

申报编号：2021-206270

第二批国家级一流本科课程申报书

（虚拟仿真实验教学课程）

课程名称：全流程统计分析虚拟仿真实验教学项目

专业类代码：0201

负责人：黄恒君

联系电话：13919178879

申报学校：兰州财经大学

填表日期：

推荐单位：甘肃省教育厅

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中○为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

4.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

1. 基本情况

实验名称	全流程统计分析虚拟仿真实验 实验教学项目	是否曾被推荐	○是 ●否
实验所属课程 (可填多个)	统计建模实验、统计模拟实验、统计软件实验		
性质	●独立实验课 ○课程实验		
实验对应专业	经济统计学		
实验类型	○基础练习型 ●综合设计型 ○研究探索型 ○其他		
虚拟仿真必要性	<input type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input type="checkbox"/> 不可逆操作 <input checked="" type="checkbox"/> 大型综合训练		
实验语言	●中文 ○中文+外文字幕(语种) ○外文(语种)		
实验已开设期次	共 3 次: 1. 2019-02-25 ~ 2019-07-14、178 人 2. 2020-02-24 ~ 2020-07-12、219 人 3. 2021-03-08 ~ 2021-07-25、204 人		
有效链接网址	(要求填写标准 URL 格式的实验入口网页, 不允许仅为文件 下载链接) http://vslab.lzufe.edu.cn/		

2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员(含负责人, 总人数限 5 人以内)								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	黄恒君	1981-07-03	兰州财经大学	统计学院院长	教授	13919178879	noah@lzufe.edu.cn	牵头设计实验、系统开发
2	韩海波	1972-11-27	兰州财经大学	统计学院副院长	副教授	18609315006	hanhb@lzufe.edu.cn	牵头系统开发、参与设计实验
3	姚晓红	1986-02-10	兰州财经大学	无	讲师	13919967051	hyzdrem@163.com	参与实验设计、系统维护
4	杨晓祥	1983-09-16	兰州财经大学	无	讲师	13993119811	yangxx@lzufe.edu.cn	系统开发、在线技术支持

			大学				n	持
5	杨鹏斐	1985-06-01	兰州财经大学	无	讲师	18919949535	yangpf_601@126.com	系统开发、在线技术支持

2-2 团队其他成员

序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务
1	韩礼红	1981-01-07	兰州财经大学	无	工程师	在线技术支持
2	高海燕	1980-05-04	兰州财经大学	系主任	教授	在线教学服务
3	韩君	1980-12-10	兰州财经大学	丝绸之路研究院副院长（正处级）	教授	在线教学服务
4	马蓉	1970-07-16	兰州财经大学	调查评估研究所所长	教授	在线教学服务
5	胡炜童	1984-01-17	兰州财经大学	无	副教授	在线教学服务
6	牛成英	1972-05-26	兰州财经大学	无	副教授	在线教学服务
7	张旭东	1974-03-14	兰州财经大学	无	副教授	在线技术支持
8	薛娇	1989-06-12	兰州财经大学	无	讲师	在线教学服务
9	刘晓庆	1983-02-14	兰州财经大学	无	讲师	在线教学服务
10	甘雪薇	1990-07-16	兰州财经大学	无	讲师	在线教学服务

团队总人数：15 人 其中高校人员数量：15 人 企业人员数量：0 人

2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

黄恒君，负责人，牵头设计仿真实验框架和内容，参与系统开发。近 5 年承担该实验教学《统计建模实验》《统计软件实验》本科课程。计 336 学时，学生 436 人。教学研究：教授、博导，长期承担统计前沿课。上线《生活中的统计学》慕

课；负责省级一流本科课程 1 门；提出的课程体系大数据改造方案获省教学成果奖 1 项；教学案例设计获得省级教学成果一二等奖共 2 项，案例被全国应用统计专业学位教育教学案例库收录。指导学生参加竞赛获全国性一二等奖共 4 项。获得“青年教师成才奖”、“教书育人先进个人”等称号。学术研究：主持国家级课题 2 项，省部级课题 6 项，其他课题 3 项；入选甘肃省“飞天学者”特聘教授等人才项目 4 项。发表论文 40 多篇，研究获省部级科研奖励一二等奖共 4 项。

韩海波，牵头仿真系统设计与开发，参与实验框架和内容设计，承担该实验教学《统计模拟实验》《统计软件实验》本科课程，计 474 学时，学生 581 人。

姚晓红，参与设计实验内容，开展在线服务工作。承担《统计建模实验》本科课程，计 83 学时，学生 85 人。

杨晓祥，负责仿真系统开发，提供系统技术支持。

杨鹏斐，负责仿真系统开发，提供数据处理技术支持。

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

（一）实验的必要性及实用性

统计学是实践性很强的数据科学，从实际问题出发，以解决实际问题为归宿。随着传感等技术的兴起，社交网络等媒体的涌现，数据正以前所未有的形式、速度、广度不断累积和增长。在大数据时代，问题的分析规模越来越大。面向实际开展全流程统计建模分析，涉及海量数据采集、处理、存储和分析，成本很高。进一步针对社会经济问题研究来讲，特别是政策效果评估和机制设计，限于伦理或法律的约束，难以通过自然实验进行比较研究。

为此，在教育教学过程中，学校很难提供一个面向现实的全流程统计分析环境，导致学生所学知识的碎片化，动手能力不强，难以用于现代统计实践。建立一套基于虚拟仿真的，易于实施的，从数据到结论的统计学实验教学方法体系势在必行。

该实验平台设计以“一切皆可量化”、“废旧数据重用”的大数据思维为基础，构建从数据到结论的统计模拟及建模全流程仿真实验项目，应用于统计学类、经济学类多门课程，试图实现数据分析类教学流程再造。具体实验以兰州市城市问题为例，以车牌号优选策略为切入点，以机动车限行政策为实验对象，开发低成本、高时效的全流程仿真统计建模实验项目，用以解决政策效果评估和机制设计问题。

（二）教学设计的合理性

限行政策在交通上具有“治堵”效果，在国内外许多城市实施。对于“智慧”程度相对不高的城市，由于监控与传感设备的覆盖不够广，或图像数据处理成本过高，直接通过交通图像研究限行政策具有一定的局限性，统计方法应用受阻。鉴于限行政策在生态环境上具有“防污”效果，据此，可以利用互联网上发布的微观空气质量数据，结合人们对政策的适用，间接测算机动车限行政策效应，开展政策模拟，进行机制设计。

