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 №3

з дисципліни
«Алгоритми і структури даних»

Виконав:

студент групи ІМ-42
Федоренко Іван Русланович
номер у списку групи: 29

Перевірив:

Сергієнко А. М.

Київ 2025

Завдання
Лабораторна робота 3.

Графічне представлення графів

Мета лабораторної роботи

Метою лабораторної роботи No3 «Графічне представлення графів» є набуття практичних навичок представлення графів у комп'ютері та ознайомлення з принципами роботи ОС.

Постановка задачі

1. Представити у програмі напрямлений і ненапрямлений графи з заданими параметрами:

• кількість вершин n;

• розміщення вершин;

• матриця суміжності A.

2. Створити програму для формування зображення напрямленого і ненапрямленого графів у графічному вікні.

Згадані вище параметри графа задаються на основі чотиризначного номера варіанту n1n2n3n4, де n1n2 це десяткові цифри номера групи (у мене група 42), а n3n4 — десяткові цифри номера варіанту (мій варіант 29).

Кількість вершин n дорівнює 10 + n3.

Розміщення вершин:

• колом при n4 = 0, 1;

• квадратом (прямокутником) при n4 = 2, 3;

• трикутником при n4 = 4, 5;

• колом з вершиною в центрі при n4 = 6, 7;

• квадратом (прямокутником) з вершиною в центрі при n4 = 8, 9.

Наприклад, при n4 9 розміщення вершин прямокутником з вершиною в центрі

Матриця суміжності Adir напрямленого графа за варіантом формується таким чином:

1) встановлюється параметр (seed) генератора випадкових чисел, рівний номеру варіанту n1n2n3n4 — детальніше див. с. 12;

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

3) обчислюється коефіцієнт n3 * 0.02 - n4 * 0.005 - 0.25

4) кожен елемент матриці множиться на коефіцієнт k;

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

Матриця суміжності Aundir ненапрямленого графа одержується з матриці Adir:

a(dir i,j) = 1 => (aundir i,j) = 1, aundir j,i) = 1.

Наприклад, якщо запрограмувати додаткові функції randm та mulmr, у програмі мовою С генерація матриці Adir напрямленого графа може виглядати так:

srand(n1n2n3n4);

T = randm(n);

k = 1.0 - n3*0.02 - n4*0.005 - 0.25;

A = mulmr(T, k);

Тут randm(n) — розроблена функція, яка формує матрицю розміром nn, що складається з випадкових чисел у діапазоні (0, 2.0);mulmr(T, k) — розроблена функція множення матриці на коефіцієнт та округлення результату до 0 чи 1.

Код програми:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.patches as patches
import math

def generate_adjacency_matrix(n, variant_number):
    np.random.seed(variant_number)
    T = np.random.random((n, n)) * 2.0
    n3 = 2
    n4 = 9
    k = 1.0 - n3 * 0.02 - n4 * 0.005 - 0.25
    A = np.zeros((n, n), dtype=int)
    for i in range(n):
        for j in range(n):
            A[i, j] = 1 if T[i, j] * k >= 1.0 else 0
    return A

def get_undirected_matrix(directed_matrix):
    n = directed_matrix.shape[0]
    undirected_matrix = np.zeros((n, n), dtype=int)
```

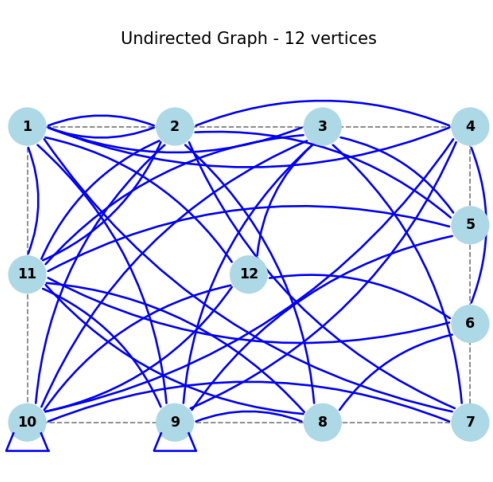
```
    for i in range(n):
        for j in range(n):
            if directed_matrix[i, j] == 1:
                undirected_matrix[i, j] = 1
                undirected_matrix[j, i] = 1
    return undirected_matrix

