

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа №4 по дисциплине  
**«Методы и средства программной инженерии»**

Вариант 1004

Выполнили:

Соболев Иван Александрович,  
Тюрин Святослав Вячеславович

Факультет: ПИиКТ

Группа: Р32312, Р32302

Преподаватель:

Исаев Илья Владимирович

Санкт-Петербург, 2023

## Задание:

### Внимание! У разных вариантов разный текст задания!

1. Для своей программы из [лабораторной работы #3](#) по дисциплине "Веб-программирование" реализовать:

- MBean, считающий общее число установленных пользователем точек, а также число точек, попадающих в область. В случае, если пользователь совершил 4 "промаха" подряд, разработанный MBean должен отправлять оповещение об этом событии.
- MBean, определяющий площадь получившейся фигуры.

2. С помощью утилиты JConsole провести мониторинг программы:

- Снять показания MBean-классов, разработанных в ходе выполнения задания 1.
- Определить значение переменной classpath для данной JVM.

3. С помощью утилиты VisualVM провести мониторинг и профилирование программы:

- Снять график изменения показаний MBean-классов, разработанных в ходе выполнения задания 1, с течением времени.
- Определить имя потока, потребляющего наибольший процент времени CPU.

4. С помощью утилиты VisualVM и профилировщика IDE NetBeans, Eclipse или Idea локализовать и устранить проблемы с производительностью в [программе](#). По результатам локализации и устранения проблемы необходимо составить отчёт, в котором должна содержаться следующая информация:

- Описание выявленной проблемы.
- Описание путей устранения выявленной проблемы.
- Подробное (со скриншотами) описание алгоритма действий, который позволил выявить и локализовать проблему.

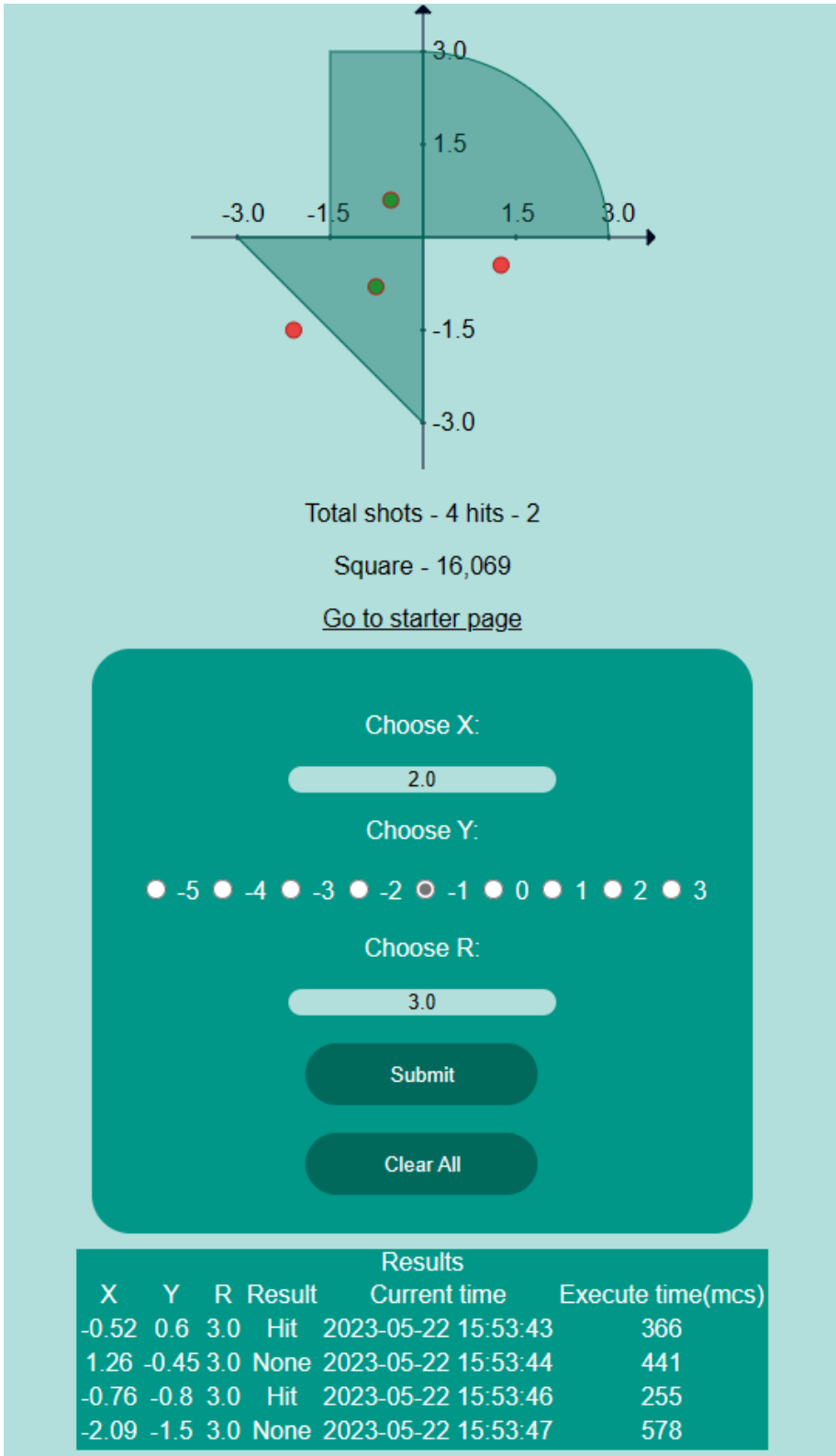
Студент должен обеспечить возможность воспроизведения процесса поиска и локализации проблемы по требованию преподавателя.

