

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»
(Самарский университет)

ОТЧЕТ ПО
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 4

**«Классы математических функций,
ввод-вывод, сериализация»**

по курсу
Объектно-ориентированное программирование

Выполнила: Егорова-Екимкова Яна,
студент группы 6203-010302D

Оглавление

Задание №1

Для задания 1 добавляю в классы `ArrayTabulatedFunction` и `LinkedListTabulatedFunction` конструкторы, которые получают все точки функции в виде массива.

```
public LinkedListTabulatedFunction(FunctionPoint[] points){ no usages  Егорова-Екимкова Яна *
    if(points.length < 2){
        throw new IllegalArgumentException("Points count must be more than two");
    }
    for (int i = points.length - 1; i > 0; i--){
        if (points[i].getX() < points[i-1].getX() - EPSILON){
            throw new IllegalArgumentException("Points must be in order");
        }
    }
    this.pointsCount = points.length;
    this.head = new FunctionNode(new FunctionPoint(x: 0, y: 0));
    head.next = head;
    head.prev = head;

    FunctionNode current = head;
    for (int i = 0; i < points.length; i++) {
        addNodeToTail(new FunctionPoint(points[i]));
    }

    this.lastIndex = 0;
    this.lastNode = head.next;
}
```

Рисунок 1

```
public ArrayTabulatedFunction(FunctionPoint[] points){ 3 usages  Егорова-Екимкова Яна
    if(points.length < 2){
        throw new IllegalArgumentException("Points count must be more than two");
    }
    for (int i = points.length - 1; i > 0; i--){
        if (points[i].getX() < points[i-1].getX() - EPSILON){
            throw new IllegalArgumentException("Points must be in order");
        }
    }
    this.pointsCount = points.length;
    this.array = new FunctionPoint[pointsCount];

    System.arraycopy(points, srcPos: 0, this.array, destPos: 0, pointsCount);
}
```

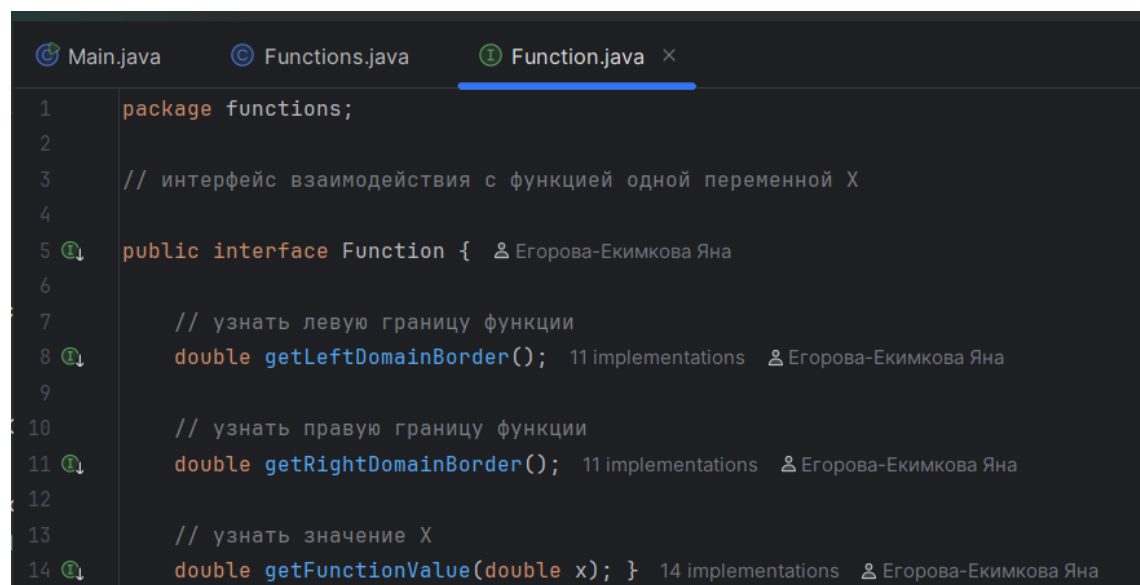
Рисунок 2

Задание №2

Задание 2 требовало создать в пакете functions интерфейс Function и описать методы:

- `public double getLeftDomainBorder()` – возвращает значение левой границы области определения функции;
- `public double getRightDomainBorder()` – возвращает значение правой границы области определения функции;
- `public double getFunctionValue(double x)` – возвращает значение функции в заданной точке

Рисунок 3
Затем необходимо было удалить описанные выше методы из интерфейса TabulatedFunction.



```
1 package functions;
2
3 // интерфейс взаимодействия с функцией одной переменной X
4
5 public interface Function {
6
7     // узнать левую границу функции
8     double getLeftDomainBorder(); 11 implementations
9
10    // узнать правую границу функции
11    double getRightDomainBorder(); 11 implementations
12
13    // узнать значение X
14    double getFunctionValue(double x); 14 implementations
15 }
```

Рисунок 3

Задание №3

По заданию необходимо создать пакет functions.basic с описанными классами аналитически заданных функций:

- экспонента
- логарифм
- синус
- косинус
- тангенс

А также отдельный интерфейс для работы с тригонометрическими функциями.

```

package functions.basic;

import functions.Function;

public class Exp implements Function { 2 usages  Егорова-Екимкова Яна
    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getLeftDomainBorder() { return Double.POSITIVE_INFINITY; }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getRightDomainBorder() { return Double.NEGATIVE_INFINITY; }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getFunctionValue(double x) { return Math.exp(x); }
}

```

Рисунок 4

```

package functions.basic;

import functions.Function;

public class Log implements Function { 2 usages  Егорова-Екимкова Яна
    double base; 2 usages

    public Log(double base) { 2 usages  Егорова-Екимкова Яна
        if (base < 0) throw new IllegalArgumentException("Log base is incorrect");
        this.base = base;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getLeftDomainBorder() { return 0; }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getRightDomainBorder() { return Double.POSITIVE_INFINITY; }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x <= 0) return Double.NaN;

        return Math.log(x) / Math.log(base);
    }
}

```

Рисунок 5

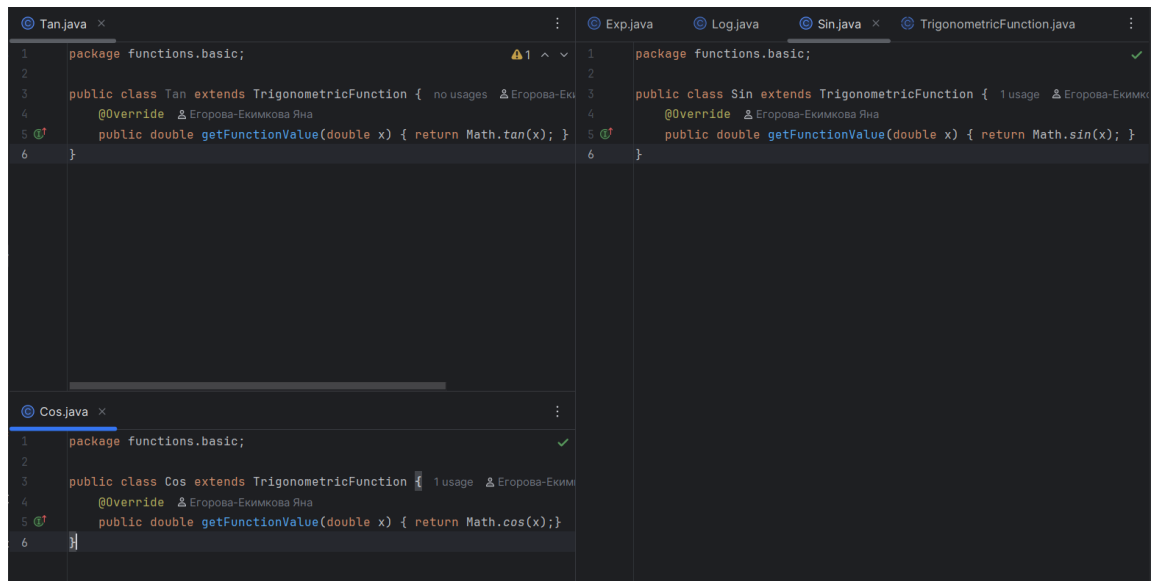


Рисунок 6

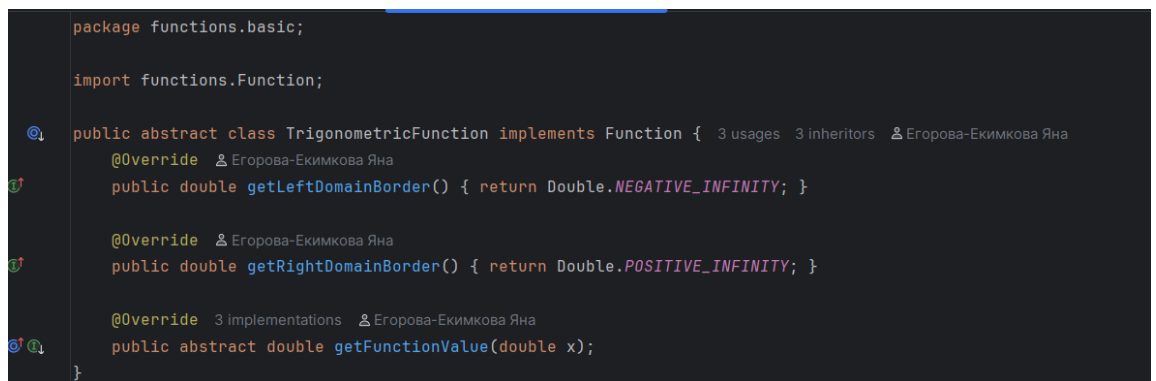


Рисунок 7

Задание №4

Для этого задания создаю пакет functions.meta для комбинированных функций и описываю классы:

- Сумма
- Умножение
- Возведение в степень
- Масштабирование
- Сдвиг
- Композиция

```

Composition.java  Power.java  Shift.java  Sum.java x
1  package functions.meta;
2
3  import functions.Function;
4
5  public class Sum implements Function { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
6
7      private Function func1; 4 usages
8      private Function func2; 4 usages
9
10     public Sum(Function func1, Function func2) { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
11         if (func1 == null || func2 == null) throw new IllegalArgumentException("Functions must exist");
12         this.func1 = func1;
13         this.func2 = func2;
14     }
15
16     @Override  Егорова-Екимкова Яна
17     public double getRightDomainBorder() { return Math.min(func1.getRightDomainBorder(), func2.getRightDomainBorder()); }
18
19     @Override  Егорова-Екимкова Яна
20     public double getLeftDomainBorder() { return Math.max(func1.getLeftDomainBorder(), func2.getLeftDomainBorder()); }
21
22     @Override  Егорова-Екимкова Яна
23     public double getFunctionValue(double x) {
24         if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) return Double.NaN;
25         return func1.getFunctionValue(x) + func2.getFunctionValue(x);
26     }
27 }

```

Рисунок 8

```

package functions.meta;

import functions.Function;

public class Mult implements Function { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
    private Function func1; 4 usages
    private Function func2; 4 usages

    public Mult(Function func1, Function func2) { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
        if (func1 == null || func2 == null) throw new IllegalArgumentException("Functions must exist");
        this.func1 = func1;
        this.func2 = func2;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getLeftDomainBorder() { return Math.max(func1.getLeftDomainBorder(), func2.getLeftDomainBorder()); }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getRightDomainBorder() { return Math.min(func1.getRightDomainBorder(), func2.getRightDomainBorder()); }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) return Double.NaN;
        return func1.getFunctionValue(x) * func2.getFunctionValue(x);
    }
}

```

Рисунок 9

```

package functions.meta;

import functions.Function;

public class Power implements Function { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
    private Function func; 4 usages
    private double pow; 2 usages

    public Power(Function func, double pow) { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
        if(func == null) throw new IllegalArgumentException("Function must exist");
        this.func = func;
        this.pow = pow;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getRightDomainBorder() { return func.getRightDomainBorder(); }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getLeftDomainBorder() { return func.getLeftDomainBorder(); }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) return Double.NaN;
        return Math.pow(func.getFunctionValue(x), pow);
    }
}

```

Рисунок 10

```

package functions.meta;

import functions.Function;

public class Scale implements Function { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
    private Function func; 6 usages
    private double scaleX; 10 usages
    private double scaleY; 2 usages

    public Scale(Function func, double scaleX, double scaleY) { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
        if(func == null) throw new IllegalArgumentException("Function must exist");
        this.func = func;
        this.scaleX = scaleX;
        this.scaleY = scaleY;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getLeftDomainBorder() {
        if(scaleX > 0) return func.getLeftDomainBorder()/scaleX;
        else if (scaleX < 0) return func.getRightDomainBorder()/scaleX;
        else return Double.NEGATIVE_INFINITY;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getRightDomainBorder() {
        if(scaleX > 0) return func.getRightDomainBorder()/scaleX;
        else if (scaleX < 0) return func.getLeftDomainBorder()/scaleX;
        else return Double.POSITIVE_INFINITY;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) return Double.NaN;
        return func.getFunctionValue(x * scaleX) * scaleY;
    }
}

```

Рисунок 11


```

package functions.meta;

import functions.Function;

public class Shift implements Function { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
    private Function func; 4 usages
    private double shiftX; 4 usages
    private double shiftY; 2 usages

    public Shift(Function func, double shiftX, double shiftY) { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
        if(func == null) throw new IllegalArgumentException("Function must exist");
        this.func = func;
        this.shiftX = shiftX;
        this.shiftY = shiftY;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getRightDomainBorder() { return func.getRightDomainBorder() + shiftX; }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getLeftDomainBorder() { return func.getLeftDomainBorder() + shiftX; }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) return Double.NaN;
        return func.getFunctionValue(x - shiftX) + shiftY;
    }
}

```

Рисунок 12

```

package functions.meta;

import functions.Function;

public class Composition implements Function { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
    private Function funcIn; 4 usages
    private Function funcOut; 2 usages

    public Composition(Function funcIn, Function funcOut) { 1 usage  Егорова-Екимкова Яна
        if (funcIn == null || funcOut == null) throw new IllegalArgumentException("Functions must exist");
        this.funcIn = funcIn;
        this.funcOut = funcOut;
    }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getRightDomainBorder() { return funcIn.getRightDomainBorder(); }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getLeftDomainBorder() { return funcIn.getLeftDomainBorder(); }

    @Override  Егорова-Екимкова Яна
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) return Double.NaN;
        return funcOut.getFunctionValue(funcIn.getFunctionValue(x));
    }
}

```

Рисунок 13

Задание №5

Для этого задания в пакете functions создаю интерфейс Functions для работы с функциями.

```
package functions;
import Functions.meta.*;

/*
 * вспомогательный класс, необходимый для проведения математических операций с различными видами функций и создания комбинированных функций,
 * не предусматривающий создание объектов типа данного класса
 */

public class Functions { 7 usages  Egorova-Ekimkova Yana
    private Functions(){} no usages  Egorova-Ekimkova Yana
    // для того, чтобы возможности создания объекта вне класса не возникло, ограничиваем модификатор доступа конструктора на private

    // доступные математические операции

    // сумма функций
    public static Function sum(Function func1, Function func2) { return new Sum(func1, func2); } 2 usages  Egorova-Ekimkova Yana

    // умножение функций
    public static Function mult(Function func1, Function func2) { return new Mult(func1, func2); } no usages  Egorova-Ekimkova Yana

    // возведение функции в степень
    public static Function power(Function func, double power) { return new Power(func, power); } 4 usages  Egorova-Ekimkova Yana

    // масштабирование вдоль осей XoY
    public static Function scale(Function func, double scaleX, double scaleY) { return new Scale(func, scaleX, scaleY); } no usages  Egorova-Ekimkova Yana

    // сдвиг осей XoY
    public static Function shift(Function func, double shiftX, double shiftY) { return new Shift(func, shiftX, shiftY); } no usages  Egorova-Ekimkova Yana

    // композиция двух функций
    public static Function composition(Function func1, Function func2) { return new Composition(func1, func2); } 1 usage  Egorova-Ekimkova Yana
}
```

Рисунок 14

Задание №6

В пакете functions создала класс TabulatedFunctions для работы с табулированными функциями.

```
package functions;

import java.io.*;

public class TabulatedFunctions { 11 usages  Egorova-Ekimkova Yana *

    private TabulatedFunctions(){}; // приватный конструктор для исключения возможности создания объекта данного класса

    public static TabulatedFunction tabulate(Function func, double leftX, double rightX, int pointsCount){ 7 usages
        if (func == null) throw new IllegalArgumentException("Function must exist");
        if (leftX > rightX) throw new IllegalArgumentException("Left border must be less than right border");
        if (pointsCount < 2) throw new IllegalArgumentException("Points count must be more than 2");

        FunctionPoint point[] = new FunctionPoint[pointsCount];
        double step = (rightX - leftX) / (pointsCount - 1);
        for (int i = 0; i < pointsCount; i++){
            double x = leftX + i*step;
            double y = func.getFunctionValue(x);
            point[i] = new FunctionPoint(x,y);
        }
        return new ArrayTabulatedFunction(point);
    }
}
```

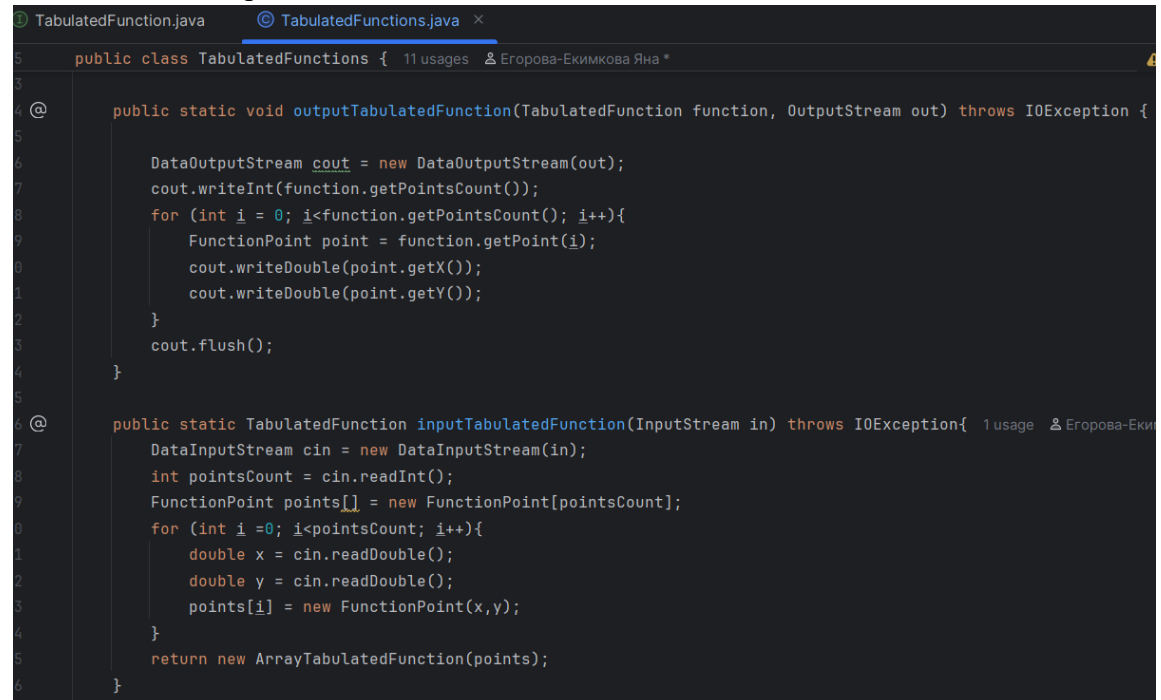
Рисунок 15

Задание №7

В классе `TabulatedFunctions` были реализованы дополнительные методы для работы с потоками ввода-вывода.

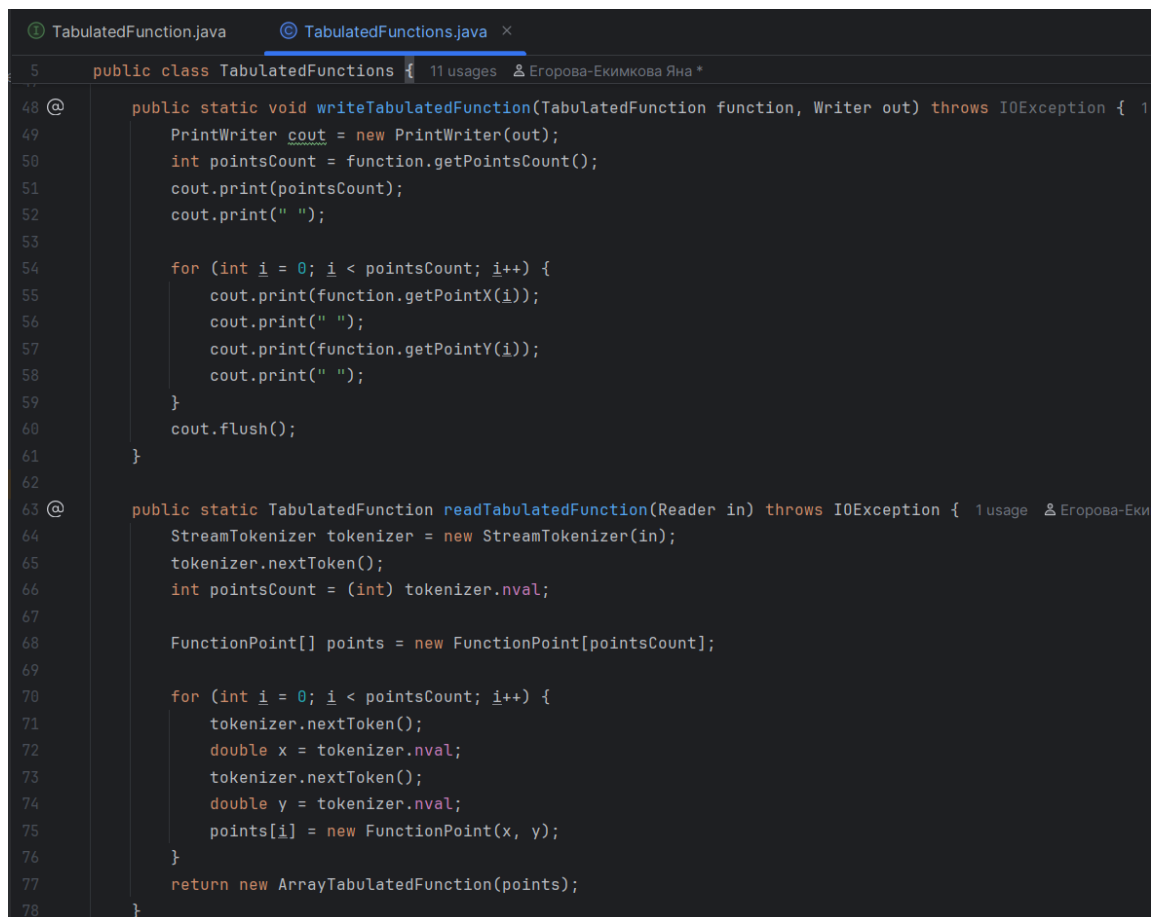
Все методы объявлены с `throws IOException`, передавая обработку исключений вызывающему коду. Такое решение позволяет внешнему коду самостоятельно управлять реакцией на ошибки ввода-вывода.

Потоки не закрываются внутри методов, чтобы не нарушать их возможное дальнейшее использование. Управление ресурсами оставлено на усмотрение вызывающей стороны.



```
1 public class TabulatedFunctions { 11 usages  Егорова-Екимкова Яна *
2
3
4 @
5     public static void outputTabulatedFunction(TabulatedFunction function, OutputStream out) throws IOException {
6
7         DataOutputStream cout = new DataOutputStream(out);
8         cout.writeInt(function.getPointsCount());
9         for (int i = 0; i < function.getPointsCount(); i++) {
10             FunctionPoint point = function.getPoint(i);
11             cout.writeDouble(point.getX());
12             cout.writeDouble(point.getY());
13         }
14         cout.flush();
15     }
16
17 @
18     public static TabulatedFunction inputTabulatedFunction(InputStream in) throws IOException { 1 usage  Егорова-Еки
19
20         DataInputStream cin = new DataInputStream(in);
21         int pointsCount = cin.readInt();
22         FunctionPoint points[] = new FunctionPoint[pointsCount];
23         for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
24             double x = cin.readDouble();
25             double y = cin.readDouble();
26             points[i] = new FunctionPoint(x, y);
27         }
28         return new ArrayTabulatedFunction(points);
29     }
30 }
```

Рисунок 16



```
5 public class TabulatedFunctions { 11 usages Егорова-Екимкова Яна *
48 @ public static void writeTabulatedFunction(TabulatedFunction function, Writer out) throws IOException { 1
49     PrintWriter cout = new PrintWriter(out);
50     int pointsCount = function.getPointsCount();
51     cout.print(pointsCount);
52     cout.print(" ");
53
54     for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
55         cout.print(function.getPointX(i));
56         cout.print(" ");
57         cout.print(function.getPointY(i));
58         cout.print(" ");
59     }
60     cout.flush();
61 }
62
63 @ public static TabulatedFunction readTabulatedFunction(Reader in) throws IOException { 1 usage Егорова-Еки
64     StreamTokenizer tokenizer = new StreamTokenizer(in);
65     tokenizer.nextToken();
66     int pointsCount = (int) tokenizer.nval;
67
68     FunctionPoint[] points = new FunctionPoint[pointsCount];
69
70     for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
71         tokenizer.nextToken();
72         double x = tokenizer.nval;
73         tokenizer.nextToken();
74         double y = tokenizer.nval;
75         points[i] = new FunctionPoint(x, y);
76     }
77     return new ArrayTabulatedFunction(points);
78 }
```

Рисунок 17

Задание №8

Проверяю работу описанных ранее классов.

Синус и косинус.

$\sin(x)$ от 0 до π :

$\sin(0,0) = 0,000000$

$\sin(0,1) = 0,099833$

$\sin(0,2) = 0,198669$

$\sin(0,3) = 0,295520$

$\sin(0,4) = 0,389418$

$\sin(0,5) = 0,479426$

$\sin(0,6) = 0,564642$

$\sin(0,7) = 0,644218$

$\sin(0,8) = 0,717356$

$\sin(0,9) = 0,783327$

$\sin(1,0) = 0,841471$

$\sin(1,1) = 0,891207$

$\sin(1,2) = 0,932039$

$\sin(1,3) = 0,963558$

$\sin(1,4) = 0,985450$

$\sin(1,5) = 0,997495$

$\sin(1,6) = 0,999574$

$\sin(1,7) = 0,991665$

$\sin(1,8) = 0,973848$

$\sin(1,9) = 0,946300$

$\sin(2,0) = 0,909297$

$\sin(2,1) = 0,863209$

$\sin(2,2) = 0,808496$

$\sin(2,3) = 0,745705$

$\sin(2,4) = 0,675463$

$\sin(2,5) = 0,598472$

$\sin(2,6) = 0,515501$

$\sin(2,7) = 0,427380$

$\sin(2,8) = 0,334988$

$\sin(2,9) = 0,239249$

$\sin(3,0) = 0,141120$

$\sin(3,1) = 0,041581$

Рисунок 18

```
cos(x) от 0 до π:  
cos(0,0) = 1,000000  
cos(0,1) = 0,995004  
cos(0,2) = 0,980067  
cos(0,3) = 0,955336  
cos(0,4) = 0,921061  
cos(0,5) = 0,877583  
cos(0,6) = 0,825336  
cos(0,7) = 0,764842  
cos(0,8) = 0,696707  
cos(0,9) = 0,621610  
cos(1,0) = 0,540302  
cos(1,1) = 0,453596  
cos(1,2) = 0,362358  
cos(1,3) = 0,267499  
cos(1,4) = 0,169967  
cos(1,5) = 0,070737  
cos(1,6) = -0,029200  
cos(1,7) = -0,128844  
cos(1,8) = -0,227202  
cos(1,9) = -0,323290  
cos(2,0) = -0,416147  
cos(2,1) = -0,504846  
cos(2,2) = -0,588501  
cos(2,3) = -0,666276  
cos(2,4) = -0,737394  
cos(2,5) = -0,801144  
cos(2,6) = -0,856889  
cos(2,7) = -0,904072  
cos(2,8) = -0,942222  
cos(2,9) = -0,970958  
cos(3,0) = -0,989992  
cos(3,1) = -0,999135
```

Табулированные синус и косинус, сравнение с оригиналами.

Сравнение точных и табулированных значений:

```
x=0,0: sin=0,000000(tab=0,000000) cos=1,000000(tab=1,000000)
x=0,1: sin=0,099833(tab=0,097982) cos=0,995004(tab=0,982723)
x=0,2: sin=0,198669(tab=0,195963) cos=0,980067(tab=0,965446)
x=0,3: sin=0,295520(tab=0,293945) cos=0,955336(tab=0,948170)
x=0,4: sin=0,389418(tab=0,385907) cos=0,921061(tab=0,914355)
x=0,5: sin=0,479426(tab=0,472070) cos=0,877583(tab=0,864608)
x=0,6: sin=0,564642(tab=0,558234) cos=0,825336(tab=0,814862)
x=0,7: sin=0,644218(tab=0,643982) cos=0,764842(tab=0,764620)
x=0,8: sin=0,717356(tab=0,707935) cos=0,696707(tab=0,688404)
x=0,9: sin=0,783327(tab=0,771888) cos=0,621610(tab=0,612188)
x=1,0: sin=0,841471(tab=0,835841) cos=0,540302(tab=0,535972)
x=1,1: sin=0,891207(tab=0,883993) cos=0,453596(tab=0,450633)
x=1,2: sin=0,932039(tab=0,918022) cos=0,362358(tab=0,357141)
x=1,3: sin=0,963558(tab=0,952051) cos=0,267499(tab=0,263648)
x=1,4: sin=0,985450(tab=0,984808) cos=0,169967(tab=0,169931)
x=1,5: sin=0,997495(tab=0,984808) cos=0,070737(tab=0,070437)
x=1,6: sin=0,999574(tab=0,984808) cos=-0,029200(tab=-0,029056)
x=1,7: sin=0,991665(tab=0,984808) cos=-0,128844(tab=-0,128549)
x=1,8: sin=0,973848(tab=0,966204) cos=-0,227202(tab=-0,224761)
x=1,9: sin=0,946300(tab=0,932175) cos=-0,323290(tab=-0,318254)
x=2,0: sin=0,909297(tab=0,898147) cos=-0,416147(tab=-0,411747)
x=2,1: sin=0,863209(tab=0,862441) cos=-0,504846(tab=-0,504272)
x=2,2: sin=0,808496(tab=0,798488) cos=-0,588501(tab=-0,580488)
x=2,3: sin=0,745705(tab=0,734535) cos=-0,666276(tab=-0,656704)
x=2,4: sin=0,675463(tab=0,670582) cos=-0,737394(tab=-0,732920)
x=2,5: sin=0,598472(tab=0,594072) cos=-0,801144(tab=-0,794171)
x=2,6: sin=0,515501(tab=0,507908) cos=-0,856889(tab=-0,843917)
x=2,7: sin=0,427380(tab=0,421745) cos=-0,904072(tab=-0,893664)
x=2,8: sin=0,334988(tab=0,334698) cos=-0,942222(tab=-0,940984)
x=2,9: sin=0,239249(tab=0,236716) cos=-0,970958(tab=-0,958261)
x=3,0: sin=0,141120(tab=0,138735) cos=-0,989992(tab=-0,975537)
x=3,1: sin=0,041581(tab=0,040753) cos=-0,999135(tab=-0,992814)
```

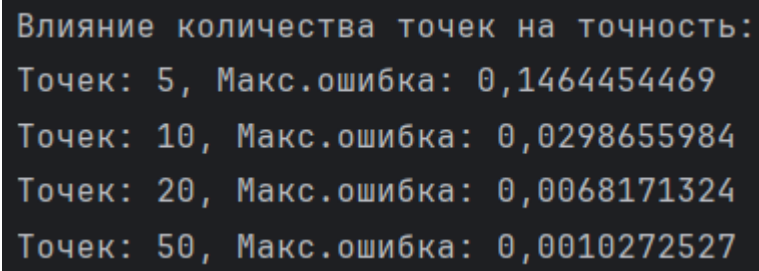
$$\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$$

Сумма квадратов $\sin^2 + \cos^2$:

```
x=0,0: 1,00000000
x=0,1: 0,97534529
x=0,2: 0,97048832
x=0,3: 0,98542910
x=0,4: 0,98496848
x=0,5: 0,97039758
x=0,6: 0,97562443
x=0,7: 0,99935789
x=0,8: 0,97507306
x=0,9: 0,97058598
x=1,0: 0,98589664
x=1,1: 0,98451477
x=1,2: 0,97031375
x=1,3: 0,97591048
x=1,4: 0,99872269
x=1,5: 0,97480774
x=1,6: 0,97069054
x=1,7: 0,98637108
x=1,8: 0,98406796
x=1,9: 0,97023683
x=2,0: 0,97620344
x=2,1: 0,99809440
x=2,2: 0,97454934
x=2,3: 0,97080201
x=2,4: 0,98685244
x=2,5: 0,98362807
x=2,6: 0,97016682
x=2,7: 0,97650331
x=2,8: 0,99747303
x=2,9: 0,97429784
x=3,0: 0,97092040
x=3,1: 0,98734070
```

Рисунок 21

Различное количество точек.



Влияние количества точек на точность:
Точек: 5, Макс.ошибка: 0,1464454469
Точек: 10, Макс.ошибка: 0,0298655984
Точек: 20, Макс.ошибка: 0,0068171324
Точек: 50, Макс.ошибка: 0,0010272527

Рисунок 22

Экспонента, логарифм и работа с файлом, сравнение.

