ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук

Департамент программной инженерии

|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО  Доцент департамента больших  данных и информационного поиска  ФКН НИУ ВШЭ,  канд. физ.-мат. наук  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Л. Чернышев  « \_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. | УТВЕРЖДАЮ  Академический руководитель  образовательной программы  «Программная инженерия», профессор,  канд. техн. наук  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Шилов  « \_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. |

|  |  |
| --- | --- |
| Инв. № подл. |  |
| Подп. и дата |  |
| Взам. Инв. № |  |
| Инв. № дубл. |  |
| Подп. и дата |  |

**Программа для нахождения**

**явного вида аналитических функций,**

**связанных с метрическими графами**

**Программа и методика испытаний**

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

**RU.17701729.10.03-01 51 01-1-ЛУ**

Исполнитель

студент группы БПИ181

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/А.И. Уварова/

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г.

УТВЕРЖДЕН

RU.17701729.10.03-01 51 01-1 ЛУ

**Программа для нахождения**

|  |  |
| --- | --- |
| Инв. № подл. |  |
| Подп. и дата |  |
| Взам. Инв. № |  |
| Инв. № дубл. |  |
| Подп. и дата |  |

**явного вида аналитических функций,**

**связанных с метрическими графами**

**Программа и методика испытаний**

**RU.17701729.10.03-01 51 01-1**

**Листов 20**

**Оглавление**

[**1.** **Объект испытаний** 3](#_Toc39703945)

[**1.1** **Наименование программы** 3](#_Toc39703946)

[**2.** **Цель испытаний** 3](#_Toc39703947)

[**3.** **Требования к программе** 4](#_Toc39703948)

[**4.** **Требования к программной документации** 6](#_Toc39703949)

[**4.1. Состав программной документации** 6](#_Toc39703950)

[**5.** **Средства и порядок испытаний** 7](#_Toc39703951)

[**5.1. Технические средства** 7](#_Toc39703952)

[**5.2. Программные средства** 7](#_Toc39703953)

[**5.3. Порядок проведения испытаний** 7](#_Toc39703954)

[**6.** **Методы испытаний** 8](#_Toc39703955)

[**6.1** **Испытание выполнения требований к программной документации** 8](#_Toc39703956)

[**6.2. Испытание выполнения требований к функциональным характеристикам** 8](#_Toc39703957)

[**6.2. Проверка работы алгоритма** 14](#_Toc39703958)

[**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ** 20](#_Toc39703959)

# **Объект испытаний**

## **Наименование программы**

Наименование программы – «Программа для нахождения явного вида аналитических функций, связанных с метрическими графами».

Наименование на английском языке – «A program for finding the explicit form of analytical functions associated with metric graphs».

* 1. **Область применения**

Программа предназначена для построения моделей неориентированных метрических графов, а также позволяет вычислять по модели некоторый набор аналитических функций. Возможные области применения: исследования в области дискретной математики или теории графов, использование в обучающих целях преподавателями или студентами, изучающими графы.

# **Цель испытаний**

Испытания проводились с целью проверки корректности выполнения функций программы, перечисленных в разделе «Требования к программе».

# **Требования к программе**

Программа должна соответствовать следующим требованиям к надежности и составу выполняемых функций, указанным в документе «Программа для нахождения явного вида аналитических функций, связанных с метрическими графами». Техническое задание.

**Требования к функциональным характеристикам**:

1. Должна быть возможность редактировать граф путем добавления/удаления узлов/рёбер.
2. Должна быть возможность создать неориентированный граф.
3. Должны быть реализованы редактируемые LaTeX-веса для рёбер.
4. Должна быть возможность превратить LaTeX-выражения в подписях в вычисленные значения и обратно.
5. Ребра должны быть реализованы в виде изменяемых дуг.
6. Должна быть возможность задавать кратные рёбра.
7. Должна быть возможность по заданному пользователем графу вывести вид следующих аналитических функций:

А) Функция магнитуд (Magnitude function)