Исходный код mbean'ов: [itmo-mispi/Mispi4/WebLab\\_3/src/main/java/mbeans at main · Ivanio1/itmo-mispi · GitHub](#)

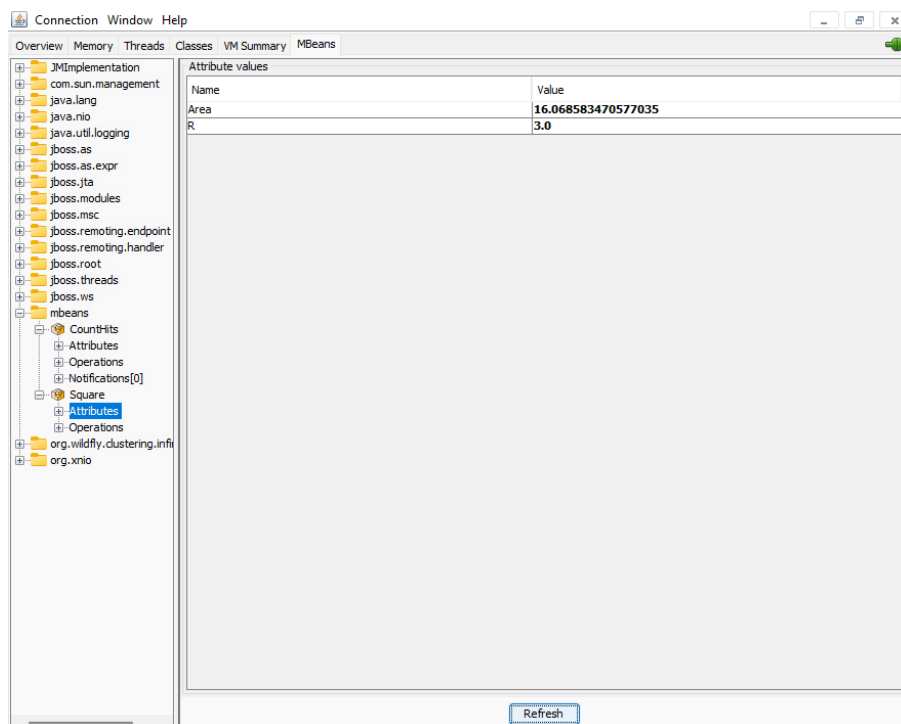
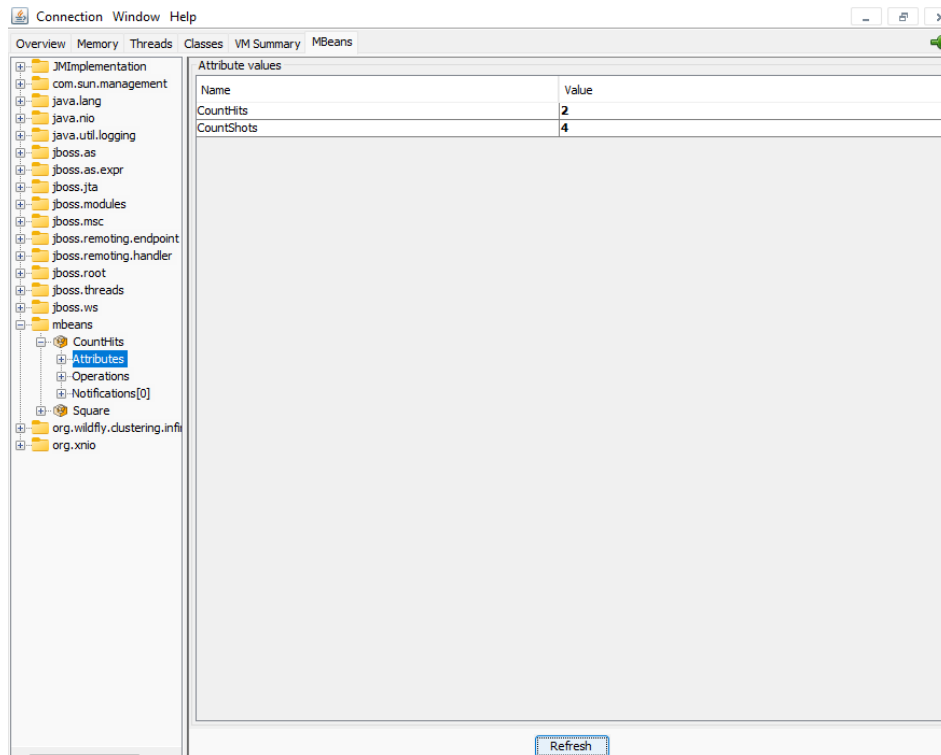
Выполнение:

