

Лабораторная работа 6

Выполнил: студент группы

6301-030301D

Дымченко В.Р.

Задание 1

Добавляем в класс Functions метод, возвращающий значение интеграла функции, вычисленное с помощью численного метода. Вычисление значения интеграла должно выполняться по методу трапеций.

```
public static double integrate(Function function, double left, double right, double step) { 4 usages
    if (left < function.getLeftDomainBorder() || right > function.getRightDomainBorder()) {
        throw new IllegalArgumentException("Интервал интегрирования выходит за границы области определения функции");
    }
    if (step <= 0) {
        throw new IllegalArgumentException("Шаг интегрирования должен быть положительным");
    }
    if (left >= right) {
        throw new IllegalArgumentException("Левая граница должна быть меньше правой");
    }

    double integral = 0.0;
    double x = left;

    double xNext = Math.min(x + step, right);
    double y1 = function.getFunctionValue(x);
    double y2 = function.getFunctionValue(xNext);
    integral += (y1 + y2) * (xNext - x) / 2;

    x = xNext;

    while (x < right) {
        xNext = Math.min(x + step, right);
        y1 = function.getFunctionValue(x);
        y2 = function.getFunctionValue(xNext);
        integral += (y1 + y2) * (xNext - x) / 2;
        x = xNext;
    }
}
```

В методе main() проверили работу метода интегрирования. Для этого вычислили интеграл для экспоненты на отрезке от 0 до 1. Определили также, какой шаг дискретизации нужен, чтобы рассчитанное значение отличалось от теоретического в 7 знаке после запятой.

```

private static void testIntegration() { 1 usage
    System.out.println("Тестирование интегрирования экспоненты на отрезке [0, 1]");

    Exp exp = new Exp();
    double left = 0;
    double right = 1;
    double theoretical = Math.E - 1;

    System.out.printf("Теоретическое значение: %.10f\n", theoretical);

    System.out.println("\nПоиск шага для точности 10^-7:");
    double step = 0.1;
    double diff;
    int iteration = 0;

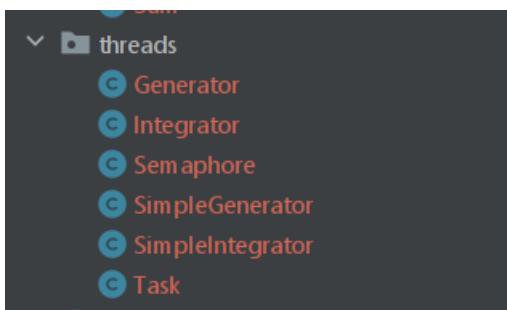
    do {
        double result = Functions.integrate(exp, left, right, step);
        diff = Math.abs(result - theoretical);
        System.out.printf("Итерация %d: шаг = %.10f, результат = %.10f, разница = %.10f\n",
                          iteration, step, result, diff);
        step /= 2;
        iteration++;
    } while (diff > 1e-7 && step > 1e-12);

    System.out.printf("\nДостигнута точность 10^-7 при шаге = %.10f\n", step * 2);
}

```

Задание 2

Далее в приложении один поток инструкций будет генерировать задачи для интегрирования, а второй поток – решать их. Для этого потребуется объект задания, через который эти потоки будут взаимодействовать. В объекте будут храниться параметры задания. Создаем пакет threads, в котором будут размещены классы, связанные с потоками. В пакете threads описываем класс Task, объект которого должен хранить ссылку на объект интегрируемой функции, границы области интегрирования, шаг дискретизации, а также целочисленное поле, хранящее количество выполняемых задачий. Т.е. объект описывает одно задание.



