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-32
Король Олександр Володимирович
номер у списку групи: 14

Перевірила:

Молчанова А. А.

Київ 2024

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 $n_1n_2n_3n_4$, де n_1n_2 це десяткові цифри номера групи, а n_3n_4 — десяткові цифри номера варіанту, який був у студента для двох попередніх робіт (див. таблицю з поточними оцінками з АСД, надану викладачем на початку поточного семестру).

Кількість вершин n дорівнює $10 + n_3$.

Розміщення вершин:

- колом при $n_4 = 0, 1$;
- квадратом (прямокутником) при $n_4 = 2, 3$;
- трикутником при $n_4 = 4, 5$;

- колом з вершиною в центрі при $n_4 = 6, 7$;
- квадратом (прямокутником) з вершиною в центрі при $n_4 = 8, 9$.

Наприклад, при $n_4 = 9$ розміщення вершин прямокутником з вершиною в центрі повинно виглядати так, як на прикладі графа на рис. 5.

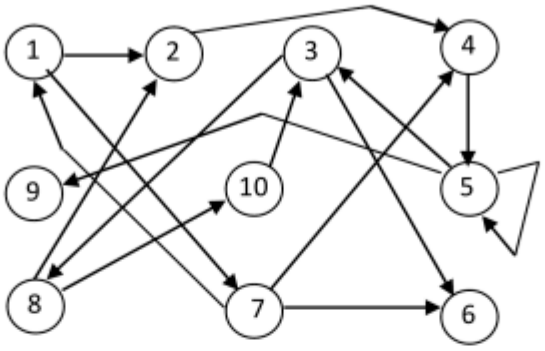


Рис. 5. Приклад зображення графа

Матриця суміжності A_{dir} напрямленого графа за варіантом формується таким чином:

1) встановлюється зерно генератора випадкових чисел, рівне номеру варіанту $n_1 n_2 n_3 n_4$;
2) матриця розміром $n \cdot n$ заповнюється згенерованими випадковими числами в діапазоні [0, 2.0);
3) обчислюється коефіцієнт $k = 1.0 - n_3 * 0.02 - n_4 * 0.005 - 0.25$;
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 A_{undir} ненапрямленого графа одержується з матриці A_{dir}:

$$a_{dir_{i,j}} = 1 \Rightarrow \; a_{undir_{i,j}} = 1, a_{undir_{j,i}} = 1.$$

Наприклад, якщо запрограмувати додаткові функції `randm` та `mulmr`, у програмі на мові С генерація матриці A_{dir} 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 $n \cdot n$, 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.

При проєктуванні програм ***слід врахувати наступне***:

1) мова програмування обирається студентом самостійно;
2) графічне зображення графа має формуватися на основі графічних примітивів з графічної бібліотеки (таких як еліпс, пряма, дуга, текст тощо);
3) використання готових бібліотек для роботи з графами не дозволяється;
4) вивід графа має бути реалізований універсальним чином: вершини і ребра мають виводитися в циклі, а не окремими командами для кожного графічного елемента;
5) типи та структури даних для внутрішнього представлення графа у програмі слід вибрати самостійно;
6) матриці суміжності графів можна виводити в графічне вікно або консоль — на розсуд студента;
7) матриці суміжності мають виводитися як матриці: в квадратному вигляді, з 1 та 0.

Отже за варіантом 3215 значення будуть такі

кількість вершин n = 10+n3 = 10+1 = 11

розміщення вершин за трикутником (n4=5)

Матриця суміжності має такі параметри:

- зерно генератора випадкового числа = 3215
- коефіцієнт k = 1.0 - n3*0.02 - n4*0.005 - 0.25 =

