**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО  Старший преподаватель департамента программной инженерии факультета компьютерных наук  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. И. Переплетчиков «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г. | УТВЕРЖДАЮ  Академический руководитель образовательной программы «Программная инженерия» профессор департамента программной инженерии, канд. техн. наук  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. В. Шилов «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г. |

|  |  |
| --- | --- |
| ***Подп. и дата*** |  |
| ***Инв. № дубл.*** |  |
| ***Взам. инв. №*** |  |
| ***Подп. и дата*** |  |
| ***Инв. № подл*** | RU.17701729.04.01-01 34 01-1-ЛУ |

**ПРОГРАММА-РАСШИРЕНИЕ MICROSOFT VISIO ДЛЯ ИМПОРТА ГРАФОВ В ФОРМАТЕ DOT**

**Руководство оператора**

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

**RU.17701729.04.01-01 34 01-1-ЛУ**

Исполнитель  
студент группы БПИ173  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Переплетчиков А. И. /  
«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г.

**Москва 2019**

УТВЕРЖДЕНRU.17701729.04.01-01 34 01-1-ЛУ

|  |  |
| --- | --- |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № дубл. |  |
| Взам. инв. № |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл | RU.17701729.04.01-01 51 01-1 |

**ПРОГРАММА-РАСШИРЕНИЕ MICROSOFT VISIO ДЛЯ ИМПОРТА ГРАФОВ В ФОРМАТЕ DOT**

**Руководство оператора**

**RU.17701729.04.01-01 34 01-1**

**Листов 10**

**Москва 2019**

**Содержание**

[**1. Назначение и область применения** 3](#_Toc451347381)

[**1.1. Назначение программы** 3](#_Toc451347382)

[**1.1.1. Функциональное назначение** 3](#_Toc451347383)

[**1.1.2. Эксплуатационное назначение** 3](#_Toc451347384)

[**1.2. Состав функций программы** 3](#_Toc451347385)

[**2. Условия выполнения программы** 4](#_Toc451347386)

[**2.1. Требования к составу и параметру технических средств** 4](#_Toc451347387)

[**2.2. Требования к информационной и программной совместимости** 4](#_Toc451347388)

[**2.3. Требования к квалификации пользователя** 4](#_Toc451347389)

[**3. Выполнение программы** 5](#_Toc451347390)

[**3.1. Запуск программы** 5](#_Toc451347391)

[**3.2. Ввод входных данных для решения дифференциального уравнения** 5](#_Toc451347392)

[**3.3. Решение дифференциального уравнения** 7](#_Toc451347393)

[**3.4. Прерывание процесса решения дифференциального уравнения** 9](#_Toc451347394)

[**3.5. Сообщения программы об ошибках** 10](#_Toc451347395)

# **1. Назначение и область применения**

## **1.1. Назначение программы**

«Программа нейросетевого решения дифференциальных уравнений в частных производных» может применяться для решения дифференциальных уравнений, представляющих собой в левой части полиномы из искомой функции, ее производных, коэффициентов, свободной функции, с заданными граничными условиями, с помощью аппроксимации искомой функции, используя нейронную сеть.

### **1.1.1. Функциональное назначение**

Программа может применяться для решения дифференциальных уравнений, представляющих собой в левой части полиномы из искомой функции, ее производных, коэффициентов, свободной функции, с заданными граничными условиями, с помощью аппроксимации искомой функции, используя нейронную сеть. У пользователя есть возможность ввести данные об уравнении, выбрать параметры нейронной сети и ее обучения, посмотреть визуализированный результат.

### **1.1.2. Эксплуатационное назначение**

Программа может использоваться для решения дифференциальных уравнений в частных производных, а также для демонстрации и исследования нейросетевого способа решения дифференциальных уравнений в частных производных, оценки качества, точности и быстродействия данного способа, в том числе, в учебных и научных целях.

