

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

**ОТЧЕТ**  
**по учебной практике**  
**Тема: Визуализация алгоритмов на языке программирования Java**

Студент гр. 7304	_____	Давыдов А.А.
Студент гр. 7304	_____	Пэтайчук Н.Г.
Студентка гр. 7383	_____	Чемова К.А.
Руководитель	_____	Размочаева Н.В.

Санкт-Петербург

2019

## ЗАДАНИЕ НА УЧЕБНУЮ ПРАКТИКУ

Студент Давыдов А.А. группы 7304

Студент Пэтайчук Н.Г. группы 7304

Студентка Чемова К.А. группы 7383

Тема практики: Визуализация алгоритмов на языке программирования Java

Задание на практику:

Командная итеративная разработка визуализатора алгоритма на Java с графическим интерфейсом.

Алгоритм: алгоритм поиска сильных компонент связности в ориентированном графе (алгоритм Косарайю).

Сроки прохождения практики: 01.07.2019 – 14.07.2019

Дата сдачи отчёта: 10.07.2019

Дата защиты отчёта: 12.07.2019

Студент гр. 7304

\_\_\_\_\_

Давыдов А.А.

Студент гр. 7304

\_\_\_\_\_

Пэтайчук Н.Г.

Студентка гр. 7383

\_\_\_\_\_

Чемова К.А.

Руководитель

\_\_\_\_\_

Размочаева Н.В.

## **АННОТАЦИЯ**

Целью данной практической работы является совершенствование навыков программирования, обучение созданию программ, обладающих графическим интерфейсом пользователя, а также работе в команде.

Основным заданием практической работы является разработка в бригаде из 3 человек программы, визуализирующей работу одного из алгоритмов на графах. Наша бригада в качестве визуализируемого алгоритма выбрала алгоритм поиска компонент сильной связности в ориентированном графе, а именно алгоритм Косарайю.

## **SUMMARY**

The purpose of this practical work is to improve programming skills, training in creating programs with a graphical user interface, as well as teamwork.

The main task of practical work is the development of a program in a brigade of 3 people that visualizes the work of one of the algorithms on graphs. Our team has chosen the algorithm for finding strongly connected components in a directed graph as the visualized algorithm, namely the Kosaraju algorithm.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	5
1.	Требования к программе	6
1.1.	Исходные требования к программе	6
1.1.1.	Требование к входным данным	6
1.1.2.	Требования к выходным данным	6
1.2.	Уточнение требований после сдачи прототипа	6
1.3.	Уточнение требований после сдачи 1-ой версии	7
1.4	Уточнение требований после сдачи 2-ой версии	7
2.	План разработки и распределение ролей в бригаде	8
2.1.	План разработки	8
2.2.	Распределение ролей в бригаде	8
3.	Особенности реализации	9
3.1.	Использованные структуры данных	9
3.2.	Основные методы	9
4.	Тестирование	13
	Заключение	15
	Список использованных источников	16
	Приложение А. Visual Kosaraju - Исходный код	17

## ВВЕДЕНИЕ

Целью данной практики является обучение работе в команде для разработки полноценных графических приложений в итеративном режиме.

Задачами данной практики являются:

1. Прохождение вводного задания, связанного с освоением языка программирования Java;
2. Создание мини-проекта в бригаде из 3 человек, представляющего из себя программу, визуализирующую работу одного из алгоритмов на графах.

Мини-проект должен быть выполнен на языке программирования Java;

Нашей бригадой в качестве визуализируемого алгоритма выбран алгоритм Косарайю, решающий задачу поиска компонент сильной связности в ориентированном графе. Описание входных/выходных данных и требований к программе, графического интерфейса, особенностей реализации программы и тестирования как интерфейса, так и кода, будет приведено в дальнейших разделах.

## **1. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ**

### **1.1. Исходные Требования к программе**

Программа должна представлять из себя оконное приложение с возможностью рисования графа, на котором будет применяться алгоритм, и управляющими кнопками для управления визуализацией данного алгоритма.

#### **1.1.1. Требования к входным данным**

Программа должна уметь считывать нарисованный пользователем граф и суметь визуализировать алгоритм Косарайю.

#### **1.1.2. Требования к выходным данным**

Программа должна визуализировать сильные компоненты связности, раскрашивая их в разные цвета. Также информация о процессе визуализации должна выводиться в лог, оформленный в виде текстового поля.

### **1.2. Уточнение требований после сдачи прототипа**

- Программа должна уметь открывать файлы с графами в формате .json и обрабатывать их;
- В программе должна присутствовать возможность просмотреть справку о том, как пользоваться программой, и контактную информацию о создателях данного приложения;
- Снизу программы должна находиться надпись с именами создателей программы;
- Не должно быть кнопок, отвечающих за рисование графа: граф должен рисоваться только с помощью мыши в окошке поля графа;

### **1.3. Уточнение требований после сдачи 1-й версии программы**

Уточнения требований не было, необходимо реализовать все предыдущие требования.

### **1.4. Уточнение требований после сдачи 2-й версии программы**

Уточнений требований не было, вторая версия признана финальной версией программы.

## **2. ПЛАН РАЗРАБОТКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РОЛЕЙ В БРИГАДЕ**

### **2.1. План разработки**

- 5 июля - создание прототипа программы (графического интерфейса приложения);
- 8 июля - создание 1-й версии программы (альфа-версии), реализующей основной функционал программы: рисование графа при помощи левой и правой кнопок мыши, пошаговая визуализация алгоритма и управление ею при помощи кнопок;
- 10 июля - создание 2-й версии программы (бета-версии), добавляющей вспомогательный функционал программы: считывание графа из файла формата .json, использование чёрного текстового поля в качестве лога, реализация раздела меню «Справка» и «Контакты»;
- 12 июля - создание финальной версии программы, со всем требуемым функционалом и полностью протестированный и избавленный от багов;

### **2.2. Распределение ролей в бригаде**

- Давыдов А.А. - разработка основной логики программы, а именно представление графа и самого алгоритма Косарайю; разработка класса-адаптера между логикой и интерфейсом;
- Пэтайчук Н.Г. - разработка графического интерфейса программы; разработка класса-адаптера между логикой и интерфейсом;
- Чемова К.А. - тестирование графического интерфейса и логики программы, создание юнит-тестов: помощь в разработке всех компонентов программы;



### 3. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

#### 3.1. Используемые структуры данных

В качестве структуры данных, на которой основывается граф, используется хэш-таблица, реализующая интерфейс «ключ-значение» (HashMap), где в качестве ключей выступают имена вершин, а в качестве значений - списки вершин, куда можно прийти напрямую из вершины-ключа. Помимо этого, используются также массив строк для реализации пошагового исполнения алгоритма Косарайю, а также списки для хранения компонент связности, для хранения очереди, по которой нужно просматривать граф поиском глубины во второй раз, для хранения непосещённых вершин и трека поиска в глубину. Для реализации поиска в глубину также использовалась такая структура данных, как стек.

