

基于在线实验平台的统计课程实验教学实践

范申*, 严彦文, 明辉

中国石油大学(北京)理学院, 北京

收稿日期: 2023年12月5日; 录用日期: 2024年1月23日; 发布日期: 2024年1月31日

摘要

统计课程的实验教学是统计专业的一个重要培养环节, 带有自动评测功能的在线实验平台能有效地帮助学生掌握利用统计软件分析数据的能力。本文介绍了一个基于教学管理系统Moodle、开源的作业插件Code Runner及配套Jobe评测系统的在线实验平台, 介绍了该平台在统计课程实验教学中的实践应用。

关键词

学习管理平台, 统计实验平台, 自动评测, 教学实践

Teaching Practice of Statistics Experiment Courses Based on Online Experimental Platform

Shen Fan*, Yanwen Yan, Hui Ming

College of Science, China University of Petroleum (Beijing), Beijing

Received: Dec. 5th, 2023; accepted: Jan. 23rd, 2024; published: Jan. 31st, 2024

Abstract

Lab activities for statistics courses have vital importance in the training of statistics students. The online experiment platform with auto-grading capabilities can effectively help students achieve their techniques to analyze data with statistical software packages. This paper introduces an online experiment platform based on Moodle, an open-source LMS platform, Code Runner, a free open-source question-type plug-in for Moodle and Jobe, an auto-grading server for use by Code Runner. Finally, the paper demonstrates the application of the platform in the experiment teaching of statistics courses.

*通讯作者。

Keywords

Learning Management System (LMS), Experimentation Platform for Statistical Courses, Auto-Grading, Teaching Practice

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

统计学是关于收集、整理、分析及解释数据的科学，其目的是通过分析数据，达到对客观事物内在规律的科学认识。统计学分析的对象是数据，而数据的存储、整理、分析及统计推断都离不开计算机的辅助，因此上机实验是统计专业课程教学不可缺少的重要环节。有研究表明，上机实验可以帮助学生更好地理解课程的理论内容，激发学生的学习热情，进而提高学习效果，进一步帮助学生提高利用计算机分析、解决实际统计问题的能力[1]。

2. 实验平台的研究背景及意义

目前，大部分统计类课程的教学大纲和教学计划都围绕着理论教学展开，实验部分一般作为演示内容成为理论课堂的一部分。统计课程实验教学的开展主要有以下问题：1) 统计类课程理论性较强而课时短，大部分的学时都用于讲解统计理论和方法，对统计软件操作方面的投入时间严重不足；2) 统计软件的使用必须要由学生自己动手实践，如果没有及时的督促机制，有些学生会不按课程进度上机实践，导致后面跟不上课程的进度；3) 在有限的上机实习学时中，由于学生多、时间紧，老师或助教并不能照顾到所有的同学，而同学们的上机操作如果得不到及时反馈，会影响课程学习的兴趣。

具有自动评测功能的在线自主实验教学平台可以帮助师生克服以上困难：1) 在平台上可以发布引导性的实验指导和实验环节，并对提交的代码进行自动评判，可以帮助学生们自主掌握统计软件的基本操作；2) 平台的教学管理功能可以记录学生的学习情况，方便教师对学生们的学习情况进行评估；3) 平台的代码自动评测功能除了能给出的语法方面的反馈外，还能评判所提交的程序是否能正确求解问题，并对提交的程序给出评分，这项功能将能大大节省学生和老师的的时间，促进学生的学习兴趣。

搭建一个具有自动评测功能的在线实验教学平台不仅可以用于发布和维护与课程同步的数据集及实验试题，而且可以通过对实验教学环节的设计，引导学生在线自主完成课程实验，通过平台的实时反馈及评价功能可以极大激发学生的学习兴趣。

3. 实验平台的主要功能模块及基本功能

实验平台的目的是将统计类相关课程的实验讲解、上机实验或实验类课程报告整合到一个统一的平台，方便课程的建设及开展相应的实验教学任务。本文介绍的实验平台具有教学管理功能和代码的自动评测功能，主要依赖的软件模块有：1) 开源的软件学习管理系统 Moodle；2) 题目类型(Question-Type) 插件 CodeRunner 及配套的代码自动评测系统。

3.1. 学习管理平台 Moodle

Moodle 是一个开源的学习管理平台(LMS)，具有安装方便、使用简单等特点[2] [3]。Moodle 的功能

包括实验平台自身的管理、教师与课程以及课程材料的管理、学生及学习过程管理等功能。教师能在平台上进行课程建设及学生管理方面的工作，如指导学生注册课程，发布学习资料，题库建设，发布及收取作业，举行测验，查看学生的学习状况等；学生可以在平台上对学习老师所发布的资料，完成并提交作业或测试，查看自己的学习进展及评价，完成课程大作业等。

Moodle 平台需要搭建在服务器环境下，网上可以查到非常详细的搭建过程[4]，下图即为一个基于 Moodle 的统计实验教学平台的首页。



Figure1. Example of a moodle platform
图 1. Moodle 平台示例

在 Moodle 平台上建立及管理课程非常简单，以管理员身份登录平台，然后点击图 1 所示的最上面的“网站管理”，即可在平台上建立课程及完成相应的设置，具体创建课程以及建设课程内容的方法请查阅 Moodle 平台的使用说明文档[5]。

