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

ОТЧЕТ

по учебной практике

Тема: Реализация алгоритма A* на языке Java с графическим интерфейсом.

Студентка гр. 0832 _____ Кривенцова Л.С.

Студентка гр. 0832 _____ Деткова А.С.

Студентка гр. 0832 _____ Здобнова К.Д.

Руководитель _____ Фирсов М.А.

Санкт-Петербург
2022

ЗАДАНИЕ

НА УЧЕБНУЮ ПРАКТИКУ

Студентка Кривенцова Л.С. группы 0382

Студентка Деткова А.С. группы 0382

Студентка Здобнова К.Д. группы 0382

Тема практики: Реализация алгоритма A* на языке Java с графическим интерфейсом.

Задание на практику:

Командная итеративная разработка визуализатора алгоритма на Java с графическим интерфейсом.

Алгоритм: A*.

Сроки прохождения практики: 29.06.2022 – 12.07.2022

Дата сдачи отчета: 11.07.2022

Дата защиты отчета: 11.07.2022

Студентка гр. 0832	_____	Кривенцова Л.С.
Студентка гр. 0832	_____	Деткова А.С.
Студентка гр. 0832	_____	Здобнова К.Д.
Руководитель	_____	Фирсов М.А.

АННОТАЦИЯ

Основной целью работы является получение навыков программирования на языке Java и освоение парадигмы объектно-ориентированного программирования. Цель достигается командной работой путём разработки программы с графическим интерфейсом, использующей указанные в задании алгоритмы. В данной работе необходимо реализовать алгоритм A*, находящий во взвешенном графе маршрут наименьшей стоимости от выбранной начальной вершины до выбранной конечной.

SUMMARY

The main purpose of the work is to gain programming skills in the Java language and master the paradigm of object-oriented programming. The goal is achieved by teamwork by developing a program with a graphical interface that uses the algorithms specified in the task. In this work, it is necessary to implement the A* algorithm, which finds the least cost route from the selected initial vertex to the selected final vertex in the weighted graph.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Задача практики состоит в разработке приложения, позволяющего находить минимальный маршрут в взвешенном графе. Программа визуализирует пошаговое нахождение такого пути на графе. Для его поиска используется алгоритм A*.

Поиск A* (произносится «А звезда» или «А стар», от англ.Astar) — в информатике и математике, алгоритм поиска по первому наилучшему совпадению на графе, который находит маршрут с наименьшей стоимостью от одной вершины (начальной) к другой (целевой, конечной).

Порядок обхода вершин определяется эвристической функцией «расстояние + стоимость» (обычно обозначаемой как f(x)). Эта функция—сумма двух других: функции стоимости достижения рассматриваемой вершины (x) из начальной (обычно обозначается как g(x) и может быть как эвристической, так и нет), и функции эвристической оценки расстояния от рассматриваемой вершины к конечной (обозначается как h(x)).

Функция h(x) должна быть допустимой эвристической оценкой, то есть не должна переоценивать расстояния к целевой вершине. Например, для задачи маршрутизации h(x) может представлять собой расстояние до цели по прямой линии, так как это физически наименьшее возможное расстояние между двумя точками.

1. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

1.1. Исходные требования к программе

1.1.1 Общие исходные требования:

- Приложение должно быть с графическим интерфейсом;

- Приложение должно быть ясным и удобным для пользователя;

- Помимо визуализации алгоритма, должны выводиться текстовые пояснения происходящего для пользователя;

- Визуализация алгоритма должна быть пошаговой, шаги не должны быть крупными;

- Должна быть возможность задать входные данные как из файла, так и при работе в самом приложении;

- Следует предусмотреть возможности взаимодействия с графическими элементами с помощью мыши (простейший пример: создание вершины графа в заданном месте на холсте по щелчку).

Макет приложения:

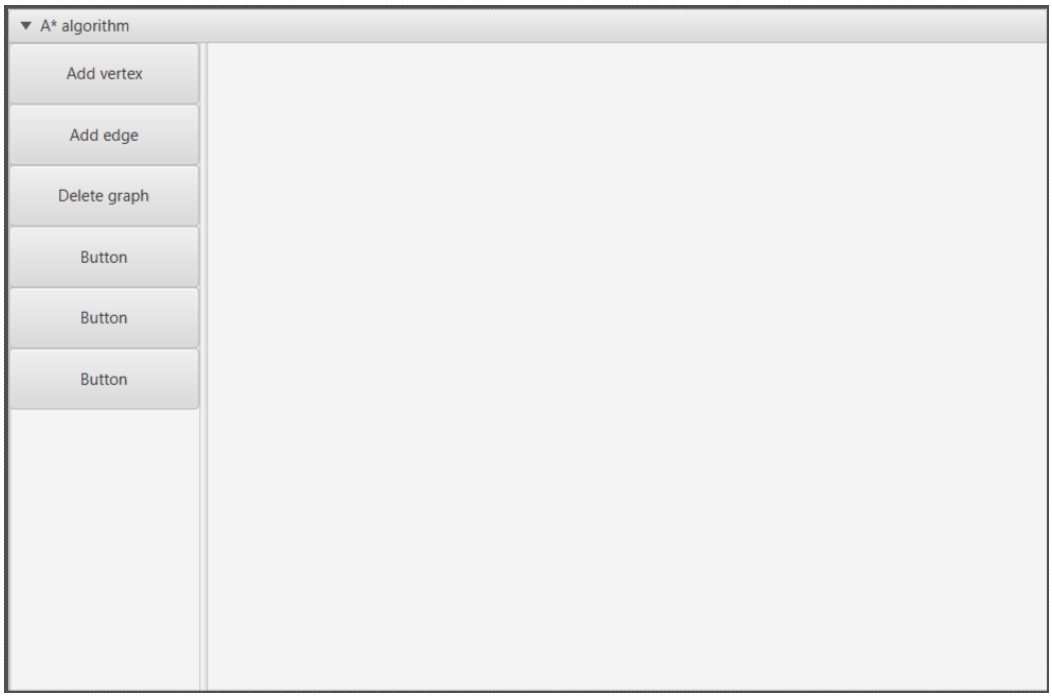


Рисунок 1. Макет приложения

1.1.2 Требования к вводу исходных данных:

Пользователь может задать ввод данных из файла и из специального текстового окна внутри приложения. Также должна быть возможность создать граф в самом приложении с помощью специальных инструментов.

1.1.3. Требования к выводу данных

Программа должна показывать результат выполнения работы алгоритма A*: графическое отображение полученного пути на графе и вывод результата (путь и вес) в специальное окно.

2. ПЛАН РАЗРАБОТКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РОЛЕЙ В БРИГАДЕ

2.1. План разработки

1. Завершение прохождения курса на платформе Stepik – **30 июня**.

2. Создание общего репозитория. Выбор графического интерфейса и создание прототипа для GUI. Сдача вводного задания и согласование спецификации и плана разработки. Написание класса для реализации алгоритма A*. – **1 июля.**

3. Создание прототипа - приложение, демонстрирующее интерфейс, но (почти) не реализующее основные функции. Прототип включает в себя: стартовое окно приложения, окно редактора графа; создание кнопок для редактирования, поля для ввода данных; написание классов для хранения и обработки графа; дизайн интерфейса – **4 июля**.

4. Добавление возможности чтения данных из файла, написание методов для отрисовки редактирования графа. Добавление возможности запустить алгоритм A* для введенного графа. Сдача первой версии программы – **8 июля**.

5. Добавление тестирования и исключений для крайних случаев. Добавление пошаговой визуализации алгоритма A*. Сдача второй версии программы – **11 июля**.

6. Завершить разработку проекта – **11 июля.**

2.2. Распределение ролей в бригаде

1. Разработка прототипа:

Кривенцова Любовь – написание алгоритма A*.

Деткова Анна – написание классов для работы с графом и его отрисовки.

Здобнова Ксения – написание отчета, создание макета графического интерфейса и его дизайн, написание классов для работы с графом и его отрисовки.

2. Разработка 1-ой версии программы:

Кривенцова Любовь – написание тестов для алгоритма A*. Добавление алгоритма A* в приложение. Написание отчета.

Деткова Анна – добавление в приложение функции для запуска алгоритма A*. Визуализация алгоритма в приложении. Добавление редактирования графа с помощью нажатия мыши.

Здобнова Ксения – визуализация в приложении методов редактирования графа. Визуализация алгоритма в приложении. Добавление редактирования графа с помощью нажатия мыши. Написание отчета.

3. Разработка 2-ой версии программы:

Кривенцова Любовь – написание тестов для алгоритма A*. Проверка работы алгоритма на крайних случаях. Написание отчета.

Деткова Анна – добавление пошаговой визуализации работы с графом. Запуск приложения через консоль, написание соответствующей инструкции по запуску. Написание отчета.

Здобнова Ксения – добавление исключений, возникающих при взаимодействии пользователя с инструментами редактирования графа. Написание отчета.

3. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

3.1 Возможности приложения

Приложение запускается со стартового окна, функционал работы с графом предоставляется после нажатия на кнопку «*Start*»:

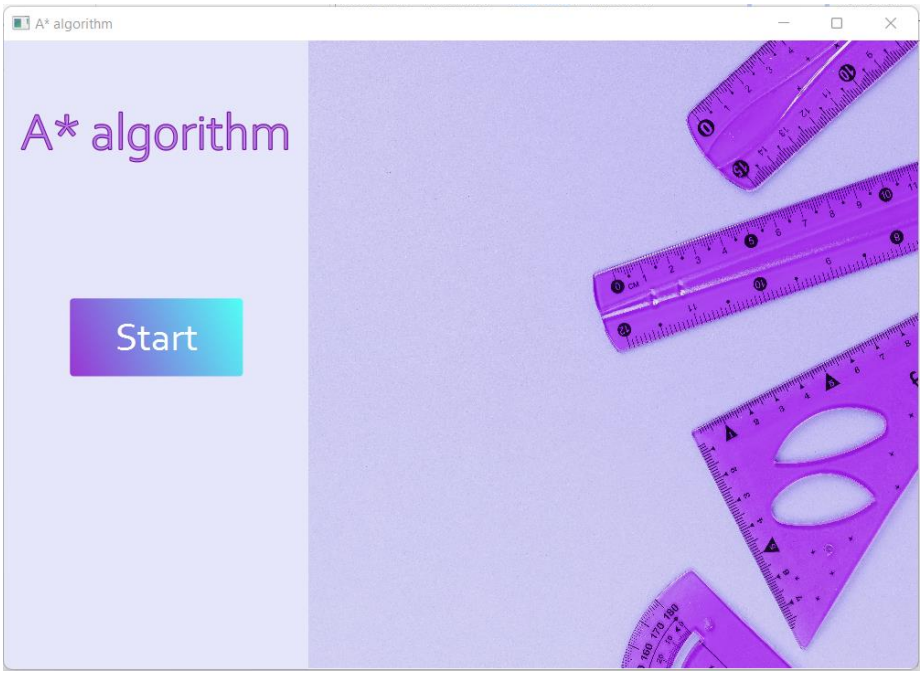


Рисунок 2. Стартовое окно

Далее пользователю открывается редактор, в котором можно работать с графом.

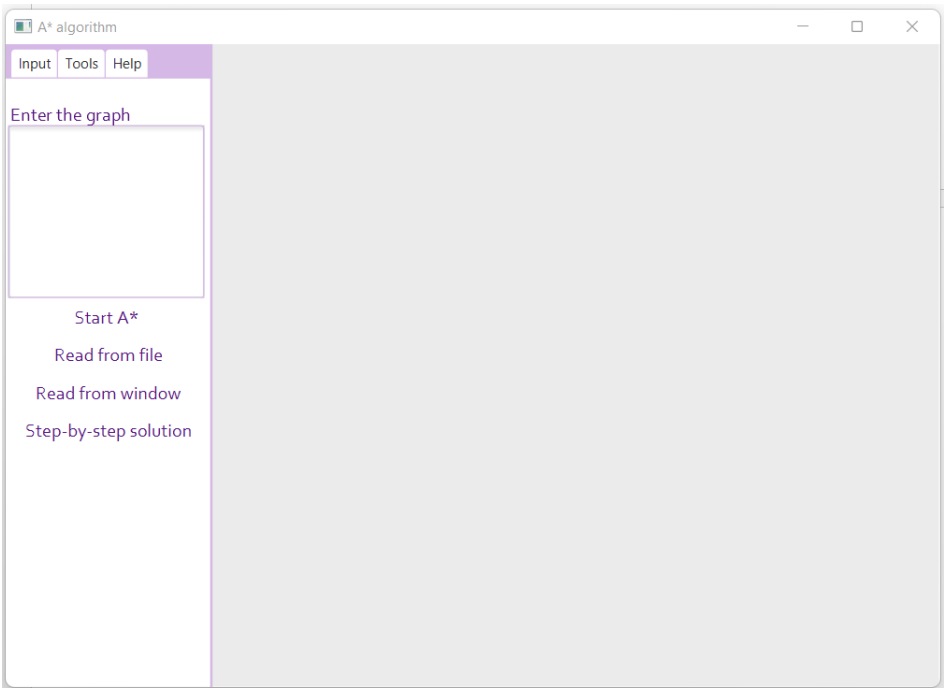


Рисунок 3. Окно редактора

Во вкладке «*Input*» пользователь может ввести граф для последующей работы с ним. Кнопка «*Start A**» запускает алгоритм A*. «*Read from file*» дает возможность пользователю считать данные о графе из файла – название файла вбивается пользователем в специальном окне, которое появляется после нажатия соответствующей кнопки. «*Read from window*» запускает алгоритм по данным, введенным в окно, расположенном на панели. «*Step-by-step-solution*» запускает пошаговое выполнение алгоритма на графе – пользователь может идти пошагово посмотреть работу алгоритма, будут доступны кнопки возвращения на шаг назад, на шаг вперед и к концу алгоритма. Во время режима пошагового выполнения кнопки редактирования графа недоступны.

Во вкладке «*Tools*» расположены инструменты редактирования графа. Кнопка «*Add edge*» добавляет ребро - пользователь кликает мышкой по двум вершинам, между которыми нужно провести ребро, затем открывается окно для ввода веса ребра. «*Delete vertex*» удаляет вершину – пользователь кликает по вершине, которую следует удалить. «*Delete edge*» удаляет ребро – пользователь кликает мышкой по двум вершинам, между которыми нужно удалить ребро. «*Clear*» - очищает поле.

Во вкладке «*Help*» описаны требования к формату ввода данных и вывод.

Двойным кликом правой кнопки мыши по полю пользователь может добавить вершину, при добавлении ей задается дефолтное имя. При одинарном нажатии на вершину правой кнопки мыши открывается контекстное меню с двумя доступными пользователю функциями – переименовать вершину и удалить вершину.

