

Отчет по лабораторной работе № 2

«Разработка набора классов с табулированными
функциями»

По курсу Объектно-ориентированное
программирование

Выполнил: Акст Роман,
Студент группы 6203-010302D

Задание 1

Для работы я использовал IDE IntelliJ IDEA, где создал пакет functions

Задание 2

Был создан класс FunctionPoint, описывающий точку табулированной функции. Класс содержит два приватных поля для координат x и y, что обеспечивает правильную инкапсуляцию данных. Реализованы три конструктора: конструктор с параметрами координат, конструктор копирования и конструктор по умолчанию. Конструктор копирования создает новый объект с теми же координатами, что и переданная точка, обеспечивая защиту от изменения исходных данных. Геттеры и сеттеры предоставляют контролируемый доступ к полям класса.

```
package functions;

public class FunctionPoint 19 usages & romchik302
{
    private double x; 6 usages
    private double y; 6 usages

    // конструктор по умолчанию
    public FunctionPoint() 20 usages & romchik302
    {
        this.x = 0;
        this.y = 0;
    }

    // конструктор с координатами
    public FunctionPoint(double x, double y) 26 usages & romchik302
    {
        this.x = x;
        this.y = y;
    }

    // конструктор копирования
    public FunctionPoint(FunctionPoint point) 23 usages & romchik302
    {
        this.x = point.x;
        this.y = point.y;
    }

    // геттеры
    public double getX() 19 usages & romchik302
    {
        return x;
    }
}
```

Рисунок 1

```
public double getY() 6 usages & romchik302
{
    return y;
}

// сеттеры
public void setX(double x) no usages & romchik302
{
    this.x = x;
}

public void setY(double y) no usages & romchik302
{
    this.y = y;
}
```

Рисунок 2

Задание 3

Разработан класс TabulatedFunction для работы с табулированными функциями. Для хранения точек используется массив объектов FunctionPoint, причем точки всегда упорядочены по значению координаты x. Реализованы два конструктора: первый принимает границы области определения и количество точек, создавая точки с равными интервалами и нулевыми значениями функции; второй конструктор принимает границы и массив значений функции, также равномерно распределяя точки по области определения.

```
package functions;

public class TabulatedFunction 4 usages  ↗ romchik302
{
    private FunctionPoint[] points; 38 usages
    private int amountOfElements; 24 usages

    // конструктор для границ координат и количества точек
    public TabulatedFunction(double leftX, double rightX, int pointsCount) 16 usages  ↗ romchik302
    {
        this.points = new FunctionPoint[pointsCount];
        this.amountOfElements = pointsCount;

        double step = (rightX - leftX) / (pointsCount - 1);

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

    // конструктор с граничными значениями X и массивом значений в точках
    public TabulatedFunction(double leftX, double rightX, double[] values) 17 usages  ↗ romchik302
    {
        this.points = new FunctionPoint[values.length];
        this.amountOfElements = values.length;

        double step = (rightX - leftX) / (values.length - 1);

        for(int i = 0; i < values.length; i++)
        {
            this.points[i] = new FunctionPoint(x: leftX + step * i, values[i]);
        }
    }
}
```

Рисунок 3

Задание 4

В классе TabulatedFunction реализованы методы для работы с функцией в целом. Метод getLeftDomainBorder возвращает левую границу области определения, соответствующую x первой точки. Метод getRightDomainBorder возвращает правую границу области определения, соответствующую x последней точки. Метод getFunctionValue вычисляет значение функции в произвольной точке x с использованием линейной интерполяции. Если точка находится вне области определения, метод возвращает Double.NaN. Интерполяция реализована через уравнение прямой, проходящей через две соседние точки таблицы. Для избежания погрешности представления была введена переменная EPSILON.

```
// геттер левой границы по X
public double getLeftDomainBorder() { return this.points[0].getX(); }

// геттер правой границы по X
public double getRightDomainBorder() no usages & romchik302
{
    return (this.amountOfElements == 0) ? Double.NaN : this.points[this.amountOfElements - 1].getX();
}

// получение значения функции по заданной координате
public double getFunctionValue(double x) 1 usage & romchik302
{
    if(this.amountOfElements == 0) return Double.NaN;

    // вывод в случае выхода за границы
    if(x < this.points[0].getX() || x > this.points[amountOfElements - 1].getX())
    {
        return Double.NaN;
    }

    // пробегаемся по всем значениями X функции, пока не найдем необходимый
    // либо ищем примерное смежное значение
    for(int i = 0; i < this.amountOfElements - 1; i++)
    {
        double x1 = this.points[i].getX();
        double x2 = this.points[i + 1].getX();

        // сравниваем с машинным эпсилоном для корректного результата
        if(Math.abs(x - x1) < EPSILON) return this.points[i].getY();
        if(Math.abs(x - x2) < EPSILON) return this.points[i + 1].getY();

        if(x > x1 && x < x2)
        {
            double y1 = this.points[i].getY();
            double y2 = this.points[i + 1].getY();
            return y1 + (y2 - y1) * (x - x1) / (x2 - x1);
        }
    }
    return Double.NaN;
}
```

Рисунок 4

Задание 5

Реализован набор методов для работы с отдельными точками функции. Метод `getPointsCount` возвращает количество точек. Метод `getPoint` возвращает копию точки по указанному индексу, что предотвращает несанкционированное изменение исходных данных. Метод `setPoint` заменяет точку на новую, создавая ее копию и проверяя, что новая координата x не нарушает упорядоченность точек. Методы `getPointX` и `getPointY` возвращают соответствующие координаты точки, а `setPointX` и `setPointY` позволяют изменять координаты с проверкой допустимости изменений.

```
// получение количества точек в функции
public int getPointsCount() { return this.amountOfElements; // возвращаем реальное количество }

// получаем точку по индексу
public FunctionPoint getPoint(int index)  no usages  ↳ romchik302
{
    if(index < 0 || index >= this.amountOfElements)
    {
        return null;
    }

    return new FunctionPoint(this.points[index]);
}

// замена точки по заданному индексу
public void setPoint(int index, FunctionPoint point)  1 usage  ↳ romchik302
{
    if(index < 0 || index >= this.amountOfElements) return;

    // использование приближенного сравнения для граничных условий
    if (index == 0 && this.amountOfElements > 1 &&
        point.getX() >= points[1].getX() - EPSILON) return;

    if (index == this.amountOfElements - 1 &&
        point.getX() <= points[index - 1].getX() + EPSILON) return;

    if (index > 0 && index < this.amountOfElements - 1 &&
        (point.getX() <= points[index - 1].getX() + EPSILON || 
         point.getX() >= points[index + 1].getX() - EPSILON))
    {
        return;
    }

    points[index] = new FunctionPoint(point);
}
```

Рисунок 5

```

// получение координаты X точки по индексу
public double getPointX(int index)  no usages  ↳ romchik302
{
    if(index < 0 || index >= amountOfElements)
    {
        return Double.NaN;
    }

    return this.points[index].getX();
}

// получение координаты Y точки по индексу
public double getPointY(int index)  no usages  ↳ romchik302
{
    if(index < 0 || index >= amountOfElements)
    {
        return Double.NaN;
    }

    return this.points[index].getY();
}

// замена значения X в точке с заданным индексом
public void setPointX(int index, double x)  1 usage  ↳ romchik302
{
    if(index < 0 || index >= this.amountOfElements) return;

    // проверки из setPoint() адаптированные для setPointX()(для избежания избыточности кода)
    if (index == 0 && this.amountOfElements > 1 && x >= points[1].getX() - EPSILON) return;

    if (index == this.amountOfElements - 1 && x <= points[index - 1].getX() + EPSILON) return;

    if (index > 0 && index < this.amountOfElements - 1 &&
        (x <= points[index - 1].getX() + EPSILON || x >= points[index + 1].getX() - EPSILON))
    {
        return;
    }

    // если все проверки пройдены - меняем X
    this.points[index].setX(x);
}

// замена значения Y в точке с заданным индексом
public void setPointY(int index, double y)  1 usage  ↳ romchik302
{
    if(index < 0 || index >= this.amountOfElements) return;

    this.points[index].setY(y);
}

```

Рисунок 6

Задание 6

Реализованы методы для изменения структуры табулированной функции. Метод `deletePoint` удаляет точку по указанному индексу, сдвигая последующие элементы массива. Метод `addPoint` добавляет новую точку в правильную позицию с учетом упорядоченности по x. При добавлении точки проверяется необходимость расширения массива, при этом новый массив создается с запасом места для оптимизации последующих операций добавления. Для эффективного копирования данных используется метод `System.arraycopy`.

```
// добавление точки с автоматическим выбором места для подстановки
public void addPoint(FunctionPoint point) 1 usage  ↗ romchik302
{
    double pointX = point.getX();
    int insertIndex = 0;

    // находим позицию для вставки
    for(; insertIndex < this.amountOfElements; insertIndex++)
    {
        // сравниваем с машинным эпсилоном для избежания погрешности представления
        if(Math.abs(this.points[insertIndex].getX() - pointX) < EPSILON)
        {
            return; // точка с таким X уже существует
        }

        if(this.points[insertIndex].getX() > pointX)
        {
            break;
        }
    }

    // проверяем, нужно ли расширять массив
    if (this.amountOfElements == this.points.length)
    {
        // умножаем на 2 для оптимизации
        FunctionPoint[] newArray = new FunctionPoint[this.points.length * 2 + 1];
        System.arraycopy(this.points, 0, newArray, 0, this.amountOfElements);

        this.points = newArray;
    }

    // сдвигаем элементы вправо для освобождения места
    for (int i = this.amountOfElements; i > insertIndex; i--)
    {
        this.points[i] = this.points[i - 1];
    }

    // вставляем новую точку
    this.points[insertIndex] = new FunctionPoint(point);
    this.amountOfElements++;
}
```

Рисунок 7

Задание 7

Для проверки корректности работы классов создан класс Main, содержащий точку входа программы. В методе main создается экземпляр TabulatedFunction для линейной функции, тестируются значения функции в различных точках, включая точки внутри и вне области определения. Проверяется работа методов изменения точек, добавления и удаления точек. Результаты выводятся в консоль, демонстрируя корректность линейной интерполяции и работы всех методов класса.

На рисунках 9 и 10 можем видеть результат выполнения программы для функции $f(x) = 2x + 1$ на интервале $[0, 4]$.

```
public static void testFunction(TabulatedFunction func) 6 usages 👤 romchik302
{
    // тестируем точки: слева, на границе, внутри, справа
    double[] testPoints = {-1, 0, 1.2, 2, 3.5, 4, 5};

    for (double x : testPoints)
    {
        double y = func.getFunctionValue(x);

        if (Double.isNaN(y))
        {
            System.out.printf("f(%.1f) = не определено%n", x);
        } else
        {
            System.out.printf("f(%.1f) = %.2f%n", x, y);
        }
    }

    System.out.println("Точек в функции: " + func.getPointsCount());
}
```

Рисунок 8

Исходная функция ($f(x) = 2x + 1$):
 $f(-1,0)$ = не определено
 $f(0,0)$ = 1,00
 $f(1,2)$ = 3,40
 $f(2,0)$ = 5,00
 $f(3,5)$ = 8,00
 $f(4,0)$ = 9,00
 $f(5,0)$ = не определено
Точек в функции: 5

Заменяем точку с индексом 2:
 $f(-1,0)$ = не определено
 $f(0,0)$ = 1,00
 $f(1,2)$ = 4,40
 $f(2,0)$ = 10,00
 $f(3,5)$ = 8,00
 $f(4,0)$ = 9,00
 $f(5,0)$ = не определено
Точек в функции: 5

Добавляем новую точку (1.5, 4):
 $f(-1,0)$ = не определено
 $f(0,0)$ = 1,00
 $f(1,2)$ = 3,40
 $f(2,0)$ = 10,00
 $f(3,5)$ = 8,00
 $f(4,0)$ = 9,00
 $f(5,0)$ = не определено
Точек в функции: 6

Удаляем точку с индексом 1:
 $f(-1,0)$ = не определено
 $f(0,0)$ = 1,00
 $f(1,2)$ = 3,40
 $f(2,0)$ = 10,00
 $f(3,5)$ = 8,00
 $f(4,0)$ = 9,00
 $f(5,0)$ = не определено
Точек в функции: 5

Пробуем изменить X точки за границами:
 $f(-1,0)$ = не определено
 $f(0,0)$ = 1,00
 $f(1,2)$ = 3,40
 $f(2,0)$ = 10,00
 $f(3,5)$ = 8,00
 $f(4,0)$ = 9,00
 $f(5,0)$ = не определено
Точек в функции: 5

Меняем Y точки с индексом 0:
 $f(-1,0)$ = не определено
 $f(0,0)$ = 0,00
 $f(1,2)$ = 3,20
 $f(2,0)$ = 10,00
 $f(3,5)$ = 8,00
 $f(4,0)$ = 9,00
 $f(5,0)$ = не определено
Точек в функции: 5

Рисунок 9

Рисунок 10