**Jconsole:**

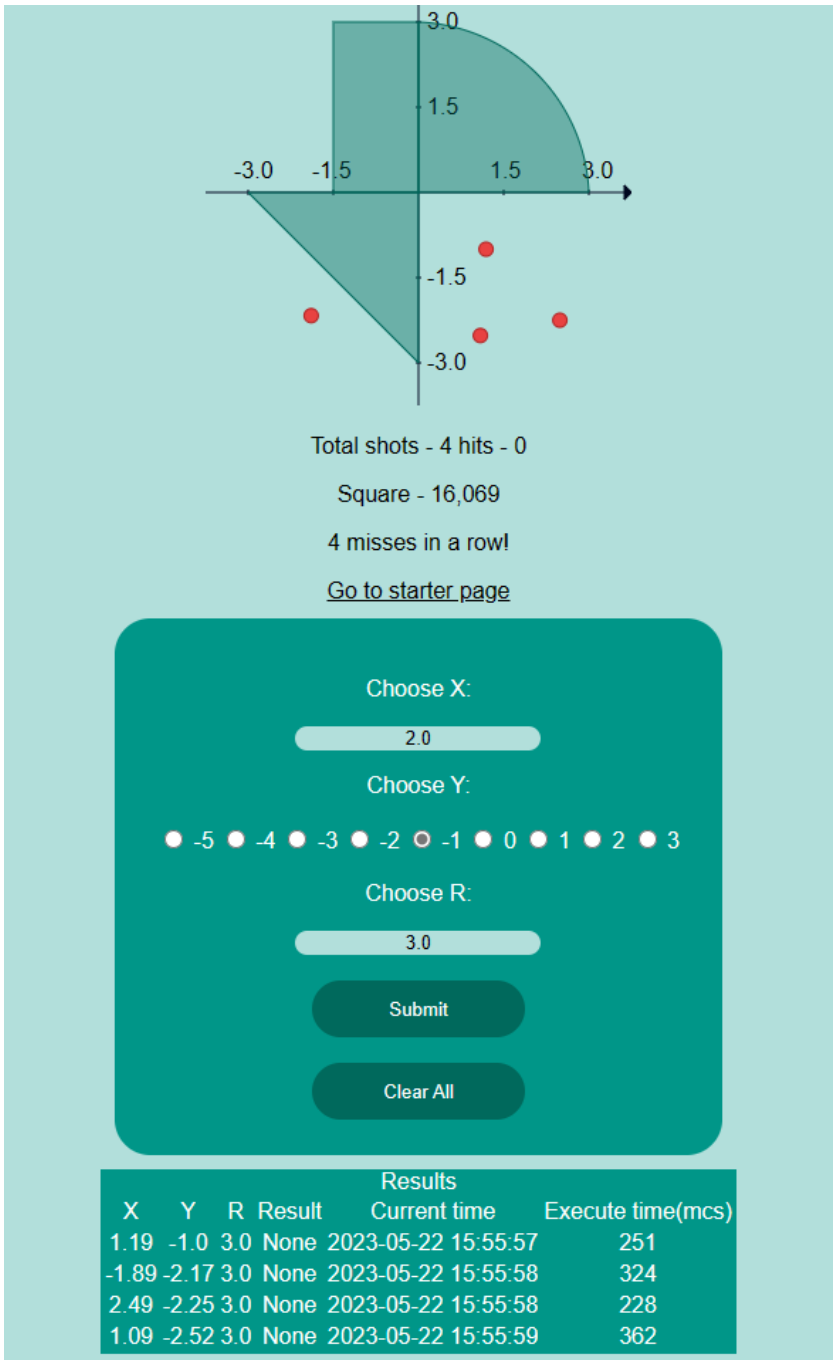
UI:



### Показания JConsole:



UI:



Показания JConsole:

Attribute values	
Name	Value
CountHits	0
CountShots	4

Attribute values	
Name	Value
Area	16.068583470577035
R	3.0

Notification buffer						
TimeStamp	Type	UserData	SeqNum	Message	Event	Source
15:55:59:855	countOfMissedPointsEqualsFour		4	Count of missed points equals 4	javax.management.Notificati...	mbeans:type=CountHits

## 2) Значение переменной classpath для данной JVM

Java Monitoring & Management Console - pid: 2844 jboss-modules.jar -mp C:\Users\Asus\Downloads\wildfly-26.1.2.Final\wildfly-26.1...

Connection Window Help

Overview Memory Threads Classes VM Summary MBeans

**Current heap size:** 206 965 kbytes  
**Maximum heap size:** 524 288 kbytes  
**Garbage collector:** Name = 'G1 Young Generation', Collections = 99, Total time spent = 0,534 seconds  
**Garbage collector:** Name = 'G1 Old Generation', Collections = 0, Total time spent = 0,000 seconds

**Committed memory:** 307 200 kbytes  
**Pending finalization:** 0 objects

---

**Operating System:** Windows 10 10.0  
**Architecture:** amd64  
**Number of processors:** 8  
**Committed virtual memory:** 713 252 kbytes

**Total physical memory:** 8 246 056 kbytes  
**Free physical memory:** 889 140 kbytes  
**Total swap space:** 15 323 944 kbytes  
**Free swap space:** 3 022 416 kbytes