#### 3.2. Основные методы

1) Class Graph:

- a) *public Graph transposeGraph()* - метод, транспонирующий граф. В качестве возвращаемого значения выступает объект класса Graph, являющийся транспонированной версией того графа, который вызвал этот метод;

2) Class KosarajuAlgorithm:

- a) *private List<String> tOutDepthTraversal(Graph g)* - метод, выполняющий первую часть работы алгоритма Косарайю, а именно первый обход в глубину транспонированного графа и создание очереди, по которой нужно проходить во второй раз обходом в глубину. В качестве аргумента принимает объект типа Graph, который считается транспонированной версией графа, в котором ищутся компоненты сильной связности. Возвращает данный метод

список, по которому нужно проходить во второй раз обходом в глубину (инвертированный список вершин в порядке их выхода из DFS);

- b) ***private List<String> depthFirstTraversal(List<String> list\_p)*** - метод, выполняющий второй обход в глубину уже изначального графа по списку, в котором вершины нужно обходить. Данный список является аргументом, который принимает данный метод. Возвращаемое значение - список вершин, разделённых значением null по признаку вхождения в одну компоненту сильной связности;
- c) ***public void createGraph(List<String> vertexes, List<String[]> edges)*** - метод, инициализирующий граф (объект класса Graph) в объекте класса KosarajuAlgorithm, над которым в дальнейшем будет выполняться алгоритм Косарайю. Аргументы функции - список имён вершин и список рёбер (массивов строк размера 2, где первая строка является именем вершины начала, а вторая - вершины конца);

### 3) Class VisualKosarajuAlgorithmProxy:

- a) ***private void prepareGraphData()*** - метод, преобразующий структуру данных хранения графа из класса VisualKosarajuWindow в те структуры данных, из которых можно создать граф для объекта KosarajuAlgorithm. Ничего не принимает, ничего не возвращает;
- b) ***String[] createAlgorithmStepTrace()*** - метод, который преобразует два трека выполнения поисков в глубину в один единый трек, необходимый для визуализации алгоритма. В качестве возвращаемого значения выступает массив строк, являющийся единым треком (если поиск в глубину вышел из графа, то в шаге алгоритма будет пустая вершина, признаком транспонирования и конца работы алгоритма является значение null в массиве);

### 4) Class VisualKosarajuWindow:

- a) ***private void createGraphComponent()*** - метод, создающий в окне поле для отображения и рисования графа, из которого можно извлечь

данные о самом нарисованном графе. Ничего не принимает, ничего не возвращает;

- b) ***private void addVertex(String vertexName, int x, int y)*** - метод, добавляющий вершину в граф. Переменная *vertexName* - имя вершины, *x* и *y* - координаты, куда добавить вершину. Ничего не возвращает;
- c) ***private void addEdge(String sourceVertex, String targetVertex)*** - метод, добавляющий ребро в граф. Переменные *sourceVertex* и *targetVertex* - имена вершины начала и вершины конца ребра соответственно. Ничего не возвращает;
- d) ***private void deleteGraph()*** - метод удаления всего графа. Ничего не принимает, ничего не возвращает;
- e) ***private void deleteVertex(Object vertexToDelete)*** - метод удаления вершины в графе. Принимает в качестве аргумента объект, инкапсулирующий в себе вершину графа. Ничего не возвращает;
- f) ***private void changeColor(Object graphElement, String color)*** - метод, раскрашивающий вершину в некоторый цвет. Аргументы - объект, инкапсулирующий в себе вершину графа, и строка в формате «#NNNNNN», где NNNNNN - шестнадцатеричный код цвета, в который нужно окрасить вершину. Ничего не возвращает;
- g) ***private void graphTransposition()*** - метод, транспонирующий нарисованный граф. Ничего не принимает, ничего не возвращает;
- h) ***private void colorConnectivityComponents()*** - метод, раскрашивающий компоненты связности в различные цвета. Ничего не принимает, ничего не возвращает;
- i) ***private void discolorVertexes()*** - метод, который возвращает вершинам стандартный цвет. Ничего не принимает, ничего не возвращает;

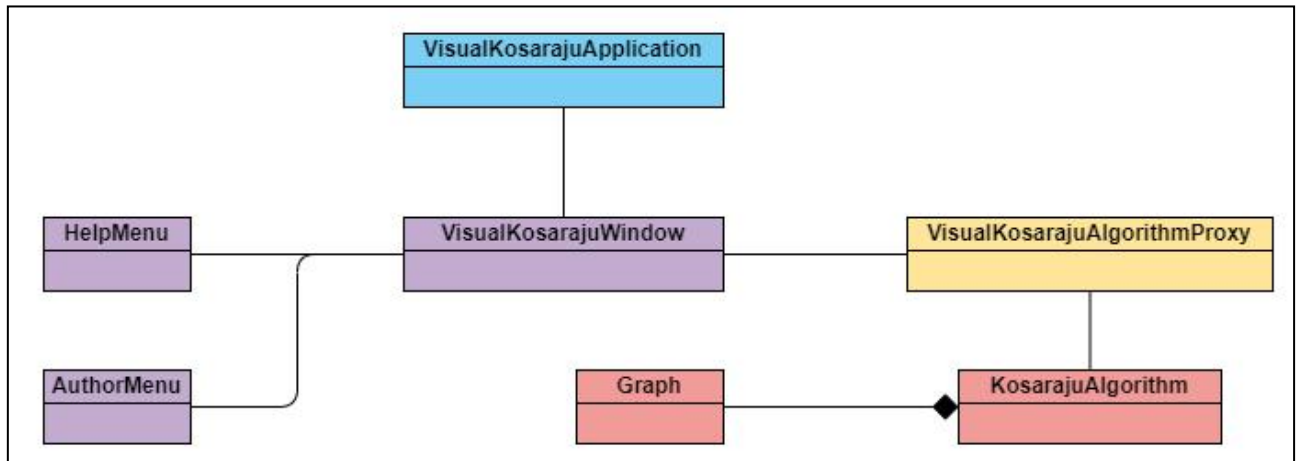


Рис 3.1 - UML-диаграмма классов проекта

## 4. ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ

Было проведено тестирование мини-проекта на корректность работы. Для этого были написаны тесты, проверяющие работу функций алгоритма, а также проверена работа графического интерфейса.

Тесты представляют собой набор юнит-тестов на разных исходных данных. Перед каждым юнит-тестом происходит инициализация графа `tka` (`tka` – является объектом `KosarajuAlgorithm`) при указании метки `@Before`. В юнит-тестах были использована функция `assertEquals()` из `org.junit`. `testTranposeGraph()` проверяет правильность транспонирования графа. `testTOutDepthTraversal()` проверяет, корректно ли возвращается список вершин по времени их выхода из обхода графа поиском в глубину. `testDepthFirstTraversal()` проверяет правильность возвращения списка компонент связности, разделителем компонент является `null`. `testGetTranspositionStepTrace()` проверяет список обхода вершин в транспонированном графе, а `testGetOriginalStepTrace()` – в исходном.