Класс Task

```
package functions.threads;

import functions.Function;
import functions.basic.Log;

public class Task { no usages
    private Function function; 2 usages
    private double left; 2 usages
    private double right; 2 usages
    private double step; 2 usages
    private int tasksCount; 3 usages

    public Task(int tasksCount) { 12 usages
        this.tasksCount = tasksCount;
    }

    public int getTasksCount() { no usages
        return tasksCount;
    }

    public void setTasksCount(int tasksCount) { no usages
        this.tasksCount = tasksCount;
    }

    public Function getFunction() {
        return function;
    }

    public void setFunction(Function function) {
        this.function = function;
    }
```

```
public double getLeft() { no usages
    return left;
}

public void setLeft(double left) { no usages
    this.left = left;
}

public double getRight() { no usages
    return right;
}

public void setRight(double right) { no usages
    this.right = right;
}

public double getStep() { no usages
    return step;
}

public void setStep(double step) { no usages
    this.step = step;
}
```

В главном классе программы описываем метод nonThread(), реализующий последовательную версию программы. В методе необходимо создать объект класса Task и установить в нём количество выполняемых заданий (минимум 100). После этого в цикле нужно выполнить следующие действия:

1. создать и поместить в объект задания объект логарифмической функции, основание которой является случайной величиной, распределённой равномерно на отрезке от 1 до 10;
2. указать в объекте задания левую границу области интегрирования (случайно распределена на отрезке от 0 до 100);
3. указать в объекте задания правую границу области интегрирования (случайно распределена на отрезке от 100 до 200);
4. указать в объекте задания шаг дискретизации (случайно распределён на отрезке от 0 до 1);
5. вывести в консоль сообщение вида "Source <левая граница> <правая граница> <шаг дискретизации>";
6. вычислить значение интеграла для параметров из объекта задания;
7. вывести в консоль сообщение вида "Result <левая граница> <правая граница> <шаг дискретизации> <результат интегрирования>".

Проверяем работу метода, вызвав его в методе main

```
public static void nonThread() { 1 usage
    System.out.println("Последовательная версия программы:");

    Task task = new Task(tasksCount 100);

    for (int i = 0; i < task.getTasksCount(); i++) {
        double base = 1 + Math.random() * 9;
        Log logFunc = new Log(base);

        double left = Math.random() * 100;
        double right = 100 + Math.random() * 100;
        double step = Math.random();

        task.setFunction(logFunc);
        task.setLeft(left);
        task.setRight(right);
        task.setStep(step);

        System.out.printf("Source %.2f %.2f %.2f%n", left, right, step);

        try {
            double result = Functions.integrate(task.getFunction(), task.getLeft(), task.getRight(), task.getStep());

            System.out.printf("Result %.2f %.2f %.2f %.2f%n", left, right, step, result);
        } catch (IllegalArgumentException e) {
            System.out.printf("Error for %.2f %.2f %.2f: %s%n", left, right, step, e.getMessage());
        }
    }
}
```

Задание 3

В пакете threads создаем два класса.

Класс SimpleGenerator должен реализовывать интерфейс Runnable, получать в конструкторе и сохранять в своё поле ссылку на объект типа Task, а в методе run() в цикле должны формироваться задачи и заноситься в полученный объект задания, а также выводиться сообщения в консоль.

```
package functions.threads;

import functions.Function;
import functions.basic.Log;

public class SimpleGenerator implements Runnable { 1 usage
    private Task task; 12 usages
    private boolean running = true; 3 usages

    public SimpleGenerator(Task task) { 5 usages
        this.task = task;
    }

    @Override
    public void run() {
        try {
            for (int i = 0; i < task.getTasksCount() && running; i++) {
                synchronized (task) {
                    double base = 1 + Math.random() * 9;
                    Log logFunc = new Log(base);

                    double left = Math.random() * 100;
                    double right = 100 + Math.random() * 100;
                    double step = Math.random();

                    task.setFunction(logFunc);
                    task.setLeft(left);
                    task.setRight(right);
                    task.setStep(step);
                }
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            System.out.println("Генератор прерван");
            Thread.currentThread().interrupt();
        }
    }

    public void stop() { no usages
        running = false;
    }
}
```

```
System.out.printf("Source %.2f %.2f %.2f%n", left, right, step);

        task.notify();

        if (i < task.getTasksCount() - 1) {
            task.wait();
        }
    }

    Thread.sleep( millis: 1);
}

synchronized (task) {
    running = false;
    task.notify();
}

} catch (InterruptedException e) {
    System.out.println("Генератор прерван");
    Thread.currentThread().interrupt();
}

public void stop() { no usages
    running = false;
}
```