= 1.0 - 1*0.02 - 5*0.005 - 0.25 = 0.705

Текст програми

header/matrix.h

```h
#ifndef MATRIX_H

#define MATRIX_H



#define NUM_VERTICES 11

#define RADIUS 16

#define SEED 3215

#define K 0.705




double **directedMatrix();

double **undirectedMatrix();

void freeMatrix(double**);

void freeCoords(int**);

void outputMatrix(double**);

#endif
```

lib/coord.c

```c
#include <stdlib.h>

#include "../header/matrix.h"

#include <stdio.h>



int **getVerticesCoords(int start) {

   int n = NUM_VERTICES;
```

```
int vertInSide = (int)(n / 3.0 + 0.5) + 1;

int **coords;

coords = malloc(n * 2 * sizeof(size_t*));

for (int i = 0; i < 2; i++) {

    coords[i] = malloc(n * sizeof(int));

}


int distance = 100;

int distanceAtDown;

if (n%3 == 0) {

    distanceAtDown = distance*2;

} else if (n%3 == 1) {

    distanceAtDown = (vertInSide-1)*2*distance / vertInSide;

} else {

    distanceAtDown = (vertInSide-1)*2*distance / (vertInSide-2);

}


int tempX = start;

int tempY = start;

for (int j = 0; j < vertInSide; j++) {

    tempX += distance;

    tempY += distance;

    coords[0][j] = tempX;

    coords[1][j] = tempY;

}


for (int j = vertInSide; j < vertInSide*2-1; j++) {

    tempX += distance;

    tempY -= distance;
```

```
        coords[0][j] = tempX;

        coords[1][j] = tempY;

    }


    for (int j = vertInSide*2-1; j < n; j++) {

        tempX -= distanceAtDown;

        coords[0][j] = tempX;

        coords[1][j] = tempY;

    }


    return coords;

}
```