---

**VM arguments:** -Dprogram.name=standalone.bat -Xms64M -Xmx512M -XX:MetaspaceSize=96M -XX:MaxMetaspaceSize=256m -Djava.net.preferIPv4Stack=true -Djboss.modules.system.pkgs=org.jboss.byteman -Djava.awt.headless=true --add-exports=java.desktop/sun.awt=ALL-UNNAMED --add-exports=java.naming/com.sun.jndi.ldap=ALL-UNNAMED --add-exports=java.naming/com.sun.jndi.url.ldap=ALL-UNNAMED --add-exports=java.naming/com.sun.jndi.url.idaps=ALL-UNNAMED --add-opens=java.base/java.lang=ALL-UNNAMED --add-opens=java.base/java.lang.invoke=ALL-UNNAMED --add-opens=java.base/java.io=ALL-UNNAMED --add-opens=java.base/java.lang.reflect=ALL-UNNAMED --add-opens=java.base/java.security=ALL-UNNAMED --add-opens=java.base/java.util=ALL-UNNAMED --add-opens=java.base/java.util.concurrent=ALL-UNNAMED --add-opens=java.management/javax.management=ALL-UNNAMED --add-opens=java.naming/javax.naming=ALL-UNNAMED -Djava.security.manager=allow -Dorg.jboss.boot.log.file=C:\Users\Asus\Downloads\wildfly-26.1.2.Final\wildfly-26.1.2.Final\standalone\log\server.log -Dlogging.configuration=file:C:\Users\Asus\Downloads\wildfly-26.1.2.Final\wildfly-26.1.2.Final\standalone\configuration\logging.properties

**Class path:** C:\Users\Asus\Downloads\wildfly-26.1.2.Final\wildfly-26.1.2.Final\jboss-modules.jar

**Library path:** C:\Program Files\Java\jdk-17\bin;C:\WINDOWS\Sun\Java\bin;C:\WINDOWS\system32;C:\WINDOWS;C:\Program Files\Common Files\Oracle\Java\javapath;C:\Program Files (x86)\Common Files\Oracle\Java\javapath;C:\ProgramData\Oracle\Java\javapath;C:\Program Files (x86)\Intel\CLS Client\;C:\Program Files\Intel\CLS Client\;C:\WINDOWS\system32;C:\WINDOWS;C:\WINDOWS\System32\Wbem;C:\WINDOWS\System32\WindowsPowerShell\v1.0\;C:\Program Files (x86)\Intel\Intel(R) Management Engine Components\DAL;C:\Program Files\Intel\Intel(R) Management Engine Components\DAL;C:\Program Files (x86)\Intel\Intel(R) Management Engine Components\IPT;C:\Program Files\Intel\Intel(R) Management Engine Components\IPT;C:\WINDOWS\System32\OpenSSH;C:\Program Files\Intel\WiFi\bin\;C:\Program Files\Common Files\Intel\WirelessCommon\;C:\Program Files\dotnet\;C:\Program Files\MiKTeX\miktex\bin\x64\;C:\Program Files (x86)\dotnet\;C:\TDM-GCC-32\bin;C:\Program Files\Putty\;C;\C:\Program Files\Git\cmd;C:\apache-ant-1.9.16\bin;C:\Program Files\Java\jdk-17\bin;C:\Users\Asus\AppData\Local\Programs\Python\Python310\Scripts\;C:\Users\Asus\AppData\Local\Programs\Python\Python310\;C:\Users\Asus\AppData\Local\Programs\Python\Python38\Scripts\;C:\Users\Asus\AppData\Local\Programs\Python\Python38\;C:\Users\Asus\AppData\Local\Programs\Python\Launcher\;C:\Users\Asus\AppData\Local\Microsoft\Windows\Apps\;C:\Users\Asus\AppData\Local\Programs\MiKTeX\miktex\bin\x64\;.

