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

# Лабораторна робота №5

з дисципліни

«Алгоритми і структури даних»

Виконав:

Студент групи ІМ-42

Лобань Михайло Юрійович

номер у списку групи: 20

Перевірив:

Сергієнко А. М.

Київ 2025

## Загальна постановка завдання

1. Представити напрямлений граф із заданими параметрами так само, як у лабораторній роботі №3.

Відмінність: коефіцієнт k = 1.0 - n3 * 0.01 - n4 * 0.005 - 0.15.

Отже, матриця суміжності Adir напрямленого графа за варіантом формується таким чином:

1) встановлюється параметр (seed) генератора випадкових чисел, рівне номеру варіанту n1n2n3n4;

2) матриця розміром n  n заповнюється згенерованими випадковими числами в діапазоні [0, 2.0);

3) обчислюється коефіцієнт k = 1.0 - n3 * 0.01 - n4 * 0.005 - 0.15, кожен елемент матриці множиться на коефіцієнт k;

4) елементи матриці округлюються: 0 — якщо елемент менший за 1.0, 1 — якщо елемент більший або дорівнює 1.0.

2. Створити програму, яка виконує обхід напрямленого графа вшир (BFS) та вглиб (DFS).

• обхід починати з вершини із найменшим номером, яка має щонайменше одну вихідну дугу;

• при обході враховувати порядок нумерації;

• у програмі виконання обходу відображати покроково, черговий крок виконувати за натисканням кнопки у вікні або на клавіатурі.

3. Під час обходу графа побудувати дерево обходу. У програмі дерево обходу виводити покроково у процесі виконання обходу графа. Це можна виконати одним із двох способів:

• або виділяти іншим кольором ребра графа;

• або будувати дерево обходу поряд із графом.

4. Зміну статусів вершин у процесі обходу продемонструвати зміною кольорів вершин, графічними позначками тощо, або ж у процесі обходу виводити протокол обходу у графічне вікно або в консоль.

5. Якщо після обходу графа лишилися невідвідані вершини, продовжувати обхід з невідвіданої вершини з найменшим номером, яка має щонайменше одну вихідну дугу.

