

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»

Выполнил: Дорофеева Александра Алексеевна

Группа: 6201-120303D

Проверил: преподаватель Борисов Д.С.

Самара, 2025

Задание 1

```
@ public ArrayTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) { 3 usages new *
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Количество точек должно быть не меньше двух");
    }

    for (int i = 1; i < points.length; i++) {
        if (points[i].getX() <= points[i - 1].getX() + EPSILON) {
            throw new IllegalArgumentException("Точки должны быть упорядочены по возрастанию X");
        }
    }

    this.pointsCount = points.length;
    this.points = new FunctionPoint[pointsCount + 5];
    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        this.points[i] = new FunctionPoint(points[i]);
    }
}
```

Реализация конструктора ArrayTabulatedFunction с массивом точек с проверкой упорядоченности

```
public LinkedListTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) { no usages Dorofeeva Aleksandra
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Количество точек должно быть не меньше двух");
    }

    for (int i = 1; i < points.length; i++) {
        if (points[i].getX() <= points[i - 1].getX() + EPSILON) {
            throw new IllegalArgumentException("Точки должны быть упорядочены по возрастанию X");
        }
    }

    initializeList();
    for (FunctionPoint point : points) {
        addNodeToTail().setPoint(new FunctionPoint(point));
    }
}
```

Реализация конструктора LinkedListTabulatedFunction с массивом точек

Задание 2

```
1 package functions;
2
3 public interface Function { new *
4     double getLeftDomainBorder(); 12 implementations new *
5     double getRightDomainBorder(); 12 implementations new *
6     double getFunctionValue(double x); 14 implementations new *
7 }

package functions;

import java.io.Serializable;

public interface TabulatedFunction extends Function, Serializable { 25 usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    int getPointsCount(); 16 usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    FunctionPoint getPoint(int index); no usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    void setPoint(int index, FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException; no usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    double getPointX(int index); 7 usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    void setPointX(int index, double x) throws InappropriateFunctionPointException; no usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    double getPointY(int index); 7 usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    void setPointY(int index, double y); no usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    void deletePoint(int index); no usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
    void addPoint(FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException; no usages 3 implementations Dorofeeva Alexandra
}
```

Создание интерфейса Function и наследование TabulatedFunction от него

Задание 3

```
1 package functions.basic;
2
3 import functions.Function;
4
5 public class Exp implements Function { 3 usages new *
6     @Override new *
7     public double getLeftDomainBorder() {
8         return Double.NEGATIVE_INFINITY;
9     }
10
11     @Override new *
12     public double getRightDomainBorder() {
13         return Double.POSITIVE_INFINITY;
14     }
15
16     @Override new *
17     public double getFunctionValue(double x) {
18         return Math.exp(x);
19     }
20 }
```

```

1 package functions.basic;
2
3 import functions.Function;
4
5 public class Log implements Function { 3 usages new *
6     private double base; 2 usages
7
8     public Log(double base) { 3 usages new *
9         if (base <= 0 || Math.abs(base - 1) < 1e-10) {
10             throw new IllegalArgumentException("Основание логарифма должно быть положительным и не равно 1");
11         }
12         this.base = base;
13     }
14
15     @Override new *
16     public double getLeftDomainBorder() {
17         return 0;
18     }
19
20     @Override new *
21     public double getRightDomainBorder() {
22         return Double.POSITIVE_INFINITY;
23     }
24
25     @Override new *
26     public double getFunctionValue(double x) {
27         if (x <= 0) {
28             return Double.NaN;
29         }
30         return Math.log(x) / Math.log(base);
31     }
32 }

```

Реализация классов Exp и Log, вычисляющих экспоненту и логарифм

```

1 package functions.basic;
2
3 import functions.Function;
4
5 public abstract class TrigonometricFunction implements Function { 3 usages 3 inheritors new *
6     @Override new *
7     public double getLeftDomainBorder() {
8         return Double.NEGATIVE_INFINITY;
9     }
10
11     @Override new *
12     public double getRightDomainBorder() {
13         return Double.POSITIVE_INFINITY;
14     }
15 }

```

```
1 package functions.basic;
2
3 public class Cos extends TrigonometricFunction { 4 usages new *
4     @Override new *
5     public double getFunctionValue(double x) {
6         return Math.cos(x);
7     }
8 }
```

```
1 package functions.basic;
2
3 public class Sin extends TrigonometricFunction { 5 usages new *
4     @Override new *
5     public double getFunctionValue(double x) {
6         return Math.sin(x);
7     }
8 }
```

Реализация тригонометрических функций с использованием наследования

Задание 4

```
package functions.meta;

import functions.Function;

public class Sum implements Function { 1 usage  new *
    private Function f1, f2; 4 usages

    public Sum(Function f1, Function f2) { 1 usage  new *
        this.f1 = f1;
        this.f2 = f2;
    }

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

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

    @Override new *
    public double getFunctionValue(double x) {
        if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) {
            return Double.NaN;
        }
        return f1.getFunctionValue(x) + f2.getFunctionValue(x);
    }
}
```

```

1 package functions.meta;
2
3 import functions.Function;
4
5 public class Composition implements Function { 1 usage new *
6     private Function f1, f2; 4 usages
7
8     public Composition(Function f1, Function f2) { 1 usage new *
9         this.f1 = f1;
10        this.f2 = f2;
11    }
12
13    @Override new *
14    public double getLeftDomainBorder() {
15        return f1.getLeftDomainBorder();
16    }
17
18    @Override new *
19    public double getRightDomainBorder() {
20        return f1.getRightDomainBorder();
21    }
22
23    @Override new *
24    public double getFunctionValue(double x) {
25        if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) {
26            return Double.NaN;
27        }
28        double innerValue = f1.getFunctionValue(x);
29        return f2.getFunctionValue(innerValue);
30    }
31 }

```

Реализация метафункций Sum и Composition

Задание 5


```

1 package functions;
2
3 import functions.meta.*;
4
5 public class Functions { 10 usages new *
6     private Functions() { no usages new *
7         throw new UnsupportedOperationException("Нельзя создать экземпляр утилитного класса");
8     }
9
10    @ - public static Function sum(Function f1, Function f2) { 2 usages new *
11        return new Sum(f1, f2);
12    }
13
14    @ - public static Function mult(Function f1, Function f2) { 1 usage new *
15        return new Mult(f1, f2);
16    }
17
18    @ - public static Function power(Function f, double power) { 3 usages new *
19        return new Power(f, power);
20    }
21
22    @ - public static Function scale(Function f, double scaleX, double scaleY) { 1 usage new *
23        return new Scale(f, scaleX, scaleY);
24    }
25
26    @ - public static Function shift(Function f, double shiftX, double shiftY) { 1 usage new *
27        return new Shift(f, shiftX, shiftY);
28    }
29
30    @ - public static Function composition(Function f1, Function f2) { 2 usages new *
31        return new Composition(f1, f2);
32    }
33 }

```

Реализация утилитного класса Functions с фабричными методами для создания метафункций (сумма, умножение, возведение в степень, масштабирование, сдвиг, композиция)

Задание 6

```

public static TabulatedFunction tabulate(Function function, double leftX, double rightX, int pointsCount) { 7
    if (pointsCount < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Количество точек должно быть не меньше двух");
    }
    if (leftX >= rightX) {
        throw new IllegalArgumentException("Левая граница должна быть меньше правой");
    }

    double functionLeftBorder = function.getLeftDomainBorder();
    double functionRightBorder = function.getRightDomainBorder();
    if (leftX < functionLeftBorder || rightX > functionRightBorder) {
        throw new IllegalArgumentException(
            "Границы табулирования выходят за область определения функции");
    }

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

```

Реализация метода `tabulate` для табулирования функции на заданном интервале с проверкой корректности входных параметров и созданием объекта `ArrayTabulatedFunction`

Задание 7

```

public static void outputTabulatedFunction(TabulatedFunction function, OutputStream out) throws IOException { 3 usages new *
    DataOutputStream dataOut = new DataOutputStream(out);
    int pointsCount = function.getPointsCount();
    dataOut.writeInt(pointsCount);

    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        dataOut.writeDouble(function.getPointX(i));
        dataOut.writeDouble(function.getPointY(i));
    }
    dataOut.flush();
}

public static TabulatedFunction inputTabulatedFunction(InputStream in) throws IOException { 2 usages new *
    DataInputStream dataIn = new DataInputStream(in);
    int pointsCount = dataIn.readInt();

    if (pointsCount < 2) {
        throw new IOException("Некорректное количество точек: " + pointsCount);
    }

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

    return new ArrayTabulatedFunction(points);
}

```

Реализация методов сериализации и десериализации табулированной функции в бинарном формате (outputTabulatedFunction / inputTabulatedFunction)

Задание 8

Тестирование

```
"C:\Program Files\Java\jdk-25\bin\java.exe" "-javaagent:G:\intellij IDEA\IntelliJ IDEA Commu
```

```
=== ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ===
```

```
=== ТЕСТИРОВАНИЕ ВСЕХ ЗАДАНИЙ ===
```

```
=== ЗАДАНИЕ 3: БАЗОВЫЕ ФУНКЦИИ ===
```

1. Экспонента:

Область определения: $[-\text{Infinity}, \text{Infinity}]$

$\exp(0) = 1$

$\exp(1) = 2,718282$

$\exp(2) = 7,389056$

2. Натуральный логарифм:

Область определения: $[0.0, \text{Infinity}]$

$\ln(1) = 0$

$\ln(e) = 1$

$\ln(10) = 2,302585$

3. Тригонометрические функции:

$\sin(0) = 0$

$\sin(\pi/2) = 1$

$\cos(0) = 1$

$\cos(\pi) = -1$

$\tan(\pi/4) = 1$

```
=== ЗАДАНИЕ 4-5: МЕТАФУНКЦИИ ===
```

1. Сумма $\sin(x) + \cos(x)$:

при $x=0$: 1

при $x=\pi/4$: 1,414214

2. Произведение $\sin(x) * \cos(x)$:

при $x=\pi/4$: 0,5

3. Квадрат синуса $\sin^2(x)$:

при $x=\pi/6$: 0,25

4. Сдвинутый синус $\sin(x-\pi/2)$:
при $x=\pi/2$: 0

5. Масштабированный синус $3*\sin(x/2)$:
при $x=\pi$: 3

6. Композиция $\sin(\cos(x))$:
при $x=0$: 1

=== ЗАДАНИЕ 6: ТАБУЛИРОВАНИЕ ===

Табулированный синус на $[0, \pi]$ (10 точек):
Количество точек: 10
Область определения: $[0.0, 3.141592653589793]$

Точки функции:

| | | |
|----------|-----------|--------------|
| Точка 0: | $x=0,000$ | $y=0,000000$ |
| Точка 1: | $x=0,349$ | $y=0,342020$ |
| Точка 2: | $x=0,698$ | $y=0,642788$ |
| Точка 3: | $x=1,047$ | $y=0,866025$ |
| Точка 4: | $x=1,396$ | $y=0,984808$ |
| Точка 5: | $x=1,745$ | $y=0,984808$ |
| Точка 6: | $x=2,094$ | $y=0,866025$ |
| Точка 7: | $x=2,443$ | $y=0,642788$ |
| Точка 8: | $x=2,793$ | $y=0,342020$ |
| Точка 9: | $x=3,142$ | $y=0,000000$ |

Сравнение с точными значениями:

x=0,000: точное=0,000000, приближ=0,000000, ошибка=0,000000
x=0,524: точное=0,500000, приближ=0,492404, ошибка=0,007596
x=0,785: точное=0,707107, приближ=0,698597, ошибка=0,008510
x=1,047: точное=0,866025, приближ=0,866025, ошибка=0,000000
x=1,571: точное=1,000000, приближ=0,984808, ошибка=0,015192
x=2,094: точное=0,866025, приближ=0,866025, ошибка=0,000000
x=2,356: точное=0,707107, приближ=0,698597, ошибка=0,008510
x=2,618: точное=0,500000, приближ=0,492404, ошибка=0,007596
x=3,142: точное=0,000000, приближ=0,000000, ошибка=0,000000

=== ЗАДАНИЕ 7: ВВОД/ВЫВОД ===

1. Исходная функция (парабола $y=x^2$):

(0,00, 0,00) -> (1,00, 1,00) -> (2,00, 4,00) -> (3,00, 9,00) -> (4,00, 16,00)

2. Бинарный формат:

Записано байт: 84

Прочитано точек: 5

Функция восстановлена корректно: true

3. Текстовый формат:

Текст: 5 0.0 0.0 1.0 1.0 2.0 4.0 3.0 9.0 4.0 16.0

Длина текста: 42 символов

Прочитано точек: 5

Функция восстановлена корректно: true

4. Файловые операции:

Бинарный файл создан: function_binary.dat

Текстовый файл создан: function_text.txt

Размер бинарного файла: 84 байт

Размер текстового файла: 42 байт

=== ЗАДАНИЕ 8: ПОЛНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ===

1. Создание объектов Sin и Cos:

$\sin(\pi/6) = 0,5$

$\cos(\pi/3) = 0,5$

2. Табулированные аналоги (10 точек на $[0, \pi]$):

Табулированный \sin имеет 10 точек

Табулированный \cos имеет 10 точек

3. Сумма квадратов $\sin^2(x) + \cos^2(x)$:

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

$x=0,0$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=0,2$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=0,4$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=0,6$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=0,8$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=1,0$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=1,2$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=1,4$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=1,6$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=1,8$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=2,0$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=2,2$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=2,4$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=2,6$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=2,8$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

$x=3,0$: 1,0000000000 (ожидается 1.0000000000)

4. Экспонента и файловые операции:

Экспонента записана в exp_tabulated.txt

Сравнение оригинальной и прочитанной экспоненты:

```
x=0: orig= 1,000000, read= 1,000000, diff=0,0000000000
x=1: orig= 2,718282, read= 2,718282, diff=0,0000000000
x=2: orig= 7,389056, read= 7,389056, diff=0,0000000000
x=3: orig= 20,085537, read= 20,085537, diff=0,0000000000
x=4: orig= 54,598150, read= 54,598150, diff=0,0000000000
x=5: orig=148,413159, read=148,413159, diff=0,0000000000
x=6: orig=403,428793, read=403,428793, diff=0,0000000000
x=7: orig=1096,633158, read=1096,633158, diff=0,0000000000
x=8: orig=2980,957987, read=2980,957987, diff=0,0000000000
x=9: orig=8103,083928, read=8103,083928, diff=0,0000000000
x=10: orig=22026,465795, read=22026,465795, diff=0,0000000000
```

5. Логарифм и бинарные операции:

Логарифм записан в log_tabulated.dat

Проверка корректности чтения:

Все значения совпадают!

Задание 9

```
package functions;

import java.io.Serializable;

public class ArrayTabulatedFunction implements TabulatedFunction, Serializable { 4 usages Dorofeeva Alexandra *
    private int pointsCount; 37 usages
    private FunctionPoint[] points; 36 usages
    private static final double EPSILON = 1e-9; 13 usages
    private static final long serialVersionUID = 1L; no usages
```

Объявление класса ArrayTabulatedFunction, реализующего интерфейс TabulatedFunction с поддержкой сериализации (Serializable)

```
package functions;

import java.io.Serializable;

public class LinkedListTabulatedFunction implements TabulatedFunction, Serializable { no
    private static final long serialVersionUID = 2L; no usages
```



```

// Для стандартной сериализации (не Externalizable)
private void writeObject(java.io.ObjectOutputStream out) throws java.io.IOException { no usages Dorofeeva Alexandra *
    out.defaultWriteObject();
    out.writeInt(size);

    FunctionNode current = head.getNext();
    while (current != head) {
        out.writeDouble(current.getPoint().getX());
        out.writeDouble(current.getPoint().getY());
        current = current.getNext();
    }
}

private void readObject(java.io.ObjectInputStream in) no usages Dorofeeva Alexandra *
    throws java.io.IOException, ClassNotFoundException {
    in.defaultReadObject();
    int savedSize = in.readInt();

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

```

382:2

Класс LinkedListTabulatedFunction с поддержкой Serializable и ручной реализацией сериализации через writeObject/readObject

```

package functions;

import java.io.*;

public class LinkedListTabulatedFunctionExternalizable implements TabulatedFunction, Externalizable { 4 usages new *
    private static final long serialVersionUID = 2L; no usages

```

```

@Override new *
public void writeExternal(ObjectOutput out) throws IOException {
    out.writeInt(size);

    FunctionNode current = head.getNext();
    while (current != head) {
        out.writeDouble(current.getPoint().getX());
        out.writeDouble(current.getPoint().getY());
        current = current.getNext();
    }
}

@Override new *
public void readExternal(ObjectInput in) throws IOException, ClassNotFoundException {
    int savedSize = in.readInt();

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

```

Класс `LinkedListTabulatedFunctionExternalizable`, реализующий интерфейс `Externalizable` для ручного управления процессом сериализации

```

private static void testSerialization() throws IOException, ClassNotFoundException { 1 usage new *
    System.out.println("\n\n== ЗАДАНИЕ 9: СЕРИАЛИЗАЦИЯ ==");

    // Создаем функцию для сериализации (композиция  $\ln(e^x) = x$ )
    Function exp = new Exp();
    Function log = new Log(Math.E);
    Function logOfExp = Functions.composition(log, exp);
    TabulatedFunction tabLogExp = TabulatedFunctions.tabulate(logOfExp, leftX: 0, rightX: 10, pointsCount: 11);

    System.out.println("\n1. Функция для сериализации:  $\ln(e^x) = x$ ");
    System.out.println("    Количество точек: " + tabLogExp.getPointsCount());

    // Сериализация с Serializable
    System.out.println("\n2. Сериализация с использованием Serializable:");
    try (ObjectOutputStream oos = new ObjectOutputStream(
        new FileOutputStream( name: "function_serializable.dat"))) {
        oos.writeObject(tabLogExp);
    }
    File serializableFile = new File( pathname: "function_serializable.dat");
    System.out.println("    Записано в: function_serializable.dat");
    System.out.println("    Размер файла: " + serializableFile.length() + " байт");

    // Десериализация
    TabulatedFunction deserialized;
    try (ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(
        new FileInputStream( name: "function_serializable.dat"))) {
        deserialized = (TabulatedFunction) ois.readObject();
    }

    System.out.println("    Проверка после десериализации:");
    System.out.println("    Количество точек: " + deserialized.getPointsCount());

    // Создаем Externalizable версию
    System.out.println("\n3. Создание Externalizable версии:");
    FunctionPoint[] points = new FunctionPoint[5];
    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        points[i] = new FunctionPoint(i, y: i * 2);
    }

```

```

// Создаем Externalizable версию
System.out.println("\n3. Создание Externalizable версии:");
FunctionPoint[] points = new FunctionPoint[5];
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    points[i] = new FunctionPoint(i, y: i * 2);
}
LinkedListTabulatedFunctionExternalizable externalizableFunc =
    new LinkedListTabulatedFunctionExternalizable(points);

// Сериализация с Externalizable
try (ObjectOutputStream oos = new ObjectOutputStream(
    new FileOutputStream( name: "function_externalizable.dat"))) {
    oos.writeObject(externalizableFunc);
}
File externalizableFile = new File( pathname: "function_externalizable.dat");
System.out.println("    Записано в: function_externalizable.dat");
System.out.println("    Размер файла: " + externalizableFile.length() + " байт");

// Десериализация
LinkedListTabulatedFunctionExternalizable deserializedExternal;
try (ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(
    new FileInputStream( name: "function_externalizable.dat"))) {
    deserializedExternal = (LinkedListTabulatedFunctionExternalizable) ois.readObject();
}

System.out.println("\n4. Сравнение размеров файлов:");
System.out.println("    Serializable: " + serializableFile.length() + " байт");
System.out.println("    Externalizable: " + externalizableFile.length() + " байт");

System.out.println("\n5. Проверка данных после десериализации:");
for (int i = 0; i < deserializedExternal.getPointsCount(); i++) {
    System.out.printf("    Точка %d: x=%.1f, y=%.1f\n",
        i, deserializedExternal.getPointX(i), deserializedExternal.getPointY(i));
}
}

```

Метод testSerialization, демонстрирующий процесс сериализации и десериализации функций с использованием Serializable и Externalizable, а также сравнение размеров файлов

```
=== ЗАДАНИЕ 9: СЕРИАЛИЗАЦИЯ ===
```

1. Функция для сериализации: $\ln(e^x) = x$
Количество точек: 11
2. Сериализация с использованием Serializable:
Записано в: function_serializable.dat
Размер файла: 445 байт
Проверка после десериализации:
Количество точек: 11
3. Создание Externalizable версии:
Записано в: function_externalizable.dat
Размер файла: 159 байт

4. Сравнение размеров файлов:
Serializable: 445 байт
Externalizable: 159 байт
5. Проверка данных после десериализации:
Точка 0: $x=0,0, y=0,0$
Точка 1: $x=1,0, y=2,0$
Точка 2: $x=2,0, y=4,0$
Точка 3: $x=3,0, y=6,0$
Точка 4: $x=4,0, y=8,0$

```
=== ВСЕ ТЕСТЫ УСПЕШНО ВЫПОЛНЕНЫ ===
```

Проверка