## **1.2. Состав функций программы**

Программа обеспечивает возможность выполнения следующих функций:

1. задание дифференциального уравнения для решения, границ области, на которой дифференциальное уравнение решается, и граничных условий;
2. настройка параметров нейронной сети и ее обучения: количество нейронов в слоях нейронной сети, количество итераций обучения, шаг градиентного спуска;
3. решение заданного дифференциального уравнения нейросетевым способом (с помощью аппроксимации искомой функции, используя нейронную сеть);
4. вывод визуализированных результатов решения дифференциального уравнения в форме значений искомой функции на заданной области;
5. прерывание процесса решения дифференциального уравнения во время его выполнения;
6. решение нового дифференциального уравнения без перезапуска программы.

# **2. Условия выполнения программы**

## **2.1. Требования к составу и параметру технических средств**

Для нормального функционирования программы требуется компьютер, оснащенный следующими техническими компонентами:

1. процессор не ниже Intel Pentium/Celeron, AMD K6/Athlon/Duron или совместимый с ними с тактовой частотой не ниже 1 ГГц;
2. 512 Мб ОЗУ или более;
3. жесткий диск с объемом свободной памяти не менее 100 Мб;
4. VGA-совместимые видеоадаптер и монитор с разрешением не ниже 1280х800;
5. клавиатура и мышь.

## **2.2. Требования к информационной и программной совместимости**

Для нормального функционирования программы требуется компьютер, оснащенный следующими программными компонентами:

1. операционная система Microsoft Windows XP (SP2, SP3) / Vista / 7 / 8 / 8.1 / 10;
2. библиотека Microsoft .NET Framework 4.5 и выше.

## **2.3. Требования к квалификации пользователя**

Требуемая квалификация пользователя программы – оператор ЭВМ с базовыми знаниями в области дифференциальных уравнений и нейронных сетей.

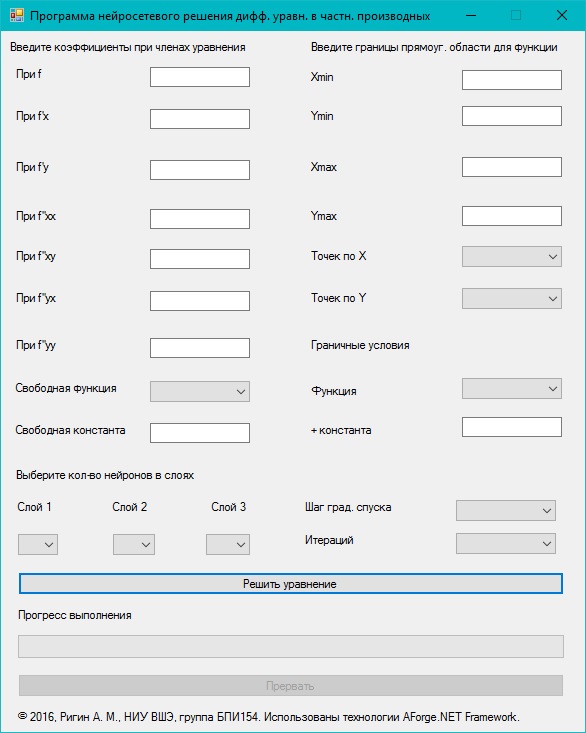
# **3. Выполнение программы**

## **3.1. Запуск программы**

Программа поставляется пользователю на электронном носителе информации в виде исполняемого exe-файла программы и набора dll-файлов с необходимыми для ее работы библиотеками классов.

Программа сразу готова к запуску, ее установка не требуется.

Чтобы запустить программу, необходимо запустить ее exe-файл. В результате на экране появится главное окно программы.



*Рис. 1. Главное окно программы сразу после ее запуска*

## **3.2. Ввод входных данных для решения дифференциального уравнения**

Ввод входных данных для решения дифференциального уравнения осуществляется через ввод соответствующих значений в соответствующие текстовые поля и выбор соответствующих элементов из соответствующих выпадающих списков в главном окне программы.