Класс SimpleIntegrator должен реализовывать интерфейс Runnable, получать в конструкторе и сохранять в своё поле ссылку на объект типа Task, а в методе run() в цикле должны решаться задачи, данные для которых берутся из полученного объекта задания, а также выводиться сообщения в консоль.

```
package functions.threads;

import functions.Function;
import functions.Functions;

public class SimpleIntegrator implements Runnable { 1 usage
    private Task task; 10 usages
    private boolean running = true; 3 usages

    public SimpleIntegrator(Task task) { 5 usages
        this.task = task;
    }

    @Override
    public void run() {
        try {
            while (running) {
                synchronized (task) {
                    task.wait();

                    if (!running) break;

                    Function func = task.getFunction();
                    double left = task.getLeft();
                    double right = task.getRight();
                    double step = task.getStep();

                    try {
                        double result = Functions.integrate(func, left, right, step);
                        System.out.printf("Result %.2f %.2f %.2f %.2f%n", left, right, step, result);
                    } catch (IllegalArgumentException e) {
                        System.out.printf("Error for %.2f %.2f %.2f: %s%n", left, right, step, e.getMessage());
                    }
                }
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            System.out.println("Интегратор прерван");
            Thread.currentThread().interrupt();
        }
    }

    public void stop() { no usages
        running = false;
        synchronized (task) {
            task.notify();
        }
    }
}
```

```
    }

    public void simpleThreads() {
        int count = 100;
        Task[] tasks = new Task[count];
        SimpleGenerator generator = new SimpleGenerator();
        SimpleIntegrator integrator = new SimpleIntegrator(generator);

        for (int i = 0; i < count; i++) {
            Task task = generator.generateTask();
            task.setLeft(i * 100.0 / count);
            task.setRight((i + 1) * 100.0 / count);
            task.setStep(100.0 / count);
            tasks[i] = task;
        }

        for (int i = 0; i < count; i++) {
            Thread thread = new Thread(tasks[i]);
            thread.start();
        }

        integrator.start();
    }
}
```

В главном классе программы создайте метод simpleThreads(). В нём создайте объект задания, укажите количество выполняемых задачий (минимум 100), создайте и запустите два потока вычислений, основанных на описанных классах SimpleGenerator и SimpleIntegrator. Проверьте работу метода, вызвав его в методе main().

```

public static void simpleThreads() { 1 usage
    System.out.println("Запуск простой многопоточной версии:");

    Task task = new Task( tasksCount 100);

    Thread generatorThread = new Thread(new SimpleGenerator(task));
    Thread integratorThread = new Thread(new SimpleIntegrator(task));

    System.out.println("Установка приоритетов: генератор - min, интегратор - max");
    generatorThread.setPriority(Thread.MIN_PRIORITY);
    integratorThread.setPriority(Thread.MAX_PRIORITY);

    generatorThread.start();
    integratorThread.start();

    try {
        long timeout = 3000;
        long startTime = System.currentTimeMillis();

        while ((generatorThread.isAlive() || integratorThread.isAlive()) &&
               (System.currentTimeMillis() - startTime) < timeout) {
            Thread.sleep( millis: 100);
        }

        if (generatorThread.isAlive() || integratorThread.isAlive()) {
            System.out.println("\nТаймаут: Потоки зависли, принудительное прерывание.....");
            generatorThread.interrupt();
            integratorThread.interrupt();
        }
    }

        generatorThread.join( millis: 500);
        integratorThread.join( millis: 500);
    }

} catch (InterruptedException e) {
    System.out.println("Основной поток прерван");
}

System.out.println("Простая многопоточная версия завершена");
}