3.2. Структура данных для реализация алгоритма A*

Для работы алгоритма был написан класс AStar, имеющий следующую структуру:

public class AStar {

private HashMap<Vertex, Double> f; - хэш-таблица, соотносящая вершину и её сумму пройденного расстояния и эвристического веса.

private HashMap<Vertex, Double> g; - хэш-таблица, соотносящая вершину и её сумму пройденного расстояния.

private ArrayList<Vertex> in_open; - массив, реализующий очередь вершин, из которой в алгоритме вершины берутся для рассмотрения.

private ArrayList<Vertex> in_closed; - массив пройденных (рассмотренных) вершин.

private HashMap<Vertex, Vertex> from; - хэш-таблица, где ключом является вершина, а значением – вершина, путём из которой мы пришли в вершину, указанную в ключе.

private ArrayList<HashMap<Vertex, Double>> f_steps; - массив хэш-таблиц, соотносящих вершину и её значение (вес + значение эвристической функции) на каждом витке алгоритма. Реализован для вывода пошагового решения.

private List<ArrayList<Vertex>> paths; - двумерный массив. Вложенный массив представляет собой сбор вершин, образующих путь, который рассматривается на витке алгоритма. Реализован для вывода пошагового решения.

private ArrayList<Vertex> solution; - массив вершин, составляющий итоговый, найденный в алгоритме, кратчайший путь.

private StringBuilder path; - строка, в которую записывается итоговый путь.

public AStar();- конструктор, инициализирует поля пустыми списками и хеш-таблицами.

public static double h(Vertex a, Vertex b); — эвристика двух вершин — рассчитывает евклидово расстояние. Принимает на вход две вершины, между которыми рассчитывается расстояние, и возвращает вещественное число – рассчитанное евклидово расстояние.

public Vertex min_f(); - метод не принимает ничего в качестве аргументов, возвращает наиболее подходящую вершину, куда следует сделать следующий шаг алгоритма (выбирает из очереди вершину, с наименьшим показателем f).

private Vertex a_star(Vertex start, Vertex finish, ArrayList<Vertex> graph); — алгоритм A*, в качестве аргументов принимает начальную и конечную вершины

(ссылки) и массив вершин, представляющий собой граф; возвращает finish вершину, или null, если путь построить не удалось.

public ArrayList<Vertex> a_star_public(Vertex start, Vertex finish, ArrayList<Vertex> graph); - «разворачивает» цепочку вершин. Продвигаясь по полям from проходит от конечной вершины (полученной в методе a_star) до начальной, и восстанавливает путь, который возвращает как список вершин — кратчайший путь от start до finish.

public String getPath(); - метод, проходясь по вершинам пути, заполняет поле-строку path и возвращает значения поля.

public ArrayList<Vertex> getStepPath(Vertex n); - метод, принимающий в качестве аргумента ссылку на вершину графа и возвращающий массив вершин – путь, которым алгоритм пришёл к поданной вершине.

public double getWeight(); - метод проходится по вершинам итогового пути (solution) и считает суммарный вес, который возвращает в форме вещественного числа.

public ArrayList<HashMap<Vertex, Double>> getF_steps(); - геттер для получения значения поля f_steps.

public List<ArrayList<Vertex>> getPaths(); – геттер для получения значения приватного поля paths.

Подробнее про алгоритм A* и реализующий его метод a_star.

В очередь заносится стартовая вершина, её расстояние от начала равно нулю, а вес высчитывается как значение эвристической функции.

Пока в очереди есть вершины, продолжается цикл while (с условием, пока очередь не пуста). Если очередь оказывается пустой, значит пути нет и функция, не заходя в цикл, возвращает значение null.

В цикле выбирается текущая вершина, методом определения вершины из с наименьшим весом (находит такую вершину метод min_f). Так, в current хранится текущая вершина.

Так как логика алгоритма предполагает, что начальная и конечная вершины не совпадают, это отражено в функционале приложения (нельзя

выбрать одну вершину и в качестве начала, и в качестве конца). Таким образом, обрабатывать такой случай не требуется.

Такая вершина удаляется из очереди и заносится в массив пройденных вершин. Соответственно меняются поля in_open и in_closed.

Запускается подцикл for, проходящий по соседям текущей вершины. Для рассматриваемой соседней вершины рассчитывается (но не записывается в данные поля g) расстояние от начала до неё. Если вершина не находится в очереди, или рассчитанное расстояние меньше расстояния, записанного в данных поля g, то заполняются соответствующие зависимости соседа в полях from, f, g. Если рассматриваемая соседняя вершина не находится в очереди (и она не пройдена), встаёт в очередь. Итерация цикла завершается.

3.3. Представление графа

Для представления графа были написаны следующие классы: *Graph, Vertex*, *Coordinates<T>*.

Класс *Coordinates<T>* - класс для представления координат вершины, имеет два поля, для *x* и *y* координаты вершины соответственно. Методы: геттеры и сеттеры координат.

Класс *Vertex* — вершина. Хранит символьное имя вершины, ее координаты и хеш-таблицу ребер, исходящих из данной вершины: ключ — соседняя с данной вершина, значение — вес ребра. Методы: добавление соседа вершине, удаление соседа, геттер имени вершины, геттер соседей вершины, геттер и сеттер координат вершины.

Класс *Graph* — класс графа. Хранит список вершин (*Vertex*) графа, а также хеш-таблицу допустимых имен вершин в графе. Ключ — допустимое имя, значение — булева переменная, если *true* имя свободно, иначе — занято. Таким образом, все имена вершин графа разные. Методы: получение первого допустимого имени, добавление/удаление вершины по имени и ссылке, добавление/удаление ребра, поиск вершины с заданным именем, очистка графа.

3.4. Визуализация графа

Для графического отображения графа в приложении были написаны следующие классы: *VertexDrawable*, *EdgeDrawable*, *GraphController*.

Класс *VerteDrawable* — класс графического отображения вершины графа, содержит имя вершины, ссылку на отображаемую вершину, графическое отображение (кружок и подпись имени вершины), координаты, радиус для графического отображения (для круга). Методы: геттер и сеттер имени вершины, получение графического отображения вершины (круга), получение графического отображения имени вершины (подпись с именем), получение ссылки на отрисовываемую вершину, движение вершины (т. е. изменение координат вершины и ее перерисовка).

Класс *EdgeDrawable* — класс графического отображения ребра. Содержит ссылки на отрисовываемые вершины, направление ребра, веса ребер, линию для отрисовки (графический объект), подписи весов для отрисовки. Методы: установить противоположное направление для ребра, удалить одно направление, узнать является ребро двунаправленным или однонаправленным, сравнение вершин переданных в метод со ссылками в ребре, геттер графического отображения веса ребра, самого ребра (линии), движение линии (т. е. изменение ее координат), геттер ссылок на вершины, между которыми задано это ребро.

Все графические объекты хранятся и отрисовываются в классе *GraphController*, класс, который задает основную логику взаимодействия графики и логики приложения, содержит два списка: для ребер и вершин графа (*EdgeDrawable* и *VertexDrawable*), объект класса *Astar*, две выбранные вершины для запуска A*, удаления/добавления ребра, объект класса *Graph* — граф. Позволяет считать граф, создавая граф и его графическое отображение. Добавить/удалить ребро/вершину. Двигать вершину на холсте. Запускает и отображает алгоритм A*.

3.5. Визуализация алгоритма

Визуализация алгоритма возможна двумя способами: в пошаговом режиме и с мгновенным выводом результата работы программы.

Мгновенный вывод результата работы алгоритма.

Перед началом работы пользователю необходимо выбрать две вершины: начало и конец пути на графе, это делается с помощью двойного клика ЛКМ по двум вершинам, выбранные вершины меняют цвет, порядок выбора вершин важен.

В результате работы алгоритма в окно результатов выводится символьный путь между выбранными вершинами, а также его вес. Сам же найденный путь на графе подсвечивается зеленым.

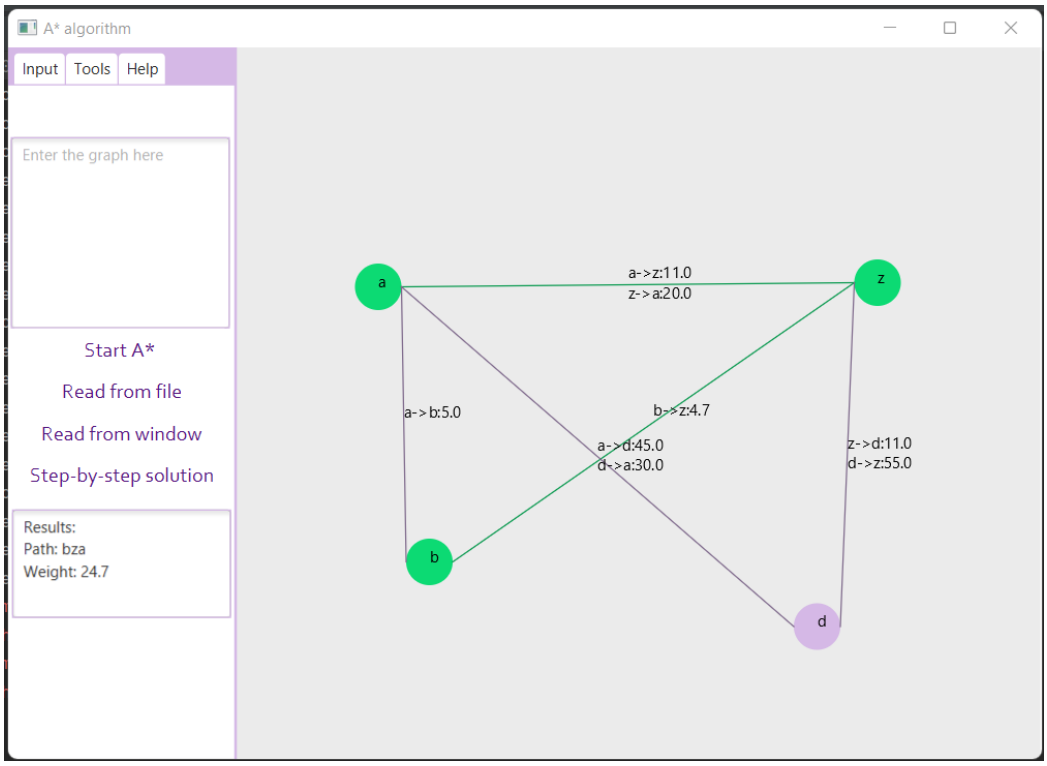


Рисунок 4. Построенный путь алгоритмом A*.

Пошаговый алгоритм.

В начале работы также выбирается две вершины, но пошаговый режим позволяет двигаться по алгоритму пошагово, на каждом шаге выводится текущий найденный путь и эвристики вершин (f), шаги можно делать как вперед так и назад, а также перейти сразу к концу алгоритма. После того как пользователь переходит в пошаговый режим, возможность редактировать граф (в т. ч. двигать,

удалять и считывать снова) блокируется до тех пор, пока пользователь не выйдет из пошагового режима, нажав кнопку «*End Step-by-step A**».

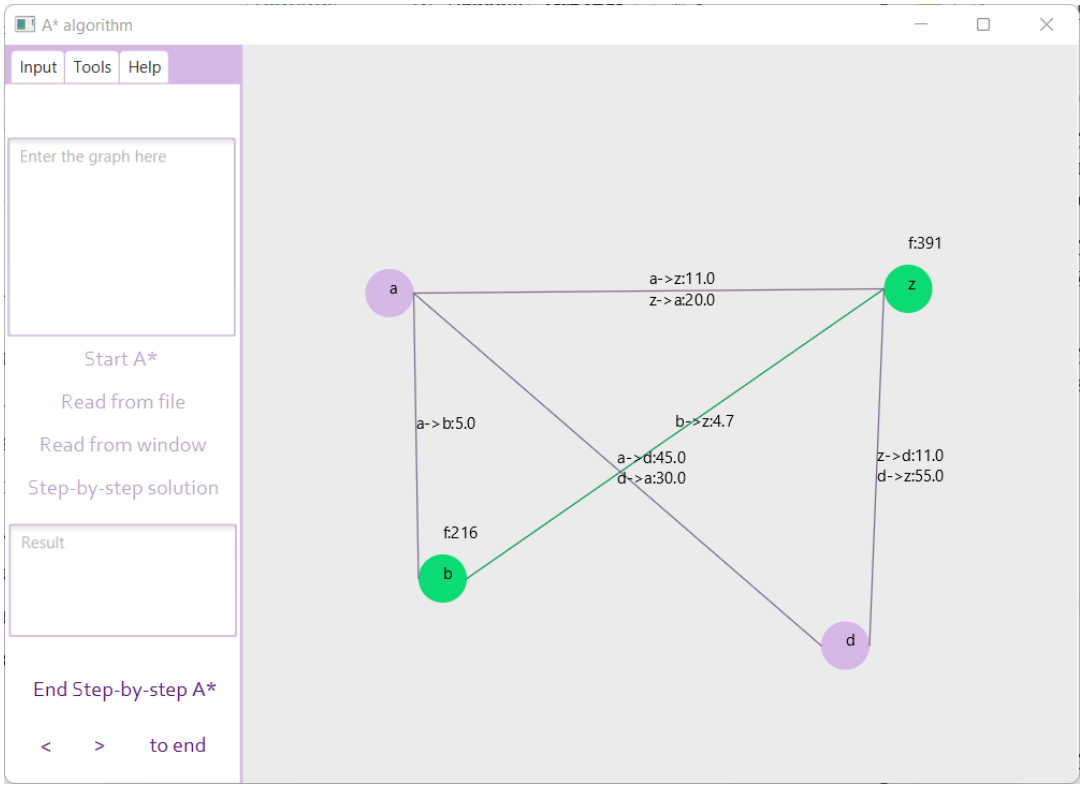


Рисунок 5. Режим пошаговой работы алгоритма.

4. ТЕСТИРОВАНИЕ

4.1. Тестирование алгоритма A*

В начале работы приложения происходит тестирование алгоритма A*.

```
First test: heuristic.  Answer is correst. Test: OK
Second test: heuristic. Answer is correst. Test: OK
Third test: heuristic.  Answer is correst. Test: OK
First test: AStar.  Answer is correst. Test: OK
First test: Path.   Answer is correst. Test: OK
First test: Weight. Answer is correst. Test: OK
Second test: AStar. Answer is correst. Test: OK
Second test: Path.  Answer is correst. Test: OK
Second test: Weight.    Answer is correst. Test: OK
Third test: AStar.  Answer is correst. Test: OK
Third test: Path.   Answer is correst. Test: OK
Third test: Weight. Answer is correst. Test: OK
Fourth test: AStar. Answer is correst. Test: OK
Fourth test: Path.  Answer is correst. Test: OK
Fourth test: Weight.    Answer is correst. Test: OK
Fifth test: AStar.  Answer is correst. Test: OK
Fifth test: Path.   Answer is correst. Test: OK
Fifth test: Weight. Answer is correst. Test: OK
```

Рисунок 6. Вывод результата тестирования в консоль.

Для тестирования был написан общедоступный класс - *public class Tests* {

public static final double DOUBLE_CONST= 0.0000000001; - константа, выступающая в роли эпсилон в сравнениях вещественных чисел.

public static final int SLEEP_CONST= 500; - константа, задающая задержку вывода.

Каждый последующий метод возвращает строку, содержащую информацию о конкретном тесте и его результате. Тест проходит следующим образом: задаются тестовые данные. На них прогоняются методы алгоритма, результаты которых сравниваются с правильными выходными данными. В зависимости от того, совпали ли тестовые и готовые выходные данные, возвращается нужная строка.

public static void RunTests() throws InterruptedException; - главный и единственный *public* метод, который вызывает все реализованные тесты и выводит их результат в консоль с временной задержкой (с помощью *InterruptedException - Thread.sleep()).*

private static String FirstTestH(); - тест, проверяющий работу статического метода *AStar*, вычисляющего эвристику на первом примере (описан в табл.1).

private static String SecondTestH() и private static String ThirdTestH() работают аналогично, но проверяют метод на втором и третьем примере.

private static String FirstTestAStar(AStar n), private static String FirstTestPath(AStar n) и private static String FirstTestWeight(AStar n) - перед вызовом этих методов, *в RunTests()* создаётся объект класса *AStar*, на котором будет проводиться проверка в данных методах. В каждый метод объект передаётся в качестве аргумента.

В методе *FirstTestAStar(AStar n)* создаётся конкретный граф для первого примера и проверяется основной метод *AStar a_star_public*, реализующий алгоритм.

В методе *FirstTestPath(AStar n)* на уже созданном графе проверяется метод *AStar – getPath(),* возвращающий найденный в ходе работы алгоритма кратчайший путь в виде строки.

В методе *FirstTestWeight(AStar n)* на уже созданном графе проверяется метод *AStar – getWeight(),* возвращающий найденный в ходе работы алгоритма вес кратчайшего пути.

private static String SecondTestAStar(AStar n) ,

private static String SecondTestPath(AStar n) ,

private static String SecondTestWeight(AStar n),

private static String ThirdTestAStar(AStar n),

private static String ThirdTestPath(AStar n),

private static String ThirdTestWeight(AStar n),

private static String FourthTestAStar(AStar n),

private static String FourthTestPath(AStar n),

private static String FourthTestWeight(AStar n),

private static String FifthTestAStar(AStar n),

private static String FifthTestPath(AStar n),

private static String FifthTestWeight(AStar n); - группа методов, работающих аналогично и проверяющая те же методы класса *AStar*, но на примере уже других графов.