Б) Дзета-функция Ихары на вершинах с весами и без (Vertex Ihara zeta function)

В) Дзета-функция Ихары на ребрах (Edge Ihara zeta function)

Г) Дзета-функция Ихары на путях (Path Ihara zeta function)

Д) Функция путей (Custom path function)

1. Для графа необходимо вывести:

А) исходную формулу и пояснения по ней, если необходимо

Б) промежуточные вычисления, если необходимо (например, матрица для графа)

1. В) по возможности сокращенный итоговый ответ (функция с аргументом)
2. Вывод вычисленных функций необходимо осуществлять в текстовый файл (.txt, .tex) в формате LaTeX
3. Программа должна уметь вычислять функции с числовыми весами для полных графов с пятью вершинами (и для более простых графов).
4. Программа должна уметь вычислять функции для графов, где есть LaTeX-веса (корни n-ной степени)
5. У пользователя должна быть возможность сохранить граф в одном из предложенных форматов.
6. Возможность загрузить ранее сохраненную с помощью программы модель графа.
7. Должны быть реализованы всплывающие подсказки в случае некорректных действий пользователя.

**Требования к интерфейсу:**

Пользовательский интерфейс должен быть понятным и логичным, обеспечивать высокую скорость работы пользователя, соответствовать его задачам, а также способствовать быстрому обучению работе с программой.

Интерфейс должен быть реализован полностью на английском языке.

Рабочее окно программы должно иметь как минимум две области: область отрисовки(справа) и панель инструментов (слева). Панель инструментов должна соответствовать всем требованиям к составу выполняемых функций.

Должна быть реализована справка по работе с программой.

**Требования к входным данным**:

Пользователь создает модель графа с помощью мыши/тачпада. Также может быть загружена уже ранее созданная в программе модель.

**Требования к выходным данным**:

Пользователь может сохранить созданную модель графа в одном из предложенных расширений. При вычислении функции пользователь может сохранить результат в файл формата .tex/.txt.

# **Требования к программной документации**

## **4.1. Состав программной документации**

* «Программа для нахождения явного вида аналитических функций, связанных с метрическими графами». Техническое задание (ГОСТ 19.201-78)
* «Программа для нахождения явного вида аналитических функций, связанных с метрическими графами». Программа и методика испытаний (ГОСТ 19.301-78)
* «Программа для нахождения явного вида аналитических функций, связанных с метрическими графами». Пояснительная записка (ГОСТ 19.404-79)
* «Программа для нахождения явного вида аналитических функций, связанных с метрическими графами». Текст программы (ГОСТ 19.401-78)
* «Программа для нахождения явного вида аналитических функций, связанных с метрическими графами». Руководство оператора (ГОСТ 19.505-79)

**4.2. Специальные требования к программной документации**

* Пояснительная записка должна быть загружена через LMS в систему «Антиплагиат».
* Вся документация должна быть оформлена в соответствии с ГОСТ 19.106-78 и ГОСТ к данному виду документа (см. п. 5.1.)
* Документация и программа cдается в электронном виде в формате .pdf или .docx. в архиве формата .zip или .rar.

# **Средства и порядок испытаний**

## **5.1. Технические средства**

Для надёжной работы программы необходим ПК, обладающий следующими минимальными характеристиками:

1) ОС Linux

2) минимум 500 МБ оперативной памяти

3) минимум 500 MB на жёстком диске

4) Клавиатура и мышь/тачпад

5) Видеокарта, поддерживающая разрешение не менее чем 900х650 точек

6) Центральный процессор c поддержкой набора инструкций SSE2

## **5.2. Программные средства**

1. ОС Linux
2. Java 11

3. Python версии 3+ и библиотека SymPy

## **5.3. Порядок проведения испытаний**

Испытания должны проводиться в следующем порядке:

1) проверка требований к программной документации;

2) проверка требований к функциональным характеристикам;

# **Методы испытаний**

Испытания представляют собой процесс установления соответствия программы и программной документации заданным требованиям.