**Boot class path:** Unavailable

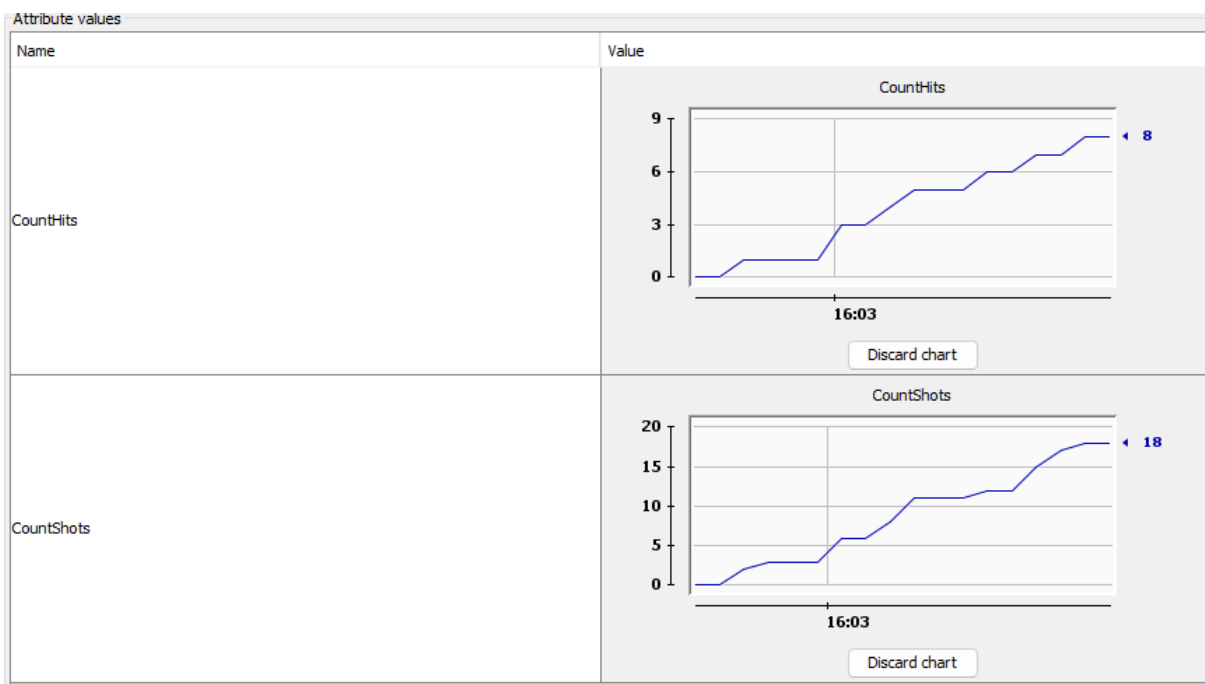
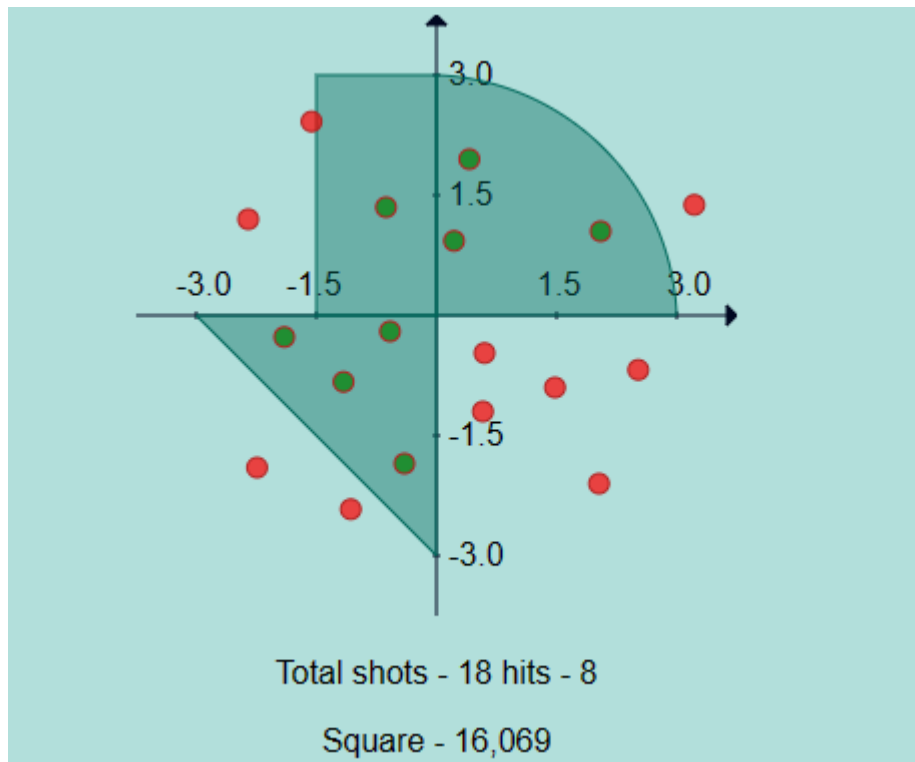
**Class path:** C:\Users\Asus\Downloads\wildfly-26.1.2.Final\wildfly-26.1.2.Final\jboss-modules.jar

Выводы: Был произведен мониторинг работы программы с помощью утилиты Jconsole. Утилита отслеживает изменения показаний mbean'ов, также позволяет вызывать операции и отслеживать уведомления. Также с помощью утилиты Jconsole был определен class-path для JVM.

## Показания VisualVM:

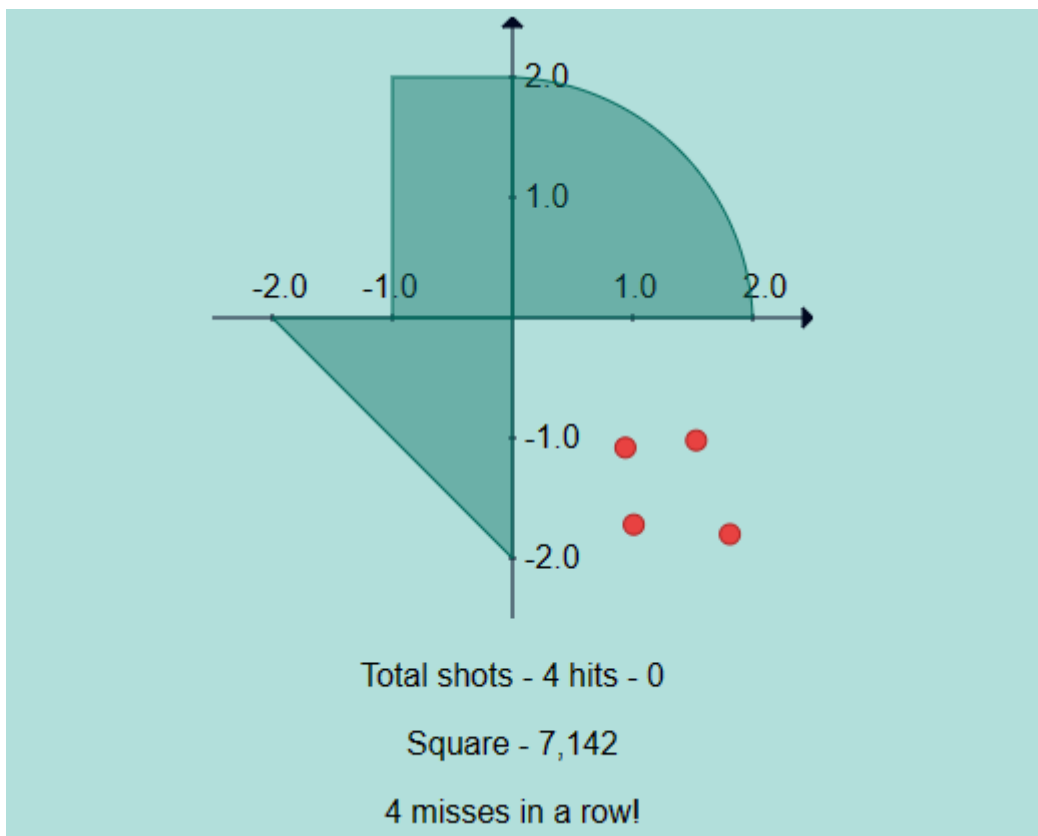
1)