## Завдання за варіантом

**Варіант 20**

n1n2n3n4 = 4220

Кількість вершин – 10 + 2 = 12

Розміщення вершин – колом, n4 = 0

**Текст програм**

**Файл 1, graph.py:**

```
import math
import tkinter as tk
import random
import time

n3 = 2
n4 = 0
vertexes = n3 + 10

variant = 4220
random.seed(variant)

k = 1 - n3 * 0.01 - n4 * 0.005 - 0.15

def calculate_element(k):
    return math.floor(random.random() * 2 * k)

matrix_dir = [[0] * vertexes for _ in range(vertexes)]
matrix_undir = [[0] * vertexes for _ in range(vertexes)]

for i in range(vertexes):
    for j in range(vertexes):
        matrix_dir[i][j] = calculate_element(k)
```

```
root = tk.Tk()
root.title("Graph")

canvas = tk.Canvas(root, width=800, height=800, bg="white")
canvas.pack()

mid_x = mid_y = 400
angle = math.pi * 2 / vertexes
R = 20

def get_x(i):
    return mid_x + math.sin(i * angle) * 200

def get_y(i):
    return mid_y - math.cos(i * angle) * 200

def rotate_around_center(x, y, cx, cy, theta):
    x -= cx
    y -= cy
    new_x = x * math.cos(theta) - y * math.sin(theta) + cx
    new_y = x * math.sin(theta) + y * math.cos(theta) + cy
    return new_x, new_y

def draw_graph(matrix, paths):
    vertexes = len(matrix)

    for i in range(vertexes):
```

```
    x = get_x(i) - R
    y = get_y(i) - R
    if(i == 0):
        canvas.create_oval(x, y, x + 2 * R, y + 2 * R, fill="magenta")
    else:
        canvas.create_oval(x, y, x + 2 * R, y + 2 * R, fill="white")
    canvas.create_text(x + R, y + R, text=str(i + 1), font=("Montserrat", 12))

for i in range(vertexes):
    for j in range(vertexes):
        if matrix[i][j] == 1:
            if i == j:
                cx, cy = get_x(i), get_y(i)
                theta = i * angle

                cx += R * math.sin(theta)
                cy -= R * math.cos(theta)

                dx = 3 * R / 4
                dy = R * (1 - math.sqrt(7)) / 4

                p1 = (cx - dx, cy - dy)
                p2 = (cx - 3 * dx / 2, cy - R / 2)
                p3 = (cx + 3 * dx / 2, cy - R / 2)
                p4 = (cx + dx, cy - dy)

                p1 = rotate_around_center(p1[0], p1[1], cx, cy, theta)
                p2 = rotate_around_center(p2[0], p2[1], cx, cy, theta)
```

```
            p3 = rotate_around_center(p3[0], p3[1], cx, cy, theta)
            p4 = rotate_around_center(p4[0], p4[1], cx, cy, theta)

            canvas.create_line(p1[0], p1[1], p2[0], p2[1], width=2)
            canvas.create_line(p2[0], p2[1], p3[0], p3[1], width=2)
            canvas.create_line(p3[0], p3[1], p4[0], p4[1], width=2, arrow=tk.LAST)
        else:
            x1, y1 = get_x(i), get_y(i)
            x2, y2 = get_x(j), get_y(j)

            dx, dy = x2 - x1, y2 - y1
            length = math.sqrt(dx ** 2 + dy ** 2)

            dx /= length
            dy /= length

            x1 += dx * R
            y1 += dy * R
            x2 -= dx * R
            y2 -= dy * R

            canvas.create_line(x1, y1, x2, y2, width=2, arrow=tk.LAST)

visited_vertices = [False] * vertexes

def highlight_path(k):
    if k < len(paths):
        i = paths[k][0]
```

```
        j = paths[k][1]
        x1, y1 = get_x(i), get_y(i)
        x2, y2 = get_x(j), get_y(j)

        dx, dy = x2 - x1, y2 - y1
        length = math.sqrt(dx ** 2 + dy ** 2)

        dx /= length
        dy /= length

        x1 += dx * R
        y1 += dy * R
        x2 -= dx * R
        y2 -= dy * R

        canvas.create_line(x1, y1, x2, y2, width=2.5, arrow=tk.LAST, fill="magenta")
        canvas.update()
        canvas.after(1000, highlight_path, k + 1)

        visited_vertices[i] = True

        x = get_x(j) - R
        y = get_y(j) - R
        canvas.create_oval(x, y, x + 2 * R, y + 2 * R, fill="magenta")
        canvas.create_text(x + R, y + R, text=str(j + 1), font=("Montserrat", 12))

highlight_path(0)
```

```
    root.mainloop()
```

**Файл 2, utils.py:**

```
def print_array(arr, text, separator):
    print(text, end = " ")
    if(len(arr) == 0):
        print("no such vertexes", end=" ")
        print()
    else:
        for i in range(len(arr)):
            print(arr[i], end=separator)
        print()


def print_matrix(matrix):
    for row in matrix:
        for element in row:
            print(element, end=" ")
        print()
```