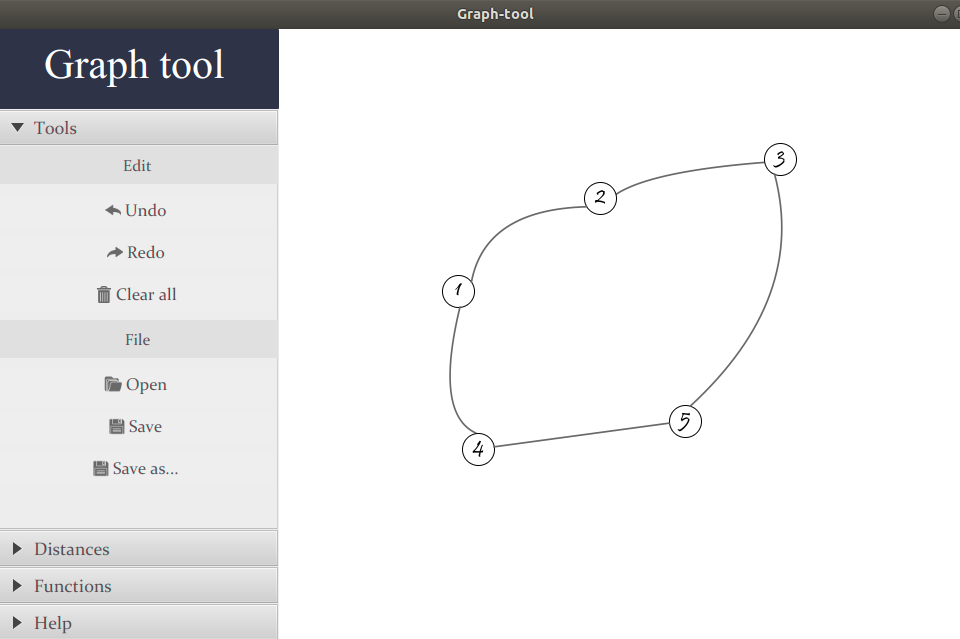
* 1. **Испытание выполнения требований к программной документации**

Состав программной документации проверяется визуально, проверяется наличие программной документации в системе LMS. Также визуально проверяется соответствие документации требованиям ГОСТ.

## **6.2. Испытание выполнения требований к функциональным характеристикам**

1. Должна быть возможность редактировать граф путем добавления/удаления узлов/рёбер.
2. Должна быть возможность создать неориентированный граф.

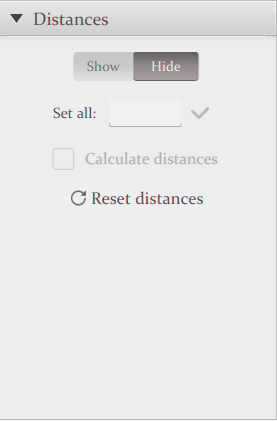
Для создания вершины графа необходимо кликнуть по области отрисовки, вершина появляется в месте клика. Чтобы переместить вершину, необходимо мышью перетащить её в нужное место. Чтобы создать ребро, необходимо создать две вершины. Затем нужно кликнуть по одной из вершин – за курсором потянется ребро. Чтобы соединить ребро со второй вершиной, достаточно кликнуть по ней. Форма дуг ребер может быть изменена с помощью перетаскивания якоря в центре ребра (рис. 1).