lib/display.c

```
#include <windows.h>

#include <math.h>

#include "../header/matrix.h"

#include <stdio.h>



void drawArrow(HDC, float, int, int);                                   //
стрілка

void drawLoops(HDC, double**, int**, int);                              //
петлі

void drawMultipleArc(HDC, int, int, int, int);                          //
подвійні дуги всередині

void drawDoubleArc (HDC, int, int, int, int, int);                      //
подвійні дуги за межами

void drawLeftArc(HDC, int, int, int, int, int);                         //
дуги справа

void drawRightArc(HDC, int, int, int, int, int);                        //
дуги справа

void drawStraightEdge(HDC, int, int, int, int, int);                    //
ребра всередині
```

```
void drawEdges(HDC, int**, int);

int **getVerticesCoords(int);



void drawGraph(HWND hWnd, HDC hdc, PAINTSTRUCT ps, int start, int
isDirected) {

   int **coords = getVerticesCoords(start);

   int radius = RADIUS, dtx = 5;



   HPEN bluePen = CreatePen(PS_SOLID, 2, RGB(50, 0, 255));

   HPEN blackPen = CreatePen(PS_SOLID, 1, RGB(20, 20, 5));



   SelectObject(hdc, blackPen);

   drawEdges(hdc, coords, isDirected);



   SelectObject(hdc, bluePen);

   for (int j = 0; j < NUM_VERTICES; j++) {

       char num[2];

       itoa(j + 1, num, 10);

       int x = coords[0][j];

       int y = coords[1][j];

       Ellipse(hdc, x - radius, y - radius, x + radius, y + radius);

       TextOut(hdc, x - dtx, y - radius / 2, num, 2);

   }



   freeCoords(coords);

}



void drawEdges(HDC hdc, int **coords, int isDirected) {

   double **matrix = isDirected ? directedMatrix() : undirectedMatrix();

   int n = NUM_VERTICES;
```

```
    int vertInSide = (int)(n / 3.0 + 0.5);



    int k = n;

    int distance = abs(coords[0][0] - coords[0][1]);

    drawLoops(hdc, matrix, coords, isDirected);

    for (int i = 0; i < n; i++) {

        if (!isDirected) k = i;

        for (int j = 0; j < k; j++) {

            if (matrix[i][j] && i != j) {

                int isFirstInCorner;

                int isSecondInCorner;

                int inWhichRowFirst;

                int inWhichRowSecond;

                isFirstInCorner = i==0 || i==vertInSide || i==vertInSide +
vertInSide;

                isSecondInCorner = j==0 || j==vertInSide || j==vertInSide +
vertInSide;

                inWhichRowFirst = i / vertInSide;

                inWhichRowSecond = j / vertInSide;



                int isInside = isFirstInCorner ? !(inWhichRowFirst ==
inWhichRowSecond || ((inWhichRowFirst+2) % 3) == inWhichRowSecond) :
isSecondInCorner ? !(inWhichRowSecond == inWhichRowFirst ||
((inWhichRowSecond+2) % 3) == inWhichRowFirst) : inWhichRowFirst !=
inWhichRowSecond;

                isInside = isInside || (i+1 == j || i-1 == j || i+10 == j);

                int x1 = coords[0][i];

                int y1 = coords[1][i];

                int x2 = coords[0][j];

                int y2 = coords[1][j];



                if (isInside) {
```

```
                    if (matrix[j][i] && isDirected) {
                        drawMultipleArc(hdc, x1, y1, x2, y2);
                    } else {
                        drawStraightEdge(hdc, x1, y1, x2, y2, isDirected);
                    }
                } else {
                    if (matrix[j][i] && isDirected) {
                        if (i > j) {
                            drawDoubleArc(hdc, x1, y1, x2, y2, isDirected);
                        }
                    } else {
                        if (y1 == y2) {
                            if (x1 < x2) {
                                drawLeftArc(hdc, x1, y1, x2, y2,
isDirected);
                            } else {
                                drawRightArc(hdc, x1, y1, x2, y2,
isDirected);
                            }
                        } else {
                            if (y1 < y2) {
                                if (x1 < x2) {
                                    drawLeftArc(hdc, x1, y1, x2, y2,
isDirected);
                                } else {
                                    drawRightArc(hdc, x1, y1, x2, y2,
isDirected);
                                }
                            } else {
                                if (x1 > x2) {
                                    drawLeftArc(hdc, x1, y1, x2, y2,
isDirected);
```

```
                                } else {
                                    drawRightArc(hdc, x1, y1, x2, y2,
isDirected);
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }

    freeMatrix(matrix);
}



void drawArrow(HDC hdc, float fi, int px, int py) {
    fi = 3.1416 * (180.0 - fi) / 180.0;

    int lx, ly, rx, ry;
    lx = px + 15 * cos(fi + 0.3);
    rx = px + 15 * cos(fi - 0.3);
    ly = py + 15 * sin(fi + 0.3);
    ry = py + 15 * sin(fi - 0.3);

    MoveToEx(hdc, lx, ly, NULL);
    LineTo(hdc, px, py);
    LineTo(hdc, rx, ry);
}
```

```
void drawLoops(HDC hdc, double **matrix, int **coords, int isDirected) {
   int n = NUM_VERTICES;
   int radius = RADIUS;
   double indent = radius * 2.5;
   for (int i = 0; i < n; i++) {
       if (matrix[i][i]) {
           int x1 = coords[0][i];
           int y1 = coords[1][i];