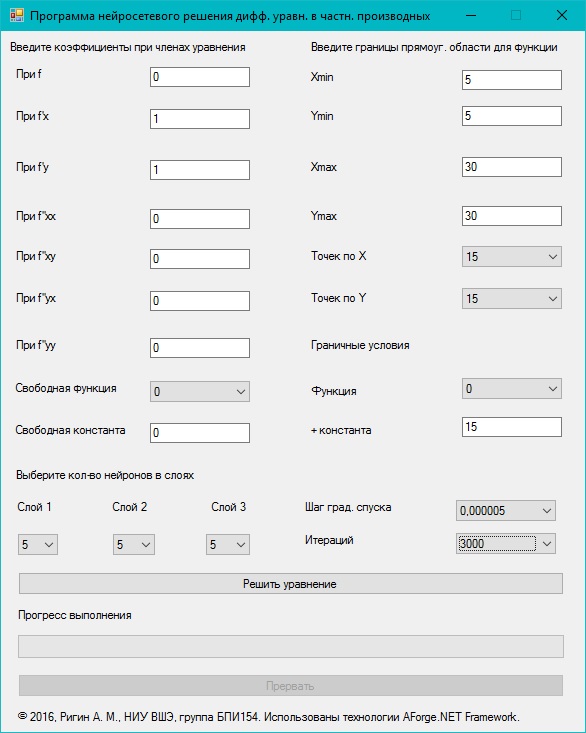
Решаемое программой дифференциальное уравнение  
в частных производных должно иметь вид  
A \* f’’xx + B \* f’’xy + C \* f’’yx + D \* f’’yy + E \* f’x + F \* f’y + G \* f + g(x, y) + H = 0,  
где f – искомая функция, A, B, …, G – коэффициенты при соответствующих членах уравнения, g(x, y) – свободная функция, H – свободная константа. Коэффициенты A, B, …, G, свободная функция g(x, y) и свободная константа H задаются пользователем в соответствующих текстовых полях и выпадающем списке в левой верхней части главного окна программы под надписью «Введите коэффициенты при членах уравнения».

Область для решения дифференциального уравнения должна иметь прямоугольный вид. Левая граница области задается в текстовом поле напротив надписи «Xmin», верхняя – напротив надписи «Ymin», правая – напротив надписи «Xmax», нижняя – напротив надписи «Ymax». Количество точек по X и по Y для аппроксимации искомой функции нейросетью задаются ниже в соответствующих выпадающих списках.

Граничные условия дифференциального уравнения в частных производных должны иметь вид f = b(x, y) + bConst, где f – искомая функция, b(x, y) – функция граничных условий, bConst – прибавляемая к функции граничных условий константа граничных условий. Функция граничных условий b(x, y) и константа граничных условий bConst задаются в соответствующих выпадающем списке и текстовом поле в правой части главного окна программы под надписью «Граничные условия».

Нейронная сеть, с помощью которой программа аппроксимирует искомую функцию, представляет собой четырехслойный персептрон. Четвертый слой состоит из одного нейрона. Количества нейронов в каждом из трех внутренних слоев задаются в соответствующих выпадающих списках в левой части главного окна программы под надписью «Выберите кол-во нейронов в слоях».

Обучение нейросети происходит определенное количество итераций. На каждой из итераций из значения каждого весового коэффициента отнимается сумма производных дифференциального уравнения и граничных условий по нему по всем точкам для обучения в заданной для решения уравнения области, умноженная на коэффициент gradStep, который можно условно назвать шагом градиентного спуска. Шаг градиентного спуска gradStep и количество итераций для обучения нейросети задаются в соответствующих выпадающих списках в правой части главного окна программы.

