**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра МО ЭВМ**

отчет

**по учебной практике**

Тема: Визуализация алгоритма Форда-Беллмана

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 9304 |  | Краев Д.В. |
| Студентка гр. 9304 |  | Аксенова Е.А. |
| Студент гр. 9304 |  | Ламбин А.В. |
| Руководитель |  | Фиалковский М.С. |

Санкт-Петербург

2021

**ЗАДАНИЕ**

**на учебную практику**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент Краев Д.В. группы 9304 | | |
| Студентка Аксенова Е.А. группы 9304 | | |
| Студент Ламбин А.В. группы 9304  Тема практики: Алгоритм Форда-Беллмана | | |
| Задание на практику:  Командная итеративная разработка визуализатора алгоритма на языке программирования Java с графическим интерфейсом.  Алгоритм: алгоритм Форда-Беллмана | | |
| Сроки прохождения практики: 1.07.2021 – 14.07.2021 | | |
| Дата сдачи отчета: 00.07.2021 | | |
| Дата защиты отчета: 00.07.2021 | | |
|  | | |
| Студент гр. 9304 |  | Краев Д.В. |
| Студентка гр. 9304 |  | Аксенова Е.А. |
| Студент гр. 9304 |  | Ламбин А.В. |
| Руководитель |  | Фиалковский М.С. |

**Аннотация**

Основные цели – изучение языка программирования Java, получение опыта работы в команде, разработка визуализации алгоритма Форда-Беллмана на языке программирования Java в виде приложения. В приложении реализовать удобный для пользователя интерфейс для работы с графом.

**Summary**

The main goals of the hands-on training are to learn the Java programming language, get skills of working in a team, develop the visualization of the Ford-Bellman algorithm in the Java programming language as an application. It is essential to instrument user-friendly interface for working with the grah.

**содержание**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Введение | 6 |
| 1. | Требования к программе | 7 |
| 1.1. | Исходные требования к программе | 7 |
| 1.1.1. | Архитектура проекта | 7 |
| 1.1.2. | Формат входных и выходных данных | 7 |
| 1.1.3. | Основные типы данных | 8 |
| 1.1.4. | Графический интерфейс | 8 |
| 2. | План разработки и распределение ролей в бригаде | 10 |
| 2.1. | План разработки | 10 |
| 2.2. | Распределение ролей в бригаде | 10 |
| 3. | Особенности реализации | 11 |
| 3.1. | Структуры данных | 11 |
| 3.1.1. | Класс *Coordinates* | 10 |
| 3.1.2. | Класс *Line* | 12 |
| 3.1.3. | Класс *Vertex* | 12 |
| 3.1.4. | Класс *Graph* | 13 |
| 3.1.5. | Класс *MainWindowController* | 15 |
| 3.1.6. | Класс *MainWindow* | 17 |
| 3.1.7. | Класс *GraphWriterReader* | 17 |
| 3.1.8. | Класс *GraphState* | 18 |
| 3.1.9. | Класс *GraphStates* | 18 |
| 3.2. | Графический интерфейс | 19 |
| 3.2.1. | Холст | 19 |
| 3.2.2. | Панель инструментов и кнопки запуска алгоритма | 19 |
| 3.2.3. | Работа с файловой системой | 20 |
| 4. | Тестирование | 21 |
| 4.1. | Тестирование графического интерфейса | 21 |
| 4.2. | Тестирование кода алгоритм | 21 |
|  | Заключение | 23 |

**введение**

Основные цели – изучение языка программирования Java и получение опыта работы в команде, реализация визуализации алгоритма Форда-Беллмана - поиска минимального пути в графе. Создание удобного для пользователя интерфейса для работы с графом.

Алгоритм Форда-Беллмана – алгоритм поиска кратчайшего пути во взвешенном графе. Алгоритм находит кратчайшие пути от одной вершины до всех остальных путей в графе. В отличие от алгоритма Дейкстры он подходит для графов, имеющих ребра с отрицательным весом. При нахождении отрицательного цикла алгоритм сообщает, что кратчайших путей не существует.

**1. требования к программе**

**1.1. Исходные Требования к программе**

Приложение будет визуализировать алгоритм Форда-Беллмана, показывать его по шагам. Приложение будет давать возможность редактировать граф с помощью панели инструментов. Созданный граф можно будет сохранить в файл и потом загрузить его обратно в приложение. Программа должна давать возможность разных способов отработки алгоритма: полного и пошагового варианта.

