

Лабораторная работа № 4

Выполнила: Рапп Ксения
Александровна
Группа: 6204-010302D

Оглавление

Задание 1.....	3-4
Задание 2	4
Задание 3	4
Задание 4.....	5
Задание 5.....	5-6
Задание 6.....	6-7
Задание 7.....	7-8
Задание 8.....	8-9
Задание 9.....	9-10
Результат.....	10-12

Целью лабораторной работы было расширение возможностей пакета для работы с функциями одной переменной путем добавления интерфейсов и классов для аналитически заданных функций, а также методов ввода и вывода табулированных функций.

Задание 1: Конструкторы для массивов точек

Добавила конструкторы в оба класса табулированных функций, которые принимают готовый массив точек `FunctionPoint[]`.

Это позволяет создавать функции напрямую из набора точек без промежуточных вычислений.

Особенности реализации:

- Проверка на минимальное количество точек (не менее 2)
- Проверка строгой упорядоченности точек по X с использованием машинного эпсилона $1e-10$
- Обеспечение инкапсуляции через создание копий точек

ArrayTabulatedFunction:

```
public ArrayTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) throws
IllegalArgumentException {
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Количество точек не может
быть меньше двух");
    }
    // Проверяем упорядоченность с учетом машинного эпсилона
    for (int i = 0; i < points.length - 1; i++) {
        if (points[i + 1].getX() - points[i].getX() < 1e-10) {
            throw new IllegalArgumentException("Точки должны быть
строго упорядочены по возрастанию X");
        }
    }
    this.pointsCount = points.length;
    this.points = new FunctionPoint[pointsCount + 2];
    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        this.points[i] = new FunctionPoint(points[i]);
    }
}
```

LinkedListTabulatedFunction:

```
public LinkedListTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) {
    if (points.length < 2) {
```

```

        throw new IllegalArgumentException("Количество точек не может
        быть меньше двух");
    }
    for (int i = 0; i < points.length - 1; i++) {
        if (points[i + 1].getX() - points[i].getX() < 1e-10) {
            throw new IllegalArgumentException("Точки должны быть строго
упорядочены");
        }
    }
    }
    initEmptyList();
    for (FunctionPoint point : points) {
        addNodeToTail().setPoint(new FunctionPoint(point));
    }
}

```

Задание 2: Интерфейс Function

Создала базовый интерфейс Function для всех функций одной переменной и реорганизовала иерархию классов, сделав TabulatedFunction его наследником.

```

public interface Function {
    double getLeftDomainBorder();
    double getRightDomainBorder();
    double getFunctionValue(double x);
}

```

```

public interface TabulatedFunction extends Function {
    // Все методы из Function наследуются автоматически
    int getPointsCount();
    FunctionPoint getPoint(int index);
    // ... остальные методы
}

```

Задание 3: Базовые аналитические функции

Реализовала классы для основных математических функций в пакете functions.basic. Создала иерархию с базовым классом TrigonometricFunction для тригонометрических функций.

Exp - экспоненциальная функция:

- Область определения: $(-\infty, +\infty)$
- Использует Math.exp() для вычислений

Log - логарифмическая функция:

- Основание передается в конструкторе
- Область определения: $(0, +\infty)$

- Проверка корректности основания

Тригонометрические функции:

Создала базовый класс `TrigonometricFunction` с общей областью определения и наследников для конкретных функций.

Задание 4: Мета-функции

Реализовала в пакете `functions.meta` классы для комбинирования функций. Все классы реализуют интерфейс `Function` и поддерживают сериализацию.