*Рисунок 1. Нарисованный граф*

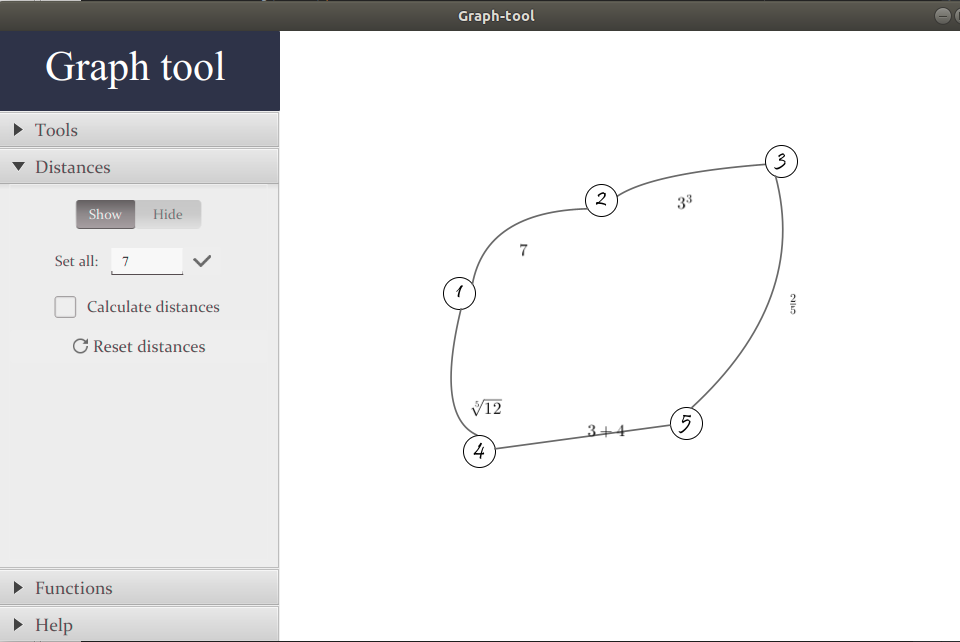
1. Должны быть реализованы редактируемые LaTeX-веса для рёбер.

Для отображения подписей необходимо включить их отображение, переключив toggle-button во вкладке Distances в положение show (рис.2)



*Рисунок 2. Меню Distances*

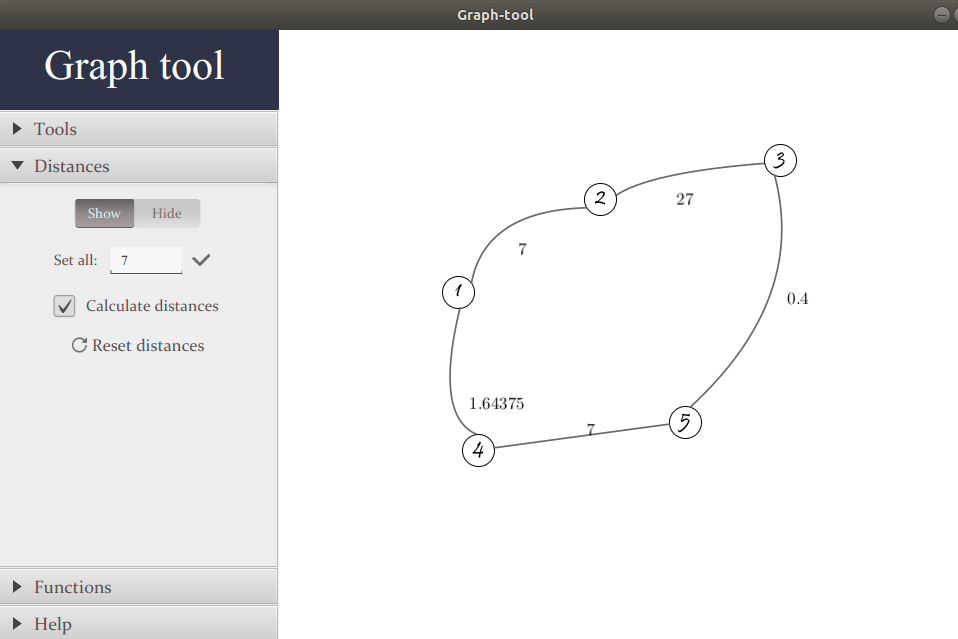
Для редактирования подписи достаточно кликнуть по ней и ввести нужное выражение в появившееся окно ввода (рис. 3)



*Рисунок 3. Граф с LaTeX-подписями на ребрах*

1. Должна быть возможность превратить LaTeX-выражения в подписях в вычисленные значения (например, «2+3» и «5») и обратно.