           Ellipse(hdc, x1 - indent, y1 - indent, x1, y1);
           if (isDirected) drawArrow(hdc, -10, x1 - radius, y1);
       }
   }
}

void drawMultipleArc(HDC hdc, int x1, int y1, int x2, int y2) {
   int radius = RADIUS;
   double cx, cy;
   double dx, dy;

   if (x2 > x1) {
       if (y1 < y2) {
           cx = (x1 + x2) * 0.5 - radius;
           cy = (y1 + y2) * 0.5 + radius;
       } else {
           cx = (x1 + x2) * 0.5 + radius;
           cy = (y1 + y2) * 0.5 + radius;
       }
   } else {
       if (y1 < y2) {
```

```
            cx = (x1 + x2) * 0.5 - radius;
            cy = (y1 + y2) * 0.5 - radius;
        } else {
            cx = (x1 + x2) * 0.5 + radius;
            cy = (y1 + y2) * 0.5 - radius;
        }
    }



    dx = fabs(cx - x2);
    dy = fabs(cy - y2);
    double tanFi = dy / dx;
    double fi = atan(tanFi) * 180 / 3.1416;
    int ax = radius / sqrt(1 + tanFi * tanFi);
    int ay = ax * tanFi;


    if (x2 > x1) {
        if (y1 < y2) {
            ay = -ay;
            fi = -fi;
            ax = -ax;
        } else {
            ax = -ax;
        }
    } else {
        if (y1 < y2) {
            fi = 180 + fi;
            ay= -ay;
        } else {
```

```
            fi = 180 - fi;

        }

    }


    MoveToEx(hdc, x1, y1, NULL);

    LineTo(hdc, cx, cy);

    MoveToEx(hdc, cx, cy, NULL);

    LineTo(hdc, x2, y2);

    drawArrow(hdc, fi, x2 + ax, y2 + ay);

}


void drawDoubleArc(HDC hdc,int x1, int y1, int x2, int y2, int isDirected)
{

    int radius = RADIUS;

    double cx1 = (x1 + x2) * 0.60;

    double cy1 = (y1 + y2) * 0.53;

    if (y1 == y2) cy1 = (y1 + y2 - 100) * 0.5;

    double dx1 = fabs(cx1 - x2);

    double dy1 = fabs(cy1 - y2);

    double tanFi1 = dx1 / dy1;


    double fi1 = atan2(dy1, dx1) * 180 / 3.1416;

    int ay1 = radius / sqrt(1 + tanFi1 * tanFi1);

    int ax1 = ay1 * tanFi1;


    double cx2 = (x1 + x2) * 0.52;

    double cy2 = (y1 + y2) * 0.64;

    if (y1 == y2) cy2 = (y1 + y2 - 100) * 0.5;

    double dx2 = fabs(cx2 - x2);

    double dy2 = fabs(cy2 - y2);
```

```
    double tanFi2 = dx2 / dy2;


    double fi2 = atan2(dy2, dx2) * 180 / 3.1426;
    int ay2 = radius / sqrt(1 + tanFi2 * tanFi2);
    int ax2 = ay2 * tanFi2;


    MoveToEx(hdc, x1, y1, NULL);
    LineTo(hdc, cx1, cy1);
    MoveToEx(hdc, cx1, cy1, NULL);
    LineTo(hdc, x2, y2);
    if (isDirected) drawArrow(hdc, fi1, x2 + ax1, y2 + ay1);


    MoveToEx(hdc, x2, y2, NULL);
    LineTo(hdc, cx2, cy2);
    MoveToEx(hdc, cx2, cy2, NULL);
    LineTo(hdc, x1, y1);
    if (isDirected) drawArrow(hdc, fi2, x1 + ax2, y1 + ay2);
}
void drawLeftArc(HDC hdc, int x1, int y1, int x2, int y2, int isDirected )
{
    int radius = RADIUS;
    double cx = (x1 + x2) * 0.5 - radius * 2;
    double cy = (y1 + y2) * 0.55;
    if (y1 == y2) cy = (y1 + y2 - 100) * 0.5;
    double dx = fabs(cx - x2);
    double dy = fabs(cy - y2);
    double tanFi = dx / dy;


    double fi = atan2(dy, dx) * 180 / 3.1416;
    int ay = radius / sqrt(1 + tanFi * tanFi);
```

```
    int ax = ay * tanFi;


    if (y1 == y2) {
        ax = -ax;
        ay = -ay;
        fi = -fi;
    } else {
        if (y1 < y2) {
            ax = -ax;
            ay = -ay;
            fi = -fi;
        } else {
            fi = 180 -fi;
        }
    }


    MoveToEx(hdc, x1, y1, NULL);
    LineTo(hdc, cx, cy);
    MoveToEx(hdc, cx, cy, NULL);
    LineTo(hdc, x2, y2);
    if (isDirected) drawArrow(hdc, fi, x2 + ax, y2 + ay);
}


void drawRightArc(HDC hdc, int x1, int y1, int x2, int y2, int isDirected)
{
    int radius = RADIUS;
    double cx = (x1 + x2) * 0.5 + radius * 2;
    double cy = (y1 + y2) * 0.55;
    if (y1 == y2) cy = (y1 + y2 - 100) * 0.5;
    double dx = abs(cx - x2);
```

```
    double dy = abs(cy - y2);


    double tanFi = dy / dx;
    double fi = atan(tanFi) * 180 / 3.1416;
    int ax = radius / sqrt(1 + tanFi * tanFi);
    int ay = ax * tanFi;


    if (y1 == y2) {
        ay = -ay;
        fi = 180 + fi;
    } else {
        if (y1 < y2) {
            ay = -ay;
            fi = 180 + fi;
        } else {
            ax = -ax;
        }
    }


    MoveToEx(hdc, x1, y1, NULL);
    LineTo(hdc, cx, cy);
    MoveToEx(hdc, cx, cy, NULL);
    LineTo(hdc, x2, y2);
    if (isDirected) drawArrow(hdc, fi, x2 + ax, y2 + ay);
}
void drawStraightEdge(HDC hdc, int x1, int y1, int x2, int y2, int
isDirected) {
    int radius = RADIUS;
    int absx = abs(x1 - x2);
    int absy = abs(y1 - y2);
```

```
double cx, cy;
double fi, tanFi;
int ax, ay;


if (!absy) {
    fi = 0;
    ax = radius;
    ay = 0;
} else if (!absx) {
    fi = 90;
    ay = radius;
    ax = 0;
} else {
    tanFi =  (double)absy / (double)absx;
    ax = radius / sqrt(1 + tanFi * tanFi);
    ay = ax * tanFi;
    fi = atan2( absy,absx ) * 180 / 3.1416;
}


if (y1 < y2) {
    if (x1<x2) {
        fi = -fi;
        ay = -ay;
        ax = -ax;
    } else {
        ay = -ay;
        fi = 180 + fi;
    }
} else {
```

```
        if (x1<x2) {
            ax = -ax;
        } else {
            fi = 180-fi;
        }
    }

    MoveToEx(hdc, x1, y1, NULL);
    LineTo(hdc, x2, y2);
    if (isDirected) drawArrow(hdc, fi, x2 + ax, y2 + ay);
}
```