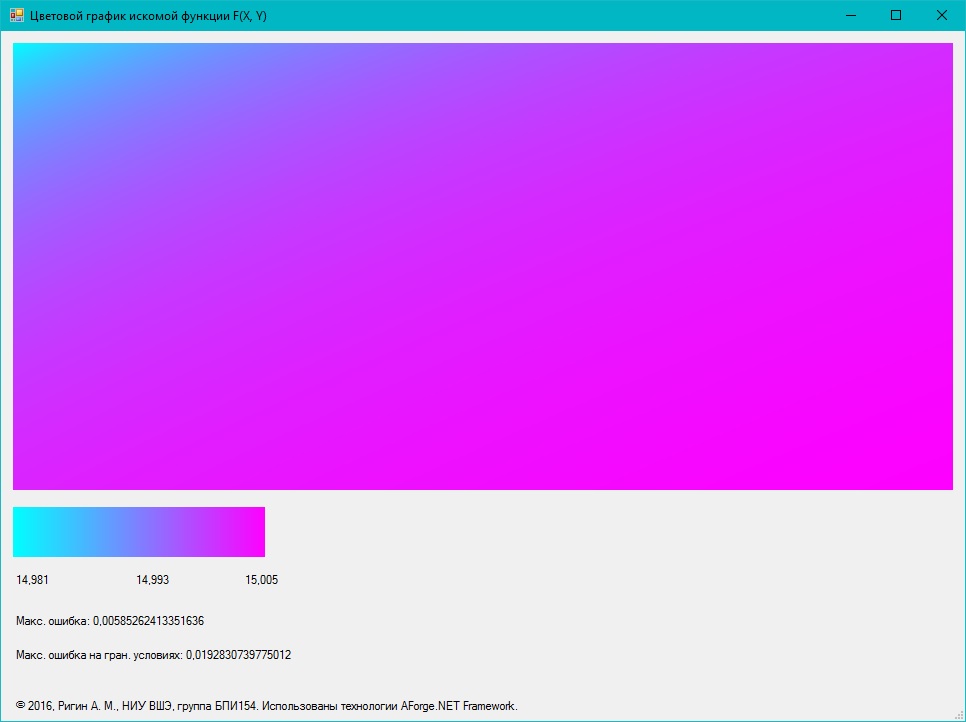


*Рис. 2. Пример введённых в главное окно входных данных для решения дифференциального уравнения f’x + f’y = 0 с граничными условиями f = 15*

## **3.3. Решение дифференциального уравнения**

После того, как все необходимые входные данные введены в программу, можно запустить процесс решения дифференциального уравнения. Для этого необходимо нажать кнопку «Решить уравнение» в нижней части главного окна программы.

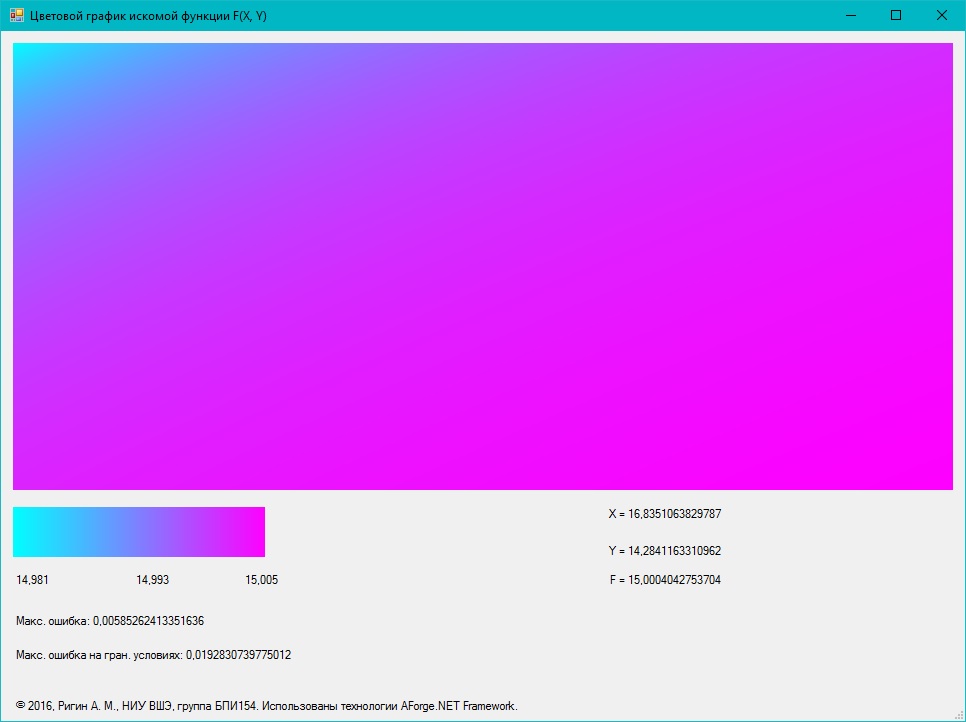
После выполнения процесса решения уравнения будет получено окно с цветовым графиком искомой функции, что и является результатом:



*Рис. 3. Окно с результатами решения дифференциального уравнения f’x + f’y = 0 с граничными условиями f = 15*

В левом верхнем углу окна с результатами отображаются цветовая палитра и максимальные значения ошибок нейросети по уравнению и по граничным условиям.