}

Таблица 1 – Результаты тестирования алгоритма.

	Входные данные	Комментарий	Результат	Описание
Тест 1. Эвристика	Vertex('a', 0, 0) Vertex('b', 0, 0)	Программа работает верно.	First test: heuristic. Answer is correst. Test: OK	Случай, когда вершины находятся в одной точке с нулевыми координатами, и их эвристика равна нулю.
Тест 2. Эвристика	Vertex('a', 100.234, 2) Vertex('b', 189.2, 0)	Программа работает верно.	Second test: heuristic. Answer is correst. Test: OK	Случай, проверяющий точность эвристики с вещественными числами.
Тест 3. Эвристика	Vertex('a', 100, 300) Vertex('b', 100 + Math.sqrt(600), 305))	Программа работает верно.	Third test: heuristic. Answer is correst. Test: OK	Общий случай.
Проверка методов на графе – пример 1.	Начальная вершина: a Конечная: b	Программа работает верно.	First test: AStar. Answer is correst. Test: OK	Случай, когда обе точки находятся на одном месте:

	Информация о вершинах и ребрах: 2 a 0 0 b 0 0 a b 0		First test: Path. Answer is correst. Test: OK First test: Weight. Answer is correst. Test: OK	координаты и вес ребра нулевые.
Проверка методов на графе – пример 2.	Начальная вершина: a Конечная: e Информация о вершинах и ребрах: 5 a 100.234 2 b 189.2 0 c 200 300 d 100 300 e 500 500 a b 3 b c 1 c d 1 a d 5 d e 1	Программа работает верно.	Second test: AStar. Answer is correst. Test: OK Second test: Path. Answer is correst. Test: OK Second test: Weight. Answer is correst. Test: OK	Общий случай.
Проверка методов на графе – пример 3.	Начальная вершина: a Конечная: d Информация о вершинах и ребрах: 8 a 100 300	Программа работает верно.	Third test: AStar. Answer is correst. Test: OK Third test: Path.	Случай, при котором граф имеет различные ребра с различным весом, но при

	b 400 500 c 350 250 d 80 90 e 330 220 x 105 375 y 296 100 z 500 150 a b 3 a c 5 a d 7 a e 1 x z 1 y z 4		Answer is correst. Test: OK Third test: Weight. Answer is correst. Test: OK	этом только одно ребро является путём от начальной до конечной.
Проверка методов на графе – пример 4.	Начальная вершина: a Конечная: f Информация о вершинах и ребрах: 6 a 1 1 b 1 2 c 2 3 d 3 4 e 4 5 f 5 6 a b 1 b c 2 c d 3 d e 4 e f 5 a f 34	Программа работает верно.	Fourth test: AStar. Answer is correst. Test: OK Fourth test: Path. Answer is correst. Test: OK Fourth test: Weight. Answer is correst. Test: OK	Случай, при котором имеется прямой путь от начальной вершины до конечной, но он значительно превышает суммарный вес всех промежуточных рёбер.
Проверка методов на графе – пример 5.	Начальная вершина: a	Программа работает верно.	Fifth test: AStar.	Случай, при котором

	Конечная: e Информация о вершинах и ребрах: 4 a 300 300 b 200 200 d 400 200 e 300 100 a b 4 a d 5 b e 1 d e 0.5		Answer is correst. Test: OK Fifth test: Path. Answer is correst. Test: OK Fifth test: Weight. Answer is correst. Test: OK	существует ровно 2, равных по числу вершин, пути до конечной вершины.

Крайние случаи с отрицательными значениями тестировать не требуется, так как формат ввода контролируется исключениями.

4.2. Тестирование приложения

Была написана обработка исключений для корректной работы приложения. Требования к правильному вводу данных проверяются в классе *CheckRules*, бросающий исключения типа *DataFormatException*. В случае, когда пользователь ввел некорректные данные в файл или в окно, появляется сообщение об описании ошибки. Ошибки продемонстрированы на рисунках 7 - 12.

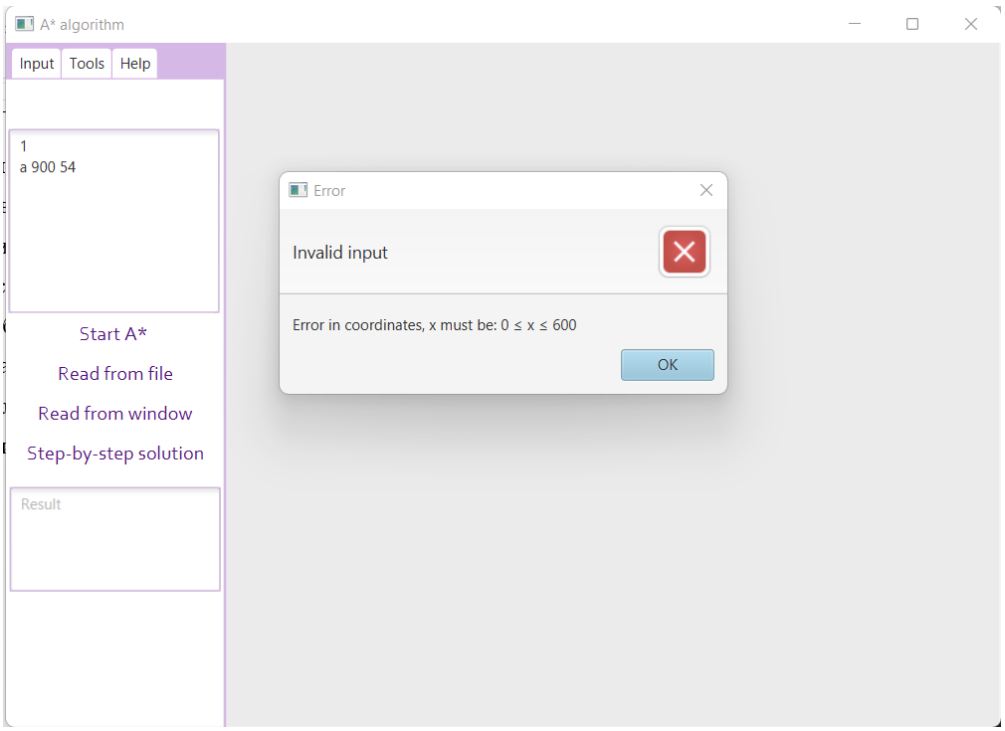


Рисунок 7. Попытка ввода неправильных координат.

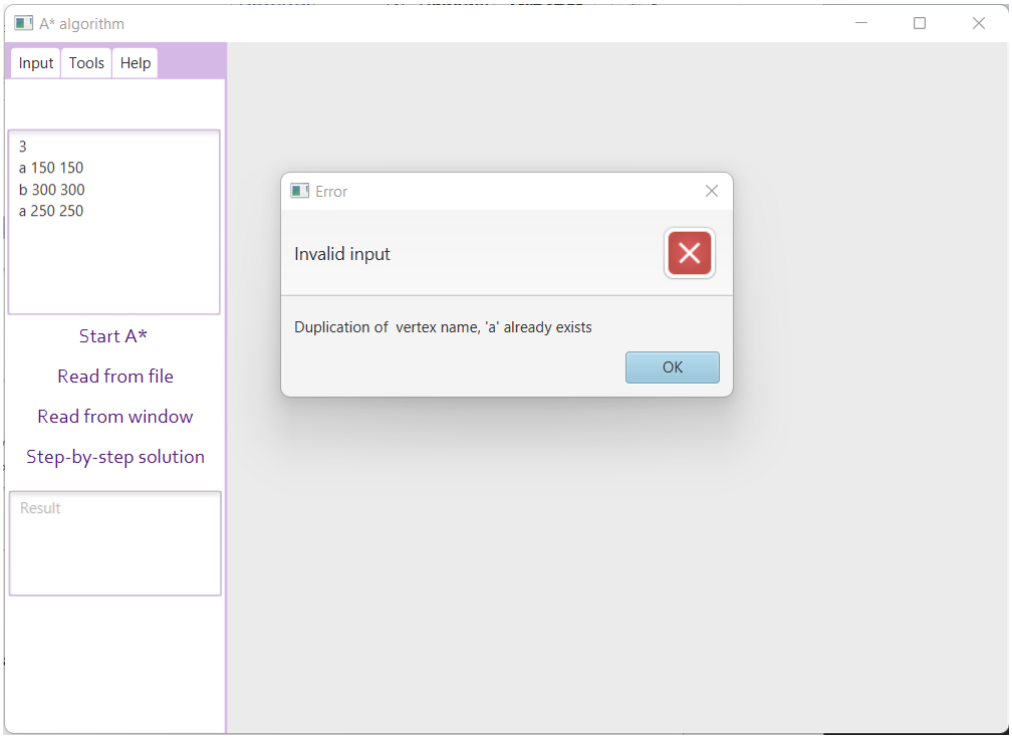


Рисунок 8. Попытка повторно создать вершину.

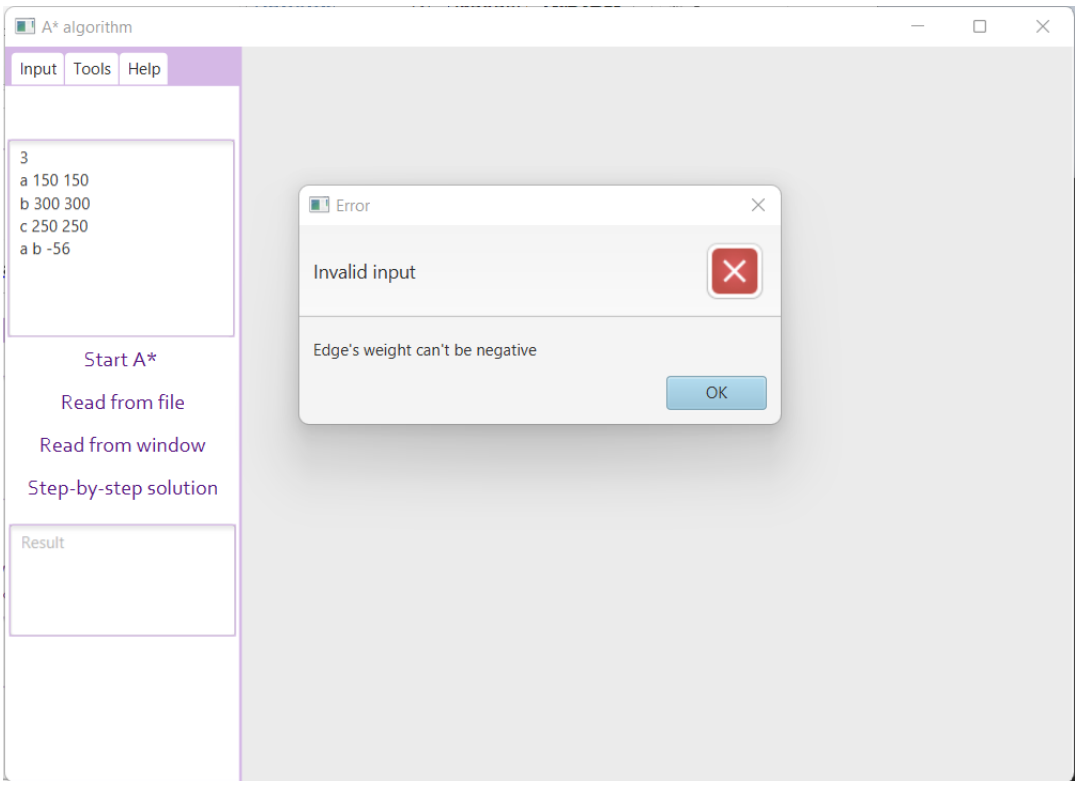


Рисунок 9. Попытка присвоить ребру отрицательный вес.

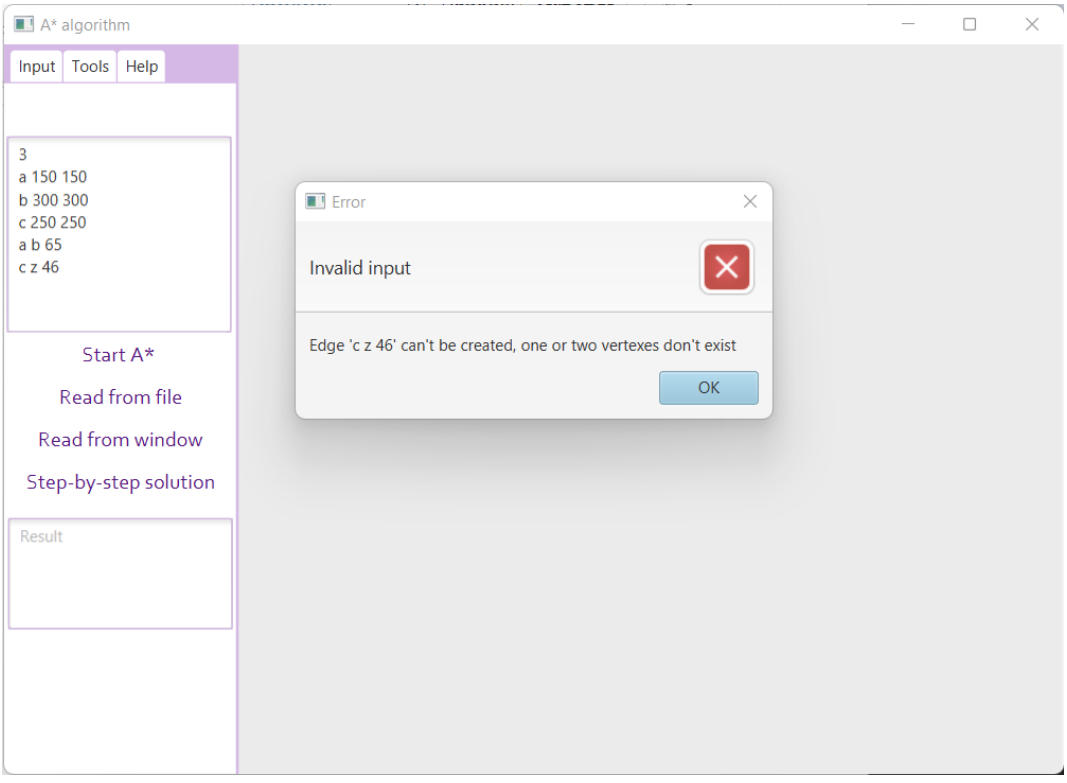


Рисунок 10. Попытка создать ребро с несуществующей вершиной.

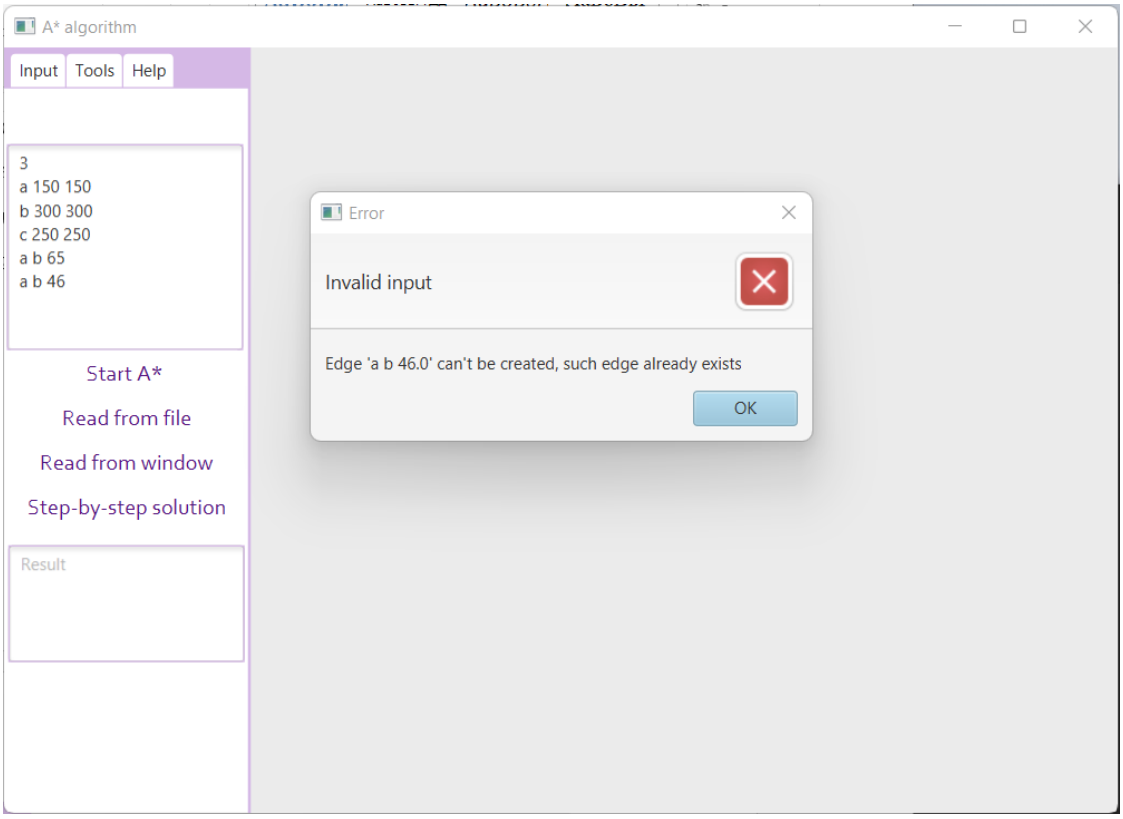


Рисунок 11. Попытка ввести второй раз уже существующее ребро.

