix}[6, 5] (16) \geq \text{matrix}[3, 5] (31).$$

$$\text{matrix}[4, 6] (12) + \text{matrix}[6, 0] (49) < \text{matrix}[4, 0] (\text{inf})$$

$$\text{pathMatrix}[4, 0] = 6$$

$$\text{matrix}[4, 0] = \text{matrix}[4, 6] + \text{matrix}[6, 0] = 61$$

$$\text{matrix}[4, 6] (12) + \text{matrix}[6, 1] (59) < \text{matrix}[4, 1] (\text{inf})$$

$\text{pathMatrix}[4, 1] = 6$

$\text{matrix}[4, 1] = \text{matrix}[4, 6] + \text{matrix}[6, 1] = 71$

$\text{matrix}[4, 6] (12) + \text{matrix}[6, 2] (41) \geq \text{matrix}[4, 2] (39).$

$\text{matrix}[4, 6] (12) + \text{matrix}[6, 3] (31) < \text{matrix}[4, 3] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[4, 3] = 6$

$\text{matrix}[4, 3] = \text{matrix}[4, 6] + \text{matrix}[6, 3] = 43$

$\text{matrix}[4, 6] (12) + \text{matrix}[6, 5] (16) < \text{matrix}[4, 5] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[4, 5] = 6$

$\text{matrix}[4, 5] = \text{matrix}[4, 6] + \text{matrix}[6, 5] = 28$

$\text{matrix}[5, 6] (12) + \text{matrix}[6, 0] (49) < \text{matrix}[5, 0] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[5, 0] = 6$

$\text{matrix}[5, 0] = \text{matrix}[5, 6] + \text{matrix}[6, 0] = 61$

$\text{matrix}[5, 6] (12) + \text{matrix}[6, 1] (59) < \text{matrix}[5, 1] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[5, 1] = 6$

$\text{matrix}[5, 1] = \text{matrix}[5, 6] + \text{matrix}[6, 1] = 71$

$\text{matrix}[5, 6] (12) + \text{matrix}[6, 2] (41) < \text{matrix}[5, 2] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[5, 2] = 6$

$\text{matrix}[5, 2] = \text{matrix}[5, 6] + \text{matrix}[6, 2] = 53$

$\text{matrix}[5, 6] (12) + \text{matrix}[6, 3] (31) < \text{matrix}[5, 3] (\text{inf})$

$\text{pathMatrix}[5, 3] = 6$

$\text{matrix}[5, 3] = \text{matrix}[5, 6] + \text{matrix}[6, 3] = 43$

$\text{matrix}[5, 6] (12) + \text{matrix}[6, 4] (\text{inf}) \geq \text{matrix}[5, 4] (\text{inf}).$

Нова матриця вагів:

0 23 37 17 inf 45 48

13 0 14 30 inf 41 25

64 74 0 46 inf 31 15


```
18 28 42 0 inf 31 43
61 71 39 43 0 28 12
61 71 53 43 inf 0 12
49 59 41 31 inf 16 0
```

Поточна матриця шляхів:

```
0 0 1 0 0 0 1
1 0 1 0 0 6 1
6 6 0 6 0 6 2
3 3 1 0 0 3 5
6 6 4 6 0 6 4
6 6 6 6 0 0 5
3 3 6 6 0 6 0
```

Припустимо, що нам потрібно знайти шлях з першої в шосту точку.

Відстань 45

Шлях 1 -> 6

ВИСНОВОК

При виконанні даної лабораторної роботи я навчилася імплементувати вбудований спосіб визначення шляхів Флойда-Уоршелла та ознайомила з додатковими прикладними алгоритмами на графах.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

У випадку здачі лабораторної роботи до 30.03.2022 включно
максимальний бал дорівнює – 5. Після 30.03.2022 максимальний бал дорівнює –

1.

Критерії оцінювання у відсотках від максимального балу:

- псевдокод алгоритму – 10%;
- програмна реалізація алгоритму – 50%;
- розв’язання задачі вручну – 20%;
- відповідь на 3 теоретичні питання по темі роботи 15%
- висновок – 5%.

НЕ ДІЮТЬ