```

Задание 4

Для устранения проблемы, что не все сгенерированные задания оказываются выполнены интегрирующим потоком, потребуется дополнительный объект, представляющий собой одноместный семафор, различающий операции чтения и записи в защищаемый объект.

```
package functions.threads;

public class Semaphore { no usages
    private boolean canWrite = true; 3 usages
    private boolean canRead = false; 3 usages

    public synchronized void startWrite() throws InterruptedException { no usages
        while (!canWrite) {
            wait();
        }
        canWrite = false;
    }

    public synchronized void endWrite() { no usages
        canRead = true;
        notifyAll();
    }

    public synchronized void startRead() throws InterruptedException { no usages
        while (!canRead) {
            wait();
        }
        canRead = false;
    }

    public synchronized void endRead() { no usages
        canWrite = true;
        notifyAll();|
    }
}
```

В пакете threads создаем два следующих класса.

Класс Generator должен расширять класс Thread, получать в конструкторе и сохранять в свои поля ссылки на объект типа Task и на объект семафора, а в методе run() должны выполняться те же действия, что и в предыдущей версии генерирующего класса.

```

package functions.threads;

import functions.Function;
import functions.basic.Log;

public class Generator extends Thread { 2 usages
    private Task task; 7 usages
    private Semaphore semaphore; 5 usages

    public Generator(Task task, Semaphore semaphore) { 5 usages
        this.task = task;
        this.semaphore = semaphore;
    }

    @Override
    public void run() {
        try {
            for (int i = 0; i < task.getTasksCount(); i++) {
                if (Thread.currentThread().isInterrupted()) {
                    throw new InterruptedException();
                }

                semaphore.startWrite();

                double base = 1 + Math.random() * 9;
                Log logFunc = new Log(base);

                double left = Math.random() * 100;
                double right = 100 + Math.random() * 100;
                double step = Math.random();
        
```

```

                    task.setFunction(logFunc);
                    task.setLeft(left);
                    task.setRight(right);
                    task.setStep(step);

                    System.out.printf("Source %.2f %.2f %.2f%n", left, right, step);

                    semaphore.endWrite();

                    Thread.sleep( millis: 10 );
                }

                semaphore.startWrite();
                task.setTasksCount(-1);
                semaphore.endWrite();

            } catch (InterruptedException e) {
                System.out.println("Генератор был прерван");
            }
        }
    }
}

```

Класс Integrator должен расширять класс Thread, получать в конструкторе и сохранять в свои поля ссылки на объект типа Task и на объект семафора, а в методе run() должны выполняться те же действия, что и в предыдущей версии интегрирующего класса.

```
package functions.threads;

import functions.Function;
import functions.Functions;

public class Integrator extends Thread { 2 usages
    private Task task; 6 usages
    private Semaphore semaphore; 4 usages

    public Integrator(Task task, Semaphore semaphore) { 5 usages
        this.task = task;
        this.semaphore = semaphore;
    }

    @Override
    public void run() {
        try {
            while (true) {
                if (Thread.currentThread().isInterrupted()) {
                    throw new InterruptedException();
                }

                semaphore.startRead();
                if (task.getTasksCount() == -1) {
                    semaphore.endRead();
                    break;
                }

                Function func = task.getFunction();
                double left = task.getLeft();
                double right = task.getRight();

                double step = task.getStep();

                semaphore.endRead();

                try {
                    double result = Functions.integrate(func, left, right, step);

                    System.out.printf("Result %.2f %.2f %.2f %.2f%n", left, right, step, result);
                } catch (IllegalArgumentException e) {
                    System.out.printf("Error for %.2f %.2f %.2f: %s%n", left, right, step, e.getMessage());
                }

                Thread.sleep( millis: 10 );
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            System.out.println("Интегратор был прерван");
        }
    }
}
```