Все тесты были успешно пройдены, это показано на рис. 1–4.

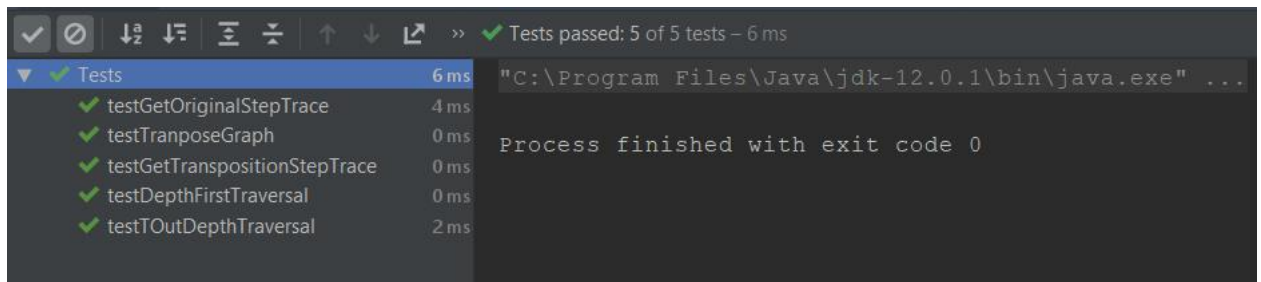


Рисунок 4.1 – Запуск Tests

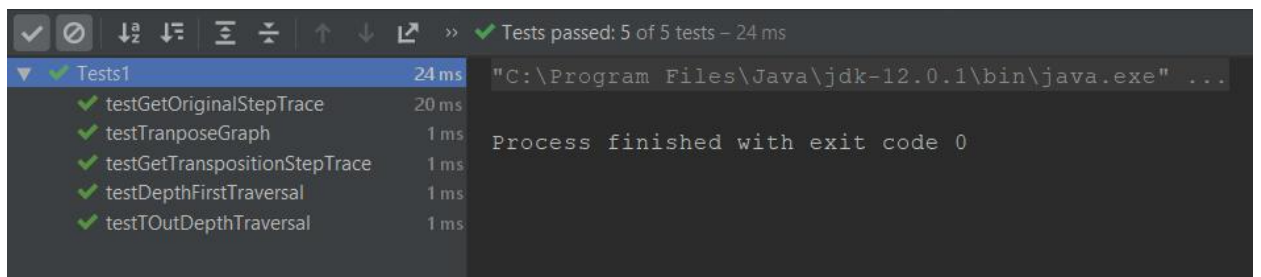


Рисунок 4.2 – Запуск Tests1

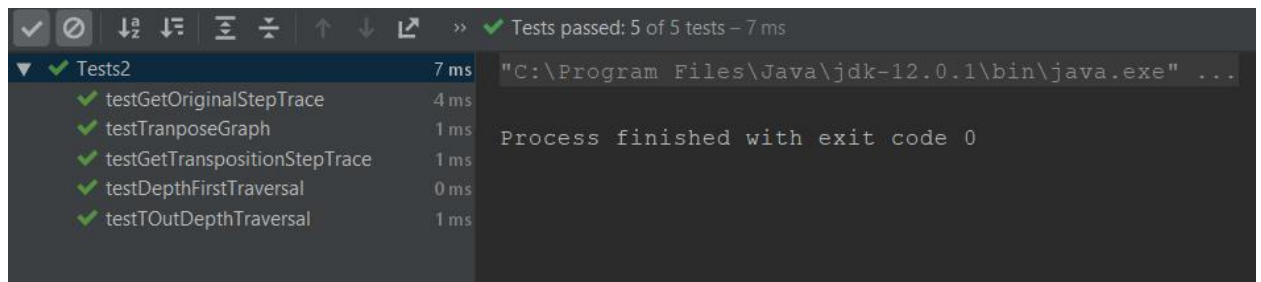


Рисунок 4.3 – Запуск Tests2

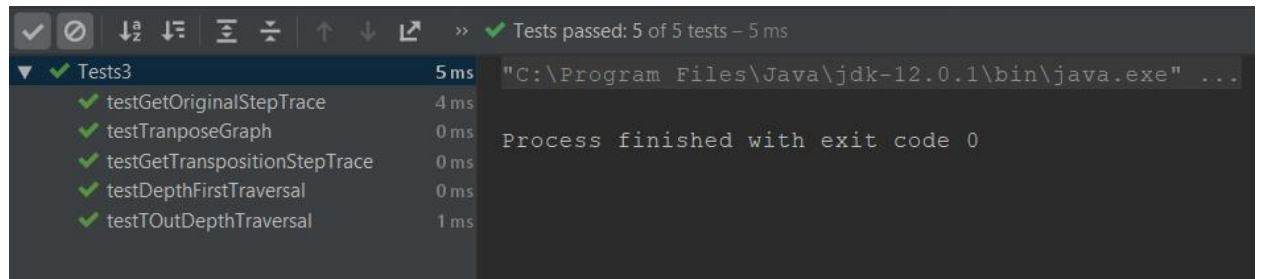


Рисунок 4.4 – Запуск Tests3

Также была проверена работа алгоритма при открытии графа из файла с расширением .json. При открытии корректного файла программа работает правильно. Если файл имеет другое расширение, то выводится сообщение об ошибке. Также при попытке открытия файла с неверными данными выводится сообщение об ошибке. Программа не позволяет открывать файл во время работы алгоритма, для его завершения необходимо нажать «Сброс», и после этого начать работу с файлом. На рис. 5 показаны сообщения об ошибках.

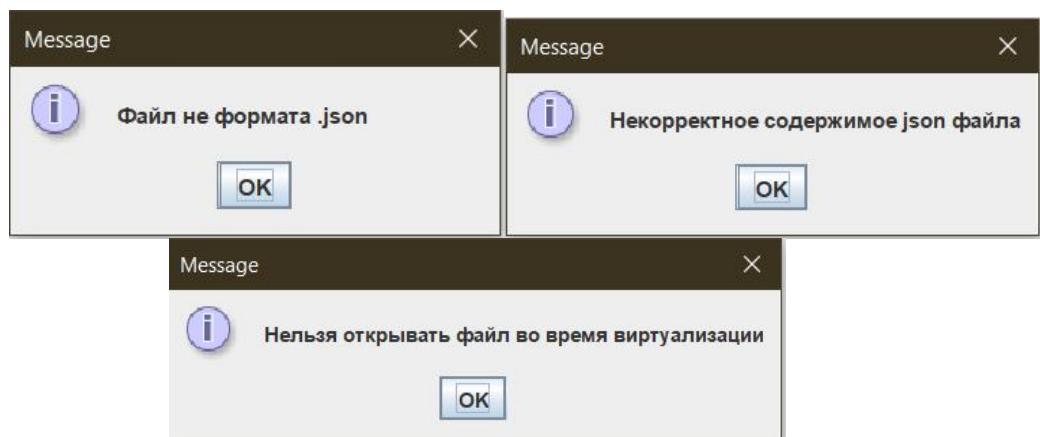


Рисунок 5 – Сообщения об ошибках

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе практической работы были получены следующие результаты:

- Были изучены основы языка программирования Java за счёт выполнения вводного задания;
- Была разработана программа на языке программирования Java, визуализирующая алгоритм на графах (в данном случае алгоритм Косарайю поиска сильных компонент связности в ориентированном графе);
- Были получены навыки работы в команде и сопровождения программы в рамках группы разработчиков;

Кроме того, были получены навыки работы со сторонними библиотеками, которые можно найти в Интернете и которые созданы для облегчения решения какой-либо задачи (в данном проекте из подобных библиотек использовались JGraphX для визуализации и рисования графов и JSON simple для обработки файлов формата .json).