Sum - сумма функций:

- Область определения - пересечение областей исходных функций
- Значение - сумма значений исходных функций

Composition - композиция функций:

- $f(g(x))$ - применение одной функции к результату другой

Также реализованы:

- `Mult` - произведение функций
- `Power` - возведение функции в степень
- `Scale` - масштабирование по осям
- `Shift` - сдвиг по осям

Задание 5: Утилитарный класс `Functions`

Создала фабричный класс со статическими методами для удобного создания мета-функций. Класс имеет приватный конструктор для запрета создания экземпляров.

```
public class Functions {
```

```
    // Приватный конструктор - запрещаем создание объектов
```

```
    private Functions() {
```

```
        throw new AssertionError("Нельзя создавать объекты класса Functions");    }
```

```
    //Сдвиг функции вдоль осей
```

```
    public static Function shift(Function f, double shiftX, double shiftY) {
```

```
        return new Shift(f, shiftX, shiftY);    }
```

```
    //Масштабирование функции вдоль осей
```

```
public static Function scale(Function f, double scaleX, double scaleY) {
```

```
    return new Scale(f, scaleX, scaleY); }
```

```
// Возведение функции в степень
```

```
public static Function power(Function f, double power) {
```

```
    return new Power(f, power); }
```

```
// Сумма двух функций
```

```
public static Function sum(Function f1, Function f2) {
```

```
    return new Sum(f1, f2); }
```

```
//Произведение двух функций
```

```
public static Function mult(Function f1, Function f2) {
```

```
    return new Mult(f1, f2); }
```

```
// Композиция двух функций
```

```
public static Function composition(Function f1, Function f2) {
```

```
    return new Composition(f1, f2);
```

```
}
```

Задание 6: Табулирование функций

Реализовала метод для создания табулированного аналога аналитической функции на заданном отрезке.

Особенности:

- Проверка, что отрезок табулирования входит в область определения
- Равномерное распределение точек на отрезке
- Линейная интерполяция между точками

```
public class TabulatedFunctions {
```

```
    private TabulatedFunctions() {}
```

```
    public static TabulatedFunction tabulate(Function function, double leftX,  
double rightX, int pointsCount) {
```

```
        if (leftX < function.getLeftDomainBorder() - 1e-10 ||
```

```

        rightX > function.getRightDomainBorder() + 1e-10) {
            throw new IllegalArgumentException("Границы выходят за
область определения");    }
        if (pointsCount < 2) throw new IllegalArgumentException("Минимум
2 точки");
        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);    }

```

Задание 7: Ввод-вывод табулированных функций

Реализовала методы для сохранения и загрузки табулированных функций в различных форматах.

Байтовые потоки:

- Использование DataOutputStream/DataInputStream

```

public static void outputTabulatedFunction(TabulatedFunction function,
OutputStream out) throws IOException {
    DataOutputStream dos = new DataOutputStream(out);
    dos.writeInt(function.getPointsCount());
    for (int i = 0; i < function.getPointsCount(); i++) {
        dos.writeDouble(function.getPointX(i));
        dos.writeDouble(function.getPointY(i));    }
    dos.flush();    }

```

Символьные потоки (текстовый формат):

- Использование StreamTokenizer для разбора

```

• public static void writeTabulatedFunction(TabulatedFunction function, Writer out) throws
IOException {
•     BufferedWriter bw = new BufferedWriter(out);
•
•     // записываем количество точек
•     bw.write(String.valueOf(function.getPointsCount()));
•     bw.write(" ");
•
•     // записываем все точки (x1 y1 x2 y2...)
•     for (int i = 0; i < function.getPointsCount(); i++) {
•         bw.write(String.valueOf(function.getPointX(i))); // записываем x
•         bw.write(" ");
•         bw.write(String.valueOf(function.getPointY(i))); // записываем y
•         if (i < function.getPointsCount() - 1) {
•             bw.write(" ");

```

```

•     }
•     }
•
•     bw.flush();
•     }
•

```

Обработка исключений:

- Потоки не закрываются внутри методов (это ответственность вызывающего кода)
- IOException преобразуется в RuntimeException - вызывающий код не обязан обрабатывать checked исключения
- Это позволяет гибко использовать методы как с авто-закрываемыми ресурсами (try-with-resources)

Задание 8: Тестирование функциональности

Создала комплексные тесты в классе Main, проверяющие все аспекты работы системы.

Основные тесты:

1. **Базовые функции** - проверка значений sin, cos, exp, log
2. **Табулирование** - сравнение аналитических и табулированных значений
3. **Мета-функции** - проверка правильности комбинирования
4. **Ввод-вывод** - проверка сериализации и десериализации

```

public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // Тест синуса и косинуса
        Sin sin = new Sin();
        Cos cos = new Cos();
        System.out.println("Sin и Cos от 0 до π:");
        for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
            System.out.printf("x=%.1f: sin=%.4f, cos=%.4f\n",
                x, sin.getFunctionValue(x), cos.getFunctionValue(x));
        }
        // Тест суммы квадратов sin² + cos²
        Function sin2 = Functions.power(sin, 2);
        Function cos2 = Functions.power(cos, 2);
        Function sum = Functions.sum(sin2, cos2);

        System.out.println("sin² + cos² (должно быть ≈1):");
    }
}

```



```

    for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.5) {
        System.out.printf("x=%.1f: %.6f%n", x, sum.getFunctionValue(x));
    }
    // Тест ввода-вывода
    testInputOutput(); }

```

Задание 9: Сериализация

Реализовала два подхода к сериализации объектов табулированных функций.

1. Serializable (автоматическая сериализация)

```

public class ArrayTabulatedFunction implements TabulatedFunction,
Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;
    // Поля сериализуются автоматически
}

```

2. Externalizable (ручная сериализация):

```

public class LinkedListTabulatedFunction implements TabulatedFunction,
Externalizable {
    @Override
    public void writeExternal(ObjectOutput out) throws IOException {
        out.writeInt(pointsCount);
        FunctionNode current = head.getNext();
        while (current != head) {
            out.writeDouble(current.getPoint().getX());
            out.writeDouble(current.getPoint().getY());
            current = current.getNext();
        }
    }
}

```

```

@Override
public void readExternal(ObjectInput in) throws IOException,
ClassNotFoundException {
    int count = in.readInt();
    initEmptyList();
    for (int i = 0; i < count; i++) {
        double x = in.readDouble();
        double y = in.readDouble();
        addNodeToTail().setPoint(new FunctionPoint(x, y)); } }

```

Сравнение подходов:

- **Serializable** - проще в реализации, но менее гибкий

- **Externalizable** - больше контроля над процессом, возможность оптимизации

Тестирование:

1. Тестирование базовых функций:

$\text{Exp}(1) = 2,7183$

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

$\text{Ln}(2) = 0,6931$

$\text{Sin}(\pi/2) = 1,0000$

$\text{Cos}(\pi) = -1,0000$

2. Тестирование meta функций:

$\sin^2(x) + \cos^2(x)$ в точках:

$x=0,0$: 1,000000

$x=0,5$: 1,000000

$x=1,0$: 1,000000

$x=1,5$: 1,000000

$x=2,0$: 1,000000

$x=2,5$: 1,000000

$x=3,0$: 1,000000

$\ln(e^2) = 2,0000$

3. Тестирование табулирования:

Табулированный синус (первые 5 точек):

(0.0, 0.0)

(0.3490658503988659, 0.3420201433256687)

(0.6981317007977318, 0.6427876096865393)

(1.0471975511965976, 0.8660254037844386)

(1.3962634015954636, 0.984807753012208)

Сравнение точного и табулированного синуса:

$x=0,0$: точный=0,000000, табулир=0,000000, разница=0,000000

$x=0,1$: точный=0,099833, табулир=0,097982, разница=0,001852

$x=0,2$: точный=0,198669, табулир=0,195963, разница=0,002706

$x=0,3$: точный=0,295520, табулир=0,293945, разница=0,001576

$x=0,4$: точный=0,389418, табулир=0,385907, разница=0,003512

$x=0,5$: точный=0,479426, табулир=0,472070, разница=0,007355

$x=0,6$: точный=0,564642, табулир=0,558234, разница=0,006409

$x=0,7$: точный=0,644218, табулир=0,643982, разница=0,000235

$x=0,8$: точный=0,717356, табулир=0,707935, разница=0,009421

$x=0,9$: точный=0,783327, табулир=0,771888, разница=0,011439

$x=1,0$: точный=0,841471, табулир=0,835841, разница=0,005630

$x=1,1$: точный=0,891207, табулир=0,883993, разница=0,007214

$x=1,2$: точный=0,932039, табулир=0,918022, разница=0,014017

$x=1,3$: точный=0,963558, табулир=0,952051, разница=0,011508

$x=1,4$: точный=0,985450, табулир=0,984808, разница=0,000642

$x=1,5$: точный=0,997495, табулир=0,984808, разница=0,012687

$x=1,6$: точный=0,999574, табулир=0,984808, разница=0,014766

x=1,7: точный=0,991665, табулир=0,984808, разница=0,006857
x=1,8: точный=0,973848, табулир=0,966204, разница=0,007644
x=1,9: точный=0,946300, табулир=0,932175, разница=0,014125
x=2,0: точный=0,909297, табулир=0,898147, разница=0,011151
x=2,1: точный=0,863209, табулир=0,862441, разница=0,000768
x=2,2: точный=0,808496, табулир=0,798488, разница=0,010008
x=2,3: точный=0,745705, табулир=0,734535, разница=0,011170
x=2,4: точный=0,675463, табулир=0,670582, разница=0,004881
x=2,5: точный=0,598472, табулир=0,594072, разница=0,004401
x=2,6: точный=0,515501, табулир=0,507908, разница=0,007593
x=2,7: точный=0,427380, табулир=0,421745, разница=0,005635
x=2,8: точный=0,334988, табулир=0,334698, разница=0,000290
x=2,9: точный=0,239249, табулир=0,236716, разница=0,002533
x=3,0: точный=0,141120, табулир=0,138735, разница=0,002385
x=3,1: точный=0,041581, табулир=0,040753, разница=0,000828

4. Тестирование ввода-вывода:

Байтовые потоки:

Сравнение исходной и прочитанной экспоненты:

Точка 0: исходная=1,000000, прочитанная=1,000000

Точка 1: исходная=2,718282, прочитанная=2,718282

Точка 2: исходная=7,389056, прочитанная=7,389056

Точка 3: исходная=20,085537, прочитанная=20,085537

Точка 4: исходная=54,598150, прочитанная=54,598150

Точка 5: исходная=148,413159, прочитанная=148,413159

Точка 6: исходная=403,428793, прочитанная=403,428793

Точка 7: исходная=1096,633158, прочитанная=1096,633158

Точка 8: исходная=2980,957987, прочитанная=2980,957987

Точка 9: исходная=8103,083928, прочитанная=8103,083928

Точка 10: исходная=22026,465795, прочитанная=22026,465795

Символьные потоки:

Сериализованные данные: 10 1.0 0.0 2.0 0.6931471805599453 3.0

1.0986122886681096 4.0 1.3862943611198906 5.0 1.6094379124341003 6.0

1.791759469228055 7.0 1.9459101490553132 8.0 2.0794415416798357 9.0

2.1972245773362196 10.0 2.302585092994046

Сравнение логарифмов:

(1.0, 0.0) -> (1.0, 0.0)

(2.0, 0.6931471805599453) -> (2.0, 0.6931471805599453)

(3.0, 1.0986122886681096) -> (3.0, 1.0986122886681096)

(4.0, 1.3862943611198906) -> (4.0, 1.3862943611198906)

(5.0, 1.6094379124341003) -> (5.0, 1.6094379124341003)

(6.0, 1.791759469228055) -> (6.0, 1.791759469228055)

(7.0, 1.9459101490553132) -> (7.0, 1.9459101490553132)

(8.0, 2.0794415416798357) -> (8.0, 2.0794415416798357)

(9.0, 2.1972245773362196) -> (9.0, 2.1972245773362196)

(10.0, 2.302585092994046) -> (10.0, 2.302585092994046)

5. Тестирование Serializable:

ArrayTabulatedFunction (Serializable):

Восстановлено точек: 11

ArrayTabulatedFunction успешно сериализована через Serializable

Мета-функции Sum и Mult (Serializable):

Sum успешно сериализован через Serializable

Mult успешно сериализован через Serializable

6. Тестирование Externalizable:

LinkedListTabulatedFunction (Externalizable):

LinkedListTabulatedFunction успешно сериализована через Externalizable

Мета-функции с Externalizable:

Power успешно сериализован через Externalizable

Composition успешно сериализован через Externalizable