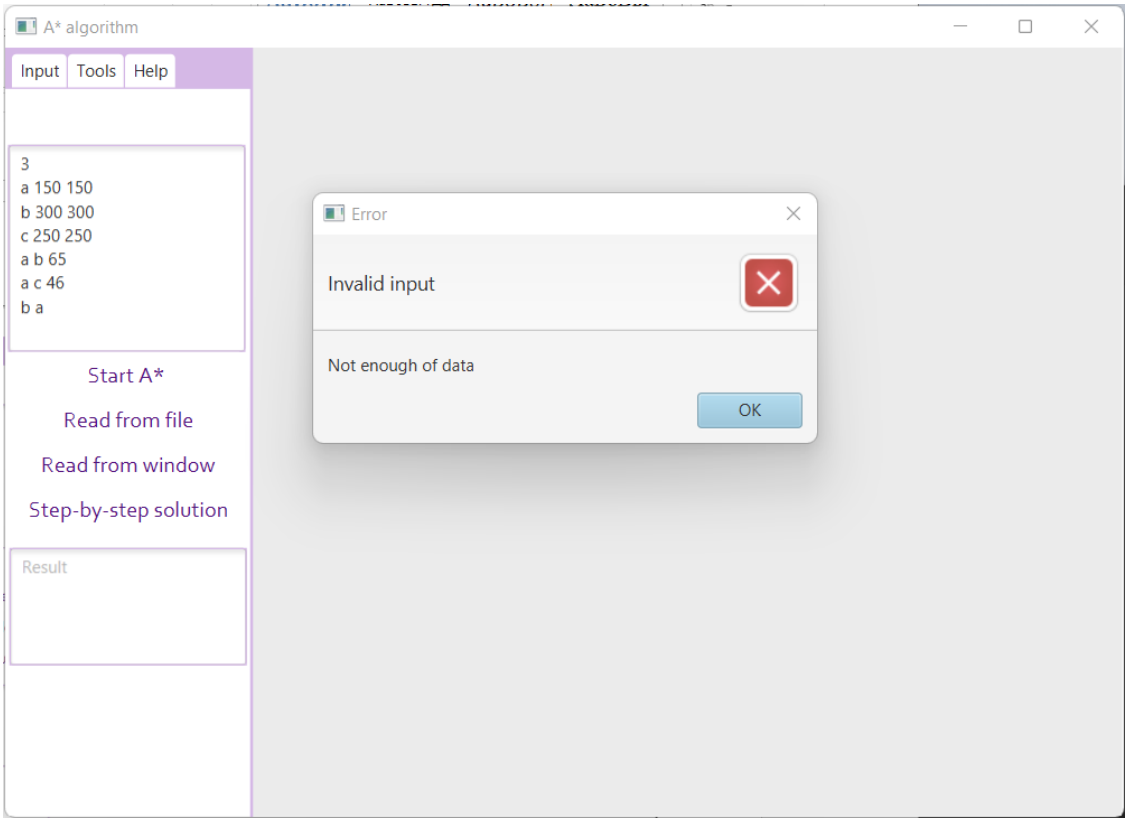


Рисунок 12. Попытка ввести не все необходимые данные для создания графа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения практической работы, выл реализован алгоритм на графах A*. Был получен навык создания Maven файла, для включения зависимостей и параметров сборки. Был написан GUI интерфейс для взаимодействия с программой, в котором можно создавать и редактировать граф, так же он обладает функционалом, который наглядно показывает работу алгоритма в пошаговом режиме. Для написания GUI была изучена библиотека JavaFX.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Документация JDK 11 [Электронный ресурс]. URL: https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/ (Дата обращения: 01.07.2022).

2. Пакет JavaFX [Электронный ресурс]. URL: https://docs.oracle.com/javase/8/javafx/api/toc.htm (Дата обращения: 02.07.2022).

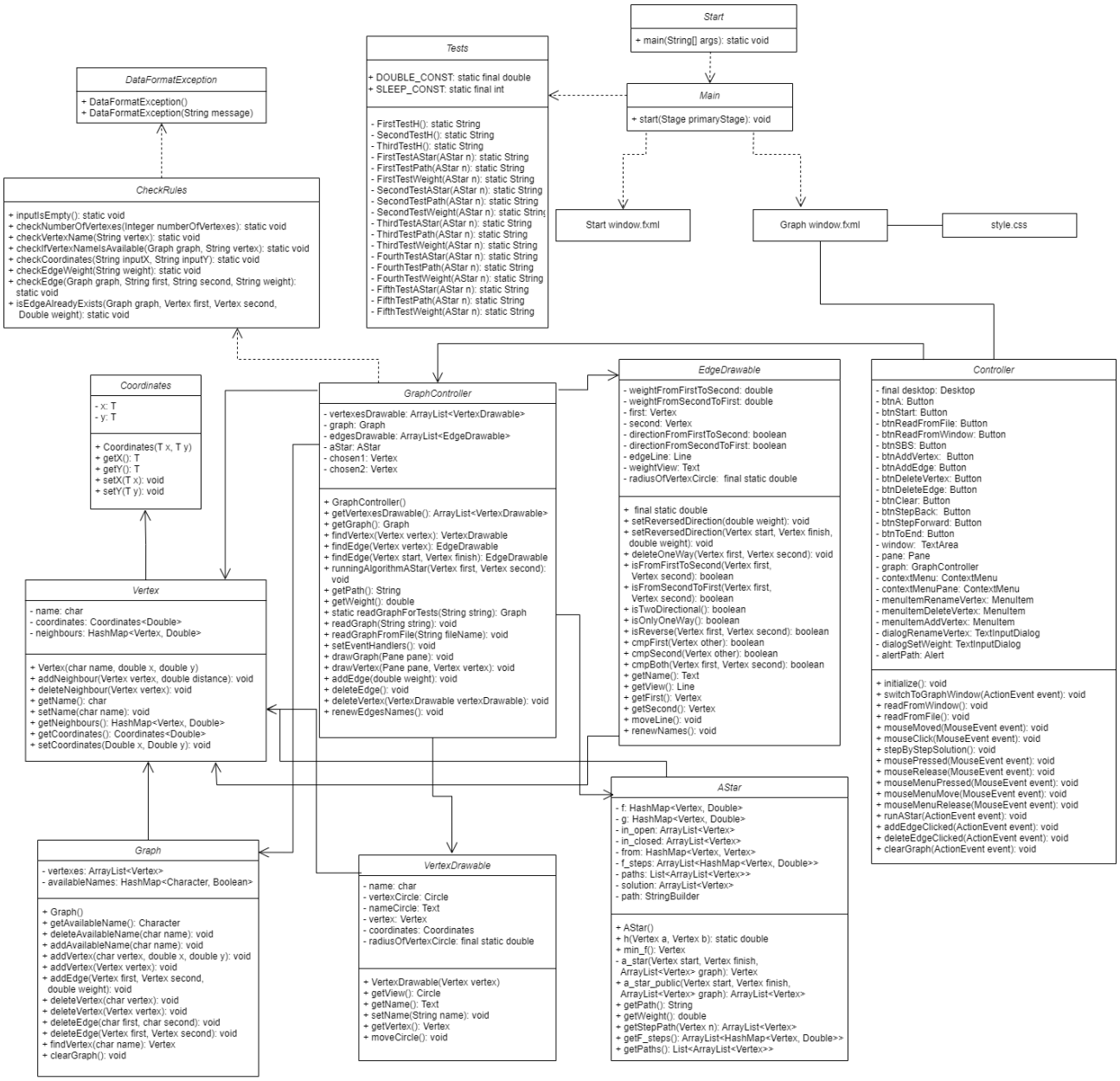
3. Документация Maven [Электронный ресурс]. URL: https://maven.apache.org/guides/index.html (Дата обращения: 04.07.2022).

4. Информация об алгоритме A* [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/A* (Дата обращения: 30.06.2022).

5. Герберт Шилдт" Java. Руководство для начинающих: учебник. - СПб.: Диалектика, 2019. - 816 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

UML-ДИАГРАММА



ПРИЛОЖЕНИЕ В
ИСХОДНЫЙ КОД

Название файла: *AStar.java*

```
package application.app;

import java.util.ArrayList;
import java.util.Arrays;
import java.util.HashMap;
import java.util.List;

public class AStar {
    private HashMap<Vertex, Double> f;
    private HashMap<Vertex, Double> g;
    private ArrayList<Vertex> in_open;
    private ArrayList<Vertex> in_closed;
    private HashMap<Vertex, Vertex> from;
    private ArrayList<HashMap<Vertex, Double>> f_steps; // список
значений эвристической функции на каждом шаге
    private List<ArrayList<Vertex>> paths; // список путей на каждом шаге
    private ArrayList<Vertex> solution;
    private StringBuilder path;
    public AStar(){
        f = new HashMap<Vertex, Double>();
        g = new HashMap<Vertex, Double>();
        in_open = new ArrayList<Vertex>();
        in_closed = new ArrayList<Vertex>();
        from = new HashMap<Vertex, Vertex>();
        f_steps = new ArrayList();
        paths = new ArrayList();
        solution = new ArrayList<Vertex>();
        path = new StringBuilder();
    }
    public static double h(Vertex a, Vertex b){ //
P-PICЂPёCЃC,РёС‡РµCЃРеР°СЏ С„СѓPSPeC†PёCЏ
        return Math.sqrt( Math.pow(a.getCoordinates().getX() -
b.getCoordinates().getX(), 2) +
```

```
                Math.pow(a.getCoordinates().getY() -
b.getCoordinates().getY(), 2));
    }

    public Vertex min_f(){
        Double min = f.get(in_open.get(0));
        Vertex min_v = in_open.get(0);
        for(int i = 0; i < in_open.size(); i++){
            if (f.get(in_open.get(i)) < min) {
                min = f.get(in_open.get(i));
                min_v = in_open.get(i);
            }
        }
        return min_v;
    }

    private Vertex a_star(Vertex start, Vertex finish){
        Vertex current;
        in_open.add(start);
        g.put(start, (double)0); f.put(start, g.get(start) + h(start,
finish));
        while (in_open.size() > 0){
            current = min_f();
            paths.add(getStepPath(current));
            HashMap<Vertex,Double> f_step = new HashMap<>(f);
            f_steps.add(f_step);
            if (current == finish) return finish;
            in_open.remove(current);
            in_closed.add(current);
            for (HashMap.Entry<Vertex, Double> neighbour :
current.getNeighbours().entrySet()) {
                double temp_g = g.get(current) + neighbour.getValue();
                if ( !in_open.contains(neighbour.getKey())
                        &&  !in_closed.contains(neighbour.getKey())
                        || (g.containsKey(neighbour.getKey()) && temp_g <
g.get(neighbour.getKey()))){
                    from.put(neighbour.getKey(), current);
```

```
                    g.put(neighbour.getKey(), temp_g);
                    f.put(neighbour.getKey(), g.get(neighbour.getKey()) +
h(neighbour.getKey(), finish));
                }
                if (!in_open.contains(neighbour.getKey())
                        &&  !in_closed.contains(neighbour.getKey())){
                    in_open.add(neighbour.getKey());
                }
            }
        }
        return null;
    }

    public ArrayList<Vertex> a_star_public(Vertex start, Vertex finish){
        Vertex goal = a_star(start, finish);
        if (goal == null) return solution;
        solution.add(goal);
        while(from.containsKey(goal)){
            solution.add(0, from.get(goal));
            goal = from.get(goal);
        }
        return solution;
    }

    public String getPath(){
        path = new StringBuilder();
        for (Vertex i : solution)
            path.append(i.getName());
        return path.toString();
    }
    public ArrayList<Vertex> getStepPath(Vertex n){
        ArrayList<Vertex> step_path = new ArrayList<>();
        step_path.add(n);
        while(from.containsKey(n)){
            step_path.add(0, from.get(n));
            n = from.get(n);
        }
```

```
        return step_path;
    }

    public double getWeight(){
        double weight = 0;
        for (int i = 0; i < solution.size() - 1; i++)
            weight += solution.get(i).getNeighbours().get(solution.get(i
+ 1));
        return weight;
    }

    public ArrayList<HashMap<Vertex, Double>> getF_steps(){
        return f_steps;}

    public List<ArrayList<Vertex>> getPaths(){
        return paths;
    }
}
```

Название файла: *CheckRules.java*

```
package application.app;

public class CheckRules {
    public static void inputIsEmpty() throws DataFormatException {
        throw new DataFormatException("You haven't entered any data");
    }

    public static void checkNumberOfVertexes(Integer numberOfVertexes)
throws NumberFormatException, DataFormatException {
        if (numberOfVertexes < 0){
            throw new DataFormatException("Number of vertex can't be
negative");
        }
    }

    public static void checkVertexName(String vertex) throws
DataFormatException{
        if (vertex.length() > 1)
```

```
            throw new DataFormatException("Vertex name must be one
character, name '" + vertex + "' is invalid");
        if (!('a' <= vertex.charAt(0) && vertex.charAt(0) <= 'z'))
            throw new DataFormatException("Name of the vertex must be the
English letter, '" + vertex + "' is invalid");
    }

    public static void checkIfVertexNameIsAvailable(Graph graph, String
vertex) throws DataFormatException{
        if (!graph.isNameAvailable(vertex.charAt(0)))
            throw new DataFormatException("Duplication of  vertex name,
'" + vertex.charAt(0) + "' already exists");
    }

    public static void checkCoordinates(String inputX, String inputY)
throws NumberFormatException, DataFormatException{
        try {
            double x = Double.parseDouble(inputX);
            double y = Double.parseDouble(inputY);
        } catch (NumberFormatException e) {
            throw new NumberFormatException();
        }
        if (Double.parseDouble(inputX) < 0 || Double.parseDouble(inputX)
> 600)
            throw new DataFormatException("Error in coordinates, x must
be: 0 ≤ x ≤ 600");
        if (Double.parseDouble(inputY) < 0 || Double.parseDouble(inputY)
> 530)
            throw new DataFormatException("Error in coordinates, y must
be: 0 ≤ y ≤ 530");
    }

    public static void checkEdgeWeight(String weight) throws
NumberFormatException, DataFormatException {
        double weightNumber = Double.parseDouble(weight);
        if (weightNumber < 0) throw new DataFormatException("Edge's
weight can't be negative");
```

```
        if (weightNumber > Double.MAX_VALUE) throw new
DataFormatException("Invalid edge value");
    }

    public static void checkEdge(Graph graph, String first, String
second, String weight)
            throws NumberFormatException, DataFormatException {
        checkVertexName(first);
        checkVertexName(second);
        Vertex firstVertex = graph.findVertex(first.charAt(0));
        Vertex secondVertex = graph.findVertex(second.charAt(0));
        if (firstVertex == null || secondVertex == null){
            StringBuilder edge = new StringBuilder();
            edge.append(("Edge '" + first + " " + second + " " + weight +
"'").toString());
            throw new DataFormatException(edge.toString() + " can't be
created, one or two vertexes don't exist");
        } else if (firstVertex == secondVertex) {
            StringBuilder edge = new StringBuilder();
            edge.append(("Edge '" + first + " " + second + " " + weight +
"'").toString());
            throw new DataFormatException(edge.toString() + " can't be
created, vertexes must be different");
        }
        checkEdgeWeight(weight);
    }

    public static void isEdgeAlreadyExists(Graph graph, Vertex first,
Vertex second, Double weight) throws DataFormatException{
        if (graph.isEdgeAlreadyExists(first, second)) {
            StringBuilder edge = new StringBuilder();
            edge.append(("Edge '" + first.getName() + " " +
second.getName() + " " + String.valueOf(weight) + "'").toString());
            throw new DataFormatException(edge.toString() + " can't be
created, such edge already exists");
        }
    }
```

```
}
```

Название файла: *Controller.java*

```
package application.app;

import javafx.event.ActionEvent;
import javafx.event.EventHandler;
import javafx.fxml.FXML;
import javafx.fxml.FXMLLoader;
import javafx.scene.Parent;
import javafx.scene.Scene;
import javafx.scene.control.*;
import javafx.scene.control.Button;
import javafx.scene.control.MenuItem;
import javafx.scene.control.TextArea;
import javafx.scene.input.MouseButton;
import javafx.scene.input.MouseEvent;
import javafx.scene.layout.Pane;
import javafx.stage.FileChooser;
import javafx.stage.Stage;
import javafx.scene.control.Alert;
import javafx.scene.control.Alert.AlertType;

import java.awt.*;
import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.util.Objects;
import java.util.Optional;

public class Controller {
    private final Desktop desktop = Desktop.getDesktop(); // информация
об устройстве для считывания файла
    public Button endStepByStepButton;
    @FXML
    private Button btnA, btnStart, btnReadFromFile, btnReadFromWindow,
btnSBS;

    @FXML
```

```
    private Button btnAddVertex, btnAddEdge, btnDeleteVertex,
btnDeleteEdge, btnClear;

    @FXML
    private Button btnStepBack, btnStepForward, btnToEnd;

    @FXML
    private TextArea window, resultWindow;

    @FXML
    private Pane pane;

    private GraphController graph;

    @FXML
    private ContextMenu contextMenu, contextMenuPane;

    @FXML
    private MenuItem menuItemRenameVertex, menuItemDeleteVertex;

    @FXML
    private MenuItem menuItemAddVertex;

    @FXML
    private TextInputDialog dialogRenameVertex, dialogSetWeight;

    @FXML
    private Alert alertPath, alertError;

    private boolean eventFlag;

    @FXML
    public void initialize(){
        graph = new GraphController();
        contextMenu = new ContextMenu();
        contextMenuPane = new ContextMenu();
        menuItemRenameVertex = new MenuItem("Rename vertex");
```

```
        menuItemDeleteVertex = new MenuItem("Delete vertex");
        contextMenu.getItems().addAll(menuItemRenameVertex,
menuItemDeleteVertex);
        dialogRenameVertex = new TextInputDialog();
        dialogSetWeight = new TextInputDialog();
        menuItemAddVertex = new MenuItem("Add vertex");
        contextMenuPane.getItems().add(menuItemAddVertex);
        alertPath = new Alert(AlertType.INFORMATION);
        eventFlag = true;
        alertError = new Alert(AlertType.ERROR);
        alertError.setTitle("Error");
    }

    @FXML
    public void switchToGraphWindow(ActionEvent event) throws IOException
{
        Parent root =
FXMLLoader.load(Objects.requireNonNull(getClass().getResource("Graph
window.fxml")));
        Stage stage = (Stage) btnStart.getScene().getWindow();
        stage.setScene(new Scene(root, 800, 550));
    }

    @FXML
    public void readFromWindow() throws NumberFormatException{
        try {
            graph = new GraphController();
            graph.readGraph(window.getText());
            graph.drawGraph(pane);
        } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e){
            alertError.setHeaderText("Invalid input");
            alertError.setContentText("Not enough of data");
            alertError.showAndWait();
            graph = new GraphController();
            graph.drawGraph(pane);
        } catch (NumberFormatException e){
            alertError.setHeaderText("Invalid input");
```

```
            alertError.setContentText("Error in numerical values");
            alertError.showAndWait();
            graph = new GraphController();
            graph.drawGraph(pane);
        } catch (DataFormatException e){
            alertError.setHeaderText("Invalid input");
            alertError.setContentText(e.getMessage());
            alertError.showAndWait();
            graph.getGraph().clearGraph();
            graph = new GraphController();
            graph.drawGraph(pane);
        }
    }

    @FXML
    public void readFromFile() throws NumberFormatException, IOException{
        FileChooser fileChooser = new FileChooser();
        FileChooser.ExtensionFilter extensionFilter = new
FileChooser.ExtensionFilter("TXT files (*.txt)", "*.txt");
        fileChooser.getExtensionFilters().add(extensionFilter);
        File file =
fileChooser.showOpenDialog(pane.getScene().getWindow());
        String path;
        if(file != null) {
            path = file.getPath();
        } else {
            return;
        }
        try {
            graph = new GraphController();
            graph.readGraphFromFile(path);
            graph.drawGraph(pane);
        } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e){
            alertError.setHeaderText("Invalid input");
            alertError.setContentText("Not enough of data");
            alertError.showAndWait();
            graph = new GraphController();
```

```
            graph.drawGraph(pane);
        } catch (NumberFormatException e){
            alertError.setHeaderText("Invalid input");
            alertError.setContentText("Error in numerical values");
            alertError.showAndWait();
            graph = new GraphController();
            graph.drawGraph(pane);
        } catch (DataFormatException e){
            alertError.setHeaderText("Invalid input");
            alertError.setContentText(e.getMessage());
            alertError.showAndWait();
            graph.getGraph().clearGraph();
            graph = new GraphController();
            graph.drawGraph(pane);
        } catch (IOException e) {
            alertError.setHeaderText("Error occurred in opening this
file");
            alertError.setContentText(e.getMessage());
            alertError.showAndWait();
            graph.getGraph().clearGraph();
            graph = new GraphController();
            graph.drawGraph(pane);
        }
    }

    @FXML
    public void mouseMoved(MouseEvent event){
        graph.drawGraphAndLabels(pane);
    }

    @FXML
    public void mouseClick(MouseEvent event){
        if (eventFlag) {
            if (event.getButton() == MouseButton.PRIMARY){
                if (contextMenu.isShowing()) {
                    contextMenu.hide();
                }
```

```
                if (event.getClickCount() == 2){
                    graph.setEventHandlers();
                }
            }
            if (event.getButton() == MouseButton.SECONDARY){
                if (event.getClickCount() == 1) {
                    setHandlers();
                } if (event.getClickCount() == 2) {
                    if (contextMenu.isShowing()) {
                        contextMenu.hide();
                    }
                    char name = graph.getGraph().getAvailableName();
                    if (name == '*') {
                        alertError.setHeaderText("Maximum number of
vertexes per field");
                        alertError.setContentText("You can't add new
vertex");
                        alertError.showAndWait();
                    } else {
                        Vertex vertex = new Vertex(name, event.getX(),
event.getY());
                        graph.drawVertex(pane, vertex);
                        graph.drawGraph(pane);
                    }
                }
            }
        }

    }

    private void setHandlers() {
        for (VertexDrawable vertexDrawable : graph.getVertexesDrawable())
{
            vertexDrawable.getView().setOnMouseClicked(new
EventHandler<MouseEvent>() {
                @Override
                public void handle(MouseEvent mouseEvent) {
```

```
                    contextMenu.show(pane, mouseEvent.getScreenX(),
mouseEvent.getScreenY());

                    menuItemRenameVertex.setOnAction((ActionEvent
actionEvent) -> {
                        if (contextMenu.isShowing()) {
                            contextMenu.hide();
                        }
                        Vertex vertex = vertexDrawable.getVertex();
                        char oldName = vertex.getName();
                        //добавить проверку, что такое имя не занято
                        dialogRenameVertex.setTitle("Rename vertex");
                        dialogRenameVertex.setHeaderText("Enter vertex
name:");
                        dialogRenameVertex.setContentText("Name:");
                        Optional<String> newName =
dialogRenameVertex.showAndWait();
                        newName.ifPresent(name -> {
                            try {
                                CheckRules.checkVertexName(name);

CheckRules.checkIfVertexNameIsAvailable(graph.getGraph(), name);

graph.getGraph().addAvailableName(oldName);
                                vertexDrawable.setName(name);

graph.getGraph().deleteAvailableName(name.charAt(0));
                                graph.renewEdgesNames();
                                graph.drawGraph(pane);
                            } catch (DataFormatException e) {
                                alertError.setHeaderText("Invalid name");

alertError.setContentText(e.getMessage());
                                alertError.showAndWait();
                            }
                        });
                    });
```

```
                    menuItemDeleteVertex.setOnAction((ActionEvent
actionEvent) -> {
                        if (contextMenu.isShowing()) {
                            contextMenu.hide();
                        }
                        graph.deleteVertex(vertexDrawable);
                        graph.drawGraph(pane);
                    });
                }
            });
        }
    }

    @FXML
    public void stepByStepSolution(){
        resultWindow.clear();
        eventFlag = false;
        btnClear.setDisable(true);
        btnAddEdge.setDisable(true);
        btnDeleteEdge.setDisable(true);
        btnA.setDisable(true);
        btnReadFromFile.setDisable(true);
        btnReadFromWindow.setDisable(true);
        btnSBS.setDisable(true);
        graph.startStepByStep();
        btnStepBack.setVisible(true);
        btnStepForward.setVisible(true);
        btnToEnd.setVisible(true);
        endStepByStepButton.setVisible(true);
        graph.drawGraphAndLabels(pane);
    }

    @FXML
    public void stepBack() {
        graph.doStep(-1);
        graph.drawGraphAndLabels(pane);
```

```
    }

    @FXML
    public void stepForward() {
        graph.doStep(1);
        graph.drawGraphAndLabels(pane);
        if (graph.isFinalInStepByStep()) {
            String path = graph.getPath();
            if (path == null || path.equals("")){
                resultWindow.setText("Path doesn't exist");
            } else {
                resultWindow.setText("Results:" + "\n" + "Path: " + path
+ "\n" + "Weight: " + Double.toString(graph.getWeight()));
            }
        }
    }

    @FXML
    public void toEnd() {
        graph.toEndStepByStep();
        graph.drawGraphAndLabels(pane);
        String path = graph.getPath();
        if (path == null || path.equals("")){
            resultWindow.setText("Path doesn't exist");
        } else {
            resultWindow.setText("Results:" + "\n" + "Path: " + path +
"\n" + "Weight: " + Double.toString(graph.getWeight()));
        }
    }

    @FXML
    public void endStepByStep() {
        eventFlag = true;
        btnClear.setDisable(false);
        btnAddEdge.setDisable(false);
        btnDeleteEdge.setDisable(false);
        btnA.setDisable(false);
```

```
        btnReadFromFile.setDisable(false);
        btnReadFromWindow.setDisable(false);
        btnSBS.setDisable(false);
        btnStepBack.setVisible(false);
        btnStepForward.setVisible(false);
        btnToEnd.setVisible(false);
        endStepByStepButton.setVisible(false);
        graph.normalGraphColor();
        graph.allowEvents();
        graph.endSBS();
        graph.drawGraph(pane);
    }

    @FXML
    public void mousePressed(MouseEvent event) {
        btnStart.setStyle("-fx-background-color: linear-gradient(to
bottom left, #3fbab4, #410b61)");
    }

    @FXML
    public void mouseRelease(MouseEvent event) {
        btnStart.setStyle("-fx-background-color: linear-gradient(to
bottom left, #52fff6, #7012a6)");
    }

    @FXML
    public void mouseMenuPressed(MouseEvent event) {
        Button button = (Button) event.getSource();
        button.setStyle("-fx-background-color:    linear-gradient(to
bottom left, #52fff6, #9a35d4)");
    }

    @FXML
    public void mouseMenuMove(MouseEvent event) {
        Button button = (Button) event.getSource();
        button.setStyle("-fx-background-color:   linear-gradient(to
bottom left, #a2fcf8, #d5b8e6)");
```

```
    }

    @FXML
    public void mouseMenuRelease(MouseEvent event) {
        Button button = (Button) event.getSource();
        button.setStyle("-fx-background-color: white");
    }

    @FXML
    public void runAStar(ActionEvent event) throws IOException {
        Vertex vertexA = graph.getGraph().findVertex('a');
        Vertex vertexB = graph.getGraph().findVertex('z');
        graph.runningAlgorithmAStar(vertexA, vertexB);
        alertPath.setTitle("Astar solution");
        alertPath.setHeaderText("Results:");
        String path = graph.getPath();
        if (path == null || path.equals("")){
            resultWindow.setText("Path doesn't exist");
            alertPath.setContentText("Path doesn't exist");
            alertPath.showAndWait();
        } else {
            resultWindow.setText("Results:" + "\n" + "Path: " + path +
"\n" + "Weight: " + Double.toString(graph.getWeight()));
            alertPath.setContentText("Path: " + path + "\n" + "Weight: "
+ Double.toString(graph.getWeight()));
            alertPath.showAndWait();
        }
    }

    @FXML
    public void addEdgeClicked(ActionEvent event){
        dialogSetWeight.setTitle("Set weight");
        dialogSetWeight.setHeaderText("Enter weight:");
        dialogSetWeight.setContentText("Weight:");
        Optional <String> newWeight = dialogSetWeight.showAndWait();
        newWeight.ifPresent(weight -> {
            try {
```

```
                CheckRules.checkEdgeWeight(weight);
                graph.addEdge(Double.valueOf(weight));
                graph.drawGraph(pane);
            } catch (DataFormatException e) {
                alertError.setHeaderText("Invalid weight");
                alertError.setContentText(e.getMessage());
                alertError.showAndWait();
            } catch (NumberFormatException e){
                alertError.setHeaderText("Invalid weight");
                alertError.setContentText("Weight must be a number");
                alertError.showAndWait();
            }
        });

    }

    @FXML
    public void deleteEdgeClicked(ActionEvent event) {
        graph.deleteEdge();
        graph.drawGraph(pane);
    }

    @FXML
    public void clearGraph(ActionEvent event){
        graph = new GraphController();
        graph.drawGraph(pane);
    }

}
```

Название файла: *Coordinates.java*

```
package application.app;

public class Coordinates <T>{
    private T x;
    private T y;
    Coordinates (T x, T y) {
        this.x = x;
```

```
        this.y = y;
    }

    public T getX(){
        return x;
    }

    public T getY(){
        return y;
    }

    public void setX(T x) {
        this.x = x;
    }

    public void setY(T y) {
        this.y = y;
    }
}
```

Название файла: *DataFormatException.java*

```
package application.app;

public class DataFormatException extends Exception{
    public DataFormatException(){
        super();
    }

    public DataFormatException(String message){
        super(message);
    }

}
```

Название файла: *EdgeDrawable.java*

```
package application.app;

//import project.application.model.Vertex;
import javafx.scene.paint.Paint;
```

```
import javafx.scene.shape.Line;
import javafx.scene.text.Text;

public class EdgeDrawable {
    private double weightFromFirstToSecond, weightFromSecondToFirst;
    private Vertex first, second; // first - source, second - destination
or versa
    private boolean directionFromFirstToSecond,
directionFromSecondToFirst;
    private Line edgeLine;
    private Text weightView;
    private final static double radiusOfVertexCircle = 18.0;

    public EdgeDrawable(Vertex first, Vertex second, double weight){
        this.first = first;
        this.second = second;
        weightFromFirstToSecond = weight;
        directionFromFirstToSecond = true;
        edgeLine = new Line();
        weightView = new Text(first.getName() + "->" + second.getName() +
":" + Double.toString(weightFromFirstToSecond));
        double x1, x2, y1, y2;
        x1 = first.getCoordinates().getX();
        x2 = second.getCoordinates().getX();
        y1 = first.getCoordinates().getY();
        y2 = second.getCoordinates().getY();
        if (x1 > x2) {
            x1 -= radiusOfVertexCircle;
            x2 += radiusOfVertexCircle;
        } else {
            x2 -= radiusOfVertexCircle;
            x1 += radiusOfVertexCircle;
        }
        edgeLine.setStartX(x1);
        edgeLine.setEndX(x2);
        edgeLine.setStartY(y1);
        edgeLine.setEndY(y2);
```

```
        if (x1 > x2) {
            weightView.setX(x1 - Math.abs(x2 - x1) / 2);
        } else {
            weightView.setX(x2 - Math.abs(x2 - x1) / 2);
        }
        weightView.setY((y1 + y2) / 2 - 5);
        edgeLine.setStroke(Paint.valueOf("#806b8d"));
    }

    public void setReversedDirection(double weight){
        weightFromSecondToFirst = weight;
        directionFromSecondToFirst = true;
        weightView.setText(second.getName() + "->" + first.getName() +
":" + Double.toString(weightFromSecondToFirst) +
                "\n" + first.getName() + "->" + second.getName() + ":" +
Double.toString(weightFromFirstToSecond));
    }

    public void setReversedDirection(Vertex start, Vertex finish, double
weight){
        if (start == first && finish == second) {
            return;
        }
        weightFromSecondToFirst = weight;
        directionFromSecondToFirst = true;
        weightView.setText(second.getName() + "->" + first.getName() +
":" + Double.toString(weightFromSecondToFirst) +
                "\n" + first.getName() + "->" + second.getName() + ":" +
Double.toString(weightFromFirstToSecond));
    }

    public void deleteOneWay(Vertex first, Vertex second){
        if (first == this.first & second == this.second) {
            directionFromFirstToSecond = false;
            weightFromFirstToSecond = 0;
            weightView.setText(second.getName() + "->" + first.getName()
+ ":" + Double.toString(weightFromSecondToFirst));
```

```
        } else if(first == this.second & second == this.first) {
            directionFromSecondToFirst = false;
            weightFromSecondToFirst = 0;
            weightView.setText(second.getName() + "->" + first.getName()
+ ":" + Double.toString(weightFromFirstToSecond));
        }
    }

    public boolean isFromFirstToSecond(Vertex first, Vertex second) {
        return this.first == first && this.second == second &&
directionFromFirstToSecond;
    }
    public boolean isFromSecondToFirst(Vertex first, Vertex second) {
        return this.second == first && this.first == second &&
directionFromSecondToFirst;
    }

    public boolean isTwoDirectional() {
        return directionFromFirstToSecond && directionFromSecondToFirst;
    }

    public boolean isOnlyOneWay() {
        return directionFromFirstToSecond ^ directionFromSecondToFirst;
    }

    public boolean isReverse(Vertex first, Vertex second) {
        return (cmpFirst(second) && cmpSecond(first));
    }

    public boolean cmpFirst(Vertex other) {
        return first == other;
    }

    public boolean cmpSecond(Vertex other) {
        return second == other;
    }
```

```
    public boolean cmpBoth(Vertex first, Vertex second) {
        return cmpFirst(first) && cmpSecond(second) || isReverse(first,
second);
    }

    public Text getName(){
        return weightView;
    }

    public Line getView() { return edgeLine; }

    public void moveLine() {
        double x1, x2, y1, y2;
        x1 = first.getCoordinates().getX();
        x2 = second.getCoordinates().getX();
        y1 = first.getCoordinates().getY();
        y2 = second.getCoordinates().getY();
        if (x1 > x2) {
            x1 -= radiusOfVertexCircle;
            x2 += radiusOfVertexCircle;
        } else {
            x2 -= radiusOfVertexCircle;
            x1 += radiusOfVertexCircle;
        }
        edgeLine.setStartX(x1);
        edgeLine.setEndX(x2);
        edgeLine.setStartY(y1);
        edgeLine.setEndY(y2);
        if (x1 > x2) {
            weightView.setX(x1 - Math.abs(x2 - x1) / 2);
        } else {
            weightView.setX(x2 - Math.abs(x2 - x1) / 2);
        }
        weightView.setY((y1 + y2) / 2 - 5);
    }

    public void renewNames() {
```

```
        if (isTwoDirectional()) {
            weightView.setText(second.getName() + "->" + first.getName()
+ ":" + Double.toString(weightFromSecondToFirst) +
                    "\n" + first.getName() + "->" + second.getName() +
":" + Double.toString(weightFromFirstToSecond));
        } else if (directionFromFirstToSecond) {
            weightView.setText(first.getName() + "->" + second.getName()
+ ":" + Double.toString(weightFromFirstToSecond));
        } else {
            weightView.setText(second.getName() + "->" + first.getName()
+ ":" + Double.toString(weightFromSecondToFirst));
        }
    }
}
```

Название файла: *AStar.java*

```
package application.app;

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

Название файла: *Graph.java*

```
package application.app;

import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;

public class Graph {
    private ArrayList<Vertex> vertexes;

    private HashMap<Character, Boolean> availableNames;

    public ArrayList<Vertex> getVertexes() {
        return vertexes;
    }
```

```
public Graph(){
    vertexes = new ArrayList<Vertex>();
    availableNames = new HashMap<Character, Boolean>();
    for(char letter = 'a'; letter <= 'z'; letter++){
        availableNames.put(letter, true);
    }
}

public Character getAvailableName() {
    for(char letter = 'a'; letter <= 'z'; letter++){
        if (availableNames.get(letter).equals(true)) {
            return letter;
        }
    }
    return '*';
}

public void deleteAvailableName(char name){
    availableNames.put(name, false);
}

public void addAvailableName(char name){
    availableNames.put(name, true);
}

public void addVertex(char vertex, double x, double y){
    vertexes.add(new Vertex(vertex, x, y));
    availableNames.put(vertex, false);
}

public void addVertex(Vertex vertex){
    vertexes.add(vertex);
    availableNames.put(vertex.getName(), false);
}

public void addEdge(Vertex first, Vertex second, double weight){
    first.addNeighbour(second, weight);
```

```
}

public void deleteVertex(char vertex){
    for(Vertex v : vertexes){
        if (v.getName() == vertex){
            for(Vertex subV : vertexes){
                subV.getNeighbours().remove(v);
            }
            availableNames.put(vertex, true);
            vertexes.remove(v);
            return;
        }
    }
}

public void deleteVertex(Vertex vertex){
    for(Vertex subV : vertexes){
        subV.getNeighbours().remove(vertex);
    }
    availableNames.put(vertex.getName(), true);
    vertexes.remove(vertex);
}

public void deleteEdge(char first, char second){
    Vertex firstVertex = null, secondVertex = null;
    for(Vertex v : vertexes){
        if (v.getName() == first){
            firstVertex = v;
        }
        if (v.getName() == second){
            secondVertex = v;
        }
    }
    if (firstVertex != null && secondVertex != null){
        firstVertex.deleteNeighbour(secondVertex);
    }
}
```

```
    public void deleteEdge(Vertex first, Vertex second){
        if (first != null && second != null){
            first.deleteNeighbour(second);
        }
    }

    public Vertex findVertex(char name) {
        for (Vertex v : vertexes) {
            if (v.getName() == name) {
                return v;
            }
        }
        return null;
    }

    public boolean isNameAvailable(char name){
        return availableNames.get(name);
    }

    public boolean isEdgeAlreadyExists(Vertex first, Vertex second){
        return first.getNeighbours().containsKey(second);
    }

    public void clearGraph(){
        vertexes.clear();
    }
}
```

Название файла: *GraphController.java*

```
package application.app;

import javafx.event.EventHandler;
import javafx.scene.input.MouseButton;
import javafx.scene.input.MouseEvent;
import javafx.scene.layout.Pane;
import javafx.scene.paint.Paint;
import javafx.scene.text.Text;
```

```
// files
import java.io.BufferedReader;
import java.io.IOException;
import java.nio.charset.StandardCharsets;
import java.nio.file.Files;
import java.nio.file.Path;
import java.nio.file.Paths;

import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;

public class GraphController { //для считывания графа
    private ArrayList<VertexDrawable> vertexesDrawable;
    private Graph graph;
    private ArrayList<EdgeDrawable> edgesDrawable;
    private AStar aStar;

    private Vertex chosen1, chosen2;

    public GraphController(){
        vertexesDrawable = new ArrayList<VertexDrawable>();
        graph = new Graph();
        edgesDrawable = new ArrayList<EdgeDrawable>();
        eventFlag = true;
    }

    public ArrayList<VertexDrawable> getVertexesDrawable(){
        return vertexesDrawable;
    }

    public Graph getGraph(){
        return graph;
    }

    private VertexDrawable findVertex(Vertex vertex) {
        for(VertexDrawable v: vertexesDrawable) {
```

```
            if (v.getVertex() == vertex) {
                return v;
            }
        }
        return null;
    }

    private EdgeDrawable findEdge(Vertex vertex) {
        for(EdgeDrawable e: edgesDrawable) {
            if(e.cmpFirst(vertex) || e.cmpSecond(vertex)){
                return e;
            }
        }
        return null;
    }

    private EdgeDrawable findEdge(Vertex start, Vertex finish) {
        for(EdgeDrawable e: edgesDrawable){
            if(e.cmpBoth(start, finish)){
                return e;
            }
        }
        return null;
    }

    public void normalGraphColor() {
        for (VertexDrawable v : vertexesDrawable){
            v.getView().setFill(Paint.valueOf("#d5b8e6"));
        }
        for (EdgeDrawable e : edgesDrawable) {
            e.getView().setStroke(Paint.valueOf("#806b8d"));
        }
    }

    public void runningAlgorithmAStar(Vertex first, Vertex second) {
        normalGraphColor();
        ArrayList<Vertex> solution;
```

```
        aStar = new AStar();
        if (chosen1 != null && chosen2 != null) {
            solution = aStar.a_star_public(chosen1, chosen2);
            VertexDrawable vertex1 = findVertex(chosen1);
            VertexDrawable vertex2 = findVertex(chosen2);
            if(vertex1 != null){
                vertex1.getView().setEffect(null);
            }
            if (vertex2 != null) {
                vertex2.getView().setEffect(null);
            }
            chosen1 = null;
            chosen2 = null;
        } else {
            return;
        }
        for (int i = 0; i < solution.size() - 1; i++) {
            VertexDrawable cur = findVertex(solution.get(i));
            VertexDrawable next = findVertex(solution.get(i + 1));
            if (cur != null && next != null) {
                cur.getView().setFill(Paint.valueOf("#0cda73"));
                next.getView().setFill(Paint.valueOf("#0cda73"));
            }
            EdgeDrawable edge = findEdge(solution.get(i), solution.get(i
+ 1));
            if (edge != null){
                edge.getView().setStroke(Paint.valueOf("#0a9a50"));
            }
        }
    }

    private int stepNumber;

    private boolean eventFlag;

    private ArrayList<Text> heuristics;
```

```
    public void startStepByStep() {
        eventFlag = false;
        aStar = new AStar();
        if (chosen1 != null && chosen2 != null) {
            aStar.a_star_public(chosen1, chosen2);
            chosen1 = null;
            chosen2 = null;
            stepNumber = 0;
            ArrayList<Vertex> result = aStar.getPaths().get(stepNumber);
            HashMap<Vertex, Double> fResults =
aStar.getF_steps().get(stepNumber);
            VertexDrawable cur = findVertex(result.get(0));

            normalGraphColor();

            if (cur != null) {
                heuristics = new ArrayList<>();
                heuristics.add(new
Text(cur.getVertex().getCoordinates().getX(),
                        cur.getVertex().getCoordinates().getY() - 30,
                        "f:" + Math.round(fResults.get(result.get(0)))));

                cur.getView().setFill(Paint.valueOf("#0cda73"));
            }
        }
    }

    public void drawGraphAndLabels(Pane pane) {
        drawGraph(pane);
        if (heuristics != null) {
            for (Text text: heuristics) {
                pane.getChildren().add(text);
            }
        }
    }

    public void toEndStepByStep() {
```

```
        int stepSize = aStar.getPaths().size() - 1 - stepNumber;
        doStep(stepSize);
    }

    public void allowEvents() {
        eventFlag = true;
    }

    public void endSBS() {
        heuristics = null;
    }

    public void doStep(int step) {
        if (stepNumber == 0 && step <= -1 || stepNumber ==
aStar.getPaths().size() - 1 && step >= 1) {
            return;
        } else {
            stepNumber += step;
        }

        if (stepNumber >= 0 && stepNumber < aStar.getPaths().size()) {
            ArrayList<Vertex> result = aStar.getPaths().get(stepNumber);
            HashMap<Vertex, Double> fResults =
aStar.getF_steps().get(stepNumber);
            heuristics = new ArrayList<>();

            normalGraphColor();

            if (stepNumber == 0) {
                VertexDrawable cur = findVertex(result.get(0));
                if (cur != null) {
                    cur.getView().setFill(Paint.valueOf("#0cda73"));
                    heuristics.add(new
Text(cur.getVertex().getCoordinates().getX(),
                            cur.getVertex().getCoordinates().getY() - 30,
                            "f:" +
Math.round(fResults.get(result.get(0)))));
```

```
                }
                return;
            }

            for (int i = 0; i < result.size() - 1; i++) {
                VertexDrawable cur = findVertex(result.get(i));
                VertexDrawable next = findVertex(result.get(i + 1));

                if (cur != null && next != null) {
                    cur.getView().setFill(Paint.valueOf("#0cda73"));
                    next.getView().setFill(Paint.valueOf("#0cda73"));
                    heuristics.add(new
Text(cur.getVertex().getCoordinates().getX(),
                            cur.getVertex().getCoordinates().getY() - 30,
                            "f:" +
Math.round(fResults.get(result.get(i)))));
                    if (i == result.size() - 2) {
                        heuristics.add(new
Text(next.getVertex().getCoordinates().getX(),
                                next.getVertex().getCoordinates().getY()
- 30,
                                "f:" +
Math.round(fResults.get(result.get(i + 1)))));
                    }
                }
                EdgeDrawable edge = findEdge(result.get(i), result.get(i
+ 1));
                if (edge != null){
                    edge.getView().setStroke(Paint.valueOf("#0a9a50"));
                }
            }
        }
    }

    public boolean isFinalInStepByStep() {
        return (stepNumber == aStar.getPaths().size() - 1);
    }
```

```
    public String getPath(){
        if(aStar != null){
            return aStar.getPath();
        }
        return null;
    }

    public double getWeight(){
        if(aStar != null){
            return aStar.getWeight();
        }
        return -1;
    }

    public static Graph readGraphForTests(String string){
        Graph graphTest = new Graph();
        String[] tokens = string.split("[\n ]");
        int numberOfVertexes = Integer.parseInt(tokens[0]);
        for (int i = 1; i < numberOfVertexes * 3; i += 3){
            Vertex vertex = new Vertex(tokens[i].charAt(0),
Double.parseDouble(tokens[i + 1]), Double.parseDouble(tokens[i + 2]));
            graphTest.addVertex(vertex);
        }
        for (int i = numberOfVertexes * 3 + 1; i < tokens.length; i+= 3){
            char start, finish;
            double weight;
            start = tokens[i].charAt(0);
            finish = tokens[i + 1].charAt(0);
            weight = Double.parseDouble(tokens[i + 2]);
            Vertex sVertex, fVertex;
            sVertex = graphTest.findVertex(start);
            fVertex = graphTest.findVertex(finish);
            graphTest.addEdge(sVertex, fVertex, weight);
        }
        return graphTest;
    }
```