Можно утверждать, что основные цели данной практической работы были достигнуты, а потому можно сказать, что данная практическая работа была успешной.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасимова Т.В. Лабораторный практикум по программированию на языке JAVA СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 52 с.;
2. Герберт Шилдт Java 8. Руководство для начинающих, 6-е издание: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2015. 712 с.;
3. Хорстманн К. С, Корнелл Г. Библиотека профессионала. Java 2. Том 1. Основы.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. 848 с.;
4. Java. Методы программирования : уч.-мет. пособие / И.Н. Блинов, В.С. Романчик. — Минск : издательство «Четыре четверти», 2013. 896 с.;
5. Блох, Джошуа Java: эффективное программирование, 3-е изд.: Пер. с англ. — СПб. : ООО «Диалектика», 2019. 464 с.;



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### *VISUAL KOSARAJU - ИСХОДНЫЙ КОД*

- Graph.java

```
package VisualKosarajuLogic;

import java.util.*;

class Pair {
    private String l;
    private String r;

    public Pair(String l,String r) {
        this.l = l;
        this.r = r;
    }

    public String getL(){ return l; }
    public String getR(){ return r; }
    public void setL(String l){ this.l = l; }
    public void setR(String r){ this.r = r; }

    @Override
    public boolean equals(Object obj) {
        if(this == obj)
            return true;
        else if(obj instanceof Pair){
            Pair other = (Pair) obj;
            if(l == other.l && r == other.r)
```

```

        return true;
    }

    return false;
}

@Override
public int hashCode()
{
    return r.hashCode() + l.hashCode();
}
}

public class Graph {

    private HashMap<String, List<String>> vertexMap;

    public Graph()
    {
        vertexMap = new HashMap<>();
    }

    public Graph(HashMap<String, List<String>> g)
    {
        vertexMap = g;
    }

    public HashMap<String, List<String>> getGraph()
    {
        return vertexMap;
    }
}

```

```
}
```

```
public void addVertex(String vertexName) {  
    if (!hasVertex(vertexName)) {  
        vertexMap.put(vertexName, new ArrayList<>());  
    }  
}
```

```
public boolean hasVertex(String vertexName) {  
    return vertexMap.containsKey(vertexName);  
}
```

```
public boolean hasEdge(String vertexName1, String vertexName2) {  
    if (!hasVertex(vertexName1)) return false;  
    List<String> edges = vertexMap.get(vertexName1);  
    return Collections.binarySearch(edges, vertexName2) != -1;  
}
```

```
public void addEdge(String vertexName1, String vertexName2) {  
    if (!hasVertex(vertexName1)) addVertex(vertexName1);  
    if (!hasVertex(vertexName2)) addVertex(vertexName2);  
    List<String> edges1 = vertexMap.get(vertexName1);  
    edges1.add(vertexName2);  
    Collections.sort(edges1);  
}
```

```
public Graph transposeGraph() {  
    HashMap<String, List<String>> new_g = new HashMap<String,  
List<String>>();
```

```

    for (String vertex : vertexMap.keySet()) {
        new_g.put(vertex, new ArrayList<>());
    }
    for (String source : new_g.keySet()) {
        for (String target : vertexMap.keySet()) {
            if (vertexMap.get(target).contains(source)) {
                new_g.get(source).add(target);
            }
        }
    }
}

return new Graph(new_g);
}

public List<String> getNeighbours(String label) {
    return vertexMap.get(label);
}
}

```

- KosarajuAlgorithm.java

```
package VisualKosarajuLogic;
```

```
import java.util.*;
```

```

public class KosarajuAlgorithm {
    private Graph graph = new Graph();
    private List<String> transpositionStepTrace = new ArrayList<>();
    private List<String> strongConnectivityComponents;
    private List<String> originalStepTrace = new ArrayList<>();
}

```

```

public void createGraph(List<String> vertexes, List<String[]> edges) {
    for(String v : vertexes)
        graph.addVertex(v);
    for(String[] e : edges)
        graph.addEdge(e[0], e[1]);
}

```

```

public void Algorithm() {
    Graph t_graph = graph.transposeGraph();
    List<String> priority_list = tOutDepthTraversal(t_graph);
    strongConnectivityComponents = depthFirstTraversal(priority_list);
}

```

```

private List<String> tOutDepthTraversal(Graph g) {
    List<String> non_visited = new ArrayList<>(g.getGraph().keySet());
    if (non_visited.isEmpty()) {
        return new ArrayList<>();
    }
}

```

```

List<String> dfsTrace = new ArrayList<>();
Stack<String> stack = new Stack<>();
List<String> t_out_list = new ArrayList<>();
String[] vertexes = g.getGraph().keySet().toArray(new String[0]);
stack.push(vertexes[0]);

```

```

while (!non_visited.isEmpty() || !stack.empty()) {
    if(stack.isEmpty())
    {
        dfsTrace.add("");
    }
}

```

```

        stack.push(non_visited.get(0));
        non_visited.remove(0);
    }

    String vertex = stack.peek();
    dfsTrace.add(vertex);
    non_visited.remove(vertex);
    int stack_size = stack.size();

    for(String u : g.getNeighbours(vertex))
        if(!dfsTrace.contains(u))
        {
            stack.push(u);
            break;
        }

    if(stack_size == stack.size()) {
        t_out_list.add(stack.pop());
    }
}

Collections.reverse(t_out_list);
transpositionStepTrace.addAll(dfsTrace);
return t_out_list;
}

private List<String> depthFirstTraversal(List<String> list_p) {
    if (list_p.isEmpty()) {
        return new ArrayList<>();
    }
}

```

```

List<String> non_visited = new ArrayList<String>(graph.getGraph().keySet());
Stack<String> stack = new Stack<String>();
List<String> c_c = new ArrayList<String>();
stack.push(list_p.get(0));
list_p.remove(0);

while (!non_visited.isEmpty() || !stack.empty()) {
    if (stack.isEmpty()) {
        String first = list_p.get(0);
        stack.push(first);
        non_visited.remove(first);
        originalStepTrace.add("");
        c_c.add(null);
    }

    String vertex = stack.peek();
    originalStepTrace.add(vertex);
    non_visited.remove(vertex);
    if (!c_c.contains(vertex)) {
        list_p.remove(vertex);
        c_c.add(vertex);
    }

    int stackSize = stack.size();
    for (String v : graph.getNeighbours(vertex)) {
        if (non_visited.contains(v)) {
            stack.push(v);
            break;
        }
    }
}