def get_vertex_positions(n, n4):
    positions = np.zeros((n, 2))
    if n4 in [8, 9]:
        width, height = 12, 8
        positions[n-1] = [0, 0]
        perimeter_vertices = n - 1
        sides = [0, 0, 0, 0]
        remaining = perimeter_vertices - 4
        for i in range(remaining):
            sides[i % 4] += 1
        vertex_index = 0
        positions[vertex_index] = [-width/2, height/2]
        vertex_index += 1
        for i in range(sides[0]):
            x = -width/2 + (i+1) * width / (sides[0]+1)
            positions[vertex_index] = [x, height/2]
            vertex_index += 1
        positions[vertex_index] = [width/2, height/2]
        vertex_index += 1
        for i in range(sides[1]):
            y = height/2 - (i+1) * height / (sides[1]+1)
            positions[vertex_index] = [width/2, y]
            vertex_index += 1
        positions[vertex_index] = [width/2, -height/2]
        vertex_index += 1
        for i in range(sides[2]):
            x = width/2 - (i+1) * width / (sides[2]+1)
            positions[vertex_index] = [x, -height/2]
            vertex_index += 1
        positions[vertex_index] = [-width/2, -height/2]
        vertex_index += 1
        for i in range(sides[3]):
            y = -height/2 + (i+1) * height / (sides[3]+1)
            positions[vertex_index] = [-width/2, y]
            vertex_index += 1
    return positions

def rotate_around_center(x, y, cx, cy, angle):
    """Обертання точки (x, y) навколо центру (cx, cy) на кут angle (в радіанах)"""
    dx = x - cx
    dy = y - cy
    cos_a = math.cos(angle)
```

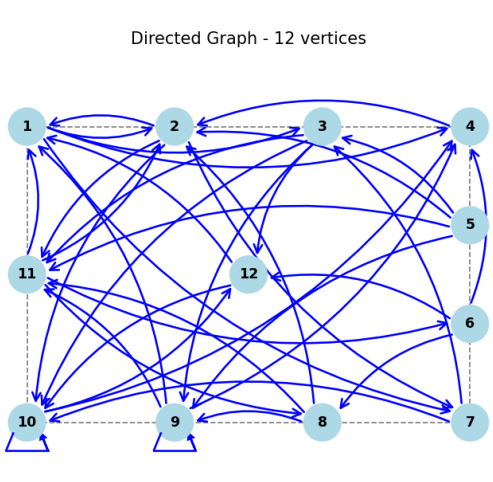
```
    sin_a = math.sin(angle)
    x_new = cx + dx * cos_a - dy * sin_a
    y_new = cy + dx * sin_a + dy * cos_a
    return (x_new, y_new)

def draw_self_loop(ax, pos, color='blue', linewidth=1.5, is_directed=True):
    """Draw a self-loop using polygonal lines under the vertex (with rotation)"""
    cx, cy = pos
    R = 0.5
    index_angle = 0
    theta = index_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)

    ax.plot([p1[0], p2[0]], [p1[1], p2[1]], color=color, linewidth=linewidth)
    ax.plot([p2[0], p3[0]], [p2[1], p3[1]], color=color, linewidth=linewidth)

    if is_directed:
        dx_arrow = p4[0] - p3[0]
        dy_arrow = p4[1] - p3[1]
        ax.arrow(p3[0], p3[1], dx_arrow, dy_arrow,
                 head_width=0.15, head_length=0.15,
                 fc=color, ec=color, linewidth=linewidth,
                 length_includes_head=True)
    else:
        ax.plot([p3[0], p4[0]], [p3[1], p4[1]], color=color, linewidth=linewidth)

def draw_edge(ax, start, end, is_directed=True, color='blue', linewidth=1.5):
    dx = end[0] - start[0]
    dy = end[1] - start[1]
    dist = np.sqrt(dx**2 + dy**2)
    if dist < 0.001:
        return
    vertex_radius = 0.5
    ratio = vertex_radius / dist
```