作为统计课程的实验平台，除了通常的课程管理功能外，平台还需要支持在线编程和对代码进行自动评测的功能。Moodle 可以通过插件的方式实现功能扩展，其中 CodeRunner 及配套评测系统能非常方便的实现在线编程及代码的自动评测工作。

3.2. CodeRunner 插件及代码自动评测系统



Figure 2. A simple grading-template example
图 2. 一个简单的评分模板示例

CodeRunner 是以 Canterbury 大学的 Richard Lobb 为主开发的一个题目类型(Question-Type)插件，该

插件能实现在线编程并将代码提交给配套的自动评测系统进行评分的功能，图 2 所示即为一个完成在线编程实验并得到自动评测的例子。

CodeRunner 的安装比较简单，只需要在 Moodle 中直接安装插件即可。另外需要为 CodeRunner 搭建一个配套的自动评测服务器，评测服务器能将学生提交的代码放到在一个受保护的沙箱中运行并提供反馈，理论上 CodeRunner 可以支持多种评测服务器，但目前在技术上实现了的是 Jobe 自动评测系统，搭建 Jobe 服务器最快捷的方法是直接安装 Docker 镜像 Jobeinabox，而且因为它是容器化的，所以这个版本的 Jobe 也比较安全的[6]。

3.3. 实验平台的统计功能扩展

CodeRunner 插件支持非常多的编程语言，如 C, C++, Java, Nodejs, Octave, Pascal, PHP 和 Python 等，但作为统计类课程教学实验平台还需要扩展其相应的统计功能，这些可在通过在 Jobe 评测服务器中继续安装 Python 的包文件，以及安装 R 程序包等来实现，对统计图形及 R 代码进行评测的具体方法可以参考 CodeRunner 论坛[7]。

4. 基于平台的教学实践及成效

下面以《多元统计分析》课程为例介绍在实验平台上开展的教学实践情况，主要包含：1) 修订教学大纲和计划以将理论和实验教学有机结合起来；2) 具有引导性的实验题库及其他材料建设；3) 基于课堂理论教学和实验平台自主实验教学相结合的教学开展；4) 课程建设成效。

4.1. 教学大纲和教学计划的修订

为了充分利用自主实验平台的优势进行实践教学，需要修订相应的课程教学大纲和教学计划以便将实验部分和课堂教学有机的结合起来。

笔者们在《多元统计分析》课程教学实践中实施了新的教学大纲和教学计划，主要的变化是所有的实验都是自主进行以及自动评测的，教师只需在后端进行实验材料的建设，发布实验并随时查看学生们的进展情况。课程教材的每章都设置了配套的实验环节，依次包括：1) R 或 Python 语言的基本操作；2) 多元数据的可视化；3) 数组和矩阵的基本操作、多元正态总体均值向量和协方差矩阵的估计；4) 多元正态总体均值向量和协方差矩阵的检验；5) 多元回归分析实验；6) 判别分析实验；7) 聚类分析实验；8) 主成分分析实验；9) 因子分析实验等。

4.2. 题库及配套实验材料的建设

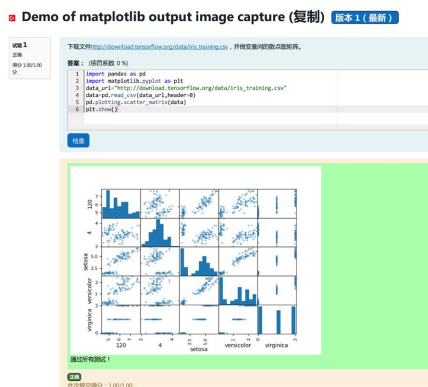


Figure 3. The capability of data visualization of the platform
图 3. 平台的数据可视化功能

具有自动评测功能的自主实验课程建设的最主要的工作是题库建设，这也是最费时间的，这是因为和传统实验方式相比，平台增加了自动评测功能，这就要求在编制每道试题时都要设置几个测试用例来评测学生提交的代码是否正确，另外统计类课程的实验不仅要有题目，还要收集实验原料——数据集。

笔者们在《多元统计分析》课程的实验教学实践中主要用了几种手段来进行题库及数据集的建设。

1) 改编传统教材中的数据集及实验试题，将其改编成能自主进行实验的形式，图 3 所示即为利用经典的 IRIS 数据集进行的数据可视化实验；

2) 类似课程的建设者愿意分享他们的题库及课程建设经验，如 CodeRunner 的作者 Richard Lobb 建设了 Python 编程基础知识方面的题库并乐意向同行分享，另外还有一些基于 CodeRunner 平台进行《多元统计分析》实验教学的国内外同行，笔者们曾经通过邮件的方式向他们请教题库建设方面的问题，都得到了热情的回应；