lib/matrix.c

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include "../header/matrix.h"



double **randm() {
    int n = NUM_VERTICES;
    srand(SEED);
    double **matrix = (double **) malloc(sizeof(double *) * n);
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        matrix[i] = (double *) malloc(sizeof(double) * n);
    }
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        for (int j = 0; j < n; j++) {
            matrix[i][j] = (double) (rand() * 2.0) / (double) RAND_MAX;
```

```
        }
    }
    return matrix;

}

double **mulmr(double **matrix) {
    int n = NUM_VERTICES;
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        for (int j = 0; j < n; j++) {
            matrix[i][j] *= K;
            matrix[i][j] = matrix[i][j] < 1 ? 0 : 1;
        }
    }
    return matrix;
}

void freeMatrix(double **matrix) {  // звільнення пам'яті від матриці
    int n = NUM_VERTICES;
    for (int i = 0; i < n; i++) free(matrix[i]);
    free(matrix);
}

void freeCoords(int **coords) {  // звільнення пам'яті від координат
    for (int i = 0; i < 2; i++) free(coords[i]);
    free(coords);
}

double **directedMatrix() { // генерація матриці орієнтованого графа
```

```
    double **T = randm();
    double **A = mulmr(T);
    return A;
}


double **undirectedMatrix() { // генерація матриці неорієнтованого графа
    int n = NUM_VERTICES;
    double **A = directedMatrix();
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        for (int j = 0; j < n; j++) {
            if (A[i][j]) A[j][i] = 1;
        }
    }
    return A;
}


void outputMatrix(double **matrix) {
    int n = NUM_VERTICES;
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        printf("\n");
        for (int j = 0; j < n; j++) {
            printf("%.0lf  ", matrix[i][j]);
        }
    }
    printf("\n");
}
```

app.c

```c
#include <windows.h>

#include <stdio.h>



#define WIDTH 1200

#define HEIGHT 1200

#define START 100



LRESULT CALLBACK WndProc(HWND, UINT, WPARAM, LPARAM);

void drawGraph(HWND, HDC, PAINTSTRUCT, int, int);



char ProgName[] = "Lab 3 by Korol Oleksandr";



int WINAPI WinMain(HINSTANCE hInstance, HINSTANCE hPrevInstance, LPSTR
lpszCmdLine, int nCmdShow) {

   WNDCLASS w;

   w.lpszClassName = ProgName;

   w.hInstance = hInstance;

   w.lpfnWndProc = WndProc;

   w.hCursor = LoadCursor(NULL, IDC_ARROW);

   w.hIcon = 0;

   w.lpszMenuName = 0;

   w.hbrBackground = WHITE_BRUSH;

   w.style = CS_HREDRAW | CS_VREDRAW;

   w.cbClsExtra = 0;

   w.cbWndExtra = 0;



   if (!RegisterClass(&w)) return 0;



   HWND hWnd;

   MSG lpMsg;
```

```
    hWnd = CreateWindow(
        ProgName,
        "Lab 3 by Korol Oleksandr",
        WS_OVERLAPPEDWINDOW,
        10,
        10,
        WIDTH,
        HEIGHT,
        (HWND)NULL,
        (HMENU)NULL,
        (HINSTANCE)hInstance,
        (HINSTANCE)NULL
    );

    ShowWindow(hWnd, nCmdShow);

    int flag;
    while((flag = GetMessage(&lpMsg, hWnd, 0, 0)) != 0) {
        if (flag == -1) return lpMsg.wParam;
        TranslateMessage(&lpMsg);
        DispatchMessage(&lpMsg);
    }

    DestroyWindow(hWnd);

    return 0;
}
```

```
LRESULT CALLBACK WndProc(HWND hWnd, UINT messg, WPARAM wParam, LPARAM
lParam) {

   HDC hdc;

   PAINTSTRUCT ps;



   RECT rect = {0, 0, WIDTH, HEIGHT};

   static BOOL shiftPressed = TRUE;

   static BOOL ctrlPressed = FALSE;



   switch (messg) {

       case WM_PAINT:

           hdc = BeginPaint(hWnd, &ps);

           FillRect(hdc, &rect, WHITE_BRUSH);

           TextOut(hdc, WIDTH * 0.5, HEIGHT - START, "press: Shift -
directed, Ctrl - undirected", 42);

           if (shiftPressed) drawGraph(hWnd, hdc, ps, START, 1);

           if (ctrlPressed) drawGraph(hWnd, hdc, ps, START, 0);

           EndPaint(hWnd, &ps);

           break;



       case WM_KEYDOWN:

           if (wParam == VK_SHIFT) {

               shiftPressed = TRUE;

               ctrlPressed = FALSE;

           }

           if (wParam == VK_CONTROL) {

               shiftPressed = FALSE;

               ctrlPressed = TRUE;

           }

           InvalidateRect(hWnd, NULL, TRUE);
```

```
            break;


        case WM_DESTROY:
            PostQuitMessage(0);
            break;


        default:
            return(DefWindowProc(hWnd, messg, wParam, lParam));
    }
}
```

print.c

```c
#include <stdio.h>
#include "./header/matrix.h"


int main() {
    double **directed = directedMatrix();
    double **undirected = undirectedMatrix();


    printf("\nDirected Graph Matrix");
    outputMatrix(directed);
    freeMatrix(directed);


    printf("\nUndirected Graph Matrix");
    outputMatrix(undirected);
    freeMatrix(undirected);
}
```

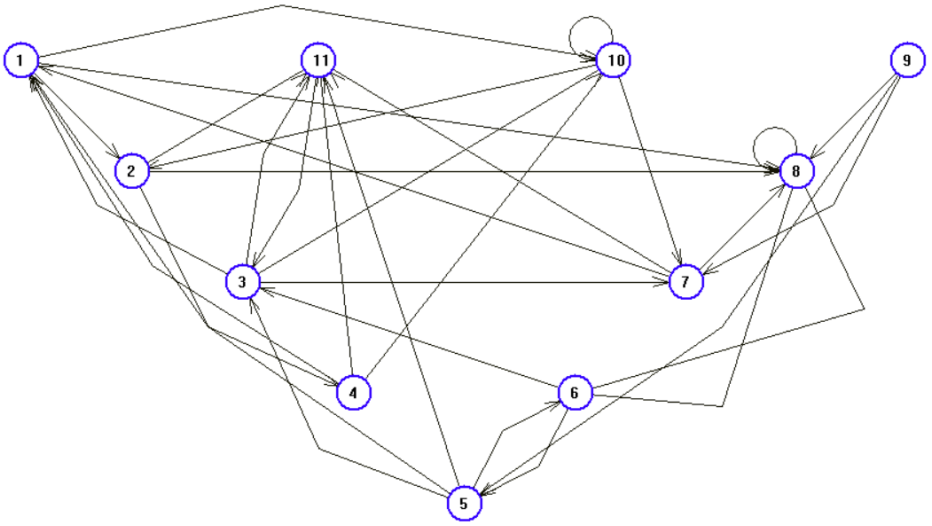
Згенеровані за варіантом матриці суміжності напрямленого і ненапрямленого графів

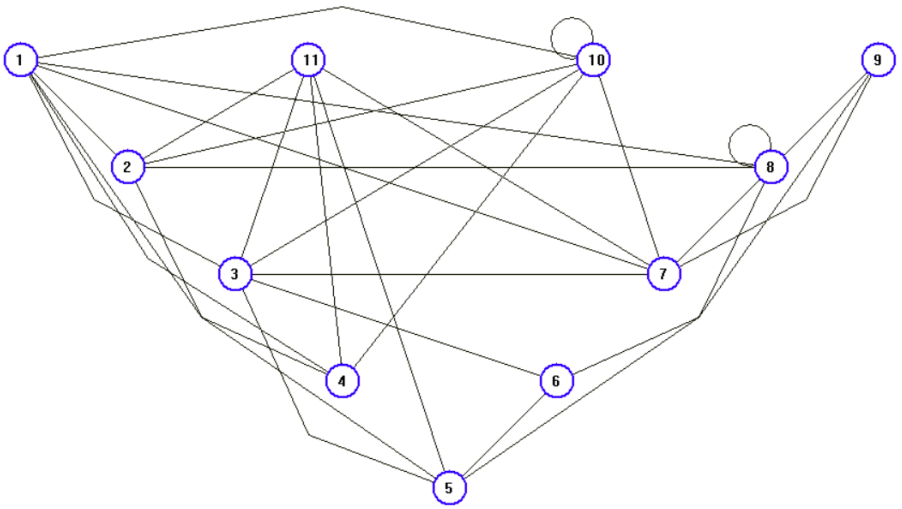
```
Directed Graph Matrix
0  1  0  0  0  0  0  1  0  1  0
0  0  0  1  0  0  0  1  0  0  1
1  0  0  0  0  0  1  0  0  1  1
1  0  0  0  0  0  0  0  0  1  1
1  0  1  0  0  1  0  0  0  0  1
0  0  1  0  1  0  0  1  0  0  0
1  0  0  0  0  0  0  1  0  0  1
0  0  0  0  0  1  0  1  0  0  0
0  0  0  0  1  0  1  1  0  0  0
0  1  0  0  0  0  1  0  0  1  0
0  0  1  0  0  0  0  0  0  0  0

Undirected Graph Matrix
0  1  1  1  1  0  1  1  0  1  0
1  0  0  1  0  0  0  1  0  1  1
1  0  0  0  1  1  1  0  0  1  1
1  1  0  0  0  0  0  0  0  1  1
1  0  1  0  0  1  0  0  1  0  1
0  0  1  0  1  0  0  1  0  0  0
1  0  1  0  0  0  0  1  1  1  1
1  1  0  0  0  1  1  1  1  0  0
0  0  0  0  1  0  1  1  0  0  0
1  1  1  1  0  0  1  0  0  1  0
0  1  1  1  1  0  1  0  0  0  0

Process finished with exit code 0
```

Результати тестування програми





Висновки

Під час виконання цієї лабораторної роботи я отримав цінний практичний досвід з графічного відображення графів. Робота з випадковою матрицею суміжності та графічним представленням графа дозволила мені краще зрозуміти структуру графів та їх взаємозв'язки.

Розділивши граф на вершини та ребра та використовуючи різноманітні методи для їх відображення, я отримав можливість працювати з графами відповідно до їхньої структури. Це виявилося ефективним та корисним способом для візуалізації графічних даних.

У процесі вивчення теоретичного матеріалу я ознайомився з різними аспектами роботи з графами, включаючи їхню математичну модель, роль вершин і ребер, а також алгоритми визначення циклів та шляхів. Це дозволило мені отримати глибше розуміння принципів функціонування графів та їх використання в різних областях, таких як комп'ютерні мережі, транспортні системи тощо.

Результати дослідження підтвердили, що графічне відображення графів є потужним інструментом для аналізу та візуалізації даних. Воно допомагає зрозуміти взаємозв'язки між об'єктами та виявляти закономірності у складних системах.

Отже, ця лабораторна робота дала мені не лише практичний досвід роботи з графічним відображенням графів, але й поглиблене розуміння їхньої структури та використання, що буде корисним у подальших проектах та дослідженнях в галузі комп'ютерних наук.