Экспонента - сравнение:

```
x=0,0: 1,000000 (исх.) vs 1,000000 (чит.)  
x=1,0: 2,718282 (исх.) vs 2,718282 (чит.)  
x=2,0: 7,389056 (исх.) vs 7,389056 (чит.)  
x=3,0: 20,085537 (исх.) vs 20,085537 (чит.)  
x=4,0: 54,598150 (исх.) vs 54,598150 (чит.)  
x=5,0: 148,413159 (исх.) vs 148,413159 (чит.)  
x=6,0: 403,428793 (исх.) vs 403,428793 (чит.)  
x=7,0: 1096,633158 (исх.) vs 1096,633158 (чит.)  
x=8,0: 2980,957987 (исх.) vs 2980,957987 (чит.)  
x=9,0: 8103,083928 (исх.) vs 8103,083928 (чит.)  
x=10,0: 22026,465795 (исх.) vs 22026,465795 (чит.)
```

Логарифм - сравнение:

```
x=0,0: NaN (исх.) vs NaN (чит.)  
x=1,0: 0,000000 (исх.) vs 0,000000 (чит.)  
x=2,0: 0,693147 (исх.) vs 0,693147 (чит.)  
x=3,0: 1,098612 (исх.) vs 1,098612 (чит.)  
x=4,0: 1,386294 (исх.) vs 1,386294 (чит.)  
x=5,0: 1,609438 (исх.) vs 1,609438 (чит.)  
x=6,0: 1,791759 (исх.) vs 1,791759 (чит.)  
x=7,0: 1,945910 (исх.) vs 1,945910 (чит.)  
x=8,0: 2,079442 (исх.) vs 2,079442 (чит.)  
x=9,0: 2,197225 (исх.) vs 2,197225 (чит.)  
x=10,0: 2,302585 (исх.) vs 2,302585 (чит.)
```

Рисунок 23

Вывод: Бинарные файлы занимают меньше места и обрабатываются быстрее. Текстовые файлы можно открыть и прочитать в любом редакторе, что удобно для проверки.

Задание №9

Для выполнения задания я ознакомилась с интерфейсами `java.io.Serializable` и `java.io.Externalizable`. `Serializable` автоматически сохраняет и восстанавливает

объекты, что удобно, но может работать медленнее и создавать файлы большего размера.

Externalizable требует ручного написания кода для сериализации, но даёт больше контроля над процессом и позволяет оптимизировать результат.

```
@Override  & Егорова-Екимкова Яна
public void writeExternal(ObjectOutput out) throws IOException {
    out.writeInt(pointsCount);

    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        out.writeDouble(array[i].getX());
        out.writeDouble(array[i].getY());
    }
}

@Override  & Егорова-Екимкова Яна
public void readExternal(ObjectInput in) throws IOException, ClassNotFoundException {
    pointsCount = in.readInt();
    array = new FunctionPoint[pointsCount];

    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        double x = in.readDouble();
        double y = in.readDouble();
        array[i] = new FunctionPoint(x, y);
    }
}
```

Рисунок 24

```

@Override & Егорова-Екимкова Яна
public void writeExternal(ObjectOutput out) throws IOException {
    out.writeInt(pointsCount);
    FunctionNode current = head.next;

    while (current != head) {
        out.writeDouble(current.point.getX());
        out.writeDouble(current.point.getY());
        current = current.next;
    }
}

@Override & Егорова-Екимкова Яна
public void readExternal(ObjectInput in) throws IOException, ClassNotFoundException {
    head.next = head;
    head.prev = head;
    pointsCount = 0;

    int pointsCount = in.readInt();

    for (int i = 0; i < pointsCount; i++)
    {
        double x = in.readDouble();
        double y = in.readDouble();
        addNodeToTail(new FunctionPoint(x, y));
    }
}

```

Рисунок 25

```

public interface TabulatedFunction extends Function, Serializable, Externalizable

```

Рисунок 26

```
Сериализация - сравнение ( $\ln(e^x)=x$ ):  
x=0,0: NaN vs NaN (совп.: false)  
x=1,0: 1,000000 vs 1,000000 (совп.: true)  
x=2,0: 2,000000 vs 2,000000 (совп.: true)  
x=3,0: 3,000000 vs 3,000000 (совп.: true)  
x=4,0: 4,000000 vs 4,000000 (совп.: true)  
x=5,0: 5,000000 vs 5,000000 (совп.: true)  
x=6,0: 6,000000 vs 6,000000 (совп.: true)  
x=7,0: 7,000000 vs 7,000000 (совп.: true)  
x=8,0: 8,000000 vs 8,000000 (совп.: true)  
x=9,0: 9,000000 vs 9,000000 (совп.: true)  
x=10,0: 10,000000 vs 10,000000 (совп.: true)  
Все совпадают: false
```

Рисунок 27