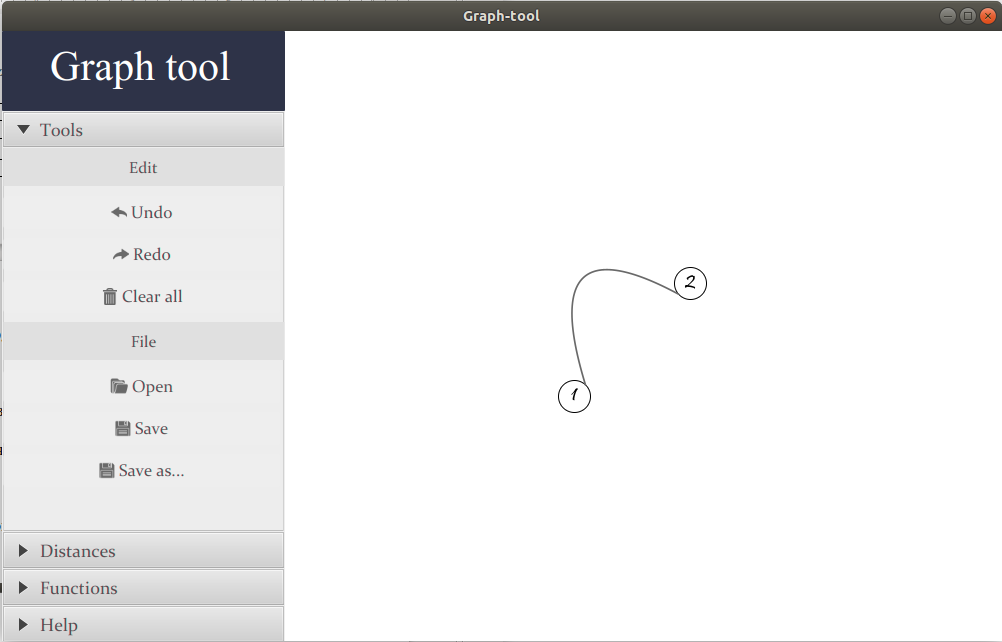
Для вычисления математических выражений достаточно пометить выбранным checkbox ‘Calculate distances’ на панели Distances. Результат для рис.3 представлен на рис. 4.



*Рисунок 4. Математические выражения в длинах рёбер после вычисления*

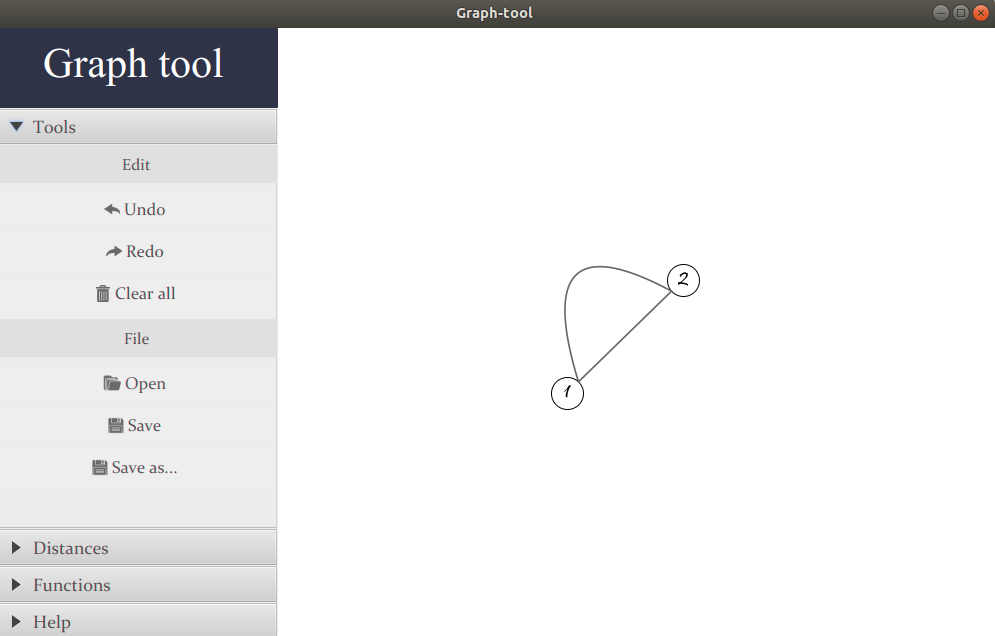
1. Ребра должны быть реализованы в виде изменяемых дуг.

Форма ребра изменяется с помощью якоря (рис.5)

*Рисунок 5. Панель инструментов*

1. Должна быть возможность задавать кратные ребра.

Пример кратного ребра (рис. 6)

*Рисунок 6. Кратное ребро*

1. Должна быть возможность по заданному пользователем графу вывести вид следующих аналитических функций:

А) Функция магнитуд (Magnitude function)

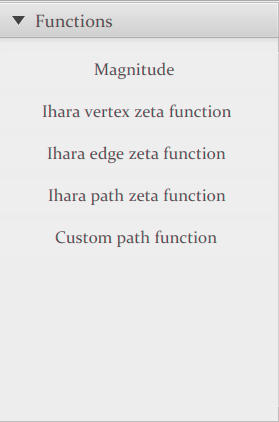
Б) Дзета-функция Ихары на вершинах с весами и без (Vertex Ihara zeta function)

В) Дзета-функция Ихары на ребрах (Edge Ihara zeta function)

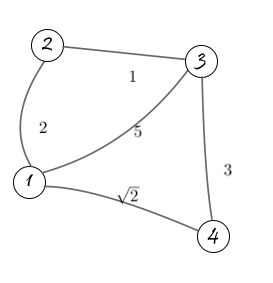
Г) Дзета-функция Ихары на путях (Path Ihara zeta function)

Д) Функция путей (Custom path function)

Нужную функцию можно запустить с помощью панели Functions (рис.7)

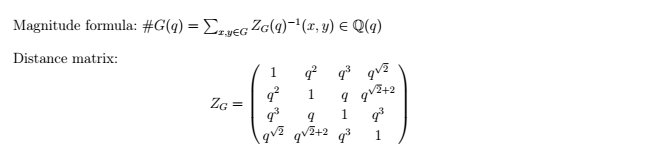
*Рисунок 7. Панель функций*

Граф, для которого производились все вычисления (рис. 8)

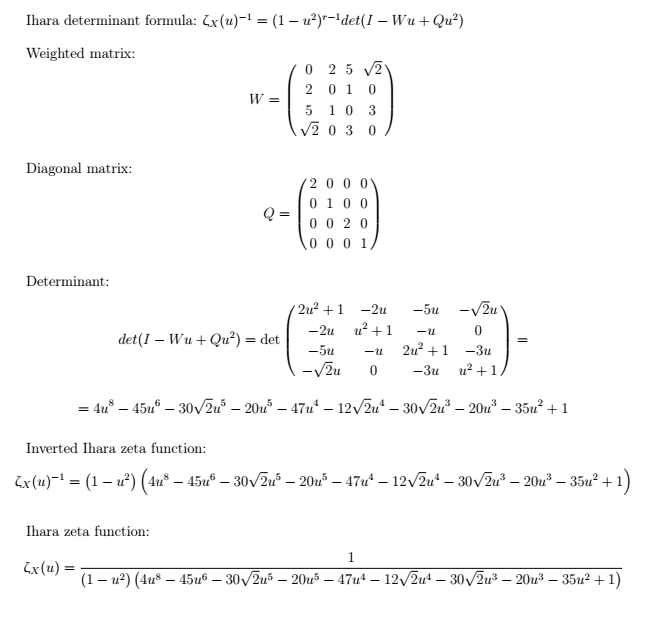
*Рисунок 8. Тестовый граф*

Все файлы с результатом приложены в архив, там можно увидеть полный результат вычисления. Для некоторых функций вывод слишком большой для pdf-файла (например, магнитуда). В таком случае на рисунках приведена только читаемая часть результата.

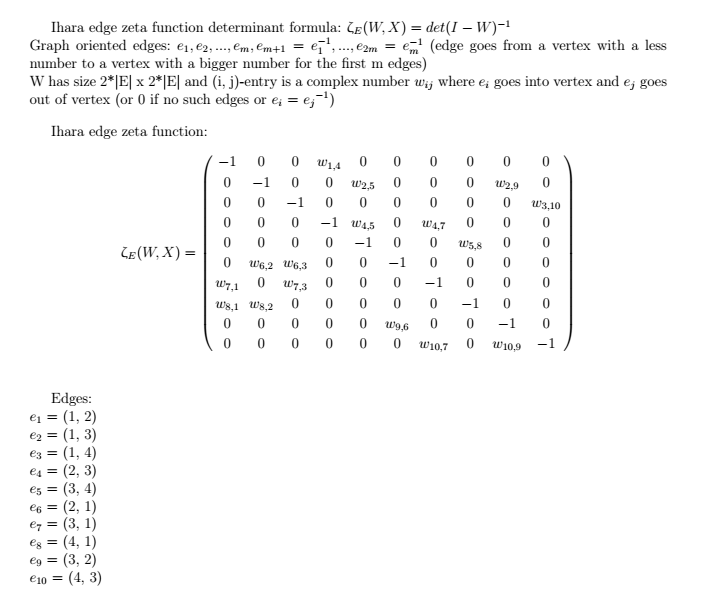
А) Магнитуда графа, читаемая часть, полный вывод см. в файле magnitude\_final.tex (рис.9)

*Рисунок 9. Магнитуда графа*

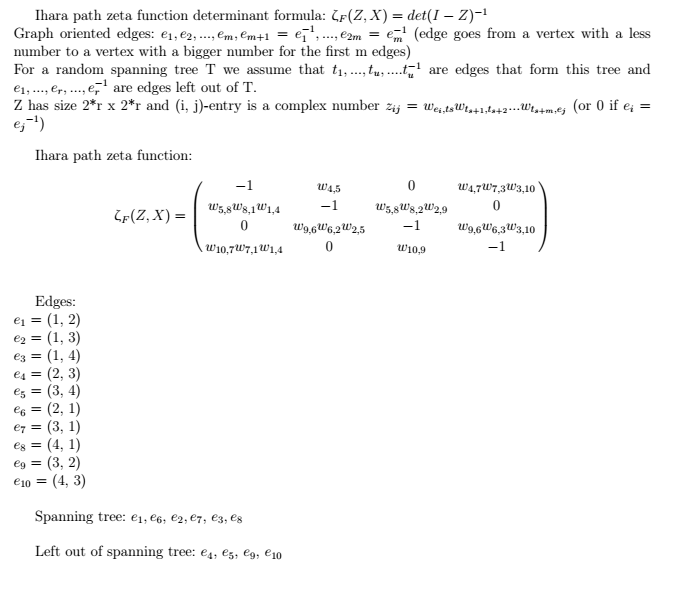
Б) Функция Ихары на вершинах (рис.10), взвешенная

*Рисунок 10. Взвешенная функция Ихары на вершинах*

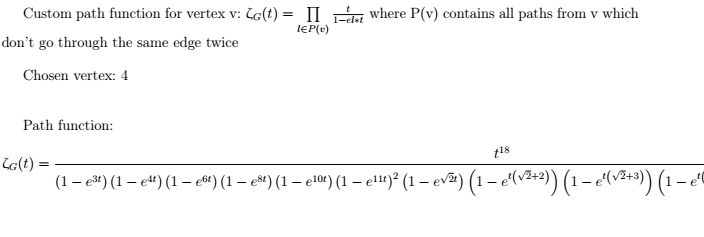
В) Функция Ихары на ребрах (рис. 11)

