哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Lab Manuals for

Software Construction

Lab-4

Debugging, Exception Handling, and Defensive Programming

School of Computer Science and Technology

Harbin Institute of Technology

Spring 2020

目录

1. 实验目标

本次实验重点训练学生面向健壮性和正确性的编程技能，利用错误和异常处理、断言与防御式编程技术、日志/断点等调试技术、黑盒测试编程技术，使程序可在不同的健壮性/正确性需求下能恰当的处理各种例外与错误情况，在出错后可优雅的退出或继续执行，发现错误之后可有效的定位错误并做出修改。

实验针对 Lab 3 中写好的 ADT 代码和基于该 ADT 的三个应用的代码，使用以下技术进行改造，提高其健壮性和正确性：

- 错误处理
- 异常处理
- Assertion 和防御式编程
- 日志
- 调试技术
- 黑盒测试及代码覆盖度

2. 实验环境

实验环境设置请参见 Lab-0 实验指南。

除此之外，本次实验需要你在 Eclipse IDE 中安装配置 SpotBugs（用于 Java 代码静态分析的工具）。请访问 https://spotbugs.github.io，了解它并学习其安装、配置和使用。

本次实验在 GitHub Classroom 中的 URL 地址为：

https://classroom.github.com/a/mnFCZ30Y

请访问该 URL，按照提示建立自己的 Lab4 仓库并关联至自己的学号。

由于本次实验是 Lab3 的继续，请首先将你 Lab3 中 master 分支的最终代码复制一份，推送到 Lab4 的仓库里，然后其基础上完成本次实验任务。本次实验不能影响 Lab3 和 Lab3 仓库里的内容与 commit 历史。

本地开发时，本次实验只需建立一个项目，统一向 GitHub 仓库提交。实验包含的多项任务分别在不同的目录内开发，具体目录组织方式参见各任务最后一部分的说明。请务必遵循目录结构，以便于教师/TA 进行测试。

3. 实验要求

3.1. Error and Exception Handling

针对各种 checked exception，相信你在 Lab 3 的程序中均已经被“强制”考虑过了。本节通过自定义 `Exception` 类型，表示程序的一些常见错误类型，为代码可能发生的问题提供新的含义，区分代码运行时可能出现的相似问题，或给出程序中一组共性错误的特殊含义。

考虑以下各个场景，使用 exception 和常见的错误机制来处理它们。为每种错误类型建立新的 checked 异常类，在 Lab3 的代码中增加错误和异常处理代码，在特定函数上声明异常（throws）、抛出异常(throw)、捕获并处理异常(`try-catch-finally`、`try-with-resources`)。

- **输入文件中存在不符合语法规则的语句**。例如某个元素定义的标签非法、元素定义的内容格式与语法规范不一致（例如最多 1 位小数但使用了 2 位小数、要求 2 位大写字母和 2-4 位数字但却使用了非大写字母或超过 4 位数字等）、元素定义中分量的数目或次序与规范不符合（例如航班号在日期前面出现，或缺少日期等）等。这里不一一列举。针对你所开发的“航班”应用，要能够考虑至少 8 种不同的“不符合语法规则”的情况并加以处理。
- **输入文件中存在标签完全一样的元素**。例如存在多个航班计划项的“日期,航班号”信息完全一样。
- **输入文件中各元素之间的依赖关系不正确**。例如：第一行出现的航班日期与内部出现的起飞时间中的日期不一致；降落时间中的日期与航班日期差距大于 1 天；同一个航班号，虽然日期不同，但其出发或到达机场、出发或到达时间有差异；在不同航班计划项中出现编号一样的飞机，但飞机的类型、座位数或机龄却不一致；等等。这里不一一列举。针对你的“航班”应用，要能够考虑至少 4 种不同的“依赖关系不正确”的情况并加以处理。

在使用正则表达式进行文本解析的过程中，程序一旦发现这些非法情况，应捕获异常，进行异常处理：提示错误，结束此文件的读取，将当前所遇到的不合法之处提示给用户，并让用户选择其他文本文件。

注 1：上面只是给出了若干例子，并不代表你只需要处理这几个情况。请仔细阅读 Lab3 实验手册中的说明，在解析输入文件时考虑各种可能的不合法/不一致的情况，并自行设计错误和异常处理机制。

注 2：上面的要求中提到“程序一旦发现这些非法情况，应捕获异常，进行异常处理”，这意味着你的程序不能简单抛出一个 unchecked exception 使应用直接退出，而是要使用 checked exception 进行处理。

注 3：请自行构造包含上述各种错误的输入文本，用于测试你的异常处理代码是否正常工作，并将这些文本文件随你的项目一起提交至 GitHub。

接下来，考虑 3.12 节各种 client 操作时出现的以下“异常”操作，采用自定义 checked exception 和相应的异常处理机制改造你的代码，提高健壮性：

- 在删除某资源的时候，如果有尚未结束的计划项正在占用该资源；
- 在删除某位置的时候，如果有尚未结束的计划项会在该位置执行；
- 在取消某计划项的时候，如果该计划项的当前状态不允许取消；
- 在为某计划项分配某资源的时候，如果分配后会导致与已有的其他计划项产生“资源独占冲突”；
- 在为某计划项变更位置的时候，如果变更后会导致与已有的其他计划项产生“位置独占冲突”。

还要考虑 Lab3 手册中给出的各个应用应遵循的各种合法性限定规则（例如 3.3.2 节表格）。有些限定规则可通过 ADT 的 rep invariants 和 `checkRep()`加以保证，有些可在这里通过 checked exception 进行处理，帮助你发现程序中的潜在 bug。

3.2. Assertion and Defensive Programming

基于你在 Lab 3 里为各个 ADT 所撰写的 rep invariants (RI)、Abstraction Function (AF)，以及它们的每个方法的 spec（pre-condition 和 post-condition），对代码进行防御式改造。

针对每个类，它们有明确的 RI（如果你没有在 Lab 3 的 ADT 代码中阐述清楚这些 invariants，需对照 Lab 3 实验手册仔细补充），请据此撰写 `checkRep()` 并加入各方法。例如（但你的实现不应仅限于这两个例子）：

- 航班的起飞时间必须要早于降落时间，起飞和降落的机场不相同；
- 高铁的起至站和各途经车站不能重复，所分配的各个车厢不能有相同的编号；

针对每个方法，它们有明确的 spec，请据此在各方法中通过 assertion 或异常机制分别处理 pre-condition 和 post-condition，尽可能 fail fast。

注意：上述只是在举例，你需要对所有的类和方法进行防御式改造，并以注释的形式说清楚你的“防御策略”。

另外：如果你在 Lab3 中已经做了足够多的“防御工作”，该任务只需在实验报告中说清楚你的每一个防御策略和相应的实现即可。

3.3. Logging

使用 `java logging`（或其他第三方 java 日志库如 `log4j`、`SLF4J`），为 3.1 和 3.2 节经过异常处理、错误处理、断言处理的程序增加日志功能。日志需要记录以下信息：

- 所有的异常/错误：发生的时间、异常/错误类型、异常/错误发生的类名和方法名，异常/错误的具体信息、异常/错误处理的结果；
- 三个应用系统中的所有操作，具体参见 Lab3 手册 3.12 节的具体要求。

为应用添加日志查询功能，用户可输入过滤条件（例如按时间段、按操作类型、按计划项名字，或者这些条件的组合）进行日志查询。注意：查询结果不要直接显示原始日志记录，需要具有良好的可理解性。

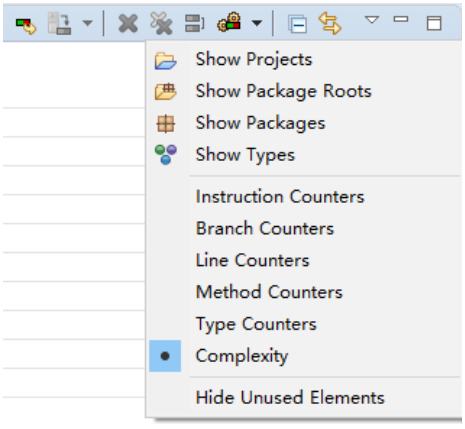
3.4. Testing for Robustness and Correctness

使用等价类和边界值的测试思想，为各 ADT 添加 testing strategy。

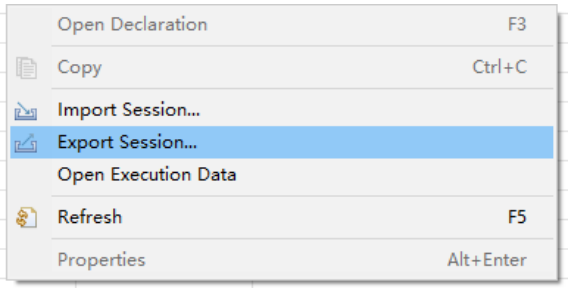
考虑 3.1 节中出现的多种非法情形，设计一组测试用例，人为制造包含“非法”的文本文件，对程序进行健壮性和正确性测试，想方设法让程序崩溃（即验证程序是否有容错能力）。

使用 JUnit 为上述测试用例编写代码，并运行测试。

使用 EclEmma 查看测试的语句覆盖度（Instruction Counters）。切换为分支覆盖度（Branch Counters）和路径覆盖度（Complexity），对比一下三种覆盖度的差异。若覆盖度过低，继续增加测试用例，使覆盖度变高。最终，生成 EclEmma 的测试覆盖度报告。