为了使得实验更加贴近日常生活，就地取材，更好地同统计分析视角说明政策效应以及人的行为对政策的适应机制，该实验从两个视角出发开展：

第一，通过交互操作，模拟实现多出行、少受限的个人车牌号优选策略，进而从个体视角讨论政策适应，并过渡到公共政策效应讨论。

第二，通过交互操作，对限行的政策效应进行虚拟仿真，并结合车牌选号

策略，从公共政策视角开展政策优化设计实验。

该实验取材充分体现美丽中国战略和生态保护与问题，充分贴近日常生活；体现科学素养的养成，注重统计分析能力的培养。该实验虚拟仿真场景真实、可靠，仿真参数多样、场景丰富，实验的虚拟数据生成引擎，完全由课程团队长期的研究积累成果建立，具备完全的自主知识产权与掌控能力。

（三）实验系统的先进性

实验设计注重科研反哺教学。所有实验内容、步骤和代码来源于课程团队的科研成果，凸显我校统计学的学科特色与优势，将社会经济中个人行为、公共政策等，与频数统计、回归分析、因果推断等统计方法相结合；与数据采集、生成、处理、存储和分析等统计流程相结合；与城市计算、计算社会科学等学科前沿相结合。课程团队将研究前沿设计转化为与统计建模类课程知识高度协同的实验内容，采用本科生能够接受的方式融入实验教学体系。

实验设计注重新文科交叉融合。从社会经济现象出发，开展从数据到结论的统计全流程仿真实验设计。实验力图打通统计类专业本科生所学知识，采用大数据思维和方法解决社会经济问题，是培养学生发现统计问题、提升统计思维、掌握全流程分析能力的重要综合性实验项目。

实验平台注重先进性和自主性。该虚拟仿真平台全部由课程团队成员自主开发完成，通过在.net Web 框架中集成 Python 和 R 语言接口，利用深度学习方法进行数据模拟，可独立实现实验全程在线完成。课程团队对该系统具有完整的知识产权和完全的控制力。同时，平台具有开放性，充分融入人工智能、大数据方法，以整个互联网为大平台，以此平台为基础，鼓励学生二次开发，打造一套属于自己的统计虚拟仿真系统，培养学生解决复杂问题的能力和高级思维。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

实验后所达到的知识、能力水平：

（一）知识水平

基本要求：

1. 掌握频数统计分析、回归分析、统计检验等方法的应用；
2. 掌握数据处理技巧；
3. 掌握统计可视化及绘图工具的应用；
4. 初步掌握简单的因果推断方法及政策评估手段的实现。

进阶要求：利用 Python 或 R 编程实现以上数据生成、采集、处理、分析与可视化展现。

(二) 能力水平

1. 了解从实际生活中发现并提出统计研究问题的方式；
2. 掌握从问题到结论的统计设计思维模式；
3. 初步具备从数据到结论的统计分析全流程的设计能力；
4. 初步掌握通过统计分析进行政策模拟及机制设计能力。

3-3 实验课时

- (1) 实验所属课程课时：34 学时
- (2) 该实验所占课时：4 学时

3-4 实验原理

- (1) 实验原理(限 1000 字以内)

该实验源于社会经济现实问题，由课程团队的科研成果融合、串联、简化设计形成。

从实验内容设计上讲，该实验的核心引擎原理是数据生成过程（DGP），利用真实场景数据，分析挖掘数据特征、结构、分布参数等，作为虚拟场景的可变参数，生成不同虚拟环境下的仿真数据，并提供给学生供学生使用不同的模型扑捉这些参数的正确值，达到项目实验的目的和要求。具体到实验环节，就是利用数字偏好原理生成数据，利用网络爬虫采集微观空气质量数据，开展机动车牌选号策略分析、间接测算机动车限行政策效应，并开展政策模拟，进行机制设计。

进一步地，政策效应取决于政策本身以及随着时间推移人们对政策的适应。为此，该实验从两个视角出发开展设计：

一是站在个人视角（政策适应），通过交互操作，开展日期数据、机动车尾号数据的可视化生成，进而采用代码编写实现简单统计分析，讨论能够实现多出行、少受限的个人购车车牌选择策略。此部分一是注重日常生活情景导入，引起学生兴趣；二是说明人们的行为会形成对政策的适应，强化或弱化政策效果，进而导出后续实验内容；三是说明公共政策也在不断优化调整，融入课程思政元素。

二是站在公共政策视角（政策优化），利用网络爬虫技术，采集空气质量微观数据，通过回归断点设计方法，对限行的政策效应进行测算的虚拟仿真实验。进一步结合车牌选号策略，分析限行政策短期有效长期失效的原因，开展

政策优化设计讨论。

从交互操作设计上讲，实验按照可视化操作基础要求和进阶编程要求开展交互设计。第一，在虚拟环境中，为学生提供不同参数的交互，利用描述统计分析模块，为学生创造对参数的直观感受，并基于此进行朴素决策。第二，基于教学目标设定特殊参数组合，制造反直觉场景，使学生体会模型分析的科学性 & 客观性。第三，学生定性选择并设定感兴趣的场景，虚拟仿真系统生成并提供这一场景下的主要环境变量数据。在进阶要求中，学生利用数据爬取技术对网络数据进行爬取，考察学生数据清洗的技术与能力。学生利用这些数据，利用在线 Python 和 R 语言环境下编写代码并选择模型分析，在这一过程中不断探索正确的参数估计，并得出具有决策意义的结论。第四，在学生进行修改参数以及尝试进行模型分析的过程中，系统记录学生的行为大数据，如参数修改的次数、数据调用次数、模型使用次数以及模型结果，利用机器学习分类方法，对学生的学习行为以及学习效果进行综合评价，充分体现过程考核的客观性与科学性。

知识点：共 3 个

1. 学习数据生成与采集，把握大数据思维。在大数据时代，统计数据早已突破了结构化情形，数据收集模式也早已突破了调查与观测。“数据融合”、“废旧数据重用”已成为大数据研究与应用中的制高点。在统计学专业课程中，我们有义务通过易于理解和便于操作的方式，向学生传递新的数据采集模式和新的数据生成方法，传递一切皆可量化的大数据思维。为此，在实验中，我们通过简单的日期、车牌号码模拟选择与输入，通过复杂的深度学习模型，教授待分析数据生成机制和生成思维；在进阶编程中，以整个互联网为大平台，通过网络爬虫，教授采集获得海量数据的方法和实现方式。

