

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра МО ЭВМ**

**ОТЧЕТ**

**по лабораторной работе №2**

**по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»**

**Тема: «Анализ структурной сложности графовых моделей программ»**

Студент гр. 8304

Мухин А. М.

Преподаватель

Кирияничков В. А.

Санкт-Петербург

2022

### **Задание.**

Выполнить оценивание структурной сложности двух программ с помощью критериев:

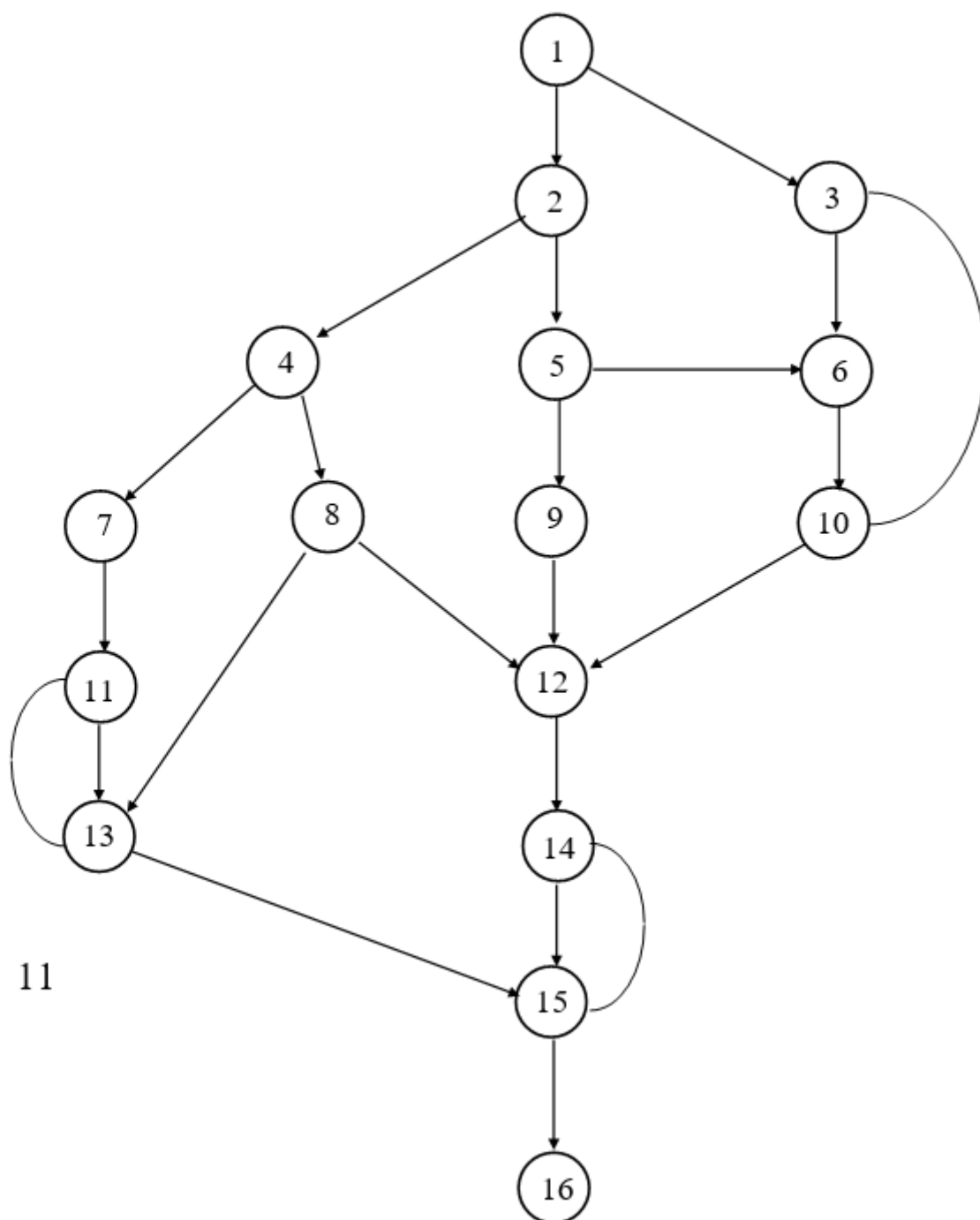
- Минимального покрытия вершин и дуг графа управления;
- Выбора маршрутов на основе цикломатического числа графа.