UI:





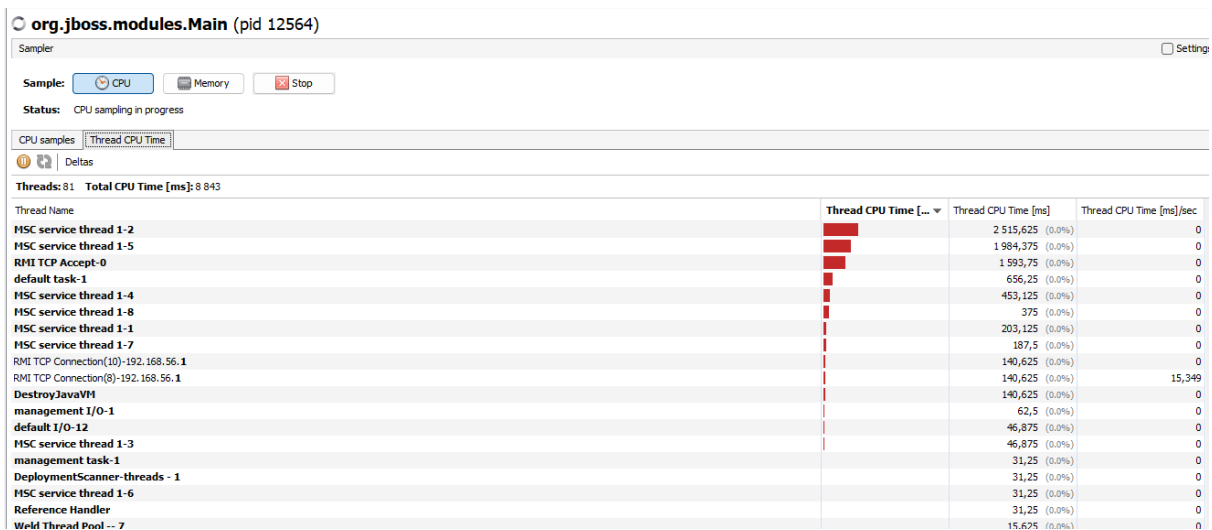
UI:



Notification buffer						
TimeStamp	Type	UserData	SeqNum	Message	Event	Source
16:06:32:292	countOfMissedPointsE...		4	Count of missed point...	javax.management.N...	mbeans:type=CountHits



## 2) Имя потока, потребляющего наибольший процент времени CPU.



Наибольший процент времени CPU занимает поток **MSC service thread 1-2**. Этот поток является частью механизма управления сервисами, используемого контейнером приложений для запуска, остановки и перезапуска компонентов приложения, таких как EJB-бины или сервлеты.

Выводы: Было произведено профилирование работы программы с помощью утилиты VisualVM. Утилита отслеживает изменения показаний mbean'ов, позволяет вывести графики изменения показаний mbean'ов, также вызывать операции и отслеживать уведомления. Также с помощью утилиты VisualVM был определен поток, потребляющего наибольший процент времени CPU - **MSC service thread 1-2**.

## Поиск утечки памяти:

Шаг №1: Подготовка окружения

Основная часть программы состоит из бесконечного цикла с запросами

```
while (true) {  
    WebResponse response = sc.getResponse(request);  
    System.out.println("Count: " + number++ + response);  
    java.lang.Thread.sleep( millis: 200 );  
}
```

Чтобы ускорить выбрасывание OutOfMemoryError:

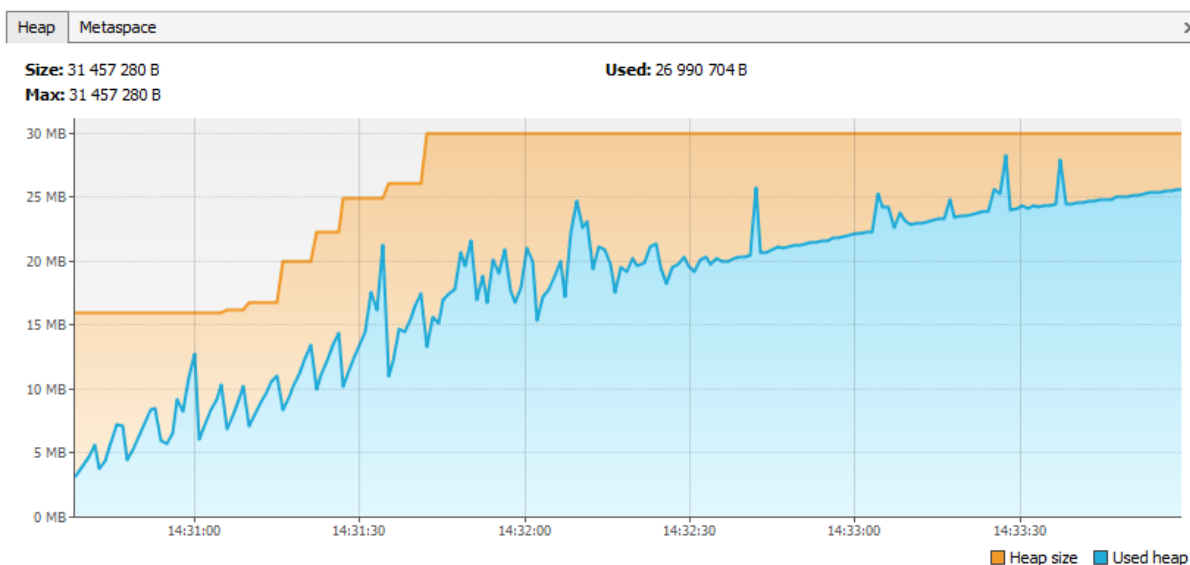
- Установим задержку между запросами (Thread.sleep) в 0 мс
- Установим максимальный размер кучи на 30 Мб (Для этого в конфигурации запуска добавим опцию(-Xmx30M) для Vm)