```

```

    }
    if (stackSize == stack.size()) {
        stack.pop();
    }
}
return c_c;
}

```

```

public List<String> getTranspositionStepTrace() {
    return transpositionStepTrace;
}

```

```

public List<String> getStrongConnectivityComponents() {
    return strongConnectivityComponents;
}

```

```

public List<String> getOriginalStepTrace() {
    return originalStepTrace;
}
}

```

#### ● AuthorsMenu.java

```

package VisualKosarajuGUI;

```

```

import javax.swing.*;
import java.awt.*;

```

```

class AuthorsMenu extends JFrame {
    AuthorsMenu() {

```



```

super("Visual Kosaraju - Контакты");
getContentPane().setPreferredSize(new Dimension(330,165));
getContentPane().setLayout(new FlowLayout(FlowLayout.LEFT));

JLabel nameDavydov = new JLabel("1) Давыдов А.А. - тимлид, старший
разработчик");
JLabel emailDavydov = new JLabel("Почта - casha_davydov@mail.ru");
JLabel nameChemova = new JLabel("2) Чемова К.А. - разработчик,
тестировщик");
JLabel emailChemova = new JLabel("Почта - chemovaks@mail.ru");
JLabel namePet = new JLabel("3) Пэтайчук Н.Г. - разработчик, дизайнер");
JLabel emailPet = new JLabel("Почта - pet.ai.4.uk@yandex.ru");
JSeparator firstSeparator = new JSeparator();
firstSeparator.setPreferredSize(new Dimension(320, 10));
JSeparator secondSeparator = new JSeparator();
secondSeparator.setPreferredSize(new Dimension(320, 10));

getContentPane().add(nameDavydov);
getContentPane().add(emailDavydov);
getContentPane().add(firstSeparator);
getContentPane().add(nameChemova);
getContentPane().add(emailChemova);
getContentPane().add(secondSeparator);
getContentPane().add(namePet);
getContentPane().add(emailPet);
pack();
setVisible(true);
}
}

```

- HelpMenu.java

```
package VisualKosarajuGUI;
```

```
import javax.swing.*;
```

```
import java.awt.*;
```

```
class HelpMenu extends JFrame {
```

```
    HelpMenu() {
```

```
        super("Visual Kosaraju - Помощь");
```

```
        setSize(new Dimension(550, 300));
```

```
        getContentPane().setLayout(new FlowLayout());
```

```
        String contentOfTextArea = createHelpMenuText();
```

```
        JTextArea textArea = new JTextArea();
```

```
        textArea.setText(contentOfTextArea);
```

```
        textArea.setEditable(false);
```

```
        textArea.setBackground(Color.WHITE);
```

```
        textArea.setForeground(Color.BLACK);
```

```
        textArea.setFont(new Font("Arial", Font.PLAIN, 14));
```

```
        JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(textArea);
```

```
        scrollPane.setHorizontalScrollBarPolicy(JScrollPane.HORIZONTAL_SCROLLBAR_
_AS_NEEDED);
```

```
        scrollPane.setVerticalScrollBarPolicy(JScrollPane.VERTICAL_SCROLLBAR_AS_
NEEDED);
```

```
        scrollPane.setPreferredSize(new Dimension(530, 280));
```

```
        getContentPane().add(scrollPane);
```

```
        pack();
```

```

    setVisible(true);
}

private String createHelpMenuText() {
    return "РИСОВАНИЕ ГРАФА:\n\n" +
        "-) Левая кнопка мыши - перемещение элементов, создание рёбер\n" +
        "    (нажатие на середину вершины, провод стрелки до нужной
вершины);\n" +
        "-) Правая кнопка мыши - удаление элемента, либо создание
вершины,\n" +
        "    если нажать на пустом месте;\n\n" +
        "ОТКРЫТИЕ ГРАФА ИЗ ФАЙЛА:\n\n" +
        "Графы должны храниться в файлах .json в следующем формате:\n" +
        "{\n" +
        "    \"Vertexes\": [list of vertexes],\n" +
        "    \"Edges\": {\n" +
        "        \"vertex_from_list\": [list of neighbor vertexes],\n" +
        "        ...\n" +
        "    }\n" +
        "}\n\n" +
        "УПРАВЛЕНИЕ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ:\n\n" +
        "-) Начать визуализацию - начать пошаговую работу алгоритма над\n"
+
        "    данным графом;\n" +
        "-) Следующий шаг - переход на следующий шаг алгоритма;\n" +
        "-) Предыдущий шаг - возврат на предыдущий шаг алгоритма;\n" +
        "-) Доработать до конца - переход на конечный шаг работы
алгоритма;\n" +
        "-) Вернуться в начало - переход на начальный этап работы
алгоритма;\n" +

```

```
"-) Сброс - прервать выполнение алгоритма/выход из режима  
визуализации;\n\n" +
```

```
"В чёрном текстовом поле будет показано краткое описание  
текущего\n" +
```

```
"шага алгоритма.";  
}  
}
```

- VisualKosarajuAlgorithmProxy.java

```
package VisualKosarajuGUI;
```

```
import VisualKosarajuLogic.*;  
import com.mxgraph.model.mxCell;  
import com.mxgraph.view.mxGraph;
```

```
import java.util.ArrayList;  
import java.util.List;
```

```
class VisualKosarajuAlgorithmProxy extends VisualKosarajuWindow {  
    private List<String> vertexes = new ArrayList<>();  
    private List<String[]> edges = new ArrayList<>();  
    private List<String> transpositionStepTrace;  
    private List<String> strongConnectivityComponents;  
    private List<String> originalStepTrace;
```

```
    VisualKosarajuAlgorithmProxy() {  
        KosarajuAlgorithm mainLogic = new KosarajuAlgorithm();  
  
        prepareGraphData();
```

```

    mainLogic.createGraph(vertexes, edges);
    mainLogic.Algorithm();
    transpositionStepTrace = mainLogic.getTranspositionStepTrace();
    strongConnectivityComponents =
mainLogic.getStrongConnectivityComponents();
    originalStepTrace = mainLogic.getOriginalStepTrace();
}

private void prepareGraphData() {
    mxGraph graph = this.getGraph();
    graph.clearSelection();
    graph.selectAll();
    Object[] cells = graph.getSelectionCells();
    for (Object cell : cells) {
        mxCell graphElement = (mxCell) cell;
        if (graphElement.isVertex()) {
            vertexes.add(graphElement.getValue().toString());
        } else if (graphElement.isEdge()) {
            String source = graphElement.getSource().getValue().toString();
            String target = graphElement.getTarget().getValue().toString();
            edges.add(new String[]{source, target});
        }
    }
    graph.clearSelection();
}

String[] createAlgorithmStepTrace() {
    List<String> algorithmStepTrace = new ArrayList<>();
    algorithmStepTrace.add("");
    algorithmStepTrace.addAll(transpositionStepTrace);
}