Варианты программ:

- Программа с заданной с заданной структурой управляющего графа, выбираемой из файла `zadan_struct.doc` в соответствии с номером в списке группы (рисунок 1).
- Программа из 1-ой лабораторной работы (управляющий граф составить самостоятельно).

Оцениваемые характеристики структурной сложности:

- Число учитываемых маршрутов проверки программы для заданного критерия;
- Цикломатическое число;
- Суммарное число ветвлений по всем маршрутам – оценка структурной сложности.



11

Рисунок 1 – Граф из файла zadan\_struct.doc

### Оценка структурной сложности программы из файла zadan\_struct.doc.

Оценивание структурной сложности с помощью критерия минимального покрытия дуг графа **вручную**.

Ветвления: 1, 2, 4, 5, 8, 10, 13, 15. Всего ветвлений – 8.

Минимальный набор путей (жирным выделены ветвления):

- 1-2-4-7-11-13-11-13-15-14-15-16 (7 ветвлений);
- 1-2-4-8-13-15-16 (6 ветвлений);
- 1-2-5-9-12-14-15-16 (4 ветвления);
- 1-2-5-6-10-12-14-15-16 (5 ветвлений);
- 1-2-4-8-12-14-15-16 (5 ветвлений);
- 1-3-6-10-3-6-10-12-14-15-16 (4 ветвления).

Итого сложность равна  $7 + 6 + 4 + 5 + 5 + 4 = 31$ .

Оценивание структурной сложности с помощью критерия на основе цикломатического числа **вручную**.

Число вершин в графе – 16, число ребер – 23. Для того, чтобы граф стал связным (из каждой вершины существовал путь в любую другую) достаточно добавить одно ребро (16-1). Таким образом, цикломатическое число графа равно  $23 - 16 + 2 * 1 = 9$ . Значит необходимо рассмотреть 9 линейно-независимых циклов и путей.

- 3-6-10-3 (1 ветвление);
- 11-13-11 (1 ветвление);
- 14-15-14 (1 ветвление);
- 1-2-4-8-13-15-16 (6 ветвлений);
- 1-2-4-7-11-13-15-16 (5 ветвлений);
- 1-2-4-8-12-14-15-16 (5 ветвлений);
- 1-2-5-6-10-12-14-15-16 (5 ветвлений);
- 1-3-6-10-12-14-15-16 (3 ветвления);
- 1-2-5-9-12-14-15-16 (4 ветвления).

Итого сложность равна  $1 + 1 + 1 + 6 + 5 + 5 + 5 + 3 + 4 = 31$ .

Оценивание структурной сложности с помощью критерия минимального покрытия дуг графа **программно** представлено на рисунке 2. Структура графа для программы представлена в приложении Б.

```

Min ways....
----- Path #1 -----
-> 1 -> 2 -> 4 -> 7 -> 11 -> 13 -> 11 -> 13 -> 15 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #2 -----
-> 1 -> 3 -> 6 -> 10 -> 3 -> 6 -> 10 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #3 -----
-> 1 -> 2 -> 5 -> 6 -> 10 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #4 -----
-> 1 -> 2 -> 4 -> 8 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #5 -----
-> 1 -> 2 -> 4 -> 8 -> 13 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #6 -----
-> 1 -> 2 -> 5 -> 9 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----

Complexity = 31

```

Рисунок 2 - Минимальное покрытие дуг

Оценивание структурной сложности с помощью критерия на основе цикломатического числа **программно** представлено на рисунке 3.

```

Z ways....
----- Path #1 -----
-> 3 -> 6 -> 10 -> 3
-----Press a key to continue -----
----- Path #2 -----
-> 11 -> 13 -> 11
-----Press a key to continue -----
----- Path #3 -----
-> 14 -> 15 -> 14
-----Press a key to continue -----
----- Path #1 -----
-> 1 -> 2 -> 4 -> 7 -> 11 -> 13 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #2 -----
-> 1 -> 2 -> 4 -> 8 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #3 -----
-> 1 -> 2 -> 4 -> 8 -> 13 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #4 -----
-> 1 -> 2 -> 5 -> 6 -> 10 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #5 -----
-> 1 -> 2 -> 5 -> 9 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----
----- Path #6 -----
-> 1 -> 3 -> 6 -> 10 -> 12 -> 14 -> 15 -> 16
-----Press a key to continue -----

Complexity = 31

```

Рисунок 3 – Цикломатическое число

## Оценка структурной сложности программы из 1-ой лабораторной.

Код программы из первой лабораторной представлен в приложении А. Граф программы представлен на рисунке 4.

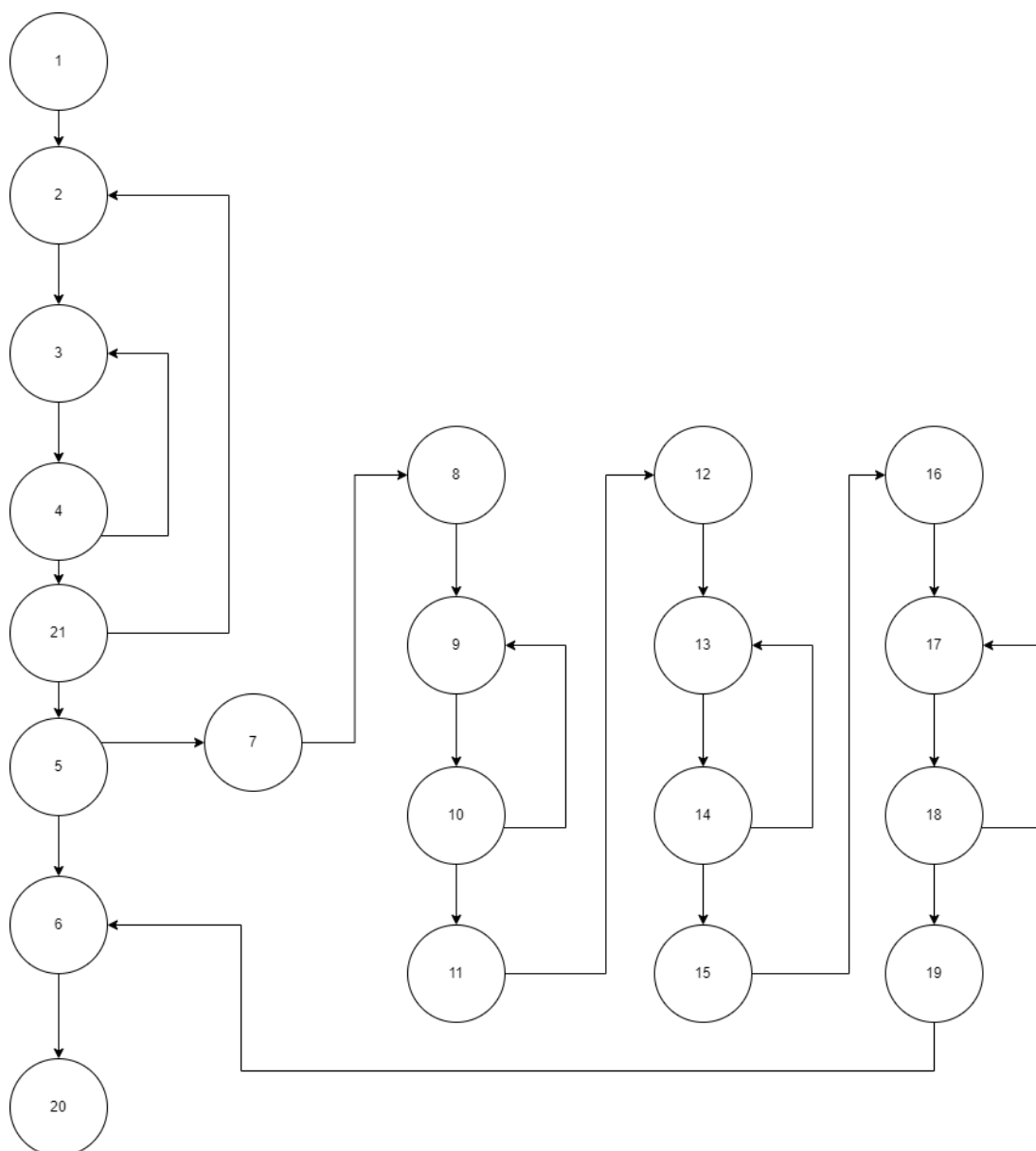


Рисунок 4 - Граф программы на языке СИ

Ключевые узлы и переходы графа:

- 2-3-4-3-4-21-2 – FOR внутри solve;
- 5 – Проверка определителя матрицы;
- 9-10-9 – FOR внутри setup при первом вызове функции
- 13-14-13 – FOR внутри setup при втором вызове функции
- 17-18-17 – FOR внутри setup при третьем вызове функции

Оценивание структурной сложности с помощью критерия минимального покрытия дуг графа **вручную**.

Ветвления: 4, 5, 10, 14, 18, 21 Всего ветвлений – 5.

Минимальный набор путей (жирным выделены ветвления):

- 1-2-3-**4-21-5**-7-8-9-**10**-9-**10**-11-12-13-**14**-13-**14**-15-16-17-**18**-17-**18**-19-6-20 (9 ветвлений);
- 1-2-3-**4-21**-2-3-**4**-3-**4-21-5**-6-20 (6 ветвлений).

Итого сложность равна  $9 + 6 = 15$ .

Оценивание структурной сложности с помощью критерия на основе цикломатического числа **вручную**.

Число вершин в графе – 21, число ребер – 26. Для того, чтобы граф стал связным (из каждой вершины существовал путь в любую другую) достаточно добавить одно ребро (20-1). Таким образом, цикломатическое число графа равно  $26 - 21 + 2 * 1 = 7$ . Значит необходимо рассмотреть 6 линейно-независимых циклов и путей.

- 3-**4**-3 (1 ветвление);
- 2-3-**4-21**-2 (2 ветвления);
- 9-**10**-9 (1 ветвление);
- 13-**14**-13 (1 ветвление);
- 17-**18**-17 (1 ветвление);
- 1-2-3-**4-21-5**-7-8-9-**10**-11-12-13-**14**-15-16-17-**18**-19-6-20 (6 ветвлений);
- 1-2-3-**4-21-5**-6-20 (3 ветвления);

Итого сложность равна  $1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 6 + 3 = 15$ .

Оценивание структурной сложности с помощью критерия минимального покрытия дуг графа **программно** представлено на рисунке 5. Структура графа для программы представлена в приложении В.

```

Min ways....
----- Path #1 -----
-> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 3 -> 4 -> 21 -> 2 -> 3 -> 4 -> 21 -> 5 -> 6 -> 20
-----Press a key to continue -----
----- Path #2 -----
-> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 21 -> 5 -> 7 -> 8 -> 9 -> 10 -> 9 -> 10 -> 11 -> 12 -> 1
3 -> 14 -> 13 -> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 18 -> 17 -> 18 -> 19 -> 6 -> 20
-----Press a key to continue -----

Complexity = 15

```

Рисунок 5 - Минимальное покрытие дуг

Оценивание структурной сложности с помощью критерия на основе цикломатического числа **программно** представлено на рисунке 6.

```

Z ways....
----- Path #1 -----
-> 3 -> 4 -> 3
-----Press a key to continue -----
----- Path #2 -----
-> 9 -> 10 -> 9
-----Press a key to continue -----
----- Path #3 -----
-> 13 -> 14 -> 13
-----Press a key to continue -----
----- Path #4 -----
-> 17 -> 18 -> 17
-----Press a key to continue -----
----- Path #5 -----
-> 2 -> 3 -> 4 -> 21 -> 2
-----Press a key to continue -----
----- Path #1 -----
-> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 21 -> 5 -> 6 -> 20
-----Press a key to continue -----
----- Path #2 -----
-> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 21 -> 5 -> 7 -> 8 -> 9 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13 -> 14 ->
15 -> 16 -> 17 -> 18 -> 19 -> 6 -> 20
-----Press a key to continue -----

Complexity = 15

```

Рисунок 6 - Цикломатическое число

### Выводы.

В результате выполнения данной лабораторной работы были изучены критерии оценивания структурной сложности программ. Была проведена оценка структурной сложности двух программ: соответствующая варианту и из первой лабораторной работы.

По результатам оценки можно сделать заключение, что программный и ручной способы совпадают с точностью до порядка путей.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРОГРАММА НА ЯЗЫКЕ СИ

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define RMAX 3
#define CMAX 3

void get_data(double a[RMAX][CMAX], double y[CMAX]) {
    a[0][0] = 1;
    a[0][1] = -43;
    a[0][2] = 19;
    y[0] = 81;
    a[1][0] = 145;
    a[1][1] = -134;
    a[1][2] = 99;
    y[1] = 12;
    a[2][0] = 325;
    a[2][1] = 991;
    a[2][2] = -199;
    y[2] = 213;
}

double deter(double a[RMAX][CMAX]) {
    return(a[0][0] * (a[1][1] * a[2][2] - a[2][1] * a[1][2])
        - a[0][1] * (a[1][0] * a[2][2] - a[2][0] * a[1][2])
        + a[0][2] * (a[1][0] * a[2][1] - a[2][0] * a[1][1]));
}

void setup(double a[RMAX][CMAX], double b[RMAX][CMAX], double
y[CMAX], double coef[CMAX], int j, double det) {
    int i;
    for (i = 0; i < RMAX; i++) {
        b[i][j] = y[i];
        if (j > 0) {
            b[i][j - 1] = a[i][j - 1];
        }
    }
    coef[j] = deter(b) / det;
}

void solve(double a[RMAX][CMAX], double y[CMAX], double
coef[CMAX]) {
    double b[RMAX][CMAX];
    int i, j;
    double det;

    for (i = 0; i < RMAX; i++) {
        for (j = 0; j < CMAX; j++) {
```

```

        b[i][j] = a[i][j];
    }
}

det = deter(b);
if (det == 0) {
    return;
}
else {
    setup(a, b, y, coef, 0, det);
    setup(a, b, y, coef, 1, det);
    setup(a, b, y, coef, 2, det);
}
}

int main() {
    double a[RMAX][CMAX];
    double y[CMAX];
    double coef[CMAX];

    get_data(a, y);
    solve(a, y, coef);

    return 0;
}

```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СТРУКТУРА ГРАФА ИЗ ФАЙЛА

```
Nodes{1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16}
```

```
Top{1}
```

```
Last{16}
```

```
Arcs{
```

```
arc(1,2);
```

```
arc(1,3);
```

```
arc(2,4);
```

```
arc(2,5);
```

```
arc(3,6);
```

```
arc(4,7);
```

```
arc(4,8);
```

```
arc(5,6);
```

```
arc(5,9);
```

```
arc(6,10);
```

```
arc(7,11);
```

```
arc(8,12);
```

```
arc(8,13);
```

```
arc(9,12);
```

```
arc(10,12);
```

```
arc(10,3);
```

```
arc(11,13);
```

```
arc(12,14);
```

```
arc(13,11);
```

```
arc(13,15);
```

```
arc(14,15);
```

```
arc(15,14);
```

```
arc(15,16);
```

```
}
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ В. СТРУКТУРА ГРАФА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ

```
Nodes{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21}
```

```
Top{1}
```

```
Last{20}
```

```
Arcs{
```

```
arc(1,2);
```

```
arc(2,3);
```

```
arc(3,4);
```

```
arc(4,3);
```

```
arc(4,21);
```

```
arc(21,5);
```

```
arc(21,2);
```

```
arc(5,6);
```

```
arc(5,7);
```

```
arc(6,20);
```

```
arc(7,8);
```

```
arc(8,9);
```

```
arc(9,10);
```

```
arc(10,9);
```

```
arc(10,11);
```

```
arc(11,12);
```

```
arc(12,13);
```

```
arc(13,14);
```

```
arc(14,13);
```

```
arc(14,15);
```

```
arc(15,16);
```

```
arc(16,17);
```

```
arc(17,18);
```

```
arc(18,17);
```

```
arc(18,19);
```

```
arc(19,6);
```

```
}
```