**Файл 3, main.py:**

```
from graph import *
from utils import *
from collections import deque


def bfs_tree(matrix, start):
    print("\nBFS traversal order:")
    n = len(matrix)
    visited = set()
    tree = [[0] * n for _ in range(n)]
    queue = deque([start])
```

```
    visited.add(start)
    parent = [-1] * n
    paths = []
    order = 1
    vertex_order = {}

    while queue:
        node = queue.popleft()
        vertex_order[node] = order
        print(f"{node + 1} -> {order}")
        order += 1

        for neighbor in range(n):
            if matrix[node][neighbor] == 1 and neighbor not in visited:
                visited.add(neighbor)
                queue.append(neighbor)
                tree[node][neighbor] = 1
                parent[neighbor] = node
                paths.append([node, neighbor])

    return [tree, paths, vertex_order]

def dfs_tree(matrix, start):
    print("\nDFS traversal order:")
    n = len(matrix)
    visited = set()
    tree = [[0] * n for _ in range(n)]
    stack = [(start, -1)]
```

```
    paths = []
    order = 1
    vertex_order = {}

    while stack:
        node, parent = stack.pop()
        if node in visited:
            continue
        visited.add(node)

        vertex_order[node] = order
        print(f"{node + 1} -> {order}")
        order += 1

        if parent != -1:
            tree[parent][node] = 1
            paths.append([parent, node])

        for neighbor in range(n - 1, -1, -1):
            if matrix[node][neighbor] == 1 and neighbor not in visited:
                stack.append((neighbor, node))

    return [tree, paths, vertex_order]

print("\nDirected matrix:\n")
print_matrix(matrix_dir)

bfs_tree_result = bfs_tree(matrix_dir, 0)
```

```
bfs = bfs_tree_result[0]
bfs_paths = bfs_tree_result[1]
bfs_order = bfs_tree_result[2]

dfs_tree_result = dfs_tree(matrix_dir, 0)
dfs = dfs_tree_result[0]
dfs_paths = dfs_tree_result[1]
dfs_order = dfs_tree_result[2]

print("\nBFS tree:\n")
print_matrix(bfs)

print("\nDFS tree:\n")
print_matrix(dfs)

print("\nBFS vertex order:")
print(bfs_order)

print("\nDFS vertex order:")
print(dfs_order)

draw_graph(matrix_dir, bfs_paths)
```

**Матриці суміжності**

Напрямлений граф:

```
Directed matrix:

1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0
1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 0 0
0 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0
1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0
0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0
0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1
0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0
1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1
0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
```

Дерево BFS:

```
BFS tree:

0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Дерево DFS:

```
DFS tree:

0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
```

**Нові порядки вершин**

BFS:

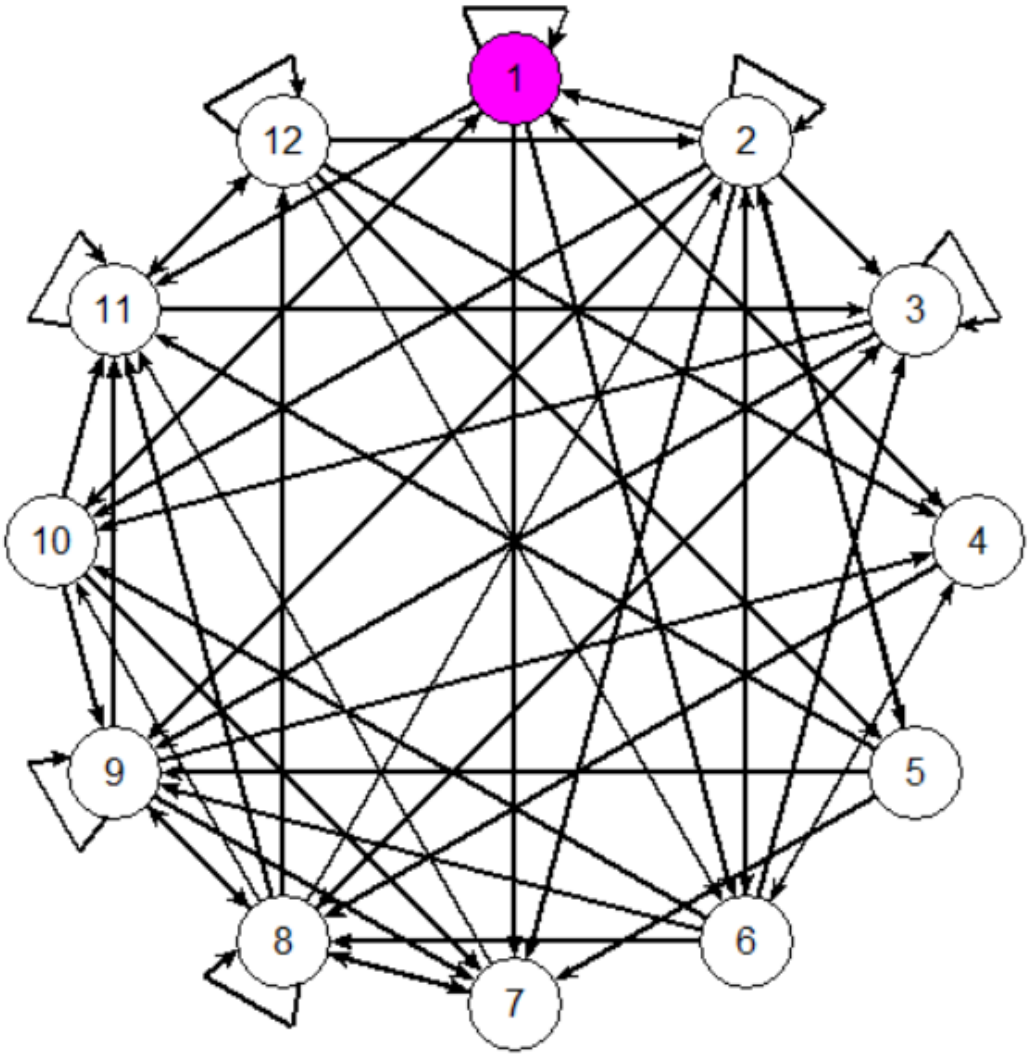
```
BFS traversal order:
1 -> 1
4 -> 2
6 -> 3
7 -> 4
10 -> 5
11 -> 6
8 -> 7
2 -> 8
3 -> 9
9 -> 10
12 -> 11
5 -> 12
```

DFS:

```
DFS traversal order:
1 -> 1
4 -> 2
6 -> 3
2 -> 4
3 -> 5
8 -> 6
7 -> 7
11 -> 8
12 -> 9
5 -> 10
9 -> 11
10 -> 12
```

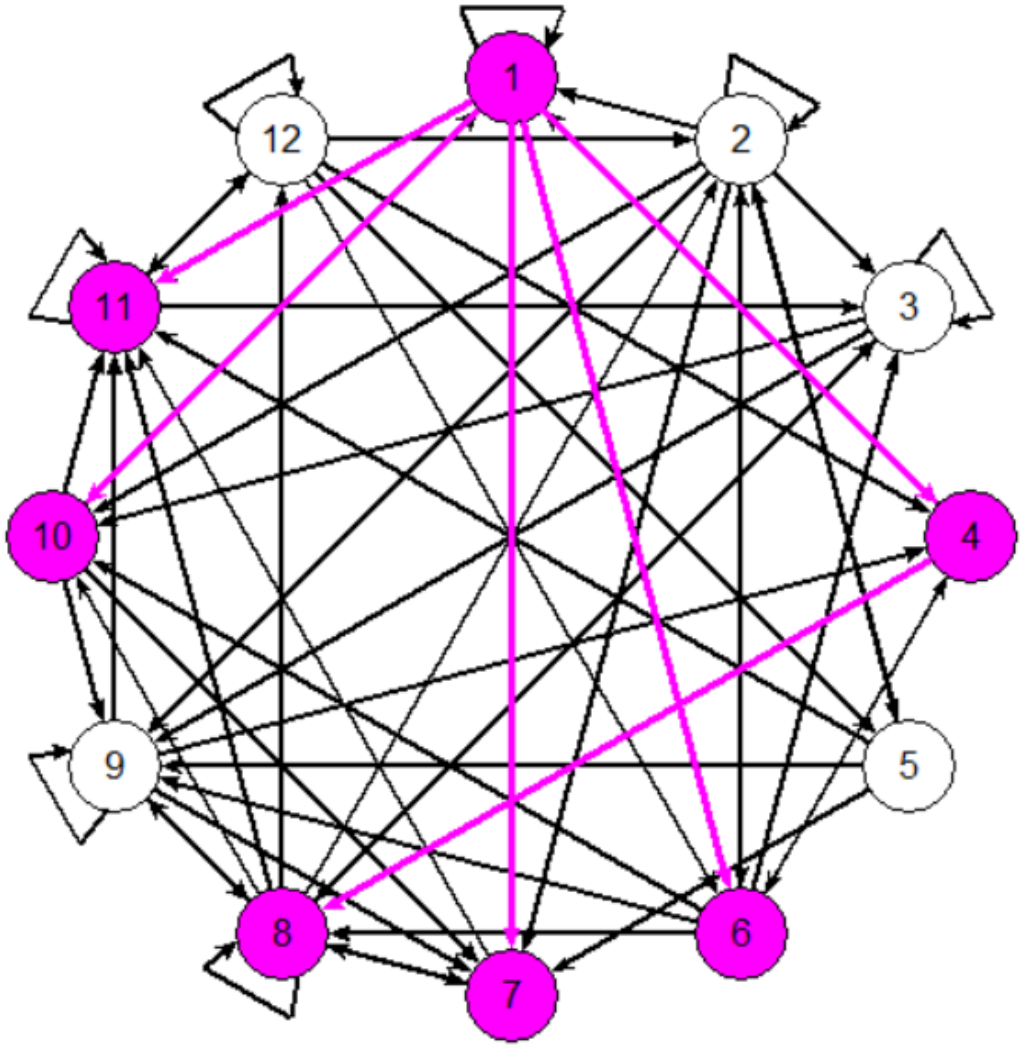
**Зображення графа та дерева обходу**

1) Початок обходу (DFS та BFS)

