

Лабораторная работа 4

Выполнил: студент группы

6301-030301D

Дымченко В. Р.

Задание 1

В классах `ArrayTabulatedFunction` и `LinkedListTabulatedFunction` добавим конструкторы, получающие сразу все точки функции в виде массива объектов типа `FunctionPoint`. Если точек задано меньше двух, или если точки в массиве не упорядочены по значению абсциссы, конструкторы выбрасывают исключение `IllegalArgumentException`.

```
public ArrayTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) { 5 usages
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Нужно не меньше 2 точек");
    }

    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 координате x");
        }
    }

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

public LinkedListTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) { 2 usages
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Нужно не меньше 2 точек");
    }

    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 координате x");
        }
    }

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

Задание 2

В пакете `functions` создаем интерфейс `Function`, описывающий функции одной переменной и содержащий следующие 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.

Интерфейс `TabulatedFunction` будет теперь наследоваться от интерфейса `Function`.

```
package functions;

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

Задание 3-4

Создаем пакет `functions.basic`, в нём описываем классы ряда функций, заданных аналитически. Создаем класс `TrigonometricFunction`, реализующий интерфейс `Function` и описывающий методы получения границ области определения. Создаем наследующие от него публичные классы `Sin`, `Cos` и `Tan`.

Также создаем пакет `functions.meta`, в нём описываем классы функций, позволяющие комбинировать функции. Классы наследуются от интерфейса `Function`.



Задание 5

В пакете functions создаем класс Functions, содержащий вспомогательные статические методы для работы с функциями. Делаем так, чтобы в программе вне этого класса нельзя было создать его объект. При написании методов пользуемся созданными ранее классами из пакета functions.meta.

```
package functions;

import functions.meta.*;

public final class Functions { 10 usages
    private Functions() { no usages
        throw new UnsupportedOperationException("Cannot instantiate utility class");
    }

    public static Function shift(Function f, double shiftX, double shiftY) { no usages
        return new Shift(f, shiftX, shiftY);
    }

    public static Function scale(Function f, double scaleX, double scaleY) { 1 usage
        return new Scale(f, scaleX, scaleY);
    }

    public static Function power(Function f, double power) { 4 usages
        return new Power(f, power);
    }

    public static Function sum(Function f1, Function f2) { 3 usages
        return new Sum(f1, f2);
    }

    public static Function mult(Function f1, Function f2) { no usages
        return new Mult(f1, f2);
    }

    public static Function composition(Function f1, Function f2) { 2 usages
        return new Composition(f1, f2);
    }
}
```

Задание 6

В пакете functions создаем класс TabulatedFunctions, содержащий вспомогательные статические методы для работы с табулированными функциями. Описываем в классе метод public static TabulatedFunction tabulate(Function function, double leftX, double rightX, int pointsCount), получающий функцию и возвращающий её табулированный

аналог на заданном отрезке с заданным количеством точек. Если указанные границы для табулирования выходят за область определения функции, метод должен выбрасывать исключение `IllegalArgumentException`.

```
public static TabulatedFunction tabulate(Function function, double leftX, double rightX, int pointsCount) {
    if (leftX < function.getLeftDomainBorder() || rightX > function.getRightDomainBorder()) {
        throw new IllegalArgumentException("Границы табуляции выходят за область определения функции");
    }
    if (pointsCount < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Требуется не менее 2 точек");
    }

    FunctionPoint[] points = new FunctionPoint[pointsCount];
    double step = (rightX - leftX) / (pointsCount - 1);

    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        double x = leftX + i * step;
        double y = function.getFunctionValue(x);
        points[i] = new FunctionPoint(x, y);
    }

    return new ArrayTabulatedFunction(points);
}
```

Задание 7

В класс `TabulatedFunctions` добавьте следующие методы.

Метод вывода табулированной функции в байтовый поток `public static void outputTabulatedFunction(TabulatedFunction function, OutputStream out)`.

Метод ввода табулированной функции из байтового потока `public static TabulatedFunction inputTabulatedFunction(InputStream in)`.

Метод записи табулированной функции в символьный поток `public static void writeTabulatedFunction(TabulatedFunction function, Writer out)`.

Метод чтения табулированной функции из символьного потока `public static TabulatedFunction readTabulatedFunction(Reader in)`.