2. 学习数据处理与分析，把握统计方法对现实问题的适用性。追求复杂的数据分析方法是一种不务实的风气，从我们的经验来看，教与学的过程中一定程度上存在这种现象。我们有义务通过现实案例来强调研究方法要适应研究问题，而不是相反。为此，在实验中，我们刻意采用最简单的频数统计和统计分布来处理车牌号优选策略、限行政策优化问题。在进阶编程中，要求学生在编程实现这些方法的同时，使其感受到方法的适用性远比复杂性重要。

3. 学习统计建模与推断，了解统计前沿领域和方法。统计学以实际问题为出发点，以解决实际问题为归宿。我们有义务通过社会经济实际问题，让学生了解学科前沿，了解学科所能解决的实际问题。为此，在实验中，我们以本科生能够理解的方式，涉及城市计算的前沿问题，涉及计算社会科学研究范畴，也涉及因果推断的前沿方法，注重高阶性、创新性和挑战度。知识点包括多元回归、参数估计、模型检验，以及模型评估与选择，我们力图打通统计类专业

本科生所学知识，采用大数据思维和方法解决社会经济问题，是培养学生发现统计问题、提升统计思维、掌握全流程分析能力。

(2) 核心要素仿真设计(对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述,限 500 字以内)

系统主要由两部分内容和功能构成:

1. 系统首先提供不同限行政策下,不同车牌号对车主出行行为的影响分析。系统利用兰州市车牌号的真实数据,构建每日车辆出行的概率分布模型,并通过数据生成过程,虚拟仿真每天不同车牌号车辆出行的分布数据,利用可视化技术,对数据进行描述统计。学生通过选择不同的车牌号,观察系统给出的出行受限天数以及拥堵情况的可视化结果,学生直观感受不同限制政策下,车牌号选择影响出行的因素以及最优策略。

2. 在第一步直观分析决策及对个人影响分析的基础上,系统进一步提供高级数据仿真功能——虚拟仿真生成包括限行政策、季节变化等参数下的空气质量数据。学生选择不同参数(场景),系统生成这一场景下的空气质量数据仿真(利用前期科研成果,生成数据具备较好的可靠性与真实性)。在高阶编程中,搭建虚拟网页,学生利用爬虫技术爬取数据,并利用所学模型知识与技术,在虚拟 Python 或 R 语言环境中建立模型,分析空气质量的变化以及不同因素(政策、季节等)对其影响,最终实现分析问题、探索知识的教学目的。

3-5 实验教学过程与实验方法

该实验的知识点贯穿《统计建模实验》《统计模拟实验》和《统计软件实验》课程大纲覆盖的绝大多数内容,属于大型综合训练。在学生掌握这些课程基础知识的情况下,实验完成的合理时间约为 4 小时。为了完成该实验,教学过程和实验方法如下:

(1) **情景导入式教学**。该实验通过兰州机动车限行政策效果、购车选号策略等情景,注重从身边发现问题、注重教学内容的真实性,采用情景导入式教学法,分析素材选取贴近现实、贴近统计分析实际需求,场景真实,为学生营造全方位、立体式、沉浸式学习。

(2) **任务驱动式教学**。在《统计建模实验》和《统计模拟实验》开课之初,给出该实验项目的设计任务和要求,开放虚拟仿真系统,学生可以自主安排任务理解、资料收集、方案拟定、分析计算到撰写设计报告的全过程。

(3) **任务分解式教学**。为了解决该实验所需要的基础知识及实验手段,通过现场演示教学、示范设计教学方法,针对该实验涉及的各个要件,安排 10 个左右的原理性和知识验证性的实验教学,内容涵盖《统计建模实验》和《统计模拟实验》(包括《统计软件实验》等先修课程)的各个基本知识点,为该实验

的进行提供知识、模型和代码操作基础。课前，教师将授课内容进行线上发布，学生各自学习相应的实验知识、示例数据和代码，并分组讨论。同时，我们开发形成了一套随机化作业系统，确保每位学生的课后作业不相同，用以检验学习效果。

(4) 任务开放式教学。在学生基本掌握该实验所需知识的基础上，通过实验虚拟仿真平台，逐步操作实验。教学任务的完全时间、地点完全由学生决定，体现以学生为中心，提升学生的学习主动性。这样的安排，使得讨论式互动教学方法贯穿于实验开始到结束的全过程，充分调动学生的主观能动性和探索问题的积极性，使学生更好地理解和掌握实验要求和实验原理，加强学生对实验结果的分析与理解。同时，我们采用斯坦福计算科学系列课程的模型，在实验材料中提供非核心基础代码，减少学生不必要的输入，核心代码部分留空，由学生补全，使代码达到可运行状态，即完成相应步骤的任务。

(5) 问题探究式教学。从社会经济现象出发，提出统计问题，开展从数据到结论的统计全流程仿真实验。力图打通统计类专业本科生所学知识，提升应用统计模型对实际问题分析的能力。采用大数据思维和方法解决社会经济问题，培养学生发现统计问题、提升统计思维、掌握全流程分析能力。

(6) 科研训练式教学。该实验源于课程团队的科学研究成果，主要内容和步骤是城市计算的前沿研究，是计算社会科学主要关注的范畴。课程团队将这些研究前沿设计转化为与统计建模类课程知识高度协同的实验内容，转化为统计专业本科生能够接受的知识。旨在发觉具备科研潜力的本科学生。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

(1) 学生交互性操作步骤，共 11 步

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型
1	观察并分析总结两种限行政策下不同尾号车牌限行天数及规律。	5	判定条件： (1) 操作用时 > 1 分钟； (2) 表单改变 == TRUE。 赋分模型： 条件 (1)、(2) 同时为真，得 5 分。	5	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
2	分别对两种规则下，每个尾号限行天数组合进行	15	判定条件： (1) 操作用时 > 1 分钟；	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告

	行排序。		<p>(2) 操作次数 == 1 次;</p> <p>(3) 操作次数 == 2 次;</p> <p>(4) 规则 1 排序正确;</p> <p>(5) 规则 2 排序正确。</p> <p>赋分模型:</p> <p>1. 条件 (1)、(2)、(4) 同时为真, 得 5 分;</p> <p>2. 条件 (1)、(2)、(5) 同时为真, 得 5 分;</p> <p>3. 条件 (1)、(3)、(4) 同时为真, 得 3 分;</p> <p>4. 条件 (1)、(3)、(5) 同时为真, 得 3 分。</p>		<input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
3	在星期限行规则下, 针对每对尾号组合限行天数不均匀问题, 启发学生分析, 并重新形成组合对。	15	<p>判定条件:</p> <p>(1) 操作用时 > 1 分钟;</p> <p>(2) 操作次数 == 1 次;</p> <p>(3) 操作次数 == 2 次;</p> <p>(4) 组合结果正确。</p> <p>赋分模型:</p> <p>1. 条件 (1)、(2)、(4) 同时为真, 得 10 分;</p> <p>2. 条件 (1)、(3)、(4) 同时为真, 得 5 分。</p>	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
4	观察并分析限行政策等因素对空气质量的影响。	5	<p>判定条件:</p> <p>(1) 操作用时 > 1 分钟;</p> <p>(2) 表单改变 == TRUE。</p> <p>赋分模型:</p> <p>条件 (1)、(2) 同</p>	5	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告

			时为真，得 5 分。		
5	学生通过分析实际问题、了解模型原理，选择建模模型。	15	判定条件: (1) 操作用时 > 1 分钟; (2) 操作次数 == 1 次; (3) 操作次数 == 2 次; (4) 建模模型选择正确。 赋分模型: 1. 条件 (1)、(2)、(4) 同时为真，得 10 分; 2. 条件 (1)、(3)、(4) 同时为真，得 5 分。	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
6	学生通过观察模型初步结果，通过表单输入形式选择对模型进行稳健性估计。	15	判定条件: (1) 操作用时 > 1 分钟; (2) 分析题目选择正确。 赋分模型: 条件 (1)、(2) 同时为真，得 10 分。	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
7	学生通过观察稳健估计结果，通过表单输入形式对模型进行控制变量选择。	15	判定条件: (1) 操作用时 > 1 分钟; (2) 分析题目选择正确。 赋分模型: 条件 (1)、(2) 同时为真，得 10 分。	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
8	学生通过控制变量分析结果，通过表单输入形式对模型进行自变量交互效应分	15	判定条件: (1) 操作用时 > 1 分钟; (2) 分析题目选择正确。 赋分模型: 条件 (1)、(2) 同时为真，得 10	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告

	析。		分。		
9	学生在上一步交互效应分析的基础上,进行安慰剂检验。	15	判定条件: (1)操作用时 > 1分钟; (2)分析题目选择正确。 赋分模型: 条件(1)、(2)同时为真,得10分。	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
10	依据建模结果,学生通过自己编写Python或R程序,对模型进行优化完善。	120	判定条件: (1)操作用时 > 1分钟; (2)程序结果文件成功生成; (3)程序结果文件内容正确。 赋分模型: 1.条件(1)、(3)同时为真,得20分; 2.条件(1)、(2)同时为真,且条件(3)为假,得10分。	20	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
11	系统根据学生前期所有实验步骤完成情况,生成该生政策建议报告,并展示学生实验结果得分。	5	系统根据学生前期所有实验步骤完成情况,生成该生政策建议报告,并展示学生实验结果得分。	0	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告

(2) 交互性步骤详细说明

该实验源于社会经济现实问题,由课程团队的科研成果融合、串联、简化设计形成,每个实验步骤、代码均能够在以下成果中直接找到原型:

Ø Huang H*, Fu D, Qi W. Effect of driving restrictions on air quality in Lanzhou, China: Analysis integrated with internet data source [J]. Journal of

Cleaner Production. 2017. (SCI Q1, IF: 5.71)

Ø 黄恒君, 漆威. 海量半结构化数据采集、存储及分析——基于实时空气质量数据处理的实践[J]. 统计研究. 2014. (CSSCI)

Ø 漆威, 黄恒君, 王思文. 机动车限行政策的空气质量效应评估——以兰州市为典型的数据整合分析[J]. 统计与信息论坛. 2015. (CSSCI)

Ø 黄恒君. 机动车牌选号攻略[J]. 调研世界. 2014. (CSSCI, 科普)

具体操作如下:



图 1: 平台首页



图 2: 项目背景介绍

第一步: 车牌选号模拟

操作: 以兰州为例(甘A), 系统提供车牌号码、用车计划时间、限行规则等网页表单供学生输入, 仿真形成学生购车时自己心仪的车牌号码和用车计

划。系统根据用户输入内容，动态生成限行频数图和拥堵情况散点图，供学生观察思考。系统页面交互图如下：

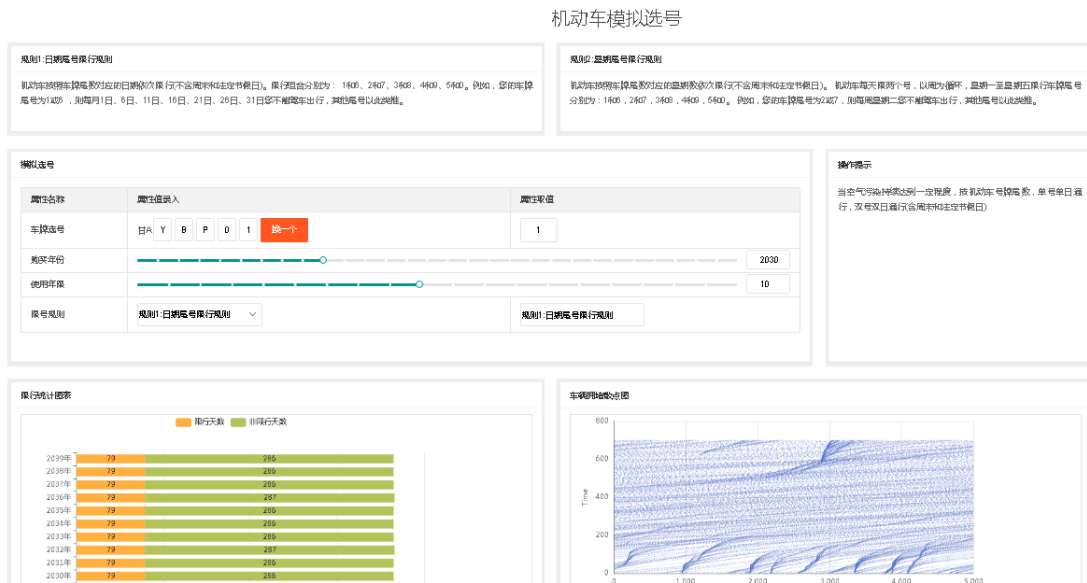


图 3：第 1 步——机动车模拟选号

说明 1：直接讨论政策效果、进行统计建模，不易引起学生们的兴趣。我们从日常生活中的事情导入。学生们大学毕业后，可能在较短的时间内买车，对购车选号是有潜在需求的。我们从购买机动车选车牌号码入手，让学生了解，选号除了图喜欢、图吉利，还能图“实惠”；也即通过车牌号的优化选择，可以让自己的机动车在既定的限行政策下，多出行、少堵车，以此引起学生的思考和好奇。

说明 2：学生在输入车牌号码、用车计划等表单时，屏幕上提示兰州市的机动车限行规则，目的在于暗示学生要把限行规则“吃”透。

屏幕提示：

表 1 兰州市机动车限行规则

限行类型	尾号日期限行	尾号星期限行
描述	自 2010 年 9 月开始，常年实行每日两个尾号的限行措施(不含周末和法定节假日)，机动车按照车牌尾数对应的日期依次限行。限行组合分别为：1 和 6、2 和 7、3 和 8、4 和 9、5 和 0。	自 2020 年 4 月 13 日起，实行尾号星期限行措施(不含周末和法定节假日)，每天限两个号，以周为循环，星期数对应车牌号最后一位数字，星期一至星期五限行车牌尾号分别为：1 和 6，2 和 7，3 和 8，4 和 9，5 和 0。

对表 1 的限行规则解释如下：对于尾号日期限行而言，倘若您的车牌尾号为 1 或 6，则每月 1 日、6 日、11 日、16 日、21 日、26 日、31 日您不能驾车出行，其他尾号以此类推；对于尾号星期限行而言，倘若您的车牌尾号为 2 或 7，则每周星期二您不能驾车出行，其他尾号以此类推。

说明 3：汽车拥堵模拟采用 Nagel-Schreckenberg 交通流模型，由服务端按客户端请求的参数模拟数据提供 API 服务，前端进行图像渲染。

说明 4：系统根据用户操作时长、是否有输入等条件，自动调用赋分模型，产生本步骤学生得分并记录。

第二步：车牌选号效益分析

操作：页面针对两种限号规则，分别提供一组尾号限行天数排序表单。启发学生总结尾号限行规律，对各尾号组合的限行天数进行由高到低排序。系统页面交互图如下：

车牌选号效益分析

请以 2021 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日为用车计划周期，分别对两种限行规则下的各尾号组合，按照限行天数由高到低进行排序。

规则1: 日期尾号限行规则排序	规则2: 星期尾号限行规则排序																														
机动车按照车牌尾数对应的日期依次限行(不含周末和法定节假日)。限行组合分别为：1和6、2和7、3和8、4和9、5和0。例如，您的车牌尾号为1或6，则每月1日、6日、11日、16日、21日、26日、31日您不能驾车出行，其他尾号以此类推。	机动车按照车牌尾数对应的星期依次限行(不含周末和法定节假日)。机动车每天限两个号，以周为循环，星期一至星期五限行车牌尾号分别为：1和6、2和7、3和8、4和9、5和0。例如，您的车牌尾号为2或7，则每周星期二您不能驾车出行，其他尾号以此类推。																														
<table border="1"><tr><td>⋮</td><td>0</td><td>5</td></tr><tr><td>⋮</td><td>1</td><td>6</td></tr><tr><td>⋮</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td>⋮</td><td>3</td><td>8</td></tr><tr><td>⋮</td><td>4</td><td>9</td></tr></table>	⋮	0	5	⋮	1	6	⋮	2	7	⋮	3	8	⋮	4	9	<table border="1"><tr><td>⋮</td><td>1</td><td>6</td></tr><tr><td>⋮</td><td>0</td><td>5</td></tr><tr><td>⋮</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td>⋮</td><td>3</td><td>8</td></tr><tr><td>⋮</td><td>4</td><td>9</td></tr></table>	⋮	1	6	⋮	0	5	⋮	2	7	⋮	3	8	⋮	4	9
⋮	0	5																													
⋮	1	6																													
⋮	2	7																													
⋮	3	8																													
⋮	4	9																													
⋮	1	6																													
⋮	0	5																													
⋮	2	7																													
⋮	3	8																													
⋮	4	9																													

图 4：第 2 步——车牌选号效益分析

说明 1：此步骤通过让学生对尾号组合限行天数进行排序的方式，促使学生认识到，即使在同一限号规则下，不同尾号的车牌限行天数亦有不同。从而引导学生分析限号规律，总结如何“吃透”规则，选择一个可以“多出行、少限行”的车牌号，使得车牌选号效益最大。

说明 2：系统根据限号规则自动计算尾号限行天数排序结果，与学生作答内容进行对比，自动调用赋分模型产生本步骤学生得分并记录。

第三步：限行政策尾数组合建议

操作：页面针对两种限号规则，分别提供一组尾号重新组合表单，由学生根据屏幕提示的“兰州市车辆尾号抽样调查分布图表”，自行总结尾号分布规律，进行限行“尾号对”重新组合。系统页面交互图如下：

限行政策尾号组合建议

以星期限号规则为例，理论上，工作日期间（周一到周五）每日限行车辆数为全部车辆数20%，但由于人们存在的车辆选号偏好，每日限号实际车辆数分布并不均匀。请从车辆尾号政策制定或政策建议的角度，以兰州市车辆尾号分布数据为例（参见下图：兰州市车辆尾号抽样调查分布图），分析总结车辆尾号分布规律和拥堵规律。以每日限号车辆数分布更加均匀、减少拥堵为政策出发点，对“0”-“9”十个尾号进行两两重新组合，形成新的限行尾号组合。

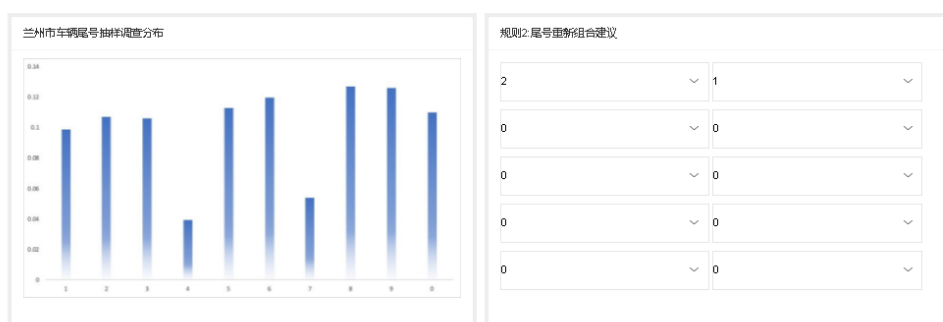


图 5：第 3 步——限行政策尾数组合建议

说明 1：启发学生从政策制定角度思考，充分认识人们存在的车辆选号偏好，以每日限号车辆数分布更加均匀、减少拥堵为出发点，分析总结车辆尾号数据分布规律，进而重新组合限行“尾号对”，形成政策建议。

屏幕提示：

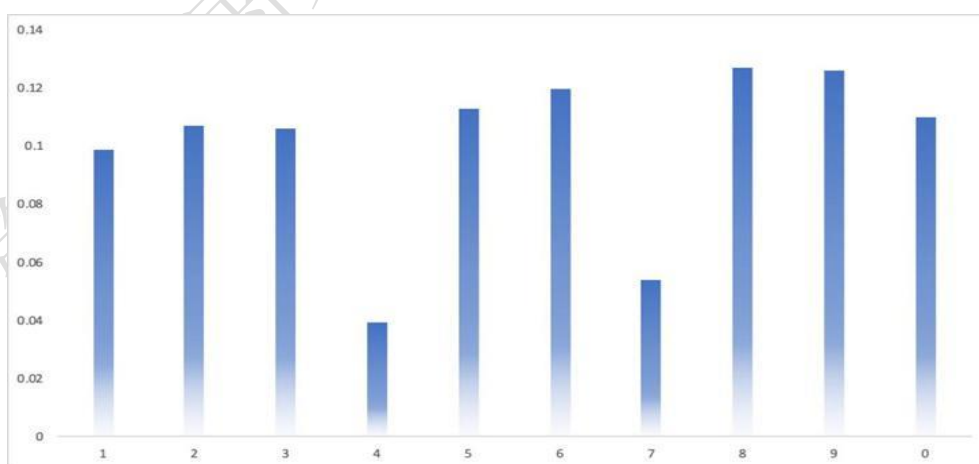


图 6：兰州市实际车牌尾号分布结果

说明 2：系统根据限号规则自动计算尾号限行天数排序结果，依据首尾组合原则形成正确“尾号对”，并与学生作答内容进行对比，自动调用赋分模型，

产生本步骤学生得分并记录。

第四步：空气质量模型观察

操作：页面提供可能影响空气质量（AQI）的各因素变量表单，学生通过不断调整各因素变量取值，观察系统动态生成的空气质量指标图表变化情况，分析总结空气质量影响变量及权重，做好下阶段空气质量建模准备。其中，可调节因素变量包括是否限行、生产型企业数量、小煤炉使用数量、有氟冰箱使用数量、温度和风力等 6 项内容，空气质量指标包括 AQI、PM2.5、PM10、SO2、NO2、CO、O3、Tmpt、Wndfrc 等 9 项内容。系统页面交互图如下：

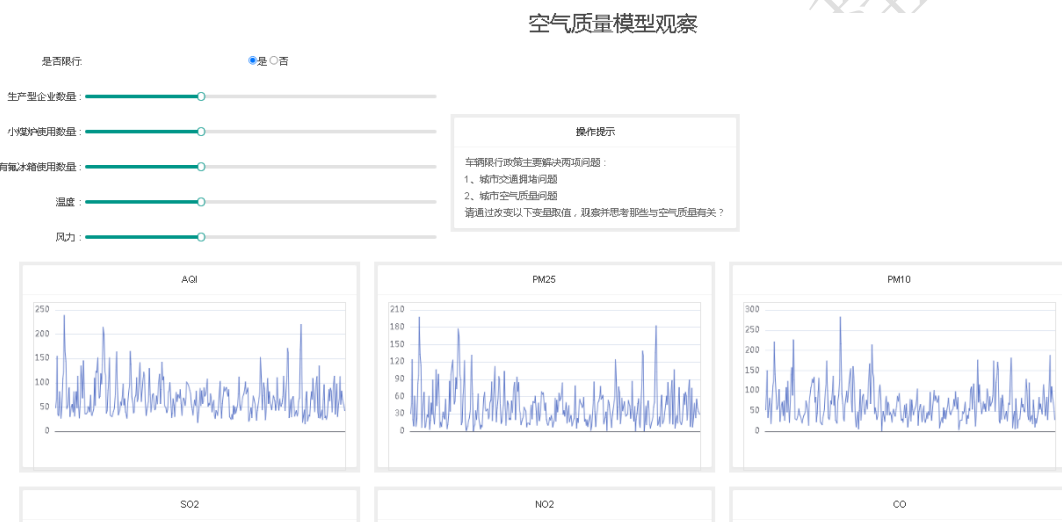


图 7：第 4 步——空气质量模型观察

说明 1：团队成员以兰州市近五年（2015 年-2019 年）气象数据为模型数据基础，建立断点回归模型。大气污染的形成是一个包含人类活动和自然力作用的复杂现象，我们构建机动车限行政策的空气质量效应模型如下：

$$\ln Y = \gamma_0 + \gamma_1 Res + \alpha'H + \beta'W + \varepsilon \quad (1)$$

其中，因变量 Y 代表空气质量指标，本实验为 NO2； ε 为随机扰动，表示未能观测因素的综合影响；研究变量为 Res，其取值为

$$Res = \begin{cases} 1, & \text{单双限行} \\ 0, & \text{尾号限行} \end{cases}$$

W 是自然因素对空气质量影响变量的可能集合: $W = (\text{HUMI}, \text{TEMP}, \text{WIND}, \text{SEA-EFT})$ 。其中, HUMI 为湿度、TEMP 为气温、WIND 为风力、SEA-EFT 为季节效应虚拟变量。H 是人类活动对空气质量影响变量的可能集合: $H = (\text{HOUR-EFT}, \text{DAY-EFT}, \text{WEEK-EFT})$ 。其中, HOUR-EFT 为限行时段效应虚拟变量, DAY-EFT 是日期尾数虚拟变量, WEEK-EFT 为工作日效应虚拟变量。详细分析参见负责人的论文:

漆威, 黄恒君, 王思文. 机动车限行政策的空气质量效应评估——以兰州市为典型的数据整合分析[J]. 统计与信息论坛. 2015, 30(9): 74-81.

说明 2: 系统根据用户操作时长、是否有输入等条件, 自动调用赋分模型, 产生本步骤学生得分并记录。

说明 3: 数据模拟采用深度学习模型在服务器端生成, 并提供 API 接口。

第五步: 空气质量建模模型选择

操作: 页面提供四个模型供学生进行建模模型选择, 包括人工神经网络模型、支持向量机模型、断点回归模型和决策树模型, 并且展示每个模型的名称及介绍内容。当学生作出正确选择时, 系统进入后续步骤; 当选择错误并点击“下一步”按钮时, 提示“模型选择错误! 原因: 所选模型不适用于该问题。”, 学生可进行重新选择, 直到模型选择正确, 系统允许继续后续步骤。系统页面交互图如下:

你认为应该选择以下哪种模型进行空气质量分析, 请选择?

断点回归

断点回归 (Regression Discontinuity) 是仅次于随机实验的, 能够有效利用现实的单条件分析变量之间因果关系的一种实证方法。首先出现在Thistlethwaite和Campbell (1960) 关于“对学生的未来学术成果 (生涯意愿和研究生项目等级) 进行真实”的研究中。断点回归分析被认为是最近随机实验的检验方法, 能够缓解参数估计的内生性问题, 近年来得到广泛的应用。基本设计思想是: 存在一个连续变量, 该变量能够决定个体在某一临界点两侧接受干预的概率, 由于在该临界点两侧是连续的, 因此个体针对的取值落入该临界点任意一侧是随机发生的, 即不存在人为操纵使得个体落入某一侧的概率更大, 则在临界点附近构成了一个准自然实验。

人工神经网络

人工神经网络 (Artificial Neural Network, 简称ANN), 是20世纪90年代以来人工智能领域兴起的研究热点。它从信息处理角度对人脑神经元网络进行抽象, 建立某种简单模型, 按不同的连接方式组成不同的网络。神经网络是一种运算模型, 由大量的节点 (或称神经元) 之间相互连接构成。每个节点代表一种特定的输出函数, 称为激励函数。每两个节点间的连接代表一个对于通过该连接信号的权重, 称之为权重, 这相当于人工神经网络的记忆。网络的输出则体现网络的连接方式, 权值和激励函数的不同而不同。而网络自身是通过对自然界的某种算法或者函数的逼近, 也可能是对一种逻辑规律的表达。近年来, ANN的研究工作不断深入, 已经取得了极大的进展, 其在模式识别、智能机器人、自动控制、预测估计、生物、医学、经济等领域已成功地解决了许多现代计算机难以解决的实际问题, 表现出了良好的智能特性。

支持向量机

支持向量机 (Support Vector Machines, SVM) 是由模式识别中的广义线性判别法发展而来的, 是一种二分类模型, 它的目的是寻找一个超平面来对样本进行分割, 分割的原则是问题最大化, 最终转化为一个凸二次规划问题来求解。在20世纪90年代后得到快速发展并衍生出一系列改进和推广算法, 在人脸识别、文本分类等模式识别问题中得到广泛应用。

决策树

决策树 (Decision Tree, DT) 是机器学习中的一种分类与回归方法。在分类问题中, DT是一种树形结构, 其中每个内部节点表示一个属性上的判断, 每个分支代表一个判断结果的输出, 最后每个叶节点代表一种分类结果。DT常见的生成算法有ID3、C4.5和C5.0等, C4.5算法继承了ID3算法的优点, 用信息增益率来选择属性, 克服了用信息增益选择属性时偏向于选取信息量多的属性的不足。

图 8: 第 5 步——空气质量建模模型选择

说明 1: 学生可通过“上一步”按钮返回模型观察步骤, 通过不断调整影响因素取值, 反复观察结果图表变化情况, 正确选择建模变量。

说明 2: 系统会根据“正确答案”，对学生选择结果进行判断，自动调用赋分模型，产生并记录学生该步骤得分。其中，学生在作出正确答案前错误尝试的次数，在赋分模型中进行体现，以防止通过随意尝试排除错误选项的作弊行为。

第六步到第九步总体说明: 第六步到第九步为以建模初步结果为基础进行的模型持续优化步骤。系统展示模型建模初步结果，以表单形式逐步提供模型结果优化方法，供学生分析并选择。模型结果分析内容包括：模型优化分析-稳健估计、模型优化分析-控制变量、模型优化分析-交互效应、模型优化分析-安慰剂检验等。系统根据用户输入内容，通过调用后台接口方式进行逐步系统优化，并以交互性方式展现优化结果，且最终优化步骤结果将在该学生政策建议方案中体现。系统会根据“正确答案”，对学生选择选择的优化选项进行判断，自动调用赋分模型，产生并记录学生该步骤得分。第六步到第九步系统页面交互图如下：

模型计算结果

WLS Regression Results

```

=====
Dep. Variable:          AQI      R-squared:                0.050
Model:                 WLS      Adj. R-squared:           -0.010
Method:                Least Squares  F-statistic:              0.8392
Date:                  Wed, 16 Jun 2021  Prob (F-statistic):       0.441
Time:                  21:05:14    Log-Likelihood:          -183.14
No. Observations:     35          AIC:                     372.3
Df Residuals:         32          BIC:                     376.9
Df Model:              2
Covariance Type:      nonrobust
=====

```

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	-384.2689	563.293	-0.682	0.500	-1531.658	763.120
TREATED	-6.0850	32.057	-0.190	0.851	-71.383	59.213
Time	1.2773	1.586	0.805	0.427	-1.954	4.509

```

=====
Omnibus:                11.667  Durbin-Watson:           1.279
Prob(Omnibus):          0.003  Jarque-Bera (JB):        11.046
Skew:                   1.197  Prob(JB):                 0.00399
Kurtosis:               4.359  Cond. No.                 2.56e+04
=====

```

Notes:

[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.
 [2] The condition number is large, 2.56e+04. This might indicate that there are strong multicollinearity or other numerical problems.

是否需要稳健估计: 是 否

图 9: 第 6-9 步——空气质量建模模型选择

模型计算结果

```
=====
WLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          AQI      R-squared:                0.050
Model:                 WLS      Adj. R-squared:           -0.010
Method:                Least Squares  F-statistic:              0.8392
Date:                  Wed, 16 Jun 2021  Prob (F-statistic):       0.441
Time:                  21:06:29   Log-Likelihood:          -183.14
No. Observations:     35        AIC:                     372.3
Df Residuals:         32        BIC:                     376.9
Df Model:              2
Covariance Type:      nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
Intercept    -384.2689    563.293    -0.682    0.500    -1531.658    763.120
TREATED      -6.0850     32.057    -0.190    0.851    -71.383    59.213
Time         1.2773     1.586     0.805    0.427    -1.954    4.509
=====
Omnibus:                 11.667   Durbin-Watson:           1.279
Prob(Omnibus):           0.003   Jarque-Bera (JB):        11.046
Skew:                    1.197   Prob(JB):                 0.00399
Kurtosis:                 4.359   Cond. No.                 2.56e+04
=====
```

Notes:

- [1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.
- [2] The condition number is large, 2.56e+04. This might indicate that there are strong multicollinearity or other numerical problems.

