

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика  
С.П. Королева»  
Институт информатики и кибернетики  
Кафедра технической кибернетики

Отчет по лабораторной работе №4

Дисциплина: «ООП»

Тема «Расширить возможности пакета для работы с функциями одной переменной добавив интерфейсы и классы для аналитически заданных функций, а также методы ввода и вывода табулированных функций.»

Выполнил: Зорин Дмитрий  
Сергеевич

Группа: 6201-120303D

Самара, 2025

## Задание на лабораторную работу

### Задание 1

В классах `ArrayTabulatedFunction` и `LinkedListTabulatedFunction` я добавил конструктор, который принимает массив точек `FunctionPoint[]`. Если точек меньше двух или точки не упорядочены, то выбрасывается исключение `IllegalArgumentException`. Пример кода:

```
public LinkedListTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) { 2 usages
    if (points == null) {
        throw new IllegalArgumentException("Массив null");
    }
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Мало точек");
    }

    for (int i = 0; i < points.length - 1; i++) {
        if (points[i].getX() >= points[i + 1].getX()) {
            throw new IllegalArgumentException("Неупорядочены по x");
        }
    }
}
```

### Задание 2

Во 2 задании я создал интерфейс `Function` для описания функции 1 переменной с различными методами:

```
package functions;

public interface Function { 15 implementations
    double getLeftDomainBorder(); 11 implementations
    double getRightDomainBorder(); 11 implementations
    double getFunctionValue(double x); 14 implementations
}
```

Теперь `TabulatedFunction` расширяет `Function`

### Задание 3

В пакете `functions.basic` я описал классы ряда функции

## Экспонента:

```
package functions.basic;

import functions.Function;

public class Exp implements Function { 1 usage

    @Override
    public double getLeftDomainBorder() {
        return -Double.MAX_VALUE; // граница области определения экспоненты
    }

    @Override
    public double getRightDomainBorder() {
        return Double.MAX_VALUE;
    }

    @Override
    public double getFunctionValue(double x) {
        return Math.exp(x);
    }
}
```

## Логарифм по основанию:

```
package functions.basic;

import functions.Function;

public class Log implements Function { 1 usage
    private double base; 2 usages

    public Log(double base) { 3 usages
        if (base <= 0 || base == 1) {
            throw new IllegalArgumentException("Основание логарифма должно быть >0 и !=1");
        }
        this.base = base;
    }

    @Override
    public double getLeftDomainBorder() {
        return 0; // логарифм определён только для положительных x
    }

    @Override
    public double getRightDomainBorder() {
        return Double.MAX_VALUE;
    }

    @Override
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x <= 0) {
            return Double.NaN; // логарифм отрицательного числа не определён
        }
        return Math.log(x) / Math.log(base);
    }
}
```

## Тригонометрические функции:

```

package functions.basic;

import functions.Function;

public abstract class TrigonometricFunction implements Function { 3 usages

    @Override
    public double getLeftDomainBorder() {
        return -Double.MAX_VALUE;
    }

    @Override
    public double getRightDomainBorder() {
        return Double.MAX_VALUE;
    }
}

```

Далее я создал наследующие классы sin,cos,tan

Пример кода для sin:

```

package functions.basic;

public class Sin extends TrigonometricFunction { no usages

    @Override
    public double getFunctionValue(double x) {
        return Math.sin(x);
    }
}

```

## Задание 4

Мы создали пакет functions.meta с классами, которые позволяют строить новые функции на основе уже существующих:

Sum - сумма двух функций, область определения

Mult - произведение двух функций, область определения

Power - возведение функции в степень, область определения совпадает с базовой функцией

Scale - масштабирование функции по осям X и Y, область и значения корректно масштабируются

Shift - сдвиг функции по осям X и Y, область и значения смещаются на заданные величины

Composition - композиция функций ( $f(g(x))$ ), область определяется внутренней функцией

Примеры кода различных классов:

Sum:

```
package functions.meta;

import functions.Function;

public class Sum implements Function { 1 usage

    private Function f1; 4 usages
    private Function f2; 4 usages

    public Sum(Function f1, Function f2) { 3 usages
        this.f1 = f1;
        this.f2 = f2;
    }

    @Override
    public double getLeftDomainBorder() {
        return Math.max(f1.getLeftDomainBorder(), f2.getLeftDomainBorder());
    }

    @Override
    public double getRightDomainBorder() {
        return Math.min(f1.getRightDomainBorder(), f2.getRightDomainBorder());
    }

    @Override
    public double getFunctionValue(double x) {
        return f1.getFunctionValue(x) + f2.getFunctionValue(x);
    }
}
```

Power:

```
package functions.meta;

import functions.Function;

public class Power implements Function { 1 usage

    private Function f; 4 usages
    private double power; 2 usages

    public Power(Function f, double power) { 3 usages
        this.f = f;
        this.power = power;
    }

    @Override
    public double getLeftDomainBorder() {
        return f.getLeftDomainBorder();
    }

    @Override
    public double getRightDomainBorder() {
        return f.getRightDomainBorder();
    }

    @Override
    public double getFunctionValue(double x) {
        return Math.pow(f.getFunctionValue(x), power);
    }
}
```

Все эти классы реализуют интерфейс Function

## Задание 5

Мы создали класс Functions, который предоставляет статические методы для работы с функциями и позволяет создавать новые функции на основе уже существующих  
Пример кода:

```

package functions;

import functions.meta.*;

public final class Functions {
    private Functions() { }

    public static Function shift(Function f, double shiftX, double shiftY) {
        return new Shift(f, shiftX, shiftY);
    }

    public static Function scale(Function f, double scaleX, double scaleY) {
        return new Scale(f, scaleX, scaleY);
    }

    public static Function power(Function f, double power) {
        return new Power(f, power);
    }

    public static Function sum(Function f1, Function f2) {
        return new Sum(f1, f2);
    }

    public static Function mult(Function f1, Function f2) {
        return new Mult(f1, f2);
    }

    public static Function composition(Function f1, Function f2) {
        return new Composition(f1, f2);
    }
}

```

В классе необходимо было описать методы, например:

`public static Function shift(Function f, double shiftX, double shiftY)` – возвращает объект функции, полученной из исходной сдвигом вдоль осей

`public static Function sum(Function f1, Function f2)` – возвращает объект функции, являющейся суммой двух исходных

## Задание 6

В пакете `functions` создан класс `TabulatedFunctions`, предназначенный для работы с табулированными функциями. Класс содержит только статические методы и не допускает создание экземпляров вне этого класса

Основной метод класса:

```

public static TabulatedFunction tabulate(Function f, double leftX, double rightX, int pointsCount)

```

Он принимает объект `Function` и возвращает табулированный аналог этой функции,

Если границы выходят за область, то выбрасывается исключение

## Задание 7

В класс `TabulatedFunctions` добавлены методы для сериализации/десериализации табулированных функций в байтовые и символьные потоки.

Вывод табулированной функции в байтовый поток:

```
public static void outputTabulatedFunction(TabulatedFunction function, OutputStream out)
```

Метод записывает в поток количество точек функции и координаты каждой точки (x и y).

Ввод табулированной функции из байтового потока

```
public static TabulatedFunction inputTabulatedFunction(InputStream in)
```

Метод считывает данные о функции

Обработка `IOException`

Все методы объявляют `throws IOException`. Это позволяет передавать ответственность за обработку исключений вызывающему коду

Заккрытие потоков

Потоки, переданные в методы извне, не закрываются внутри методов, т.к. это ответственность вызывающего кода

## Задание 8

Работа с `Sin` и `Cos`

Сначала создаем объекты

```
Sin sinFunc = new Sin();  
Cos cosFunc = new Cos();
```

Далее выводим значения на отрезке  $[0, \pi]$  с шагом 0.1:



```
for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
    System.out.printf("x=%.1f: sin=%.4f, cos=%.4f\n",
        x, sinFunc.getFunctionValue(x), cosFunc.getFunctionValue(x));
}
```

Табулируем с помощью `TabulatedFunctions.tabulate()`:

```
TabulatedFunction tabSin = TabulatedFunctions.tabulate(sinFunc, leftX: 0, Math.PI, pointsCount: 10);
TabulatedFunction tabCos = TabulatedFunctions.tabulate(cosFunc, leftX: 0, Math.PI, pointsCount: 10);
```

Создаём функцию суммы квадратов через `Functions` и выводим на  $[0, \pi]$  с шагом 0.1

```
Function sumSquares = Functions.sum(
    Functions.power(tabSin, power: 2),
    Functions.power(tabCos, power: 2)
);
System.out.println("\nСумма квадратов табулированных функций:");
for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
    System.out.printf("x=%.1f: sumSquares=%.4f\n", x, sumSquares.getFunctionValue(x));
}
```

Далее с помощью метода `TabulatedFunctions.tabulate()` создаем табулированный аналог экспоненты и табулированный аналог логарифма

## Задание 9

Нам необходимо сделать все классы, реализующие `TabulatedFunction`, сериализуемыми

Создаем табулированный логарифм от экспоненты на отрезке  $[0, 10]$  с 11 точками:

```
TabulatedFunction tabLog = TabulatedFunctions.tabulate(new Log(Math.E), leftX: 0, rightX: 10, pointsCount: 11);
```

Сериализуем объект:

```
try (ObjectOutputStream oos = new ObjectOutputStream(new  
FileOutputStream("log_ser.ser"))) {  
    oos.writeObject(tabLog);  
}
```

```
try (ObjectOutputStream oos = new ObjectOutputStream(new  
FileOutputStream("log_ext.ser"))) {  
    oos.writeObject(tabLog);  
}
```

Десериализуем:

```
TabulatedFunction readSer;  
try (ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(new FileInputStream("log_ser.ser")))  
{  
    readSer = (TabulatedFunction) ois.readObject();  
}  
TabulatedFunction readExt;  
try (ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(new FileInputStream("log_ext.ser")))  
{  
    readExt = (TabulatedFunction) ois.readObject();  
}
```

Пример работы кода:

Поймано IllegalArgumentException: Левая граница должна быть < правой

Поймано IllegalArgumentException: Количество точек должно быть  $\geq 2$

Ошибка при добавлении новой точки: Точка с таким X уже существует

Y второй точки изменено на 10

Значение функции при  $x = 2.5$ : 7.0

Текущее состояние функции:

(2.0, 4.0)

(3.0, 10.0)

(4.0, 16.0)

Sin и Cos на  $[0, \pi]$  с шагом 0.1:

$x=0,0$ :  $\sin=0,0000$ ,  $\cos=1,0000$

$x=0,1$ :  $\sin=0,0998$ ,  $\cos=0,9950$

$x=0,2$ :  $\sin=0,1987$ ,  $\cos=0,9801$

$x=0,3$ :  $\sin=0,2955$ ,  $\cos=0,9553$

$x=0,4$ :  $\sin=0,3894$ ,  $\cos=0,9211$   
 $x=0,5$ :  $\sin=0,4794$ ,  $\cos=0,8776$   
 $x=0,6$ :  $\sin=0,5646$ ,  $\cos=0,8253$   
 $x=0,7$ :  $\sin=0,6442$ ,  $\cos=0,7648$   
 $x=0,8$ :  $\sin=0,7174$ ,  $\cos=0,6967$   
 $x=0,9$ :  $\sin=0,7833$ ,  $\cos=0,6216$   
 $x=1,0$ :  $\sin=0,8415$ ,  $\cos=0,5403$   
 $x=1,1$ :  $\sin=0,8912$ ,  $\cos=0,4536$   
 $x=1,2$ :  $\sin=0,9320$ ,  $\cos=0,3624$   
 $x=1,3$ :  $\sin=0,9636$ ,  $\cos=0,2675$   
 $x=1,4$ :  $\sin=0,9854$ ,  $\cos=0,1700$   
 $x=1,5$ :  $\sin=0,9975$ ,  $\cos=0,0707$   
 $x=1,6$ :  $\sin=0,9996$ ,  $\cos=-0,0292$   
 $x=1,7$ :  $\sin=0,9917$ ,  $\cos=-0,1288$   
 $x=1,8$ :  $\sin=0,9738$ ,  $\cos=-0,2272$   
 $x=1,9$ :  $\sin=0,9463$ ,  $\cos=-0,3233$   
 $x=2,0$ :  $\sin=0,9093$ ,  $\cos=-0,4161$   
 $x=2,1$ :  $\sin=0,8632$ ,  $\cos=-0,5048$   
 $x=2,2$ :  $\sin=0,8085$ ,  $\cos=-0,5885$   
 $x=2,3$ :  $\sin=0,7457$ ,  $\cos=-0,6663$   
 $x=2,4$ :  $\sin=0,6755$ ,  $\cos=-0,7374$   
 $x=2,5$ :  $\sin=0,5985$ ,  $\cos=-0,8011$   
 $x=2,6$ :  $\sin=0,5155$ ,  $\cos=-0,8569$   
 $x=2,7$ :  $\sin=0,4274$ ,  $\cos=-0,9041$   
 $x=2,8$ :  $\sin=0,3350$ ,  $\cos=-0,9422$   
 $x=2,9$ :  $\sin=0,2392$ ,  $\cos=-0,9710$   
 $x=3,0$ :  $\sin=0,1411$ ,  $\cos=-0,9900$   
 $x=3,1$ :  $\sin=0,0416$ ,  $\cos=-0,9991$

Табулированные значения Sin и Cos:

$x=0,0$ :  $\sin=0,0000$ ,  $\cos=1,0000$   
 $x=0,1$ :  $\sin=0,0980$ ,  $\cos=0,9827$   
 $x=0,2$ :  $\sin=0,1960$ ,  $\cos=0,9654$   
 $x=0,3$ :  $\sin=0,2939$ ,  $\cos=0,9482$   
 $x=0,4$ :  $\sin=0,3859$ ,  $\cos=0,9144$   
 $x=0,5$ :  $\sin=0,4721$ ,  $\cos=0,8646$   
 $x=0,6$ :  $\sin=0,5582$ ,  $\cos=0,8149$   
 $x=0,7$ :  $\sin=0,6440$ ,  $\cos=0,7646$   
 $x=0,8$ :  $\sin=0,7079$ ,  $\cos=0,6884$   
 $x=0,9$ :  $\sin=0,7719$ ,  $\cos=0,6122$

$x=1,0$ :  $\sin=0,8358$ ,  $\cos=0,5360$   
 $x=1,1$ :  $\sin=0,8840$ ,  $\cos=0,4506$   
 $x=1,2$ :  $\sin=0,9180$ ,  $\cos=0,3571$   
 $x=1,3$ :  $\sin=0,9521$ ,  $\cos=0,2636$   
 $x=1,4$ :  $\sin=0,9848$ ,  $\cos=0,1699$   
 $x=1,5$ :  $\sin=0,9848$ ,  $\cos=0,0704$   
 $x=1,6$ :  $\sin=0,9848$ ,  $\cos=-0,0291$   
 $x=1,7$ :  $\sin=0,9848$ ,  $\cos=-0,1285$   
 $x=1,8$ :  $\sin=0,9662$ ,  $\cos=-0,2248$   
 $x=1,9$ :  $\sin=0,9322$ ,  $\cos=-0,3183$   
 $x=2,0$ :  $\sin=0,8981$ ,  $\cos=-0,4117$   
 $x=2,1$ :  $\sin=0,8624$ ,  $\cos=-0,5043$   
 $x=2,2$ :  $\sin=0,7985$ ,  $\cos=-0,5805$   
 $x=2,3$ :  $\sin=0,7345$ ,  $\cos=-0,6567$   
 $x=2,4$ :  $\sin=0,6706$ ,  $\cos=-0,7329$   
 $x=2,5$ :  $\sin=0,5941$ ,  $\cos=-0,7942$   
 $x=2,6$ :  $\sin=0,5079$ ,  $\cos=-0,8439$   
 $x=2,7$ :  $\sin=0,4217$ ,  $\cos=-0,8937$   
 $x=2,8$ :  $\sin=0,3347$ ,  $\cos=-0,9410$   
 $x=2,9$ :  $\sin=0,2367$ ,  $\cos=-0,9583$   
 $x=3,0$ :  $\sin=0,1387$ ,  $\cos=-0,9755$   
 $x=3,1$ :  $\sin=0,0408$ ,  $\cos=-0,9928$

Сумма квадратов табулированных функций:

$x=0,0$ :  $\text{sumSquares}=1,0000$   
 $x=0,1$ :  $\text{sumSquares}=0,9753$   
 $x=0,2$ :  $\text{sumSquares}=0,9705$   
 $x=0,3$ :  $\text{sumSquares}=0,9854$   
 $x=0,4$ :  $\text{sumSquares}=0,9850$   
 $x=0,5$ :  $\text{sumSquares}=0,9704$   
 $x=0,6$ :  $\text{sumSquares}=0,9756$   
 $x=0,7$ :  $\text{sumSquares}=0,9994$   
 $x=0,8$ :  $\text{sumSquares}=0,9751$   
 $x=0,9$ :  $\text{sumSquares}=0,9706$   
 $x=1,0$ :  $\text{sumSquares}=0,9859$   
 $x=1,1$ :  $\text{sumSquares}=0,9845$   
 $x=1,2$ :  $\text{sumSquares}=0,9703$   
 $x=1,3$ :  $\text{sumSquares}=0,9759$   
 $x=1,4$ :  $\text{sumSquares}=0,9987$   
 $x=1,5$ :  $\text{sumSquares}=0,9748$

x=1,6: sumSquares=0,9707  
x=1,7: sumSquares=0,9864  
x=1,8: sumSquares=0,9841  
x=1,9: sumSquares=0,9702  
x=2,0: sumSquares=0,9762  
x=2,1: sumSquares=0,9981  
x=2,2: sumSquares=0,9745  
x=2,3: sumSquares=0,9708  
x=2,4: sumSquares=0,9869  
x=2,5: sumSquares=0,9836  
x=2,6: sumSquares=0,9702  
x=2,7: sumSquares=0,9765  
x=2,8: sumSquares=0,9975  
x=2,9: sumSquares=0,9743  
x=3,0: sumSquares=0,9709  
x=3,1: sumSquares=0,9873

Сравнение исходной и считанной экспоненты (Serializable):

x=0: original=1,0000, read=1,0000  
x=1: original=2,7183, read=2,7183  
x=2: original=7,3891, read=7,3891  
x=3: original=20,0855, read=20,0855  
x=4: original=54,5982, read=54,5982  
x=5: original=148,4132, read=148,4132  
x=6: original=403,4288, read=403,4288  
x=7: original=1096,6332, read=1096,6332  
x=8: original=2980,9580, read=2980,9580  
x=9: original=8103,0839, read=8103,0839  
x=10: original=22026,4658, read=22026,4658

Сравнение исходной и считанной экспоненты (Externalizable):

x=0: original=1,0000, read=1,0000  
x=1: original=2,7183, read=2,7183  
x=2: original=7,3891, read=7,3891  
x=3: original=20,0855, read=20,0855  
x=4: original=54,5982, read=54,5982  
x=5: original=148,4132, read=148,4132  
x=6: original=403,4288, read=403,4288  
x=7: original=1096,6332, read=1096,6332  
x=8: original=2980,9580, read=2980,9580

x=9: original=8103,0839, read=8103,0839  
x=10: original=22026,4658, read=22026,4658

Сравнение исходного и считанного логарифма (Serializable):

x=0: original=NaN, read=NaN  
x=1: original=NaN, read=NaN  
x=2: original=0,6931, read=0,6931  
x=3: original=1,0986, read=1,0986  
x=4: original=1,3863, read=1,3863  
x=5: original=1,6094, read=1,6094  
x=6: original=1,7918, read=1,7918  
x=7: original=1,9459, read=1,9459  
x=8: original=2,0794, read=2,0794  
x=9: original=2,1972, read=2,1972  
x=10: original=2,3026, read=2,3026

Сравнение исходного и считанного логарифма (Externalizable):

x=0: original=NaN, read=NaN  
x=1: original=NaN, read=NaN  
x=2: original=0,6931, read=0,6931  
x=3: original=1,0986, read=1,0986  
x=4: original=1,3863, read=1,3863  
x=5: original=1,6094, read=1,6094  
x=6: original=1,7918, read=1,7918  
x=7: original=1,9459, read=1,9459  
x=8: original=2,0794, read=2,0794  
x=9: original=2,1972, read=2,1972  
x=10: original=2,3026, read=2,3026