3) 收集具有工科行业背景的数据集并基于这些数据集开发相应的统计实验，如催化裂解反应的反应产物预测、矿物岩石的分类等。

4.3. 基于平台的实验教学的实施

为了利用实验平台的自动评测等功能来充分调动学生的学习积极性，使得学生们能及时完成实验部分的学习，需要对实验的内容和实验环节进行精心安排。就像 PC 游戏中玩家可以根据故事情节发展及提示自主通关游戏一样，精心安排的实验内容和实验环节能帮助学生完全自主地完成课程实验，进而掌握统计软件的基本操作和进行数据分析能力。《多元统计分析》课程的实验教学是按照教学大纲来开展的，具体而言，在导论课完成后立即在平台上安排了 Python 软件的基本操作的自主实验，包括基本的数据结构和运算等，为后续实验的开展打下基础；后续每个主题的实验基本由三部分构成，分别是进一步的软件操作实验、调用库来完成统计分析和自己编程来实现统计分析，如在多元正态总体均值向量的检验这个主题中，安排了数组和矩阵的基本操作、调用库来完成 Hotelling T^2 检验和自己编程完成 Hotelling T^2 检验三组实验，即训练了实验技能，也进一步巩固了理论知识。

在实验教学的考核方面，由于实验平台具有自动评测功能，实验成绩会自动记录在每个学生的课程记录中，只需要将最终的实验成绩按比例合并入总成绩即可，比例一般是 40% 左右。

4.4. 教学实践效果

经过近几年的在线实验平台及相应的课程建设，我校统计类课程的实验教学已取得了良好的成效。本文就知识的掌握、相关素质、探索质疑精神、自学能力等方面讨论教学实践的效果[8]。

首先，从知识的掌握情况来看，使用在线实验平台学习的学生无论是对理论知识的掌握还是软件操作都较以前有了显著的提升，特别是从期末考试的表现来看，几乎所有的学生都能正确回答对统计软件输出进行解读的问题，整体表现比三年前有质的改进，在后续的毕业论文中，主动选用在实践课程中使用的统计软件的学生也达到了 90% 以上。

其次，学生的学习积极性得到了很大的提高，除了课后问问题的人数增多了以外，问题的质量也明显比以前更高一些，另外从实验平台的后台记录可以看到许多学生多次修改并提交代码，这恰好反映了学生们在学习中的投入程度；另外学生们经常课后分组找任课老师交流，不仅包括本课程的教学内容和实验数据的分析，还包括统计建模中的其他各种问题，同学们的表达能力、交流能力和团队协作能力都得到了加强。

利用实验平台进行实践教学帮助同学们初步建立起了批判性统计思维，如在实践中评价各种统计模型的优缺点等等，很多学生的通过统计实践树立了对一些报刊中的数据、模型及结论的质疑精神。

最后, 实验平台是通过引导的方式让学生自主完成实验环节的训练, 除了提示意外, 很多时候都需要学生自己查阅参考资料才能完成实验任务, 这些训练大大加强了学生们的自学能力。

实验教学平台的使用大大锻炼了同学们的利用统计软件进行数据分析的能力, 这些能力不仅表现在本课程的学习效果中, 也包括在学生的建模能力、毕业论文以及出国留学方向的选择。

5. 结语

统计课程实验能大大提高学生们的学习兴趣, 特别是具有自动评测功能的在线实验平台能对学生提交的实验作业给出实时反馈, 既节省了任课老师的时间, 也提高了学生的学习效率。另外相比于实验平台的搭建, 实验课程的内容建设才是实验平台的灵魂, 但也是最耗时间和精力事情, 本文仅粗略介绍了建设实验平台的主要流程, 通过展示了平台能支持常用的开源统计软件, 并具有自动评测的功能, 以期起到抛砖引玉的作用。

基金项目

本项目获得中国石油大学(北京)本科教改项目“统计专业课程在线实验教学平台建设的探索——以《多元统计分析》课程为例”、研究生教改项目“《应用统计方法》研究生精品网络课程建设”、中国石油大学(北京)“1158 工程”项目的支持。

参考文献

- [1] McCulloch, R.S. (2017) Learning Outcomes in a Laboratory Environment vs. Classroom for Statistics Instruction: An Alternative Approach Using Statistical. *International Journal of Higher Education*, **6**, 131-142.
- [2] 杨丽, 赵冬生. 基于 Moodle 平台的混合式学习研究[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2010, 31(1): 6-13.
- [3] 王润兰, 李铮铮, 唐洛, 代冬升. Moodle 平台在高校专业课程教学中的应用[J]. 电化教育研究, 2008, 12: 80-83.
- [4] Moodle (2023) Step-by-Step Installation Guide for Ubuntu. https://docs.moodle.org/403/en/Step-by-step_Installation_Guide_for_Ubuntu
- [5] Moodle (2023) Admin Quick Guide. https://docs.moodle.org/403/en/Admin_quick_guide
- [6] CodeRunner (2023) Trampgeek/Moodle-Qtype_Coderunner. https://github.com/trampgeek/moodle-qtype_coderunner
- [7] CodeRunner (2023) Welcome to Moodle CodeRunner. <https://coderunner.org.nz/>
- [8] 王悦音, 费琼. 大学生学习评价体系与方法探讨[J]. 中国大学教学, 2004(3): 35-36.