```
    //в readGraphFromWindow, readGraphFromFile добавить исключения, если
вводимые данные пустые, плюс для
    // файлов исключение на то, что файл не существует
    public void readGraph(String string) throws NumberFormatException,
DataFormatException, ArrayIndexOutOfBoundsException{
        if (string.isEmpty()) CheckRules.inputIsEmpty();
        vertexesDrawable = new ArrayList<VertexDrawable>();
        edgesDrawable = new ArrayList<EdgeDrawable>();
        if (graph != null) {
            graph.clearGraph();
        } else {
            graph = new Graph();
        }
        String[] tokens = string.split("[\\r\\n ]+");
        int numberOfVertexes = Integer.parseInt(tokens[0]);
        CheckRules.checkNumberOfVertexes(numberOfVertexes);
        for (int i = 1; i < numberOfVertexes * 3; i += 3){
            CheckRules.checkVertexName(tokens[i]);
            CheckRules.checkIfVertexNameIsAvailable(graph, tokens[i]);
            CheckRules.checkCoordinates(tokens[i + 1], tokens[i + 2]);
            Vertex vertex = new Vertex(tokens[i].charAt(0),
Double.parseDouble(tokens[i + 1]), Double.parseDouble(tokens[i + 2]));
            graph.addVertex(vertex);
            vertexesDrawable.add(new VertexDrawable(vertex));
        }
        for (int i = numberOfVertexes * 3 + 1; i < tokens.length; i+= 3){
            CheckRules.checkEdge(graph, tokens[i], tokens[i + 1],
tokens[i + 2]);
            char start = tokens[i].charAt(0);
            char finish = tokens[i + 1].charAt(0);
            double weight = Double.parseDouble(tokens[i + 2]);
            Vertex startVertex = graph.findVertex(start);
            Vertex finishVertex = graph.findVertex(finish);
            CheckRules.isEdgeAlreadyExists(graph, startVertex,
finishVertex, weight);
            graph.addEdge(startVertex, finishVertex, weight);
            boolean flag = false;
```

```
            for (EdgeDrawable e: edgesDrawable) {
                if (e.isReverse(startVertex, finishVertex)) {
                    e.setReversedDirection(weight);
                    flag = true;
                }
            }
            if (!flag) {
                edgesDrawable.add(new EdgeDrawable(startVertex,
finishVertex, weight));
            }
        }
        setEventHandlers();
    }

    public void readGraphFromFile(String fileName) throws IOException,
DataFormatException, ArrayIndexOutOfBoundsException {
        try {
            String data = new
String(Files.readAllBytes(Paths.get(fileName)));
            readGraph(data);
        } catch (IOException e){
            throw new DataFormatException("Error occurred in reading this
file");
        }

    }

    protected void setEventHandlers() {
        // добавлены функции реакции круга на перетаскивание мышью,
меняются координаты вершины в окне,
        // а также меняются координаты круга
        for(VertexDrawable v: vertexesDrawable){
            final Double[] x = new Double[1];
            final Double[] y = new Double[1];
            v.getView().setOnMousePressed(new EventHandler<MouseEvent>()
{
                @Override
```

```
                public void handle(MouseEvent mouseEvent) {
                    if (eventFlag) {
                        x[0] = v.getView().getLayoutX() -
mouseEvent.getSceneX();
                        y[0] = v.getView().getLayoutY() -
mouseEvent.getSceneY();
                    }
                }
            });
            v.getView().setOnMouseDragged(new EventHandler<MouseEvent>()
{
                @Override
                public void handle(MouseEvent mouseEvent) {
                    if (eventFlag) {
                        double newX, newY;
                        newX = mouseEvent.getSceneX() + x[0];
                        newY = mouseEvent.getSceneY() + y[0];
                        if (newX <= 600 && newY <= 530 && newX >= 0 &&
newY >= 0){
                            v.getVertex().setCoordinates(newX, newY);
                        }
                        v.moveCircle();
                        for(EdgeDrawable e: edgesDrawable) {
                            e.moveLine();
                        }
                    }
                }
            });
            v.getView().setOnMouseClicked(new EventHandler<MouseEvent>()
{
                @Override
                public void handle(MouseEvent mouseEvent) {
                    if (eventFlag) {
                        if(mouseEvent.getButton() == MouseButton.PRIMARY
&& mouseEvent.getClickCount() == 2){
                            if (chosen1 == v.getVertex()) {
```

```
                                VertexDrawable vertex1 =
findVertex(chosen1);
                                if(vertex1 != null){

vertex1.getView().setFill(Paint.valueOf("#d5b8e6"));
                                }
                                chosen1 = null;
                                return;
                            } else if (chosen2 == v.getVertex()) {
                                VertexDrawable vertex2 =
findVertex(chosen2);
                                if(vertex2 != null){

vertex2.getView().setFill(Paint.valueOf("#d5b8e6"));
                                }
                                chosen2 = null;
                                return;
                            }
                            if(chosen1 == null) {
                                chosen1 = v.getVertex();

v.getView().setFill(Paint.valueOf("#5e64d7"));
                            } else if (chosen2 == null) {

v.getView().setFill(Paint.valueOf("#a34acd"));
                                chosen2 = v.getVertex();
                            } else {
                                VertexDrawable vertex1 =
findVertex(chosen1);
                                VertexDrawable vertex2 =
findVertex(chosen2);
                                if(vertex1 != null){

vertex1.getView().setFill(Paint.valueOf("#d5b8e6"));
                                }
                                if (vertex2 != null) {
```

```
vertex2.getView().setFill(Paint.valueOf("#d5b8e6"));
                                    }
                                    chosen1 = v.getVertex();

v.getView().setFill(Paint.valueOf("#5e64d7"));
                                    chosen2 = null;
                                }
                            }
                        }
                    });
            }
        }

    public void drawGraph(Pane pane){
        pane.getChildren().clear();
        for (VertexDrawable vertex: vertexesDrawable){
            pane.getChildren().add(vertex.getView());
            pane.getChildren().add(vertex.getName());
        }
        for (EdgeDrawable edge: edgesDrawable){
            pane.getChildren().add(edge.getView());
            pane.getChildren().add(edge.getName());
        }
    }

    public void drawVertex(Pane pane, Vertex vertex){
        graph.addVertex(vertex);
        VertexDrawable drawableVertex = new VertexDrawable(vertex);
        vertexesDrawable.add(drawableVertex);
        drawGraph(pane);
        setEventHandlers();
    }

    public void addEdge(double weight) throws DataFormatException {
        if (chosen1 != null && chosen2 != null) {
```

```
            if (graph.isEdgeAlreadyExists(chosen1, chosen2)){
                throw new DataFormatException("Edge already exists");
            }
            graph.addEdge(chosen1, chosen2, weight);
            EdgeDrawable edgeDrawable = findEdge(chosen1, chosen2);
            if (edgeDrawable != null && edgeDrawable.isOnlyOneWay()) {
                edgeDrawable.setReversedDirection(chosen1, chosen2,
weight);
            } else if (edgeDrawable == null) {
                edgesDrawable.add(new EdgeDrawable(chosen1, chosen2,
weight));
            }
        }
    }

    public void deleteEdge() {
        if (chosen1 != null && chosen2 != null) {
            EdgeDrawable edgeDrawable = findEdge(chosen1, chosen2);
            if (edgeDrawable != null && edgeDrawable.isOnlyOneWay()) {
                chosen1.deleteNeighbour(chosen2);
                if (edgeDrawable.isFromFirstToSecond(chosen1, chosen2)) {
                    edgesDrawable.remove(edgeDrawable);
                } else if (edgeDrawable.isFromSecondToFirst(chosen1,
chosen2)) {
                    edgesDrawable.remove(edgeDrawable);
                }
            } else if (edgeDrawable != null &&
edgeDrawable.isTwoDirectional()) {
                edgeDrawable.deleteOneWay(chosen1, chosen2);
                chosen1.deleteNeighbour(chosen2);
            }
        }
    }

    public void deleteVertex(VertexDrawable vertexDrawable) {
        Vertex vertex = vertexDrawable.getVertex();
        for (Vertex v : graph.getVertexes()) {
```

```
            EdgeDrawable edgeDrawable = findEdge(vertex, v);
            if(edgeDrawable != null) {
                edgesDrawable.remove(edgeDrawable);
                vertex.deleteNeighbour(v);
            }
        }
        vertexesDrawable.remove(vertexDrawable);
        graph.deleteVertex(vertex);
    }

    public void renewEdgesNames() {
        for (EdgeDrawable e : edgesDrawable) {
            e.renewNames();
        }
    }
}
```

Название файла: *Main.java*

```
package application.app;

import javafx.application.Application;
import javafx.fxml.FXMLLoader;
import javafx.scene.Parent;
import javafx.scene.Scene;
import javafx.stage.Stage;

import java.net.URL;

public class Main extends Application {

    @Override
    public void start(Stage primaryStage) throws Exception {
        Tests.RunTests();
        URL cl;
        Parent root;
        if ((cl = getClass().getResource("Start window.fxml")) != null){
            root = FXMLLoader.load(cl);
        } else {
```

```
            return;
        }
        primaryStage.setTitle("A* algorithm");
        primaryStage.setScene(new Scene(root, 800, 550));
        primaryStage.show();
    }

    public static void main(String[] args) {
        launch();
    }
}
```

Название файла: *Start.java*

```
package application.app;

public class Start {
    public static void main(String[] args) {
        Main.main(args);
    }
}
```

Название файла: *Tests.java*

```
package application.app;

import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;

public class Tests {
    public static final double DOUBLE_CONST= 0.0000000001;
    public static final int SLEEP_CONST= 500;
    public static void RunTests() throws InterruptedException {
        System.out.println(FirstTestH());
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(SecondTestH());
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(ThirdTestH());
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        AStar atest = new AStar();
        System.out.println(FirstTestAStar(atest));
```

```
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(FirstTestPath(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(FirstTestWeight(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        atest = new AStar();
        System.out.println(SecondTestAStar(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(SecondTestPath(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(SecondTestWeight(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        atest = new AStar();
        System.out.println(ThirdTestAStar(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(ThirdTestPath(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(ThirdTestWeight(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        atest = new AStar();
        System.out.println(FourthTestAStar(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(FourthTestPath(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(FourthTestWeight(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        atest = new AStar();
        System.out.println(FifthTestAStar(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(FifthTestPath(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
        System.out.println(FifthTestWeight(atest));
        Thread.sleep(SLEEP_CONST);
    }

    private static String FirstTestH() {
        if (AStar.h(new Vertex('a', 0, 0), new Vertex('b', 0, 0)) == 0.0)
```

```
            return "First test: heuristic." + "\tAnswer is correst. Test:
OK";
        else return "First test: heuristic." + "\tAnswer is incorrest.
Test failed";
    }

    private static String SecondTestH() {
        if (Math.abs(AStar.h(new Vertex('a', 100.234, 2), new Vertex('b',
189.2, 0)) - 88.98847765862723) < DOUBLE_CONST)
            return "Second test: heuristic." + "\tAnswer is correst.
Test: OK";
        else return "Second test: heuristic." + "\tAnswer is incorrest.
Test failed";
    }

    private static String ThirdTestH() {
        if (Math.abs(AStar.h(new Vertex('a', 100, 300), (new Vertex('b',
100 + Math.sqrt(600), 305))) - 25) < DOUBLE_CONST)
            return "Third test: heuristic." + "\tAnswer is correst. Test:
OK";
        else return "Third test: heuristic." + "\tAnswer is incorrest.
Test failed";
    }


    private static String FirstTestAStar(AStar n) {
        Graph graph = GraphController.readGraphForTests("2\na 0 0\nb 0
0\na b 0");
        ArrayList<Vertex> test = n.a_star_public(graph.findVertex('a'),
graph.findVertex('b'));
        ArrayList<Vertex> array = new ArrayList<>();
        array.add(graph.findVertex('a'));
        array.add(graph.findVertex('b'));
        if (test.equals(array)) return "First test: AStar." + "\tAnswer
is correst. Test: OK";
        else return "First test: AStar." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
```

```
    }

    private static String FirstTestPath(AStar n) {
        if (n.getPath().equals("ab")) return "First test: Path." +
"\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "First test: Path." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }

    private static String FirstTestWeight(AStar n) {
        if (Math.abs(n.getWeight() - 0) < DOUBLE_CONST) return "First
test: Weight." + "\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "First test: Weight." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String SecondTestAStar(AStar n) {
        Graph graph = GraphController.readGraphForTests("5\na 100.234
2\nb 189.2 0\nc 200 300\n" +
                "d 100 300\ne 500 500\na b 3\nb c 1\nc d 1\na d 5\nd e
1");
        ArrayList<Vertex> test = n.a_star_public(graph.findVertex('a'),
graph.findVertex('e'));
        ArrayList<Vertex> array = new ArrayList<>();
        array.add(graph.findVertex('a'));
        array.add(graph.findVertex('d'));
        array.add(graph.findVertex('e'));
        if (test.equals(array)) return "Second test: AStar." + "\tAnswer
is correst. Test: OK";
        else return "Second test: AStar." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String SecondTestPath(AStar n) {
        if (n.getPath().equals("ade")) return "Second test: Path." +
"\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Second test: Path." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
```

```
    private static String SecondTestWeight(AStar n) {
        if (Math.abs(n.getWeight() - 6) < DOUBLE_CONST) return "Second
test: Weight." + "\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Second test: Weight." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String ThirdTestAStar(AStar n) {
        Graph graph = GraphController.readGraphForTests("8\na 100 300\nb
400 500\nc 350 250\n" +
                "d 80 90\ne 330 220\nx 105 375\ny 296 100\nz 500 150\na b
3\na c 5\na d 7\na e 1\nx z 1\ny z 4");
        ArrayList<Vertex> test = n.a_star_public(graph.findVertex('a'),
graph.findVertex('d'));
        ArrayList<Vertex> array = new ArrayList<>();
        array.add(graph.findVertex('a'));
        array.add(graph.findVertex('d'));
        if (test.equals(array)) return "Third test: AStar." + "\tAnswer
is correst. Test: OK";
        else return "Third test: AStar." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String ThirdTestPath(AStar n) {
        if (n.getPath().equals("ad")) return "Third test: Path." +
"\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Third test: Path." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String ThirdTestWeight(AStar n) {
        if (Math.abs(n.getWeight() - 7) < DOUBLE_CONST) return "Third
test: Weight." + "\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Third test: Weight." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String FourthTestAStar(AStar n) {
        Graph graph = GraphController.readGraphForTests("6\na 1 1\nb 1
2\nc 2 3\n" +
```

```
                "d 3 4\ne 4 5\nf 5 6\na b 1\nb c 2\nc d 3\nd e 4\ne f
5\na f 34");
        ArrayList<Vertex> test = n.a_star_public(graph.findVertex('a'),
graph.findVertex('f'));
        ArrayList<Vertex> array = new ArrayList<>();
        array.add(graph.findVertex('a'));
        array.add(graph.findVertex('b'));
        array.add(graph.findVertex('c'));
        array.add(graph.findVertex('d'));
        array.add(graph.findVertex('e'));
        array.add(graph.findVertex('f'));
        if (test.equals(array)) return "Fourth test: AStar." + "\tAnswer
is correst. Test: OK";
        else return "Fourth test: AStar." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String FourthTestPath(AStar n) {
        if (n.getPath().equals("abcdef")) return "Fourth test: Path." +
"\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Fourth test: Path." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String FourthTestWeight(AStar n) {
        if (Math.abs(n.getWeight() - 15) < DOUBLE_CONST) return "Fourth
test: Weight." + "\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Fourth test: Weight." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String FifthTestAStar(AStar n) {
        Graph graph = GraphController.readGraphForTests("4\na 300 300\nb
200 200\nd 400 200\ne 300 100" +
                "\na b 4\na d 5\nb e 1\nd e 0.5");
        ArrayList<Vertex> test = n.a_star_public(graph.findVertex('a'),
graph.findVertex('e'));
        ArrayList<Vertex> array = new ArrayList<>();
        array.add(graph.findVertex('a'));
        array.add(graph.findVertex('b'));
```

```
        array.add(graph.findVertex('e'));
        if (test.equals(array)) return "Fifth test: AStar." + "\tAnswer
is correst. Test: OK";
        else return "Fifth test: AStar." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String FifthTestPath(AStar n) {
        if (n.getPath().equals("abe")) return "Fifth test: Path." +
"\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Fifth test: Path." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
    private static String FifthTestWeight(AStar n) {
        if (Math.abs(n.getWeight() - 5) < DOUBLE_CONST) return "Fifth
test: Weight." + "\tAnswer is correst. Test: OK";
        else return "Fifth test: Weight." + "\tAnswer is incorrest. Test
failed";
    }
}
```

Название файла: *Vertex.java*