```

```

        algorithmStepTrace.add("");
        algorithmStepTrace.add(null);
        algorithmStepTrace.addAll(originalStepTrace);
        algorithmStepTrace.add("");
        algorithmStepTrace.add(null);
        return algorithmStepTrace.toArray(new String[0]);
    }

    List<String> getStrongConnectivityComponents() {
        return strongConnectivityComponents;
    }
}

```

- VisualKosarajuWindow.java

```

package VisualKosarajuGUI;

import com.mxgraph.model.mxCell;
import com.mxgraph.swing.mxGraphComponent;
import com.mxgraph.view.mxGraph;
import org.json.simple.JSONArray;
import org.json.simple.JSONObject;
import org.json.simple.parser.JSONParser;
import org.json.simple.parser.ParseException;

import javax.swing.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.MouseEvent;
import java.awt.event.MouseListener;

```

```

import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.nio.file.Files;
import java.nio.file.Paths;
import java.util.HashMap;
import java.util.Iterator;
import java.util.List;
import java.util.Optional;

```

```

class IncorrectJSONFileContentException extends Exception {
    IncorrectJSONFileContentException() {
        super("Incorrect content of JSON graph file.");
    }
}

```

```

class VisualKosarajuWindow extends JFrame {
    private static mxGraph graph = new mxGraph();
    private HashMap<String, Object> VertexHashMap = new HashMap<>();
    private String[] algorithmStepTrace;
    private List<String> strongConnectivityComponents;
    private int indexOfAlgorithmStep;
    private int indexOfTransposition;
    private boolean isEditMode;

    private String[] colors;
    private static final String STANDARD_COLOR = "#C3D9FF";
    private static final String CHOSEN_COLOR = "#FFD9C3";

    private mxGraphComponent graphComponent;
    private JTextArea messageArea;

```

```

VisualKosarajuWindow() {
    super("Visual Kosaraju");
    isEditMode = true;
    colors = new String[]{"#88fb88", "#ffff66", "#eebef1",
        "#ffffff", "#ffa375", "#c284e0"};
    initializeGUI();
}

static mxGraph getGraph() {
    return graph;
}

private void initializeGUI() {
    setSize(new Dimension(630, 680));
    setLocationRelativeTo(null);
    setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
    getContentPane().setLayout(new FlowLayout(FlowLayout.LEFT));

    createMenuBar();
    createGraphComponent();
    createStartButton();
    createNextStepButton();
    createPrevStepButton();
    createToTheEndButton();
    createToTheBeginButton();
    createResetButton();
    createMessageArea();
    createAuthorsLabel();
}

```



```

private void createMenuBar() {
    JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
    JMenu menu = new JMenu("Программа");
    JMenuItem openFileMenu = new JMenuItem(new openGraphJSONFile());
    JMenuItem helpMenu = new JMenuItem(new openHelpMenuAction());
    JMenuItem authorsMenu = new JMenuItem(new openAuthorsMenuAction());

    menu.add(openFileMenu);
    menu.add(new JSeparator());
    menu.add(helpMenu);
    menu.add(authorsMenu);
    menuBar.add(menu);
    getContentPane().add(menuBar);
}

private void createGraphComponent() {
    graphComponent = new mxGraphComponent(graph);
    graphComponent.setPreferredSize(new Dimension(600,365));
    graphComponent.getGraphControl().addMouseListener(new MouseListener() {
        @Override
        public void mouseClicked(MouseEvent e) {
            if (e.getButton() == MouseEvent.BUTTON3) {
                if (isEditMode) {
                    Object editingGraphElement = graphComponent.getCellAt(e.getX(),
e.getY());
                    if (editingGraphElement == null) {
                        String vertexName = JOptionPane.showInputDialog("Введите имя
вершины");
                        addVertex(vertexName, e.getX(), e.getY());
                    }
                }
            }
        }
    });
}

```

```

        } else {
            deleteVertex(editingGraphElement);
        }
    } else {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нельзя модифицировать
граф в данный момент");
    }
}
}
}

```

```

@Override
public void mousePressed(MouseEvent e) {}

```

```

@Override
public void mouseReleased(MouseEvent e) {}

```

```

@Override
public void mouseEntered(MouseEvent e) {}

```

```

@Override
public void mouseExited(MouseEvent e) {}
});
getContentPane().add(graphComponent);
}

```

```

private void createAuthorsLabel() {
    JLabel authorsLabel = new JLabel("Создатели: Давыдов А.А., Пэтайчук Н.Г.,
Чемова К.А.; " +
        "Компания \"Davydov & Co.\"");
    authorsLabel.setPreferredSize(new Dimension(600,15));
}

```

```

        getContentPane().add(authorsLabel);
    }

    private void createStartButton() {
        JButton StartButton = new JButton("Начать визуализацию");
        StartButton.setPreferredSize(new Dimension(196, 25));
        StartButton.addActionListener((ActionEvent e) -> {
            if (isNoGraph()) {
                JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нет графа");
                return;
            }
            if (isEditMode) {
                isEditMode = false;
                VisualKosarajuAlgorithmProxy algorithmProxy = new
VisualKosarajuAlgorithmProxy();
                strongConnectivityComponents =
algorithmProxy.getStrongConnectivityComponents();
                algorithmStepTrace = algorithmProxy.createAlgorithmStepTrace();
                indexOfAlgorithmStep = 0;
                findIndexOfTransposition();
                graphTransposition();
                logMessage("АКТИВАЦИЯ РЕЖИМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ\n\n");
            }
        });
        getContentPane().add(StartButton);
    }

    private void createNextStepButton() {
        JButton NextStepButton = new JButton("Следующий шаг");
        NextStepButton.setPreferredSize(new Dimension(197, 25));
    }

```

```

NextStepButton.addActionListener((ActionEvent e) -> {
    if (isEditMode) {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нельзя использовать эту кнопку
в Режиме Редактирования");
        return;
    } else if (indexOfAlgorithmStep == algorithmStepTrace.length - 1) {
        return;
    }
    goToNextStep();
    logAlgorithmStep(indexOfAlgorithmStep);
});
getContentPane().add(NextStepButton);
}

```

```

private void createPrevStepButton() {
    JButton PrevStepButton = new JButton("Предыдущий шаг");
    PrevStepButton.setPreferredSize(new Dimension(196, 25));
    PrevStepButton.addActionListener((ActionEvent e) -> {
        if (isEditMode)
        {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нельзя использовать эту кнопку
в Режиме Редактирования");
            return;
        } else if (indexOfAlgorithmStep == 0) {
            return;
        }
        goToPrevStep();
        logAlgorithmStep(indexOfAlgorithmStep);
    });
    getContentPane().add(PrevStepButton);
}

```

```
}
```

```
private void createToTheEndButton() {  
    JButton ToTheEndButton = new JButton("Доработать до конца");  
    ToTheEndButton.setPreferredSize(new Dimension(196, 25));  
    ToTheEndButton.addActionListener((ActionEvent e) -> {  
        if (isEditMode)  
        {  
            JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нельзя использовать эту кнопку  
в Режиме Редактирования");  
            return;  
        }  
        if (indexOfAlgorithmStep < indexOfTransposition) {  
            graphTransposition();  
        }  
        colorConnectivityComponents();  
        indexOfAlgorithmStep = algorithmStepTrace.length - 1;  
        logAlgorithmStep(indexOfAlgorithmStep);  
    });  
    getContentPane().add(ToTheEndButton);  
}
```

```
private void createToTheBeginButton() {  
    JButton ToTheBeginButton = new JButton("Вернуться в начало");  
    ToTheBeginButton.setPreferredSize(new Dimension(197, 25));  
    ToTheBeginButton.addActionListener((ActionEvent e) -> {  
        if (isEditMode)  
        {  
            JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нельзя использовать эту кнопку  
в Режиме Редактирования");  
        }  
    });  
    getContentPane().add(ToTheBeginButton);  
}
```

```

        return;
    }
    if (indexOfAlgorithmStep >= indexOfTransposition) {
        graphTransposition();
    }
    discolorVertexes();
    indexOfAlgorithmStep = 0;
    logAlgorithmStep(indexOfAlgorithmStep);
});
getContentPane().add(ToTheBeginButton);
}

private void createResetButton() {
    JButton ResetButton = new JButton("Сброс");
    ResetButton.setPreferredSize(new Dimension(196, 25));
    ResetButton.addActionListener((ActionEvent e) -> {
        if (!isEditMode) {
            isEditMode = true;
            discolorVertexes();
            if (indexOfAlgorithmStep < indexOfTransposition) {
                graphTransposition();
            }
            logMessage("\nВЫХОД ИЗ РЕЖИМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ\n\n");
        }
    });
    getContentPane().add(ResetButton);
}

private void createMessageArea() {
    messageArea = new JTextArea();

```

```
messageArea.setEditable(false);
messageArea.setBackground(new Color(0x000000));
messageArea.setForeground(new Color(0xFFFFFFFF));
messageArea.setFont(new Font("CourierNew", Font.PLAIN, 14));
JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(messageArea);
```

```
scrollPane.setHorizontalScrollBarPolicy(JScrollPane.HORIZONTAL_SCROLLBAR_
_AS_NEEDED);
```

```
scrollPane.setVerticalScrollBarPolicy(JScrollPane.VERTICAL_SCROLLBAR_AS_
NEEDED);
```

```
    scrollPane.setPreferredSize(new Dimension(600, 150));
    getContentPane().add(scrollPane);
}
```

```
private boolean isNoGraph() {
    graph.clearSelection();
    graph.selectAll();
    Object[] cells = graph.getSelectionCells();
    graph.clearSelection();
    return cells.length == 0;
}
```

```
private void addVertex(String vertexName, int x, int y) {
    if (vertexName != null) {
        if (!vertexName.equals("")) {
            if (!VertexHashMap.containsKey(vertexName)) {
                graph.getModel().beginUpdate();
                Object parent = graph.getDefaultParent();
```

```

        Object vertex = graph.insertVertex(parent, null, vertexName, x, y, 50, 50,
"shape=ellipse");
        VertexHashMap.put(vertexName, vertex);
        graph.getModel().endUpdate();
    } else {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Вершина с таким именем уже
существует");
    }
    } else {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нельзя создать вершину без
имени");
    }
}
}
}

```

```

private void addEdge(String sourceVertex, String targetVertex) {
    Object parent = graph.getDefaultParent();
    Object source = VertexHashMap.get(sourceVertex);
    Object target = VertexHashMap.get(targetVertex);
    graph.insertEdge(parent, null, "", source, target);
}

```

```

private void deleteGraph() {
    String[] vertexes = VertexHashMap.keySet().toArray(new String[0]);
    for (String vertex : vertexes) {
        deleteVertex(VertexHashMap.get(vertex));
    }
}

```

```

private void deleteVertex(Object vertexToDelete) {

```



```

String nameOfDeletedVertex = ((mxCell) vertexToDelete).getValue().toString();
VertexHashMap.remove(nameOfDeletedVertex);
graph.getModel().remove(vertexToDelete);
deleteUnusedEdges();
}

```

```

private void changeColor(Object graphElement, String color) {
    if (graphElement != null) {
        String style = "fillColor=" + color + ";shape=ellipse";
        graph.getModel().beginUpdate();
        Object[] cellArray = new Object[1];
        cellArray[0] = graphElement;
        graph.setCellStyle(style, cellArray);
        graph.getModel().endUpdate();
    }
}

```

```

private void deleteUnusedEdges() {
    graph.clearSelection();
    graph.selectAll();
    Object[] cells = graph.getSelectionCells();
    for (Object cell : cells) {
        mxCell graphComponent = (mxCell) cell;
        if (graphComponent.isEdge()) {
            String source = (String) graphComponent.getSource().getValue();
            String target = (String) graphComponent.getTarget().getValue();
            if (!(VertexHashMap.containsKey(source) &&
VertexHashMap.containsKey(target))) {
                graph.getModel().remove(graphComponent);
            }
        }
    }
}

```

```

    }
}
graph.clearSelection();
}

```

```

private void graphTransposition() {
    graph.clearSelection();
    graph.selectAll();
    Object[] cells = graph.getSelectionCells();
    for (Object cell : cells) {
        mxCell graphComponent = (mxCell) cell;
        if (graphComponent.isEdge()) {
            Object source = graphComponent.getSource();
            Object target = graphComponent.getTarget();
            Object parent = graph.getDefaultParent();
            graph.getModel().remove(graphComponent);
            graph.insertEdge(parent, null, "", target, source);
        }
    }
    graph.clearSelection();
}

```

```

private void colorConnectivityComponents() {
    int colorIndex = 0;
    for (String elem : strongConnectivityComponents) {
        if (elem == null) {
            colorIndex++;
            colorIndex %= 6;
        } else {
            changeColor(VertexHashMap.get(elem), colors[colorIndex]);
        }
    }
}

```

```

    }
}
}

```

```

private void discolorVertexes() {
    graph.clearSelection();
    graph.selectAll();
    Object[] cells = graph.getSelectionCells();
    for (Object cell : cells) {
        mxCell graphComponent = (mxCell) cell;
        if (graphComponent.isVertex()) {
            changeColor(cell, "#C3D9FF");
        }
    }
    graph.clearSelection();
}

```

```

private void findIndexOfTransposition() {
    for (int i = 0; i < algorithmStepTrace.length; i++) {
        if (algorithmStepTrace[i] == null) {
            indexOfTransposition = i;
            break;
        }
    }
}

```

```

private void goToNextStep() {
    String nowVertex = algorithmStepTrace[indexOfAlgorithmStep];
    if (nowVertex != null && !nowVertex.equals("")) {
        changeColor(VertexHashMap.get(nowVertex), STANDARD_COLOR);
    }
}

```

```

    }
    indexOfAlgorithmStep++;
    String nextVertex = algorithmStepTrace[indexOfAlgorithmStep];
    if (indexOfAlgorithmStep == algorithmStepTrace.length - 1) {
        colorConnectivityComponents();
    } else if (nextVertex == null) {
        graphTransposition();
    } else if (!nextVertex.equals("")) {
        changeColor(VertexHashMap.get(nextVertex), CHOSEN_COLOR);
    }
}

private void goToPrevStep() {
    String nowVertex = algorithmStepTrace[indexOfAlgorithmStep];
    if (indexOfAlgorithmStep == algorithmStepTrace.length - 1) {
        discolorVertexes();
    } else if (nowVertex == null) {
        graphTransposition();
    } else if (!nowVertex.equals("")) {
        changeColor(VertexHashMap.get(nowVertex), STANDARD_COLOR);
    }
    indexOfAlgorithmStep--;
    String prevVertex = algorithmStepTrace[indexOfAlgorithmStep];
    if (prevVertex != null && !prevVertex.equals("")) {
        changeColor(VertexHashMap.get(prevVertex), CHOSEN_COLOR);
    }
}

private void logAlgorithmStep(int indexOfAlgorithmStep) {
    if (indexOfAlgorithmStep == algorithmStepTrace.length - 1) {

```

```

        String strongConnectivityComponentsReport =
createStrongConnectivityComponentsReport();

        logMessage("Окончание работы алгоритма. Компоненты сильной
связности:\n");

        logMessage(strongConnectivityComponentsReport);
    } else if (indexOfAlgorithmStep == indexOfTransposition) {
        logMessage("Транспонирование графа.\n");
    } else if (indexOfAlgorithmStep == 0) {
        logMessage("Начало работы алгоритма.\n");
    } else if (algorithmStepTrace[indexOfAlgorithmStep].equals("")) {
        logMessage("Выход из ветки DFS.\n");
    } else {
        String nameOfVertex = algorithmStepTrace[indexOfAlgorithmStep];
        logMessage("Переход в вершину " + nameOfVertex + ".\n");
    }
    logMessage("- - - - -\n");
}

private void logMessage(String message) {
    String nowLogText = messageArea.getText() + message;
    messageArea.setText(nowLogText);
}

private String createStrongConnectivityComponentsReport() {
    StringBuilder report = new StringBuilder("{}");
    for (String elem : strongConnectivityComponents) {
        if (elem == null) {
            String modifiedReport = report.subSequence(0, report.length() -
2).toString();
            report = new StringBuilder(modifiedReport + "}\n{}");
        }
    }
}

```

```

        continue;
    }
    report.append(elem);
    report.append(", ");
}
String modifiedReport = report.subSequence(0, report.length() - 2).toString();
report = new StringBuilder(modifiedReport + "}\n");
return report.toString();
}

```

```

private class openHelpMenuAction extends AbstractAction {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    openHelpMenuAction() {
        putValue(NAME, "Помощь");
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        new HelpMenu();
    }
}

```

```

private class openAuthorsMenuAction extends AbstractAction {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    openAuthorsMenuAction() {
        putValue(NAME, "Контакты");
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {

```

```

        new AuthorsMenu();
    }
}

private class openGraphJSONFile extends AbstractAction {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    openGraphJSONFile() {
        putValue(NAME, "Открыть файл с графом");
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        if (isEditMode) {
            JFileChooser fileChooser = new JFileChooser();
            int returnCode = fileChooser.showDialog(null, "Открыть файл с графом");
            if (returnCode == JFileChooser.APPROVE_OPTION) {
                File file = fileChooser.getSelectedFile();
                if (!file.getName().endsWith(".json")) {
                    JOptionPane.showMessageDialog(null, "Файл не формата .json");
                    return;
                }
                try {
                    String fileContent = new
String(Files.readAllBytes(Paths.get(file.getAbsolutePath())));
                    deleteGraph();
                    parseJSONFile(fileContent);
                } catch (IOException ex) {
                    JOptionPane.showMessageDialog(null, "Возникли проблемы с
чтением файла");
                } catch (ParseException ex) {

```

```

        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Некорректный формат json
        файла");
    } catch (IncorrectJSONFileContentException ex) {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Некорректное содержимое
        json файла");
    }
}
} else {
    JOptionPane.showMessageDialog(null, "Нельзя открывать файл во
    время виртуализации");
}
}

```

```

private void parseJSONFile(String JSONString) throws ParseException,
IncorrectJSONFileContentException {
    JSONParser parser = new JSONParser();
    JSONObject mainJSON = (JSONObject) parser.parse(JSONString);
    JSONArray vertexes = (JSONArray)
Optional.ofNullable(mainJSON.get("Vertexes")).orElse(null);
    if (vertexes == null) {
        throw new IncorrectJSONFileContentException();
    }
    createVertexes(vertexes);
    JSONObject edges = (JSONObject)
Optional.ofNullable(mainJSON.get("Edges")).orElse(null);
    if (edges == null) {
        throw new IncorrectJSONFileContentException();
    }
    createEdges(edges);
}

```



```

private void createVertexes(JSONArray vertexes) {
    int horizontalCoordinate = 100;
    Iterator<String> iterator = vertexes.iterator();
    for (int verticalCoordinateCoefficient = 0; iterator.hasNext();
verticalCoordinateCoefficient++) {
        String vertex = iterator.next();
        int verticalCoordinate = 80 + (verticalCoordinateCoefficient / 3) * 100;
        addVertex(vertex, horizontalCoordinate, verticalCoordinate);
        horizontalCoordinate += 200;
        horizontalCoordinate %= 600;
    }
}

```

```

private void createEdges(JSONObject edges) throws
IncorrectJSONFileContentException{
    String[] vertexes = VertexHashMap.keySet().toArray(new String[0]);
    for (String source : vertexes) {
        JSONArray neighbors = (JSONArray)
Optional.ofNullable(edges.get(source)).orElse(null);
        if (neighbors != null) {
            for (String target : (Iterable<String>) neighbors) {
                if (VertexHashMap.containsKey(target)) {
                    addEdge(source, target);
                } else {
                    throw new IncorrectJSONFileContentException();
                }
            }
        }
    }
}

```

```
    }  
  }  
}
```

- VisualKosarajuApplication.java

```
package VisualKosarajuGUI;
```

```
public class VisualKosarajuApplication {  
    private VisualKosarajuApplication() {  
        VisualKosarajuWindow window = new VisualKosarajuWindow();  
        window.setVisible(true);  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        new VisualKosarajuApplication();  
    }  
}
```