На цветовом графике искомой функции можно навести курсор мыши на любую точку графика, при этом в нижнем правом углу отобразятся координаты выбранной точки и значение искомой функции в ней.

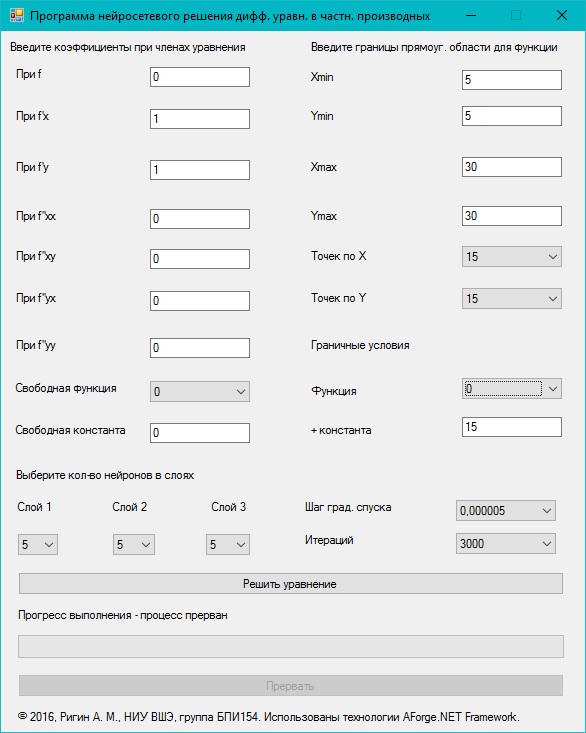


*Рис. 4. Окно с результатами решения дифференциального уравнения f’x + f’y = 0 с граничными условиями f = 15 с отображением в правом нижнем углу данных о точке, на которую наведен курсор мыши*

Окно с результатами решения можно закрыть, после чего можно выполнить решение нового дифференциального уравнения без перезапуска программы.

## **3.4. Прерывание процесса решения дифференциального уравнения**

Процесс решения дифференциального уравнения можно прервать, если он еще не был завершен. Для этого во время выполнения процесса решения необходимо нажать кнопку «Прервать» в нижней части главного окна программы.

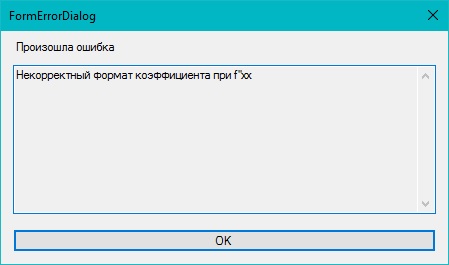


*Рис. 5. Главное окно программы после нажатия кнопки «Прервать»*

После прерывания процесса решения дифференциального уравнения можно решить новое дифференциальное уравнение без перезапуска программы.

## **3.5. Сообщения программы об ошибках**

В случае ввода некорректных входных данных в главное окно программы при попытке решить дифференциальное уравнение программа выведет на экран сообщение об ошибке в диалоговом окне FormErrorDialog. При такой ситуации необходимо ознакомиться с сообщением об ошибке, нажать кнопку «ОК» в данном диалоговом окне, исправить некорректно введенные в главное окно программы входные данные и повторить попытку решить дифференциальное уравнение.



*Рис. 6. Пример сообщения программы об ошибке при некорректно введенном коэффициенте при f’’xx*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Лист регистрации изменений | | | | | | | | | |
| Изм. | Номера листов | | | | Всего листов (страниц) в документе | № документа | Входя- щий № сопро- водит. докум. и дата | Под- пись | Дата |
| изменен- ных | заменен- ных | новых | аннулиро- ванных |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |