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

«Прикладні задачі теорії графів ч.2»

Виконав(ла) *ІП-02 Гущін Д.О.* _____
(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірив *Головченко М.М.* _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2021

ЗМІСТ

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

```
for k = 0 to size do
    for i = 0 to size
        for j = 0 do to size do
            if (matrix[i][k] and matrix[k][j] and i! =j) do
                matrix[i][j] = min(matrix[i][j], matrix[i][k] + matrix[k][j])
            end if
        end for
    end for
end for
```

3.2 Програмна реалізація алгоритму

3.2.1 Вихідний код

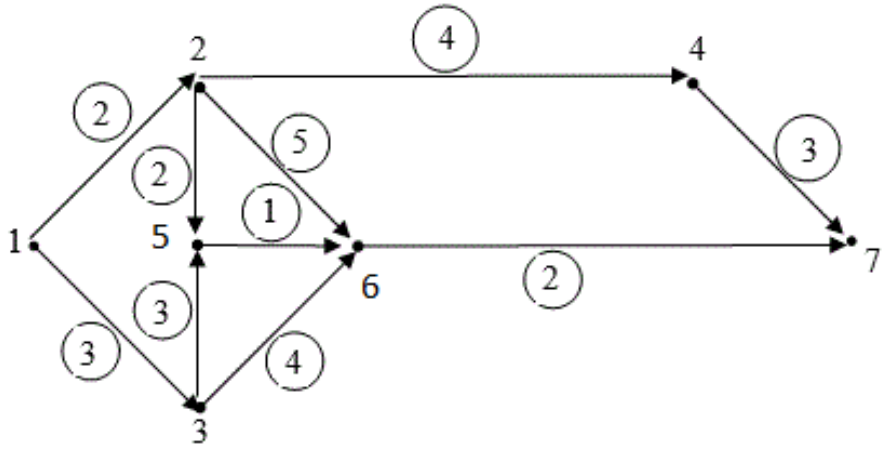
```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <vector>
#include <iomanip>

using namespace std;

const int INF = 1000;

int** ReadFile(int& size);
void FindSize(int& size);
int** CreateMatrix(int&);
void FillMatrix(int**, int&);
void DeleteMatrix(int**, int&);
void PrintMatrix(int** Matrix, int& size, string str);
void Floyd_Warshall(int** Matrix, int size, int** p);
int MinValue(int a, int b);
int** CreateP(int** Matrix, int& size);
void IncrementP(int** p, int& size);
vector<string> delim(string str, char delim);


int main()
{
    int size;
    int** Matrix = ReadFile(size);
    int** p = CreateP(Matrix, size);
    Floyd_Warshall(Matrix, size, p);
    IncrementP(p, size);
    PrintMatrix(Matrix, size, "D(m): ");
    PrintMatrix(p, size, "P(ij): ");
    DeleteMatrix(Matrix, size);
    DeleteMatrix(p, size);
}

int** ReadFile(int& size) {
    FindSize(size);
    int** Matrix = CreateMatrix(size);
    cout << "Reading file..." << endl << endl;
    FillMatrix(Matrix, size);
```

```
    PrintMatrix(Matrix, size, "D(0): ");
    return Matrix;
}

void FindSize(int& size) {
    ifstream input("..\\iofiles\\input_15.txt");
    string currStr;
    size = -1;
    while (!input.eof()) {
        getline(input, currStr);
        size++;
        cout << size << endl;
    }

    input.close();
    input.clear();
}

int** CreateMatrix(int& size) {
    int** Matrix = new int* [size];
    for (int i = 0; i < size; i++)
    {
        Matrix[i] = new int[size];
    }
    return Matrix;
}

void PrintMatrix(int** Matrix, int& size, string str) {
    cout << str << endl;
    for (int i = 0; i < size; i++)
    {
        for (int j = 0; j < size; j++)
        {
            cout << setw(6) << Matrix[i][j] << ' ';
        }
        cout << endl;
    }
    cout << endl;
}

void FillMatrix(int** Matrix, int& size) {
    ifstream input("..\\iofiles\\input_15.txt");

    for (int i = 0; i < size; i++)
    {
        string currStr;
        getline(input, currStr);
        vector<string> tmp = delim(currStr, ' ');
        for (int j = 0; j < size; j++)
        {
            if (tmp[j] == "INF") {
                Matrix[i][j] = INF;
            }
            else {
                Matrix[i][j] = stoi(tmp[j]);
            }
        }
    }
    input.close();
    input.clear();
}

void DeleteMatrix(int** Matrix, int& size) {
    for (int i = 0; i < size; i++)
    {
```

```
        delete[] Matrix[i];
    }
    delete Matrix;
}

void Floyd_Warshall(int** Matrix, int size, int** p) {
    for (int k = 0; k < size; k++) {
        for (int i = 0; i < size; i++) {
            for (int j = 0; j < size; j++) {
                if (Matrix[i][k] && Matrix[k][j] && i != j)
                {
                    Matrix[i][j] = MinValue(Matrix[i][j], Matrix[i][k] + Matrix[k][j]);
                    if (Matrix[i][j] == Matrix[i][k] + Matrix[k][j]) p[i][j] = k;
                }
            }
        }
    }
}

int MinValue(int a, int b) {
    int min;
    (a <= b) ? min = a : min = b;
    return min;
}

vector<string> delim(string str, char delim) {
    int start, end = 0;
    vector<string> vect;
    while ((start = str.find_first_not_of(delim, end)) != string::npos)
    {
        end = str.find(delim, start);
        int length = end - start;
        if (length == 0) continue;

        string word = string(str, start, length);
        vect.push_back(word);
    }
    return vect;
}

int** CreateP(int** graph, int& size) {
    int** Matrix = new int* [size];
    for (int i = 0; i < size; i++)
        Matrix[i] = new int[size];
    for (int i = 0; i < size; i++) {
        for (int j = 0; j < size; j++) {
            if (graph[i][j] != 0 && graph[i][j] != INF) Matrix[i][j] = i;
            else Matrix[i][j] = -1;
        }
    }
    return Matrix;
}


void IncrementP(int** p, int& size) {
    for (int i = 0; i < size; i++) {
        for (int j = 0; j < size; j++) {
            if (p[i][j] != -1) ++p[i][j];
        }
    }
   }
```

3.2.2 Приклад роботи

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




```
D(0):
     0      2      3   1000   1000   1000   1000
  1000      0   1000      4      5      2   1000
  1000   1000      0   1000      4      3   1000
  1000   1000   1000      0   1000   1000      3
  1000   1000   1000   1000      0      1   1000
  1000   1000   1000   1000   1000      0      2
  1000   1000   1000   1000   1000   1000      0

D(m):
     0      2      3      6      7      4      6
  1000      0   1000      4      5      2      4
  1000   1000      0   1000      4      3      5
  1000   1000   1000      0   1000   1000      3
  1000   1000   1000   1000      0      1      3
  1000   1000   1000   1000   1000      0      2
  1000   1000   1000   1000   1000   1000      0

P(ij):
    -1      1      1      2      3      2      6
    -1     -1     -1      2      2      2      6
    -1     -1     -1     -1      3      3      6
    -1     -1     -1     -1     -1     -1      4
    -1     -1     -1     -1     -1      5      6
    -1     -1     -1     -1     -1     -1      6
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1
```

Рисунок 3.1

```
D(0):
     0      3      7      5   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000
  1000      0      2     11   1000   1000      5   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000
  1000   1000      0   1000      8      7   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000
  1000   1000   1000      0   1000   1000      6   1000   1000   1000   1000      9   1000   1000
  1000   1000   1000   1000      0      5   1000      3      2   1000   1000   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000      0   1000   1000     11   1000   1000   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000   1000   1000   1000   1000     12   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000      9   1000   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0      5   1000   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0     12   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000      7
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0      6
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0

D(m):
     0      3      5      5     13     12      8     16     15     20     32     14     20     21
  1000      0      2     11     10      9      5     13     12     17     29     20     17     23
  1000   1000      0   1000      8      7   1000     11     10     15     27   1000   1000   1000
  1000   1000   1000      0   1000   1000      6   1000   1000   1000   1000      9     18     16
  1000   1000   1000   1000      0      5   1000      3      2      7     19   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000      0   1000   1000     11     16     28   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000   1000   1000   1000   1000     12     18
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000      9     21   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0      5     17   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0     12   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000   1000   1000
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0   1000      7
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0      6
  1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000   1000      0

P(ij):
    -1      1      2      1      3      3      2      5      5      9     10      4      7     12
    -1     -1      2      2      3      3      2      5      5      9     10      4      7     13
    -1     -1     -1     -1      3      3     -1      5      5      9     10     -1     -1     -1
    -1     -1     -1     -1     -1     -1      4     -1     -1     -1     -1      4      7     12
    -1     -1     -1     -1     -1      5     -1      5      5      9     10     -1     -1     -1
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1      6      9     10     -1     -1     -1
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1      7     13
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1      8     10     -1     -1     -1
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1      9     10     -1     -1     -1
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     10     -1     -1     -1
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     12
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     13
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1
```

Рисунок 3.2

3.3 Розв’язання задачі вручну

На рисунку 3.3 наведено розв’язання задачі вручну.

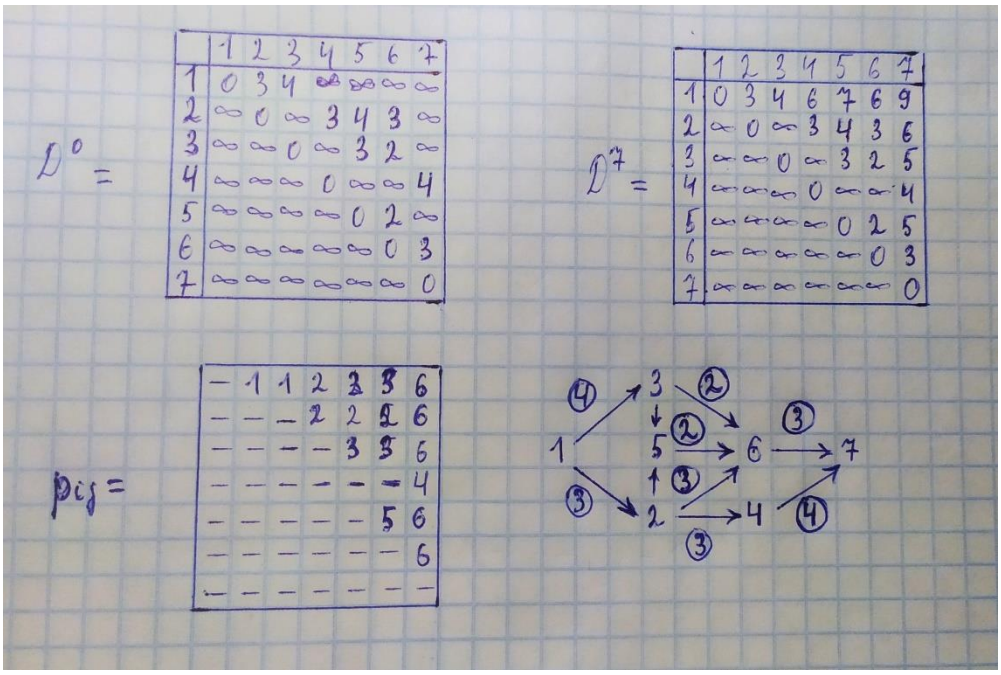


Рисунок 3.3 – Розв’язання задачі вручну

```
D(0):
     0      3      4   1000   1000   1000   1000
  1000      0   1000      3      4      3   1000
  1000   1000      0   1000      3      2   1000
  1000   1000   1000      0   1000   1000      4
  1000   1000   1000   1000      0      2   1000
  1000   1000   1000   1000   1000      0      3
  1000   1000   1000   1000   1000   1000      0

D(m):
     0      3      4      6      7      6      9
  1000      0   1000      3      4      3      6
  1000   1000      0   1000      3      2      5
  1000   1000   1000      0   1000   1000      4
  1000   1000   1000   1000      0      2      5
  1000   1000   1000   1000   1000      0      3
  1000   1000   1000   1000   1000   1000      0

P(ij):
    -1      1      1      2      3      3      6
    -1     -1     -1      2      2      2      6
    -1     -1     -1     -1      3      3      6
    -1     -1     -1     -1     -1     -1      4
    -1     -1     -1     -1     -1      5      6
    -1     -1     -1     -1     -1     -1      6
    -1     -1     -1     -1     -1     -1     -1
```

Рисунок 3.4 – Перевірка результатів

ВИСНОВОК

При виконанні даної лабораторної роботи ми розглянули додаткові прикладні алгоритми на графах та способи їх імплементації, розробили та записали алгоритм Флойда-Уоршелла пошуку всіх найкоротших шляхів у довільному графі за допомогою псевдокоду, виконали програмну реалізацію алгоритму на мові C++, а також розв’язали цю задачу на прикладі конкретного графа вручну. Можна зробити висновок, що програмна реалізація алгоритму дозволяє зекономити час і сили необхідні для вирішення цієї задачі вручну.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

У випадку здачі лабораторної роботи до 30.03.2021 включно максимальний бал дорівнює – 5. Після 30.03.2021 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%.