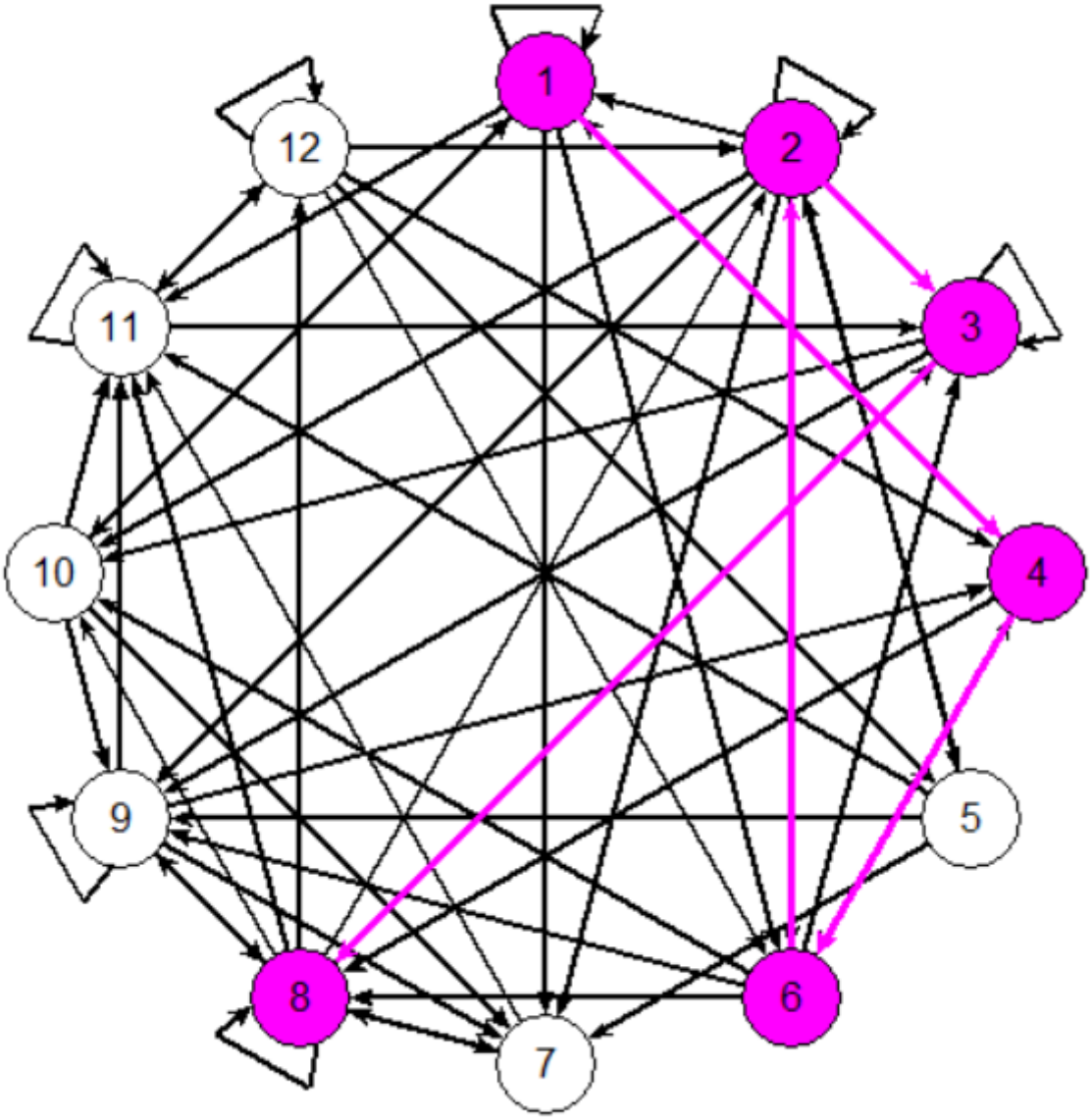



2) Середина обходу

BFS:

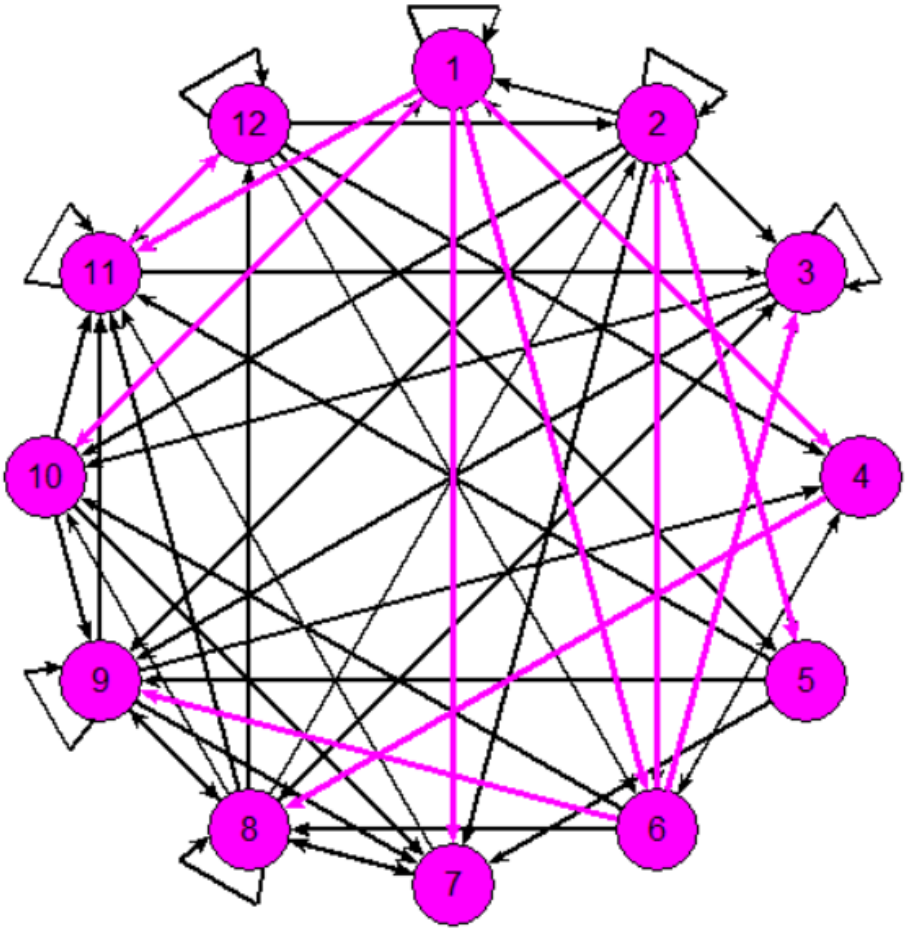



DFS:

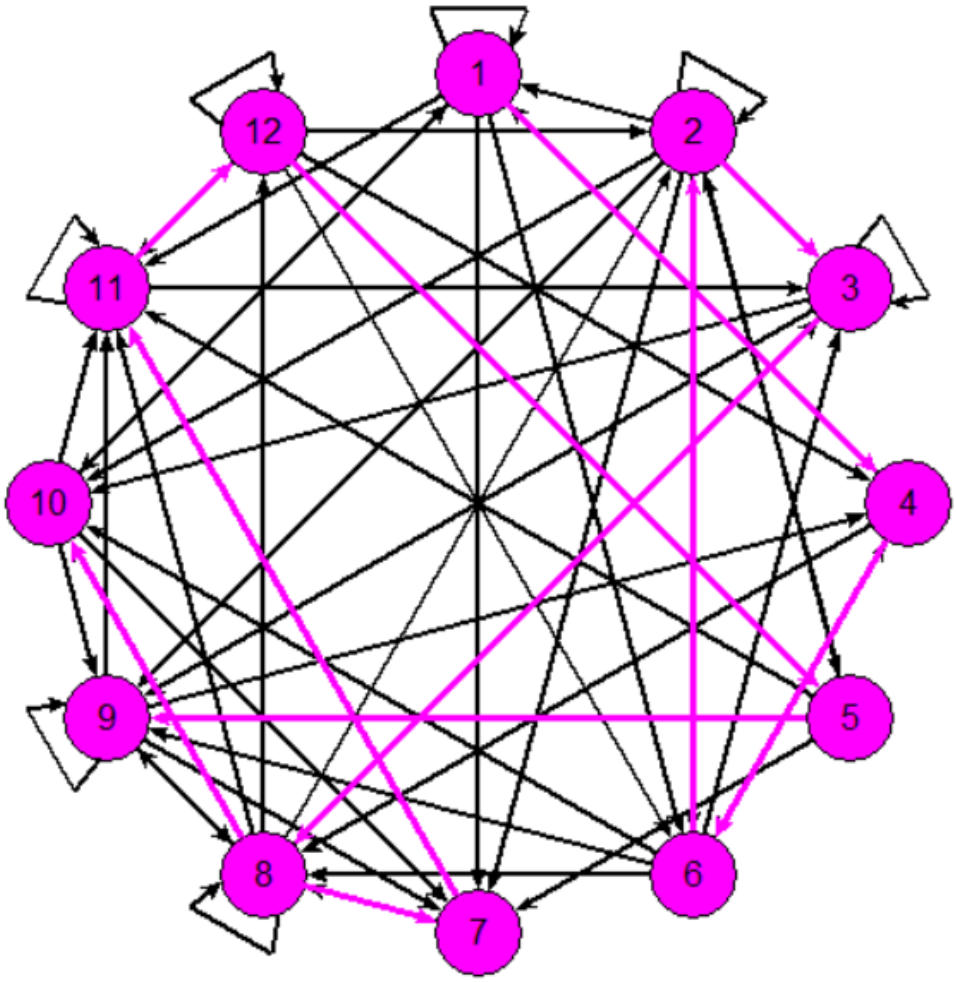



3) Кінець обходу

BFS:




DFS:




**Висновок**

Модифікував програму лабораторної №3, щоб вона обходила граф за алгоритмами BFS та DFS, будувала дерева обходу та виводила новий порядок вершин для кожного з алгоритмів.