В главном классе программы создайте метод `complicatedThreads()`. В нём создайте объект задания, укажите количество выполняемых заданий (минимум 100), создайте и запустите два потока вычислений классов `Generator` и `Integrator`. Проверьте работу метода, вызвав его в методе `main()`.

```
public static void complicatedThreads() { 1 usage
    System.out.println("Запуск усовершенствованной многопоточной версии:");

    Task task = new Task(tasksCount: 100);
    Semaphore semaphore = new Semaphore();

    Generator generator = new Generator(task, semaphore);
    Integrator integrator = new Integrator(task, semaphore);

    generator.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY);
    integrator.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY);

    generator.start();
    integrator.start();

    try {
        Thread.sleep(millis: 50);
    } catch (InterruptedException e) {
        System.out.println("Основной поток прерван");
    }

    System.out.println("\nПрерывание потоков после 50мс.....");

    generator.interrupt();
    integrator.interrupt();
```

```
try {
    long timeout = 2000; // 2 секунды
    long startTime = System.currentTimeMillis();

    while ((generator.isAlive() || integrator.isAlive()) &&
           (System.currentTimeMillis() - startTime) < timeout) {
        Thread.sleep(millis: 100);
    }

    if (generator.isAlive() || integrator.isAlive()) {
        System.out.println("Потоки не завершились за таймаут, принудительная остановка");
    }

} catch (InterruptedException e) {
    System.out.println("Основной поток прерван при ожидании завершения");
}

System.out.println("Усовершенствованная многопоточная версия завершена");
}
```

Выход

Потоки и интегрирование

Метод интегрирования

Тестирование интегрирования экспоненты на отрезке [0, 1]

Теоретическое значение: 1,7182818285

Поиск шага для точности 10^-7:

Итерация 0: шаг = 0,1000000000, результат = 1,7197134914, разница = 0,0014316629
Итерация 1: шаг = 0,0500000000, результат = 1,7186397889, разница = 0,0003579605
Итерация 2: шаг = 0,0250000000, результат = 1,7183713214, разница = 0,0000894929
Итерация 3: шаг = 0,0125000000, результат = 1,7183042019, разница = 0,0000223734
Итерация 4: шаг = 0,0062500000, результат = 1,7182874218, разница = 0,0000055934
Итерация 5: шаг = 0,0031250000, результат = 1,7182832268, разница = 0,0000013983
Итерация 6: шаг = 0,0015625000, результат = 1,7182821780, разница = 0,0000003496
Итерация 7: шаг = 0,0007812500, результат = 1,7182819159, разница = 0,0000000874

Достигнута точность 10^-7 при шаге = 0,0007812500

Последовательная версия

Последовательная версия программы:

Source 97,45 133,97 0,73
Result 97,45 133,97 0,73 87,62
Source 24,33 132,18 0,64
Result 24,33 132,18 0,64 204,31
Source 8,83 197,94 0,19
Result 8,83 197,94 0,19 436,09
Source 10,04 131,25 0,29
Result 10,04 131,25 0,29 249,46
Source 93,04 177,36 0,32
Result 93,04 177,36 0,32 194,43
Source 77,23 187,76 0,87
Result 77,23 187,76 0,87 361,15

.....(вывод 100 значений)

Простая многопоточная версия

Запуск простой многопоточной версии:

Установка приоритетов: генератор - min, интегратор - max

Source 24,77 127,65 0,90

Таймаут: Потоки зависли, принудительное прерывание.....

Генератор прерван

Интегратор прерван

Простая многопоточная версия завершена

```
Усовершенствованная многопоточная версия
Запуск усовершенствованной многопоточной версии:
Source 15,37 118,83 0,20
Result 15,37 118,83 0,20 263,34
Source 70,79 166,36 0,93
Result 70,79 166,36 0,93 214,15
Source 19,23 183,51 0,09
Result 19,23 183,51 0,09 412,13
Source 64,83 139,07 0,77
Result 64,83 139,07 0,77 334,87
Source 40,61 121,16 0,18
Result 40,61 121,16 0,18 157,61

Прерывание потоков после 50мс.....
Генератор был прерван
Интегратор был прерван
Усовершенствованная многопоточная версия завершена
```