При написании методов в первых трёх случаях необходимо воспользоваться `DataOutputStream`, `DataInputStream`, `PrintWriter`, а в четвёртом случае – классом `StreamTokenizer`.

```
public static void outputTabulatedFunction(TabulatedFunction function, OutputStream out) { 1 usage
    try (DataOutputStream dos = new DataOutputStream(out)) {
        dos.writeInt(function.getPointsCount());
        for (int i = 0; i < function.getPointsCount(); i++) {
            FunctionPoint point = function.getPoint(i);
            dos.writeDouble(point.getX());
            dos.writeDouble(point.getY());
        }
        dos.flush();
    } catch (IOException e) {
        throw new RuntimeException("Ошибка записи табулированной функции в поток", e);
    }
}

public static TabulatedFunction inputTabulatedFunction(InputStream in) { 1 usage
    try (DataInputStream dis = new DataInputStream(in)) {
        int pointsCount = dis.readInt();
        FunctionPoint[] points = new FunctionPoint[pointsCount];

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

        return new ArrayTabulatedFunction(points);
    } catch (IOException e) {
        throw new RuntimeException("Ошибка чтения табулированной функции из потока", e);
    }
}
```

```
public static TabulatedFunction readTabulatedFunction(Reader in) { 1 usage
    try {
        StreamTokenizer tokenizer = new StreamTokenizer(in);
        tokenizer.parseNumbers();

        if (tokenizer.nextToken() != StreamTokenizer.TT_NUMBER) {
            throw new RuntimeException("Ожидалось количество точек");
        }
        int pointsCount = (int) tokenizer.nval;

        FunctionPoint[] points = new FunctionPoint[pointsCount];

        for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
            if (tokenizer.nextToken() != StreamTokenizer.TT_NUMBER) {
                throw new RuntimeException("Ожидалась координата X");
            }
            double x = tokenizer.nval;

            if (tokenizer.nextToken() != StreamTokenizer.TT_NUMBER) {
                throw new RuntimeException("Ожидалась координата Y");
            }
            double y = tokenizer.nval;

            points[i] = new FunctionPoint(x, y);
        }
    }
```

Задание 8

Проверим все написанные классы и методы:

```
Синус и косинус на [0, π]:  
sin(0,0) = 0,0000, cos(0,0) = 1,0000  
sin(0,1) = 0,0998, cos(0,1) = 0,9950  
sin(0,2) = 0,1987, cos(0,2) = 0,9801  
sin(0,3) = 0,2955, cos(0,3) = 0,9553  
sin(0,4) = 0,3894, cos(0,4) = 0,9211  
sin(0,5) = 0,4794, cos(0,5) = 0,8776  
sin(0,6) = 0,5646, cos(0,6) = 0,8253  
sin(0,7) = 0,6442, cos(0,7) = 0,7648  
sin(0,8) = 0,7174, cos(0,8) = 0,6967  
sin(0,9) = 0,7833, cos(0,9) = 0,6216  
sin(1,0) = 0,8415, cos(1,0) = 0,5403  
sin(1,1) = 0,8912, cos(1,1) = 0,4536  
sin(1,2) = 0,9320, cos(1,2) = 0,3624  
sin(1,3) = 0,9636, cos(1,3) = 0,2675  
sin(1,4) = 0,9854, cos(1,4) = 0,1700  
sin(1,5) = 0,9975, cos(1,5) = 0,0707  
sin(1,6) = 0,9996, cos(1,6) = -0,0292  
sin(1,7) = 0,9917, cos(1,7) = -0,1288  
sin(1,8) = 0,9738, cos(1,8) = -0,2272  
sin(1,9) = 0,9463, cos(1,9) = -0,3233  
sin(2,0) = 0,9093, cos(2,0) = -0,4161  
sin(2,1) = 0,8632, cos(2,1) = -0,5048  
sin(2,2) = 0,8085, cos(2,2) = -0,5885  
sin(2,3) = 0,7457, cos(2,3) = -0,6663  
sin(2,4) = 0,6755, cos(2,4) = -0,7374  
sin(2,5) = 0,5985, cos(2,5) = -0,8011  
sin(2,6) = 0,5155, cos(2,6) = -0,8569  
sin(2,7) = 0,4274, cos(2,7) = -0,9041  
sin(2,8) = 0,3350, cos(2,8) = -0,9422  
sin(2,9) = 0,2392, cos(2,9) = -0,9710
```

Сумма квадратов табулированных синуса и косинуса:

x=0,0: $\sin^2 + \cos^2 = 1,0000$ (теоретически=1.0000)
x=0,1: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9753$ (теоретически=1.0000)
x=0,2: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9705$ (теоретически=1.0000)
x=0,3: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9854$ (теоретически=1.0000)
x=0,4: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9850$ (теоретически=1.0000)
x=0,5: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9704$ (теоретически=1.0000)
x=0,6: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9756$ (теоретически=1.0000)
x=0,7: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9994$ (теоретически=1.0000)
x=0,8: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9751$ (теоретически=1.0000)
x=0,9: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9706$ (теоретически=1.0000)
x=1,0: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9859$ (теоретически=1.0000)
x=1,1: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9845$ (теоретически=1.0000)
x=1,2: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9703$ (теоретически=1.0000)
x=1,3: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9759$ (теоретически=1.0000)
x=1,4: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9987$ (теоретически=1.0000)
x=1,5: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9748$ (теоретически=1.0000)
x=1,6: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9707$ (теоретически=1.0000)
x=1,7: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9864$ (теоретически=1.0000)
x=1,8: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9841$ (теоретически=1.0000)
x=1,9: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9702$ (теоретически=1.0000)
x=2,0: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9762$ (теоретически=1.0000)
x=2,1: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9981$ (теоретически=1.0000)
x=2,2: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9745$ (теоретически=1.0000)
x=2,3: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9708$ (теоретически=1.0000)
x=2,4: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9869$ (теоретически=1.0000)
x=2,5: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9836$ (теоретически=1.0000)
x=2,6: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9702$ (теоретически=1.0000)
x=2,7: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9765$ (теоретически=1.0000)
x=2,8: $\sin^2 + \cos^2 = 0,9975$ (теоретически=1.0000)

Тестирование ввода-вывода:

Байтовые потоки (экспонента):

Сравнение исходной и прочитанной экспоненты:

```
x=0,0: исходная=1,0000, прочитанная=1,0000, true
x=1,0: исходная=2,7183, прочитанная=2,7183, true
x=2,0: исходная=7,3891, прочитанная=7,3891, true
x=3,0: исходная=20,0855, прочитанная=20,0855, true
x=4,0: исходная=54,5982, прочитанная=54,5982, true
x=5,0: исходная=148,4132, прочитанная=148,4132, true
x=6,0: исходная=403,4288, прочитанная=403,4288, true
x=7,0: исходная=1096,6332, прочитанная=1096,6332, true
x=8,0: исходная=2980,9580, прочитанная=2980,9580, true
x=9,0: исходная=8103,0839, прочитанная=8103,0839, true
x=10,0: исходная=22026,4658, прочитанная=22026,4658, true
Все значения совпадают: true
```

Размер бинарного файла: 180 байт

Символьные потоки (логарифм):

Сравнение исходного и прочитанного логарифма:

```
x=0,1: исходный=-2,3026, прочитанный=-2,3026, true
x=1,1: исходный=0,0927, прочитанный=0,0927, true
x=2,1: исходный=0,7402, прочитанный=0,7402, true
x=3,1: исходный=1,1301, прочитанный=1,1301, true
x=4,1: исходный=1,4100, прочитанный=1,4100, true
x=5,1: исходный=1,6284, прочитанный=1,6284, true
x=6,1: исходный=1,8076, прочитанный=1,8076, true
x=7,1: исходный=1,9595, прочитанный=1,9595, true
x=8,1: исходный=2,0913, прочитанный=2,0913, true
x=9,1: исходный=2,2078, прочитанный=2,2078, true
Все значения совпадают: true
```

```
Тестирование мета функций:
```

```
Композиция sin(cos(x)):
```

```
x=0,0: sin(cos(x))=0,8415  
x=0,5: sin(cos(x))=0,7692  
x=1,0: sin(cos(x))=0,5144  
x=1,5: sin(cos(x))=0,0707  
x=2,0: sin(cos(x))=-0,4042  
x=2,5: sin(cos(x))=-0,7182  
x=3,0: sin(cos(x))=-0,8360
```

```
Сумма sin(x) + cos(x):
```

```
x=0,0: sin+cos=1,0000  
x=0,5: sin+cos=1,3570  
x=1,0: sin+cos=1,3818  
x=1,5: sin+cos=1,0682  
x=2,0: sin+cos=0,4932  
x=2,5: sin+cos=-0,2027  
x=3,0: sin+cos=-0,8489
```

```
Масштабированный синус 3*sin(2x):
```

```
x=0,0: 3*sin(2x)=0,0000  
x=0,5: 3*sin(2x)=2,5244  
x=1,0: 3*sin(2x)=2,7279  
x=1,5: 3*sin(2x)=0,4234  
x=2,0: 3*sin(2x)=-2,2704  
x=2,5: 3*sin(2x)=-2,8768  
x=3,0: 3*sin(2x)=-0,8382
```

Задание 9

Сделайте так, чтобы объекты всех классов, реализующих интерфейс TabulatedFunction, были сериализуемыми.

Для этого рассмотрите два случая:

1. с использованием интерфейса java.io.Serializable

Тут просто добавляем к сериализуемым классам интерфейс Serializable

```
public class ArrayTabulatedFunction implements TabulatedFunction, Serializable { 10 usages}
```

2. с использованием интерфейса java.io.Externalizable

В этом случае добавим к сериализуемым классам интерфейс Externalizable, конструкторы и спец. методы для ArrayTabulatedFunction, LinkedListTabulatedFunction и FunctionPoint .

```
public void writeExternal(ObjectOutput out) throws IOException { no  
    out.writeInt(pointsCount);  
    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {  
        out.writeDouble(points[i].getX());  
        out.writeDouble(points[i].getY());  
    }  
}  
  
public void readExternal(ObjectInput in) throws IOException, ClassNotFoundException {  
    pointsCount = in.readInt();  
    points = new FunctionPoint[pointsCount + 5];  
    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {  
        double x = in.readDouble();  
        double y = in.readDouble();  
        points[i] = new FunctionPoint(x, y);  
    }  
}
```

```

public void writeExternal(ObjectOutput out) throws IOException { no usage
    out.writeInt(pointsCount);

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

public void readExternal(ObjectInput in) throws IOException, ClassNotFoundException {
    int count = in.readInt();
    initializeList();

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

```

Тестирование сериализации

Тестирование Serializable:

Исходная функция ($\ln(\exp(x))$):
 $(0,0, 0,0)$ $(1,0, 1,0)$ $(2,0, 2,0)$ $(3,0, 3,0)$ $(4,0, 4,0)$ $(5,0, 5,0)$ $(6,0, 6,0)$ $(7,0, 7,0)$ $(8,0, 8,0)$ $(9,0, 9,0)$ $(10,0, 10,0)$

Сериализация

Десериализация

Сравнение значений:

$x=0,0: 0,0$ и $0,0$ - Совпало
 $x=1,0: 1,0$ и $1,0$ - Совпало
 $x=2,0: 2,0$ и $2,0$ - Совпало
 $x=3,0: 3,0$ и $3,0$ - Совпало
 $x=4,0: 4,0$ и $4,0$ - Совпало
 $x=5,0: 5,0$ и $5,0$ - Совпало
 $x=6,0: 6,0$ и $6,0$ - Совпало
 $x=7,0: 7,0$ и $7,0$ - Совпало
 $x=8,0: 8,0$ и $8,0$ - Совпало
 $x=9,0: 9,0$ и $9,0$ - Совпало
 $x=10,0: 10,0$ и $10,0$ - Совпало

Результат: Правильно

Размер файла: 445 байт

```
Тестирование Externalizable:
Исходная функция sin(x):
(0,00, 0,0000) (0,35, 0,3420) (0,70, 0,6428) (1,05, 0,8660) (1,40, 0,9848) (1,75, 0,9848) (2,09, 0,8660) (2,44, 0,6428) (2,79, 0,3420) (3,14, 0,0000)
Сериализация с Externalizable
Десериализация
Сравнение значений:
x=0,0: 0,0000 и 0,0000 - Совпадло
x=0,5: 0,4721 и 0,4721 - Совпадло
x=1,0: 0,8358 и 0,8358 - Совпадло
x=1,5: 0,9848 и 0,9848 - Совпадло
x=2,0: 0,8981 и 0,8981 - Совпадло
x=2,5: 0,5941 и 0,5941 - Совпадло
x=3,0: 0,1387 и 0,1387 - Совпадло
Результат: Правильно
Размер файла: 423 байт

Сравнение файлов:
Serializable: 445 байт
Externalizable: 423 байт
Разница: 22 байт
Externalizable создает меньшие файлы
```