*Рисунок 11. Функция Ихары на ребрах*

Г) Функция Ихары на путях (рис. 12)

*Рисунок 12. Функция Ихары на путях*

Д) Функция путей, полный вывод в файле custom.tex (рис. 13)

*Рисунок 13. Функция на путях*

1. Для графа необходимо вывести:

А) исходную формулу и пояснения по ней, если необходимо

Б) промежуточные вычисления, если необходимо (например, матрица для графа)

В) по возможности сокращенный итоговый ответ (функция с аргументом)

Результаты в п.7.

1. Вывод вычисленных функций необходимо осуществлять в текстовый файл (.txt, .tex) в формате LaTeX

См. файлы в архиве из п.7.

1. Программа должна уметь вычислять функции с числовыми весами для полных графов с пятью вершинами (и для более простых графов).

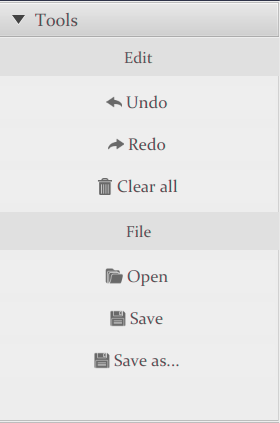
Программа умеет работать с вещественными длинами и с более сложными графами чем 5 вершин. Тем не менее, вычисление магнитуды, к примеру, очень трудоемко, поэтому для графов с 4 и более вершинами с несколькими иррациональными весами может отрабатывать очень долго.

1. Программа должна уметь вычислять функции для графов, где есть LaTeX-веса (корни n-ной степени)

См. п.7

1. У пользователя должна быть возможность сохранить граф в одном из предложенных форматов.

Модель графа сохраняется с помощью кнопки Save на панели Tools (рис. 14)

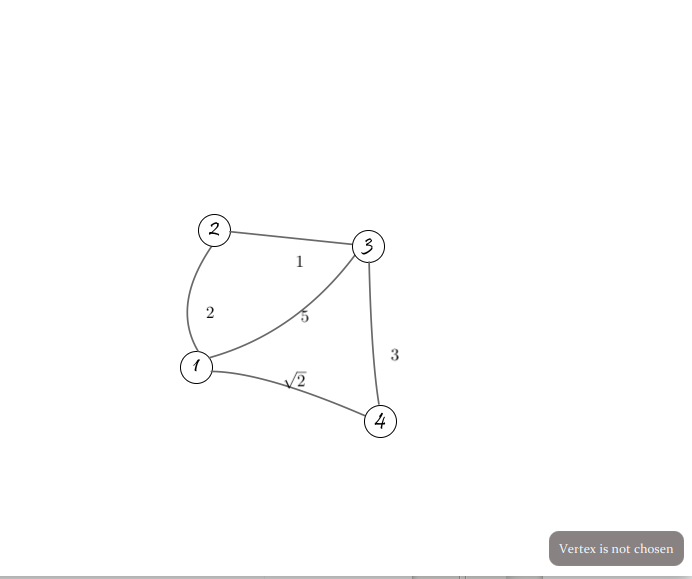
 *Рисунок 14. Панель Tools*

1. Возможность загрузить ранее сохраненную с помощью программы модель графа.

Модель графа можно загрузить с помощью кнопки Open на панели Tools (рис. 14)

1. Должны быть реализованы всплывающие подсказки в случае некорректных действий пользователя.

Пример на рис.15.



*Рисунок 15. Не выбрана стартовая вершина для функции на путях*

# **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Лист регистрации изменений | | | | | | | | | |
| Номера листов (страниц) | | | | | Всего листов (страниц в докум.) | № документа | Входящий № сопроводительного докум. и дата | Подп. | Дата |
| Изм. | Измененных | Замененных | Новых | Аннулированых |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# 