**1.1.1. Архитектура проекта.**

Приложение будет разработано средствами языка программирования Java. Оно будет состоять из 2 основных частей: внешней и внутренней.

Внешней частью приложения является графический интерфейс и взаимодействие с пользователем. Для реализации графического интерфейса будет использована библиотека JavaFX.

Внутренняя часть приложения – это реализация алгоритмов и механизмов приложения. Работа программы будет заключаться в следующем: приложение предоставляет пользователю интерфейс для работы с графом. С его помощью пользователь задает необходимые требования, и внутренняя часть приложения с помощью реализованных алгоритмов их выполняет и выдает пользователю результат работы.

**1.1.2. Формат входных и выходных данных**

В качестве входных данных будет выступать созданный пользователем с помощью панели инструментов граф. Также в качестве входных данных может быть файл, содержащий информацию о графе.

В качестве выходных могут выступать полностью отрисованный путь на введённом пользователем графе, а так же длина минимального пути, также действие алгоритма на каждом шаге.

**1.1.3. Основные типы данных**

В приложении будут использоваться заранее реализованные классы:

**1) Vertex**

Данный класс будет представлять вершину графа, содержать в себе название и координаты вершин.

**2) Line**

Класс Line будет представлять ребро графа, содержит в себе вес ребра и информацию о инцидентных вершинах.

**3) Graph**

Данный класс будет представлять сам граф. Он будет содержать в себе информацию о ребрах и вершинах, добавленных в граф.

**1.1.4. Графический интерфейс**

Графический интерфейс будет содержать:

**1) Холст.**

Холст будет занимать большую часть окна приложения. На нем будет происходить построение графа, а также отображаться работа алгоритма. Взаимодействие с холстом происходит с помощью мыши и панели инструментов приложения.

**2) Панель инструментов.**

Панель инструментов будет располагаться в верхней части окна приложения. С помощью панели инструментов можно будет взаимодействовать с графом: добавлять/удалять вершины и ребра, полностью очищать холст и запускать возможность выбора способа работы алгоритма.

**3) Кнопки запуска и перемотки алгоритма.**

Кнопки будут находиться в нижней части окна приложения. С помощью кнопок можно будет выбирать, как будет отображаться алгоритм: выдаст конечный ответ, будет самостоятельно отображать каждый шаг или же предоставит пользователю возможность управлять сменой шагов.

**4) Всплывающие окна.**

На всплывающих окнах будет отображаться длина минимального пути, а также сообщения о работе пользователя с графом или работе самого алгоритма.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1 – Прототип графического интерфейса. |

**2. План разработки и распределение ролей в бригаде**

**2.1. План разработки**

До 01.07.2021 – Распределение по бригадам и выбор темы минипроекта.

До 07.07.2021 – Сдача вводного задания.

До 07.07.2021 – Согласование спецификации. Создание прототипа графического интерфейса.

До 10.07.2021 – Сдача второго этапа

До 14.07.2021 – Сдача финальной версии мини-проекта

**2.2. Распределение ролей в бригаде**

Роли:

1. Лидер — Краев Д.В. — определяет детали проекта, имеет решающее право выбора.

2. Алгоритмист — Аксёнова Е.А. — реализация алгоритма Форда-Беллмана и формирование необходимых данных для фронтенд-разработчиков.

3. Фронтенд — Ламбин А.В. — создание удобного для пользователя графического интерфейса, визуализация работы алгоритма.

4. Документация — Краев Д.В. — создание и ведение отчёта.

5. Тестировщик — Аксёнова Е.А. — unit-тестированиие написанных функций для алгоритма, создание тестовых данных.

6. Мотиватор — Ламбин А.В. — поддержание командного духа.

7. Реализация взаимодействия через файл – Краев Д.В. — реализация возможности работы приложения с помощью загружаемых файлов.

**3. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ**

**3.1. Структуры данных**

Для реализации интерфейса программы и реализации внутренних алгоритмов были написаны классы, выполняющие разные функции.

**3.1.1. Класс Coordinates**

Класс *Coordinates* представляет координату вершины графа на поле.

Он имеет 2 поля:

* *private double x* – координата графа на оси абсцисс.
* *private double y –* координата графа на оси ординат.

У класса есть 1 конструктор:

* *Coordinates(double x, double y)*

Также класс имеет следующие методы:

* *public void setCord(double x, double y)*

Устанавливает координату (*x*,*y*).

* *public void moveCord(double dx, double dy)*

Устанавливает координату (*x+dx,y+dy).*

* *public double getX()*

Возвращает поле *x.*

* *public double getY()*

Возвращает поле *y.*

* *public double distance(Coordinates a)*

Возвращает расстояние между этой координатой и координатой *a.*

* *public boolean equals(Coordinates a)*

Сравнивает эту координату с координатой *a*. Возвращает true, если онипримерно равны с погрешностью 10-6, false в ином случае.

* *public String* toStr­ing*()*

Возвращает строковое представление класса.

**3.1.2. Класс Line**

Класс *Line* представляет ребро графа. Он имеет 4 поля:

* *private final int weight –* вес ребра.
* *private final Vertex startVertex –* начальная вершина ребра.
* *private final Vertex endVertex* – конечная вершина ребра.
* *private final String nameOfLine -*  название ребра.

У класса есть 1 конструктор:

* *public Line(int weight, Vertex start, Vertex end)*

Также у класса есть следующие методы:

* *public Vertex getStartVertex()*

Возвращает начальную вершину ребра.

* *public Vertex getEndVertex()*

Возвращает конечную вершину ребра.

* *public int getWeight()*

Возвращает вес ребра.

* *public String getName()*

Возвращает имя ребра.

* *public Boolean equals(Line obj)*

Сравнивает это ребро с ребром *obj*. Возвращает true, если id их начальных и конечных вершин совпадают.

* *public int compareTo(Line obj)*

Сравнивает это ребро с ребром *obj,* возвращает 1, если id конечной вершины этого ребра меньше чем id конечно вершины ребра *obj,* возвращает -1, если больше, и возвращает 0 во всех других случаях.

**3.1.3. Класс Vertex**

Класс *Vertex* представляет вершину ребра. Он имеет 3 поля:

* *private final int idOfVertex –* идентификатор вершины.
* *private Coordinates cordOfVertex –* координата вершины.
* *private final static double DIAMETER = 30*

У класса есть 1 конструктор:

* *public Vertex(int id, double x, double y)*

Также у класса есть следующие методы:

* *public double getDiameter()*

Возвращает значение поля DIAMETER.

* *public int getId()*

Возвращает идентификатор вершины.

* *public Coordinates get()*

Возвращает координату вершины.

* *public double getX()*

Возвращает координату вершины на оси абсцисс.

* *public double getY()*

Возвращает координату вершины на оси ординат.

* *public void setCordOfVertex(double x, double y)*

Устанавливает координату вершины.

* *public double distance(Vertex a)*

Возвращает расстояние между этой вершиной и вершиной *a.*

* *public double equals(Vertex a)*

Сравнивает эту вершину с вершиной *a.* Возвращает true, если их идентификаторы и координаты совпадают, false в ином случае.

* *public int compareTo(Vertex obj)*

Сравнивает эту вершину с вершиной obj. Возвращает 1, если идентификатор этой вершины больше идентификатора вершины *obj.* Возвращает 0 во всех других случаях.

**3.1.4. Класс Graph**

Класс *Graph* представляет граф. У этого класса есть единственное поле:

* *private TreeMap<Vertex, TreeSet<Line>> matrix –* матрица смежности.

У класса есть 1 конструктор:

* *public Graph()*

Также у класса есть следующие методы:

* *public Boolean addVertex(Vertex newNode)*

Добавляет вершину в граф. Возвращает true, если добавление произошло успешно, возвращает false в ином случае.

* *public Vertex getVertex(double x, double y)*

Возвращает вершину находящуюся в заданных координатах.

* *public boolean addLine(Line newLine)*

Добавляет ребро в граф. Возвращает true, если добавление произошло успешно, возвращает false в ином случае.

* *public Set<Vertex> allVertexes()*

Возвращает все вершины графа.

* *public HashSet<Line> allLines()*

Возвращает все ребра графа.

* *public Line getLine(Vertex start, Vertex end)*

Возвращает ребро, идущее из вершины *start* в вершину *end,* если такого ребра нет, то возвращает null.

* *public TreeMap<Vertex, TreeSet<Line>> getMatrix()*

Возвращает матрицу смежности.

* *public int getNumOfVertexes()*

Возвращает количество вершин.

* *public TreeMap<Integer, Integer> makeStartArrayList(Vertex start)*

Возвращает Map, в котором проинициализированы пути до всех вершин в графе от начальной.

* *public public void deleteAll()*

Очищает матрицу смежности.

* *public void deleteLine(Vertex start, Vertex end)*

Удаляет ребро, идущее из вершины *start* в вершину *end.*

* *public void deleteVertex(double x, double y)*

Удаляет вершину в заданной координате.

* *public TreeMap<Integer, String> makePathList(Vertex start)*

Возвращает Map, в котором проинициализированы вершины, с помощью которых были улучшены пути до данных вершин.

* *public Integer getMinPath(Vertex end, TreeMap<Integer, Integer> destinations, TreeMap<Integer, String> path) throws UnsupportedOperationException*

Возвращает величину минимального пути из вершины *start* в вершину *end.*

* *public ArrayList<Vertex> minPathArray(Vertex start, Vertex end, TreeMap<Integer, String> path)*

Возвращает минимальный путь из вершины *start* в вершину *end.*

* *private String minPathString(Vertex start, Vertex end, TreeMap<Integer, String> path)*

Возвращает строковое представление минимального пути из вершины *start* в вершину *end.*

**3.1.5. Класс MainWindowController**

Класс *MainWindowController* – это класс, с помощью которого происходит управление приложением. Он содержит в себе реализацию интерфейса программы.

Он содержит следующие поля:

* *private Graph graph* – поле, содержащее граф.
* *private Button cursorButton,*

*addNodeButton,*

*addLineButton,*

*deleteLineButton,*

*deleteAllButton,*

*playButton,*

*oneStepForwardButton,*

*playForwardButton,*

*getResultButton* - поля, содеражщие кнопки приложения.

* *private Canvas canvas –* поле, содержащее холст.
* *private short state –* поле, содержащее номер состояния программы.
* *private int idVertex –* поле, содержащее id последней созданной вершины.
* *private Vertex startLine –* поле, содержащее вершину нового ребра.
* *private Vertex startVertex –* поле, содержащее начальную вершину
* *private Vertex endVertex –* поле, содержащее конечную вершину.

Также граф содержит следующие методы:

* *private void cursorButtonClick(ActionEvent event)*

Обрабатывает нажатие курсора.

* *private void addNodeButtonClick(ActionEvent event)*

Переключает программу в режим добавления вершин.

* *private void addLineButtonClick(ActionEvent event)*

Переключает программу в режим добавления ребер.

* *private void deleteLineButtonClick(ActionEvent event)*

Переключает программу в режим удаления ребер.

* *private void deleteAllButtonClick(ActionEvent event)*

Удаляет граф.

* *private void playButtonClick(ActionEvent event)*

Запускает алгоритм.

* *private void oneStepForwardButtonClick(ActionEvent event)*

Перематывает алгоритм на шаг вперед.

* *private void playForwardButtonClick(ActionEvent event)*

Полностью показывает все шаги работы алгоритма.

* *private void getResultButtonClick(ActionEvent event)*

Запускает алгоритм и выводит результат работы.

* *private void CanvasClick(MouseEvent event)*

Взаимодействие с холстом.

* *private void drawVertex(Canvas canvas, double x, double y, Color color)*

Рисует вершину.

* *private void drawLine(Canvas canvas, Vertex start, Vertex end, Color color)*

Рисует ребро.

* *private void drawText(Canvas canvas, String text, double x, double y, Color color)*

Показывает текст.

* *private void drawGraph(Canvas canvas, Graph graph, Color color)*

Рисует граф.

* *private void removeSelected()*

Удаляет выбранный элемент.

**3.1.6. Класс MainWindow**

Данный класс представляет основное окно приложения. Он содержит в себе метод *main.* В нем программа запускает приложение. Также класс содержит в себе еще 1 метод:

*Public void start(Stage stage)*

Метод запускает приложение.

**3.1.7. Класс GraphWriterReader**

Класс представляет собой инструмент, который позволяет сохранять граф в файл и читать граф с файла. Он содержит следующие методы:

* *public static void write(Graph graph, Path path)*
* *public static void write(Graph graph, String pathStr)*

Методы, записывающие граф в файл.

* *public static Graph read(Path path)*
* *public static Graph read(String pathStr)*

Методы, считывающие граф с файла.

**3.1.8. Класс GraphState**

Класс представляет с собой состояние графа. Он содержит 1 поле:

* *private byte[] grState -*  граф в байтовом представлении.

Класс содержит 1 конструктор:

* *public GraphState(Graph graph)*

Также класс содержит 1 метод:

* *public Graph get()*

Создает из байтового представления граф и возвращает его.

**3.1.9. Класс GraphStates**

Класс представляет собой инструмент, хранящий состояния графа. Он содержит 2 поля:

* *private ArrayList<GraphState> states* – поле, хранящее состояния графа.
* *private int curIndex –* поле, содержащее индекс текущего состояния.

Класс содержит 1 конструктор:

* *public GraphStates()*

Также граф содержит следующие методы:

* *public Graph next()*

Переключает текущее состояние на следующее, возвращает его.

* *public Graph getCur()*

Возвращает текущее состояние

* *public Graph prev()*

Переключает текущее состояние на предыдущее, возвращает его

* *public void add(Graph graph)*

Если текущее состояние – последнее в массиве, то добавляет состояние в конец массива, если текущее состояние – не последнее, то удаляет все состояния после текущего, далее добавляет состояние в конец массива. В конце работы переключает текущее состояние на добавленное.

|  |
| --- |
| https://psv4.userapi.com/c505536/u304596821/docs/d51/88b47f836cdd/src.png?extra=LtODxL5eBDBUbtpS3VcUzL3moSVPP9-RXDE4V1F8xJPsZvf6yPlZXbg4yORNQ6edmcn2lRPQR44CPyIumc0eotL0kZ_Ad_5HNwCRCFRoBwo7pHMhObMmHAtDh57-NJACVOYw6hIikugUwS601zgx93_Hyg |
| Рисунок 2 - UML-диаграмма |

**3.2. Графический интерфейс**

Для взаимодействия с пользователем и удобного создания графа был разработан удобный графический интерфейс.

**3.2.1. Холст**

Холст занимает большую часть окна. На нем происходит создание и редактирование графа, а также воспроизводится алгоритм Форда-Фалкерсона.

**3.2.2. Панель инструментов и кнопки запуска алгоритма**

Панель инструментов находится в верхней части окна. С ее помощью можно создать и редактировать граф. Панель имеет следующие функции:

* Перетаскивание вершин.
* Создание/удаление вершин.
* Создание/удаление ребер.
* Удаление графа.
* Отмена/возвращение изменений.

Также 2 предыдущие функции можно запустить с помощью сочетаний клавиш Ctrl+Z/Ctrl+Y соответственно.

В нижней части окна интерфейс имеет кнопки запуска алгоритма. С их помощью можно:

* Запустить алгоритм и вывести результат.
* Полностью отобразить алгоритм по шагам.
* Отобразить следующий шаг.

При выборе функции, соответствующая ей кнопка подсвечивается.

**3.2.3. Работа с файловой системой.**

С помощью графического интерфейса можно взаимодействовать с файловой системой. Были реализованы следующие функции:

* Сохранение/загрузка файла

Можно запустить с помощью сочетаний клавиш Ctrl+S/Ctrl+O соответственно.

* Сохранение изображения графа в формате PNG.

Ниже представлен итоговый графический интерфейс.

|  |
| --- |
| https://sun9-32.userapi.com/impg/6BFh_3N8wE9uvQifjqieVV9A7v-YJB7im4hi4Q/QUZFILcFWGs.jpg?size=982x741&quality=96&sign=f391bd5bad5659171920172b0e4e311f&type=album |
| Рисунок 3 - Графический интерфейс |

**4. ТЕСТИРОВАНИЕ**

**4.1. Тестирование графического интерфейса**

Было проведено тестирование графического интерфейса. В его ходе были протестированы все элементы управления в приложении. Было выявлено, что интерфейс соответствует ожидаемой производительности и функциональности. Не было выявлено ни 1 дефекта, даже в неожидаемых сценариях работы.

**4.2 Тестирование кода алгоритма**

С помощью библиотеки JUnit было проведено тестирование кода алгоритма и основных его классов. Для этого были написаны следующие unit-тесты, проверяющие корректную работу отдельных элементов алгоритма:

* testVertex - проверяет корректную работу методов класса Vertex.
* testCoordinates - проверяет корректную работу методов класса Coordinates.
* testLine - проверяет корректную работу методов класса Line.
* testGraph - проверяет корректную работу методов класса Graph.

Ниже приведены результаты тестирования.

|  |
| --- |
| https://sun9-19.userapi.com/impg/wVet8P9L_8fNs4l3qv2cqRsLnBHNkUHOlq3Oig/9F56FwE4-oI.jpg?size=927x711&quality=96&sign=304c0beaa7f5244321b857297a4b01c4&type=album |
| Рисунок 4 - Результаты тестирования. |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В течение практики был изучен язык программирования Java. Разработано приложение, визуализирующее алгоритм Форда-Беллмана. Для приложения был разработан графический интерфейс. Изучены средства создания графического интерфейса. Произведено тестирование алгоритма и графического интерфейса. Реализованы все задуманные функции, а также ряд новых.