```
package application.app;

import java.util.HashMap;

public class Vertex {
    private char name;

    private Coordinates<Double> coordinates;

    private HashMap<Vertex, Double> neighbours;

    public Vertex(char name, double x, double y) {
        this.name = name;
        coordinates = new Coordinates<>(x, y);
        neighbours = new HashMap<Vertex, Double>();
    }
```

```
    public void addNeighbour(Vertex vertex, double distance){
        neighbours.put(vertex, distance);
    }

    public void deleteNeighbour(Vertex vertex){
        neighbours.remove(vertex);
    }

    public char getName(){
        return name;
    }

    public void setName(char name){
        this.name = name;
    }

    public HashMap<Vertex, Double> getNeighbours(){
        return neighbours;
    }

    public Coordinates<Double> getCoordinates(){
        return coordinates;
    }

    public void setCoordinates(Double x, Double y) {
        this.coordinates.setX(x);
        this.coordinates.setY(y);
    }
}
```

Название файла: *VertexDrawable.java*

```
package application.app;

import javafx.event.EventHandler;
import javafx.scene.Cursor;
import javafx.scene.input.MouseEvent;
import javafx.scene.paint.Paint;
import javafx.scene.shape.Circle;
```

```
//import project.application.model.*;
import javafx.scene.text.Text;

import java.util.Arrays;
import java.util.HashMap;

public class VertexDrawable {
    private char name;
    private Circle vertexCircle;
    private Text nameCircle;
    private Vertex vertex;
    private Coordinates coordinates;
    private final static double radiusOfVertexCircle = 18.0;

    public VertexDrawable(Vertex vertex){
        this.vertex = vertex;
        name = vertex.getName();
        coordinates = vertex.getCoordinates();
        vertexCircle = new Circle();
        vertexCircle.setLayoutX((Double) coordinates.getX());
        vertexCircle.setLayoutY((Double) coordinates.getY());
        vertexCircle.setRadius(radiusOfVertexCircle);
        vertexCircle.setFill(Paint.valueOf("#d5b8e6"));
        nameCircle = new Text(String.valueOf(name));
        nameCircle.setX((Double) coordinates.getX());
        nameCircle.setY((Double) coordinates.getY());
        vertexCircle.setOnMouseEntered(new EventHandler<MouseEvent>() {
            @Override
            public void handle(MouseEvent mouseEvent) {
                vertexCircle.setCursor(Cursor.HAND);
            }
        });
    }

    public Circle getView(){
        return vertexCircle;
    }
```

```
    public Text getName(){
        return nameCircle;
    }

    public void setName(String name){
        nameCircle.setText(name);
        vertex.setName(name.charAt(0));
    }

    public Vertex getVertex() {
        return vertex;
    }

    public void moveCircle() {
        coordinates = vertex.getCoordinates();
        vertexCircle.setLayoutX((Double) coordinates.getX());
        vertexCircle.setLayoutY((Double) coordinates.getY());
        nameCircle.setX((Double) coordinates.getX());
        nameCircle.setY((Double) coordinates.getY());
    }
}
```

Название файла: *Graph window.fxml*

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<?import javafx.scene.Cursor?>
<?import javafx.scene.control.Button?>
<?import javafx.scene.control.ContextMenu?>
<?import javafx.scene.control.MenuItem?>
<?import javafx.scene.control.Tab?>
<?import javafx.scene.control.TabPane?>
<?import javafx.scene.control.TextArea?>
<?import javafx.scene.layout.AnchorPane?>
<?import javafx.scene.layout.Pane?>
<?import javafx.scene.shape.Line?>
<?import javafx.scene.text.Font?>
<?import javafx.scene.text.Text?>
```

```
<AnchorPane prefHeight="550.0" prefWidth="800.0"
xmlns="http://javafx.com/javafx/18" xmlns:fx="http://javafx.com/fxml/1"
fx:controller="application.app.Controller">
    <children>
        <Pane fx:id="pane" layoutX="176.0" layoutY="-2.0"
onMouseClicked="#mouseClick" onMouseMoved="#mouseMoved"
prefHeight="552.0" prefWidth="622.0" style="-fx-background-color:
#ebebeb;" />
        <TabPane layoutY="-1.0" prefHeight="550.0" prefWidth="175.0"
style="-fx-background-color: #E6E6FA;" stylesheets="@style.css"
tabClosingPolicy="UNAVAILABLE">
            <tabs>
                <Tab style="-fx-background-color: white;" text="Input">
                    <content>
                        <AnchorPane minHeight="0.0" minWidth="0.0"
prefHeight="522.0" prefWidth="168.0" style="-fx-background-color: white;
-fx-border-color: white;">
                            <children>
                                <TextArea fx:id="window" layoutX="2.0"
layoutY="40.0" prefHeight="148.0" prefWidth="169.0" promptText="Enter the
graph here" style="-fx-border-color: #d5b8e6;">
                                    <contextMenu>
                                        <ContextMenu>
                                            <items>
                                                <MenuItem
mnemonicParsing="false" text="Unspecified Action" />
                                            </items>
                                        </ContextMenu>
                                    </contextMenu>
                                </TextArea>
                                <Text fill="#55147e" layoutX="4.0"
layoutY="36.0" strokeType="OUTSIDE" strokeWidth="0.0">
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
```

```
                                </Text>
                                <Button fx:id="btnReadFromFile"
layoutX="4.0" layoutY="220.0" mnemonicParsing="false"
onAction="#readFromFile" onMouseExited="#mouseMenuRelease"
onMouseMoved="#mouseMenuMove" onMousePressed="#mouseMenuPressed"
onMouseReleased="#mouseMenuRelease" prefHeight="32.0" prefWidth="168.0"
style="-fx-border-radius: 2; -fx-border-color: white; -fx-background-
color: white;" text="Read from file" textFill="#55147e">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </Button>
                                <Button fx:id="btnSBS" layoutX="4.0"
layoutY="284.0" mnemonicParsing="false" onAction="#stepByStepSolution"
onMouseExited="#mouseMenuRelease" onMouseMoved="#mouseMenuMove"
onMousePressed="#mouseMenuPressed" onMouseReleased="#mouseMenuRelease"
prefHeight="32.0" prefWidth="168.0" style="-fx-border-radius: 2; -fx-
border-color: white; -fx-background-color: white;" text="Step-by-step
solution" textFill="#55147e">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </Button>
                                <Button fx:id="btnA" layoutX="2.0"
layoutY="188.0" mnemonicParsing="false" onAction="#runAStar"
onMouseExited="#mouseMenuRelease" onMouseMoved="#mouseMenuMove"
onMousePressed="#mouseMenuPressed" onMouseReleased="#mouseMenuRelease"
prefHeight="32.0" prefWidth="168.0" style="-fx-border-radius: 2; -fx-
```

```
border-color: white; -fx-background-color: white;" text="Start A*"
textFill="#55147e">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </Button>
                                <Button fx:id="btnReadFromWindow"
layoutX="4.0" layoutY="252.0" mnemonicParsing="false"
onAction="#readFromWindow" onMouseExited="#mouseMenuRelease"
onMouseMoved="#mouseMenuMove" onMousePressed="#mouseMenuPressed"
onMouseReleased="#mouseMenuRelease" prefHeight="32.0" prefWidth="168.0"
style="-fx-border-radius: 2; -fx-border-color: white; -fx-background-
color: white;" text="Read from window" textFill="#55147e">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </Button>
                                <Button fx:id="btnStepBack"
layoutX="14.0" layoutY="476.0" mnemonicParsing="false"
onAction="#stepBack" onMouseExited="#mouseMenuRelease"
onMouseMoved="#mouseMenuMove" onMousePressed="#mouseMenuPressed"
onMouseReleased="#mouseMenuRelease" prefHeight="32.0" prefWidth="29.0"
style="-fx-border-radius: 2; -fx-border-color: white; -fx-background-
color: white;" text="&lt;" textFill="#55147e" visible="false">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
```

```
                                    <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                </font>
                            </Button>
                            <Button fx:id="btnStepForward"
layoutX="56.0" layoutY="476.0" mnemonicParsing="false"
onAction="#stepForward" onMouseExited="#mouseMenuRelease"
onMouseMoved="#mouseMenuMove" onMousePressed="#mouseMenuPressed"
onMouseReleased="#mouseMenuRelease" prefHeight="32.0" prefWidth="29.0"
style="-fx-border-radius: 2; -fx-border-color: white; -fx-background-
color: white;" text="&gt;" textFill="#55147e" visible="false">
                                <cursor>
                                    <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                </cursor>
                                <font>
                                    <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                </font>
                            </Button>
                            <Button fx:id="btnToEnd" layoutX="94.0"
layoutY="476.0" mnemonicParsing="false" onAction="#toEnd"
onMouseExited="#mouseMenuRelease" onMouseMoved="#mouseMenuMove"
onMousePressed="#mouseMenuPressed" onMouseReleased="#mouseMenuRelease"
prefHeight="18.0" prefWidth="69.0" style="-fx-border-radius: 2; -fx-
border-color: white; -fx-background-color: white;" text="to end"
textFill="#55147e" visible="false">
                                <cursor>
                                    <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                </cursor>
                                <font>
                                    <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                </font>
                            </Button>
                            <Button fx:id="endStepByStepButton"
layoutX="8.0" layoutY="435.0" mnemonicParsing="false"
onAction="#endStepByStep" onMouseExited="#mouseMenuRelease"
```

```
onMouseMoved="#mouseMenuMove" onMousePressed="#mouseMenuPressed"
onMouseReleased="#mouseMenuRelease" prefHeight="32.0" prefWidth="163.0"
style="-fx-border-radius: 2; -fx-border-color: white; -fx-background-
color: white;" text="End Step-by-step A*" textFill="#55147e"
visible="false">
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font></Button>
                                <TextArea fx:id="resultWindow"
editable="false" layoutX="3.0" layoutY="328.0" prefHeight="84.0"
prefWidth="169.0" promptText="Result" style="-fx-border-color: #d5b8e6;"
/>
                            </children>
                        </AnchorPane>
                    </content>
                </Tab>
                <Tab style="-fx-background-color: white;" text="Tools">
                    <content>
                        <AnchorPane minHeight="0.0" minWidth="0.0"
prefHeight="490.0" prefWidth="154.0" style="-fx-background-color:
white;">
                            <children>
                                <Button fx:id="btnAddEdge" layoutX="4.0"
layoutY="44.0" mnemonicParsing="false" onAction="#addEdgeClicked"
onMouseExited="#mouseMenuRelease" onMouseMoved="#mouseMenuMove"
onMousePressed="#mouseMenuPressed" onMouseReleased="#mouseMenuRelease"
prefHeight="32.0" prefWidth="168.0" style="-fx-border-radius: 2; -fx-
background-color: white;" text="Add edge" textFill="#55147e">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </Button>
```

```
                                <Button fx:id="btnDeleteEdge"
layoutX="4.0" layoutY="76.0" mnemonicParsing="false"
onAction="#deleteEdgeClicked" onMouseExited="#mouseMenuRelease"
onMouseMoved="#mouseMenuMove" onMousePressed="#mouseMenuPressed"
onMouseReleased="#mouseMenuRelease" prefHeight="32.0" prefWidth="168.0"
style="-fx-border-radius: 2; -fx-background-color: white;" text="Delete
edge" textFill="#55147e">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </Button>
                                <Button fx:id="btnClear" layoutX="4.0"
layoutY="108.0" mnemonicParsing="false" onAction="#clearGraph"
onMouseExited="#mouseMenuRelease" onMouseMoved="#mouseMenuMove"
onMousePressed="#mouseMenuPressed" onMouseReleased="#mouseMenuRelease"
prefHeight="32.0" prefWidth="168.0" style="-fx-border-radius: 2; -fx-
background-color: white;" text="Clear" textFill="#55147e">
                                    <cursor>
                                        <Cursor fx:constant="TEXT" />
                                    </cursor>
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </Button>
                            </children>
                        </AnchorPane>
                    </content>
                </Tab>
                <Tab style="-fx-background-color: white;" text="Help">
                    <content>
```

```
                        <AnchorPane minHeight="0.0" minWidth="0.0"
prefHeight="180.0" prefWidth="200.0" style="-fx-background-color:
white;">
                            <children>
                                <TextArea editable="false" layoutX="-3.0"
layoutY="-2.0" prefHeight="525.0" prefWidth="182.0" text="Correct
input:&#10;n - number of vertexes&#10;1 ≤ n ≤ 30&#10;Next n vertexes
&#10;and its coordinates&#10;Then the weight of&#10; the edge between
&#10;the vertexes in the format:&#10;vertex1, vertex2,
weight&#10;&#10;Double right-click button:&#10;add new vertex&#10;with
default name&#10;&#10;Right-click button on vertex&#10;open a context
menu&#10;where you can rename&#10;or delete vertex &#10;&#10;You can
choose two vertexes&#10;by double left-click button&#10;The first
selected vertex&#10;is the source&#10;the second is the destination
&#10;&#10;By selectiong two vertexes&#10;you can:&#10;run A*
algorithm&#10;delete edge&#10;add edge&#10;&#10;Example of
input:&#10;3&#10;a 150 150&#10;b 550 250&#10;c 250 350&#10;b a 5&#10;a c
6&#10;c b 10&#10;b c 3&#10;&#10;If you select &quot;a&quot; and
&quot;b&quot;&#10;the correct output will be:&#10;Path: acb&#10;Weight:
16.0">
                                    <font>
                                        <Font name="Corbel" size="16.0"
/>
                                    </font>
                                </TextArea>
                            </children></AnchorPane>
                    </content>
                </Tab>
            </tabs>
            <cursor>
                <Cursor fx:constant="TEXT" />
            </cursor>
        </TabPane>
        <Line endX="-78.0" endY="369.39996337890625" layoutX="254.0"
layoutY="181.0" startX="-78.0" startY="-181.0" stroke="#d5b8e6"
strokeWidth="2.0" />
    </children>
```

```
</AnchorPane>
```

Название файла: *Start window.fxml*

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<?import javafx.scene.control.Button?>
<?import javafx.scene.image.Image?>
<?import javafx.scene.image.ImageView?>
<?import javafx.scene.layout.AnchorPane?>
<?import javafx.scene.layout.Pane?>
<?import javafx.scene.text.Font?>
<?import javafx.scene.text.Text?>

<AnchorPane maxHeight="-Infinity" maxWidth="-Infinity" minHeight="-
Infinity" minWidth="-Infinity" prefHeight="550.0" prefWidth="800.0"
xmlns="http://javafx.com/javafx/18" xmlns:fx="http://javafx.com/fxml/1"
fx:controller="application.app.Controller">
   <children>
      <ImageView fitHeight="550.0" fitWidth="800.0">
         <image>
            <Image url="@photo1.jpg" />
         </image>
      </ImageView>
      <Pane prefHeight="550.0" prefWidth="266.0" style="-fx-background-
color: #E6E6FA;">
         <children>
            <Text fill="#bb75e4" layoutX="15.0" layoutY="95.0"
stroke="#7012a6" strokeLineCap="ROUND" strokeLineJoin="ROUND"
strokeType="OUTSIDE" text="A* algorithm">
               <font>
                  <Font name="Corbel Light" size="45.0" />
               </font>
            </Text>
            <Button fx:id="btnStart" layoutX="58.0" layoutY="226.0"
mnemonicParsing="false" onAction="#switchToGraphWindow"
onMousePressed="#mousePressed" onMouseReleased="#mouseRelease"
prefHeight="63.0" prefWidth="151.0" style="-fx-background-color: linear-
gradient(to bottom left, #52fff6, #9a35d4); -fx-border-color: linear-
```

```
gradient(to bottom left, #52fff6, #9a35d4); -fx-border-radius: 2;"
text="Start" textFill="WHITE">
                <font>
                    <Font name="Corbel" size="35.0" />
                </font>
            </Button>
        </children>
    </Pane>
  </children>
</AnchorPane>
```

Название файла: *style.css*

```
.tab-pane .tab-header-area .tab-header-background {
    -fx-background-color:   #d5b8e6;
}
```