```
    start_x = start[0] + dx * ratio
    start_y = start[1] + dy * ratio
    end_x = end[0] - dx * ratio
    end_y = end[1] - dy * ratio
    rad = 0.2
    arrowstyle = '->' if is_directed else '-'
    arrow = patches.FancyArrowPatch(
        (start_x, start_y), (end_x, end_y),
        arrowstyle=arrowstyle,
        color=color,
        linewidth=linewidth,
        connectionstyle=f'arc3,rad={rad}',
        mutation_scale=15
    )
    ax.add_patch(arrow)

def draw_graph(directed_matrix, positions, is_directed=True):
    n = directed_matrix.shape[0]
    fig, ax = plt.subplots(figsize=(12, 10))
    rect = patches.Rectangle((-6, -4), 12, 8, linewidth=1, edgecolor='gray',
facecolor='none', linestyle='--')
    ax.add_patch(rect)
    for i in range(n):
        for j in range(n):
            if directed_matrix[i, j] == 1:
                if i == j:
                    draw_self_loop(ax, positions[i], color='blue', linewidth=1.5,
is_directed=is_directed)
                else:
                    draw_edge(ax, positions[i], positions[j], is_directed,
color='blue')
    for i, pos in enumerate(positions):
        circle = plt.Circle(pos, 0.5, fill=True, color='lightblue', edgecolor='blue')
        ax.add_patch(circle)
        ax.text(pos[0], pos[1], str(i+1), horizontalalignment='center',
                verticalalignment='center', fontsize=10, color='black',
fontweight='bold')
    ax.set_aspect('equal')
    margin = 2
    ax.set_xlim(min(positions[:, 0])-margin, max(positions[:, 0])+margin)
    ax.set_ylim(min(positions[:, 1])-margin, max(positions[:, 1])+margin)
    graph_type = "Directed" if is_directed else "Undirected"
    plt.title(f"{graph_type} Graph - {n} vertices")
    plt.axis('off')
    return fig

def print_matrix(matrix, title):
    print(f"\n{title}:")
    for row in matrix:
```

```
        print(" ".join(map(str, row)))

def main():
    variant_number = 4229
    n3 = 2
    n4 = 9
    n = 10 + n3
    print(f"Variant number: {variant_number}")
    print(f"Number of vertices n = 10 + {n3} = {n}")
    print(f"Vertex placement: Rectangular with vertex in center (n4 = {n4})")
    directed_matrix = generate_adjacency_matrix(n, variant_number)
    undirected_matrix = get_undirected_matrix(directed_matrix)

    print_matrix(directed_matrix, f"Directed Graph Adjacency Matrix ({n}x{n})")
    print_matrix(undirected_matrix, f"Undirected Graph Adjacency Matrix ({n}x{n})")
    positions = get_vertex_positions(n, n4)
    fig_directed = draw_graph(directed_matrix, positions, is_directed=True)
    fig_directed.savefig('directed_graph.png')
    fig_undirected = draw_graph(directed_matrix, positions, is_directed=False)
    fig_undirected.savefig('undirected_graph.png')
    plt.show()

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Вивід:





Результати тестування:

```
Variant number: 4229
Number of vertices n = 10 + 2 = 12
Vertex placement: Rectangular with vertex in center (n4 = 9)

Directed Graph Adjacency Matrix (12x12):
0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0
0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1
0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0
1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0
0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1
1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0

Undirected Graph Adjacency Matrix (12x12):
0 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1
1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0
1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1
1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0
0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0
0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1
1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0
1 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0
0 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1
1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0
1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0
```

Висновки:

У ході виконання лабораторної роботи було реалізовано програму для створення та графічного зображення напрямленого й ненапрямленого графів із заданими параметрами. Було сформовано матриці суміжності на основі генерації випадкових чисел з урахуванням номера варіанту, а також реалізовано алгоритм візуалізації графів у графічному вікні з використанням мови програмування Python та бібліотеки matplotlib.

Виконана робота сприяла закріпленню практичних навичок у представленні графів у комп’ютерних програмах, формуванні матриць суміжності та застосуванні базових графічних примітивів.