EclEmma 的选项菜单

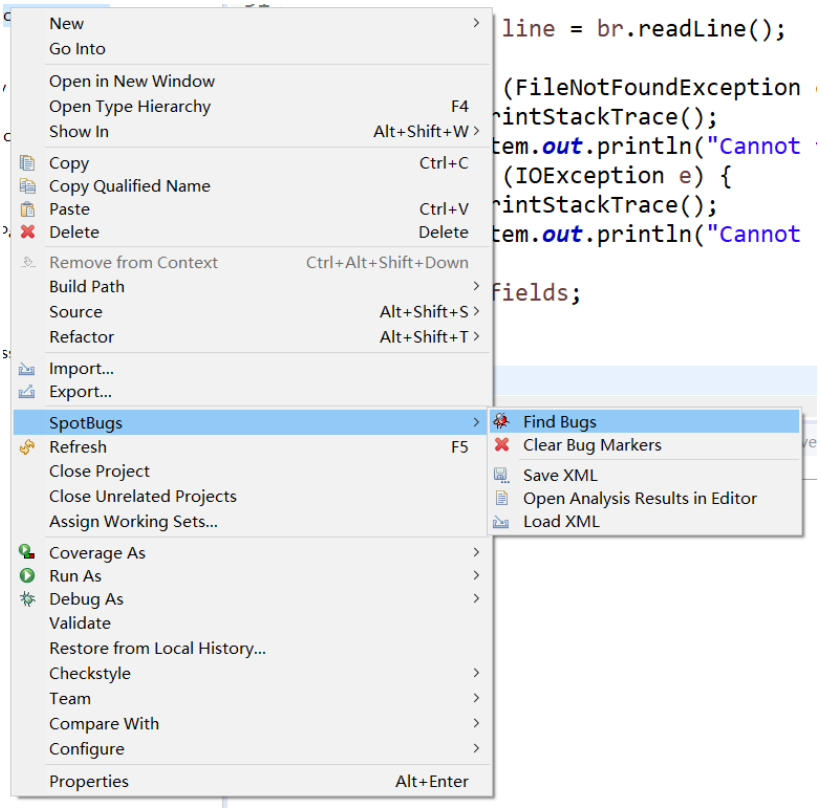


EclEmma 右键菜单导出覆盖度报告（HTML）

如果你在 Lab3 中已经做了足够多的“测试工作”，该任务只需在实验报告中说清楚你的测试策略和相应的实现即可。否则，请详细补全你的测试。

3.5. Using SpotBugs tool

使用 SpotBugs 工具，检查你到目前为止的代码，根据工具所提示的潜在 bug 及其危害程度，逐项消除，并在后续编程中避免此类问题。



在项目上点击右键，选择 SpotBugs

3.6. Debugging

该节任务不针对 Lab 3 的背景，而是针对已有的程序，通过测试和调试发现其中存在的 bug 并将其修复。

请从 https://github.com/rainywang/Spring2020_HITCS_SC_Lab4 下载待修复的程序源文件，每个程序中蕴含错误或者与需求/spec 不符的地方，无法按期望执行得到结果。一共有三个独立的程序（`EventManager`、`LowestPrice`、`FlightClient/Flight/Plane`），利用你的经验和相关工具进行 debug，发现问题所在，将代码修改正确，给出测试用例，并提交。不要改动类名和文件名。

修复后的代码中需要增加必要的注释以标注出修改之处和原因，以帮助读者理解你所做的修改。

注 1：在 debug 之前，请利用各程序前面的 spec，根据等价类和边界值方法撰写充足的 JUnit 测试用例（以及注释形式的 testing strategy），根据测试结果进行逐步调试，发现错误并修复。提交结果中请务必在 test/debug 下包含你针对三个程序的所有测试用例。

注 2：不要试图另起炉灶重新写一个程序完成 spec 里的功能，而是要在遵循原程序的思路基础上进行修改。该任务不是编程竞赛，而是给你提供一个训练 debug 技巧的机会，无需用全新的代码展现你的编程水平。

提交目录：

```
项目名称：  Lab4-学号
目录：      src
子目录：        debug
                    (修复后的源文件).java
            test
                debug
                     ...Test.java
```

4. 实验报告

针对上述任务，请遵循给出的**报告模板**，撰写简明扼要的实验报告。

实验报告的目的是记录你的实验过程，尤其是遇到的困难与解决的途径。不需要长篇累牍，记录关键要点即可，但需确保报告覆盖了本次实验所有开发任务。

注意：

- 实验报告不需要包含所有源代码，请根据上述目的有选择的加入关键源代码，作为辅助说明。
- 请确保报告格式清晰、一致，故请遵循目前模板里设置的字体、字号、行间距、缩进；
- 实验报告提交前，请“目录”上右击，然后选择“更新域”，以确保你的目录标题/页码与正文相对应。

- 实验报告文件可采用 Word 或 PDF 格式，命名规则：Lab4-学号-Report。

5. 提交方式

截止日期：第 15 周周日夜间 23:55。
源代码：从本地 Git 仓库推送至个人 GitHub 的 Lab4 仓库内。
实验报告：随代码仓库（doc）目录提交至 GitHub。

6. 评分方式

TA 在第 13-15 周实验课上现场验收：学生做完实验之后，向 TA 提出验收申请，TA 根据实验要求考核学生的程序运行结果并打分。现场验收并非必需，由学生主动向 TA 提出申请。

Deadline 之后，教师使用持续集成工具对学生在 GitHub 上的代码进行测试。教师和 TA 阅读实验报告，做出相应评分。