## Шаг №2: Анализ используемой памяти

Через несколько минут после запуска программы выбрасывается исключение:

```
Count: 123766[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@105b6a8]
Count: 123767[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@e45f61]
Count: 123768[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@5cdd23]
Count: 123769[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@1765654]
Count: 123770[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@1ed79e8]
Exception in thread "main" java.lang.OutOfMemoryError: Create breakpoint : Java heap space
    at java.util.Hashtable.rehash(Hashtable.java:402)
    at java.util.Hashtable.addEntry(Hashtable.java:426)
    at java.util.Hashtable.put(Hashtable.java:477)
    at java.util.Properties.load0(Properties.java:392)
    at java.util.Properties.load(Properties.java:341)
    at java.util.PropertyResourceBundle.<init>(PropertyResourceBundle.java:138)
    at java.util.ResourceBundle$Control.newBundle(ResourceBundle.java:2704)
    at java.util.ResourceBundle.loadBundle(ResourceBundle.java:1518)
    at java.util.ResourceBundle.findBundle(ResourceBundle.java:1482)
    at java.util.ResourceBundle.findBundle(ResourceBundle.java:1436)
    at java.util.ResourceBundle.findBundle(ResourceBundle.java:1436)
    at java.util.ResourceBundle.getBundleImpl(ResourceBundle.java:1370)
    at java.util.ResourceBundle.getBundle(ResourceBundle.java:854)
    at org.mozilla.javascript.Context.getMessage(Context.java:1945)
```

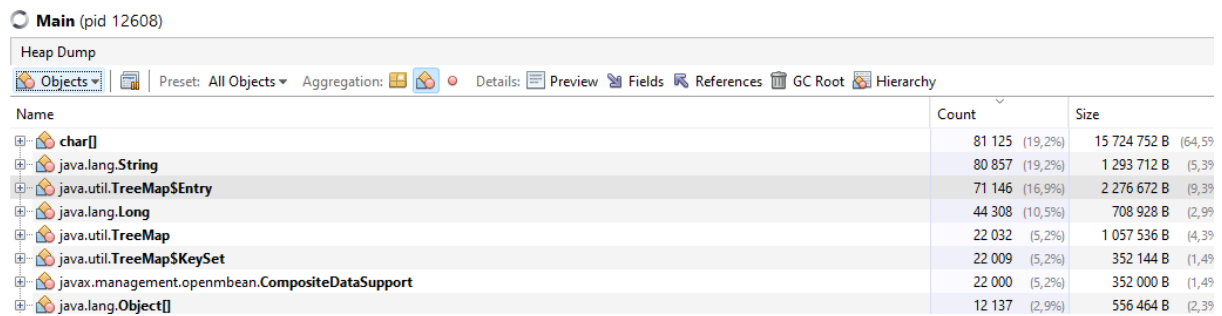
По графику использования памяти видно, что размер кучи постоянно увеличивается:



Следовательно, можно сделать вывод, что утечка памяти действительно существует.

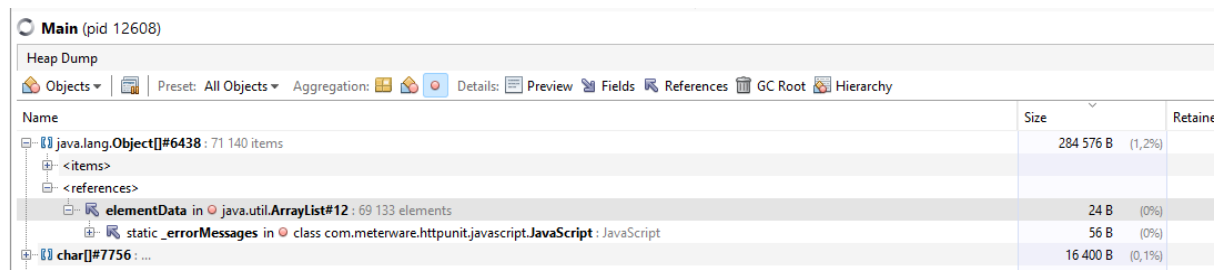
### Шаг №3: Локализация проблемы

Анализируя Heap dump находим объекты, которые занимают много памяти:



Name	Count	Size
char[]	81 125 (19,2%)	15 724 752 B (64,5%)
java.lang.String	80 857 (19,2%)	1 293 712 B (5,3%)
java.util.TreeMap\$Entry	71 146 (16,9%)	2 276 672 B (9,3%)
java.lang.Long	44 308 (10,5%)	708 928 B (2,9%)
java.util.TreeMap	22 032 (5,2%)	1 057 536 B (4,3%)
java.util.TreeMap\$KeySet	22 009 (5,2%)	352 144 B (1,4%)
javax.management.openmbean.CompositeDataSupport	22 000 (5,2%)	352 000 B (1,4%)
java.lang.Object[]	12 137 (2,9%)	556 464 B (2,3%)

Можно увидеть, что больше всего у нас объектов типа char. Далее за char, следует String, что логично, ведь String состоит из char. Чтобы понять, где у нас столько строк, переключаемся в статистику по кол-ву instance-ов и видим, что у нас есть объект ArrayList под названием \_errorMessages, в котором очень много элементов типа String с информацией об ошибках.



Name	Size	Retained Size
java.lang.Object[]#6438 : 71 140 items	284 576 B	(1,2%)
-<items>		
-<references>		
elementData in java.util.ArrayList#12 : 69 133 elements	24 B	(0%)
static _errorMessages in class com.meterware.httpunit.javascript.JavaScript : JavaScript	56 B	(0%)
char[]#7756 : ...	16 400 B	(0,1%)

Посмотрим его расположение:

static \_errorMessages in class com.meterware.httpunit.javascript.JavaScript : JavaScript

Искомый класс - com.meterware.httpunit.javascript.JavaScript, посмотрим, что в нем находится.

```
private static ArrayList _errorMessages = new ArrayList();
```

Добавление элементов в данный список происходит только в одном методе:

```
private void handleScriptException( Exception e, String badScript ) {
    final String errorMessage = badScript + " failed: " + e;
    if (!(e instanceof EcmaError) && !(e instanceof EvaluatorException)) {
        e.printStackTrace();
        throw new RuntimeException( errorMessage );
    } else if (isThrowExceptionsOnError()) {
        e.printStackTrace();
        throw new ScriptException( errorMessage );
    } else {
        _errorMessages.add( errorMessage );
    }
}
```

Таким образом, элементы накапливаются в списке при этом нигде не очищаются, что приводит к утечке памяти в связи с отсутствием очистки.

#### Шаг №4: Устранение проблемы

Попробуем найти в этом классе метод для очистки списка:

```
static void clearErrorMessages() { _errorMessages.clear(); }
```

Данный метод используется в классе  
com.meterware.httpunit.javascript.JavaScriptEngineFactory:

```
public void clearErrorMessages() {  
    JavaScript.clearErrorMessages();  
}
```

Финальный метод для очистки списка находится в классе  
com.meterware.httpunit.HttpUnitOptions:

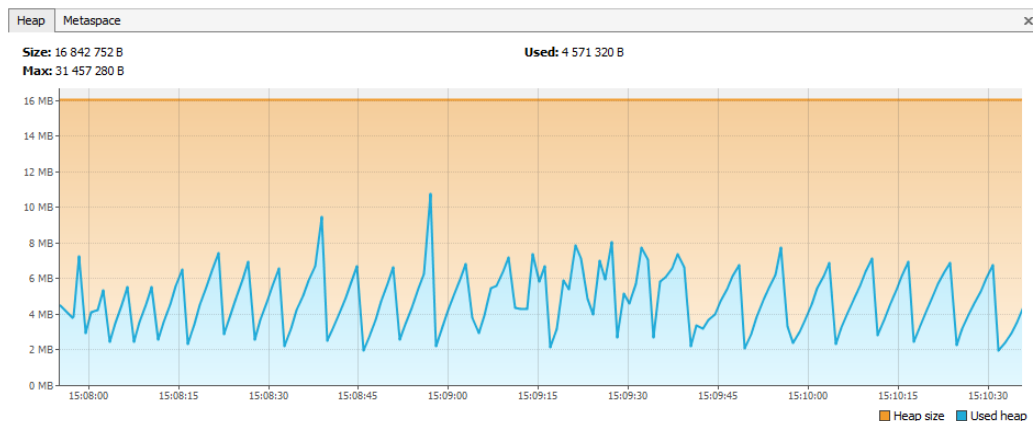
```
/**  
 * Clears the accumulated script error messages.  
 */  
public static void clearScriptErrorMessages() {  
    getScriptingEngine().clearErrorMessages();  
}
```

Добавим очистку списка после выполнения каждого запроса в главном цикле программы:

```
while (true) {  
    WebResponse response = sc.getResponse(request);  
    System.out.println("Count: " + number++ + response);  
    java.lang.Thread.sleep( millis: 0);  
    HttpUnitOptions.clearScriptErrorMessages();  
}
```

#### Шаг №5: Проверка устранения утечки памяти

После запуска программы наблюдаем, что теперь не расходует больше 30 Мб кучи, размер кучи постоянно не растет и сборщик мусора работает в нормальном режиме:



Следовательно, утечка памяти была успешно устранена.

**Вывод:** Во время выполнения лабораторной работы мы изучили утилиты JConsole и VisualVM для мониторинга и профилирования Java-приложений. Это помогло нам разобраться в деталях работы JVM и научиться определять, какие компоненты приложения влияют на его производительность. Благодаря этому, мы смогли успешно локализовать и устранить проблемы, связанные с производительностью, на основе собранных данных и анализа.