交互效应变量控制(必选2项)

PM2.5 PM10 SO2 NO2 CO O3 温度 风力

图 10: 第 6-9 步——空气质量建模模型选择

第十步: 空气质量建模进阶分析

操作: 系统在页面提供在线编程环境, 学生根据建模结果及模型存在问题, 对模型进行编程优化。编程环境同时支持数据科学最主要的两大编程语言: Python 语言和 R 语言。学生在编写代码完毕并运行程序后, 系统后台自动检查学生程序完成度和完成质量, 并提示学生进行后续实验步骤。系统页面交互图如下:



图 11: 第 10 步——空气质量建模进阶分析 (实验主页面)

```

jupyter Exercise 最新检查点: 1 天前 (已自动保存)
File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help 可信 Python 3
任务1: 尾号限行模拟分析
日期分析
In [ ]: ## 基本设置, 导入相关模块
import numpy as np
import pandas as pd
from datetime import datetime
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import stats
%matplotlib inline
plt.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei'] # 保证图中文字可以正常显示, SimHei是中文字体风格, 也可以用其他的
plt.rcParams['axes.unicode_minus'] = False # 保证图中正负号可以正常显示

#####
##res函数##
#功能: 截取字符串获得日期尾数, 并完成日期尾数的频数统计
#要求: 去掉其中周六和周日不限行的日期
#返回: 未来机动车限行统计分布表
#参数: start, 起始日期, 字符串, 如'2021-05-20'
#      end, 结束日期字符串, 如'2031-05-19'
#####
def res (start, end):
    allDays=pd.date_range(start=start, end=end) #输入格式 start= '2020-7-9'
    #-----TO DO-----
    #学生在此编写代码, 返回-----前面部分, 对于学生不可见
    weekstr=['星期一','星期二','星期三','星期四','星期五','星期六','星期日'] #创建日期列表
    week= np.array([weekstr[i.weekday()] for i in allDays]) #将i.weekday()返回的整数, 对应相应的字符串类型星期
    allDays_str=np.array([datetime.strftime(i, '%Y-%m-%d') for i in allDays]) #将allDays列表的时间格式转化为字符串格式
    n=len(allDays_str[1]) #取出每个字符串的长度
    lastnum=np.array([i[-1] for i in allDays_str]) #将日期字符串最后一个数字提取出来
    df=pd.DataFrame(lastnum, columns=['lastnum']) #将lastnum转化为DataFrame
    #-----
    df['星期']=pd.DataFrame(week, columns=['星期']) #加入星期列
    df=df.loc[df['星期']!='星期六'] #去除星期六
    df=df.loc[df['星期']!='星期日'] #去除星期天
    return df['lastnum']

```

图 12: 第 10 步——空气质量建模进阶分析 (Python)

```

jupyter R_Code 最新检查点: 10 小时前 (已自动保存)
File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help 可信 R
日期尾号分析与车牌优选策略
In [ ]: #####学生可见#####
##res函数##
#功能: 截取字符串获得日期尾数, 并完成日期尾数的频数统计
#要求: 去掉其中周六和周日不限行的日期
#返回: 未来机动车限行统计分布表
#参数: start, 起始日期, 字符串, 如'2021-05-20'
#      end, 结束日期字符串, 如'2031-05-19'
#####
res <- function(start, end)
{
  # allDays <- seq(start, end, by = 'day')
  # -----TO DO-----
  #学生在此编写代码#
  #学生在此编写代码#
  #-----
  df <- data.frame(darend=lastNum, week=week)
  df <- df[week!='星期六', ]
  df <- df[week!='星期日', ]
  return(table(df$darend))
}
#####

##-----参考代码-----
res <- function(start, end)
{
  allDays <- seq(start, end, by = 'day')
  week <- weekdays(allDays)
  allDays <- as.character(allDays)
  n <- nchar(allDays)
  lastNum <- substr(allDays, n, n)
  df <- data.frame(darend=lastNum, week=week)
  df <- df[week!='星期六', ]
  df <- df[week!='星期日', ]
  return(table(df$darend))
}
#####

```

图 13: 第 10 步——空气质量建模进阶分析 (R)

说明 1: 本步骤以激发学生使用程序语言解决具体问题兴趣, 提升学生模型优化、程序编写、数据处理等统计学科基础实践能力为主要目标, 着力培养学生的动手实践意识和模型应用能力。

说明 2: 为了使学生将主要时间精力运用在统计建模核心问题上, 避免学生因录入过多与模型问题处理相关度不高的基础性程序语言代码而降低实验效率, 系统会根据模型具体优化需求, 自动创建基础代码文件, 学生须根据代码上下文, 仅在基础代码文件中指定空缺位置进行填充式代码录入。在学生完成代码填充并运行后, 会出现以下三种可能情形: (一) 程序存在语法错误, 无法成功执行; (二) 程序无语法错误, 可成功执行, 但模型优化结果不正确; (三) 程序无语法错误, 可成功执行, 并且模型优化结果正确。系统分别针对以上三种情形的处理逻辑如下: (一) 无结果性文件产生; (二) 成功生成结果性文件, 但文件内容有误; (三) 结果性文件内容正确。系统会自动调用赋分模型, 判别三种不同结果, 并产生学生该步骤得分。

第十一步: 政策建议报告生成及实验结果查阅

操作: 系统根据学生前期所有实验步骤完成情况, 自动累加计算学生各步骤得分, 以列表形式展示学生实验最终结果得分, 并生成政策建议报告, 且提供下载链接, 供学生下载查看。

3-7 实验结果与结论 (说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论)

该实验参数设定、变量选择均会影响实验结果, 主要包括:

1. 机动车车牌号
2. 用车的时限
3. 不同的限行规则设定
4. 影响空气质量的解释变量选择、虚拟变量的设定等
5. 空气质量数据的选择

3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

面向统计学类、经济学类专业二年级以上

(2) 基本知识和能力要求

完成实验基本操作要求: 要求学生具备统计学、计量经济学课程基础; 具

备微观经济学、宏观经济学的基本知识；理解频数统计、多元回归分析知识，具备一定的统计分析能力。

完成实验进阶操作要求：先修《统计模拟实验》或《统计软件实验》课程，接受过较为系统的统计思维训练；具备一定的统计编程能力、代码设计能力，具备统计建模能力和统计实验经验；

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2019年3月1日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校 601 人，外校 0 人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：4，具体专业：经济统计学、统计学、应用统计学、数据科学与大数据技术，

教学周期：3，学习人数：601

(4) 是否面向社会提供服务：是 否

(5) 社会开放时间：年月日

(6) 已服务过的社会学习者人数：人

4. 实验教学特色

（该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限 800 字以内）

（一）实验设计

1、实验设计强调就地取材。实验素材充分贴近日常生活，注重日常生活中统计问题的发现，进而开展实验内容设计。

2、实验设计注重新文科交叉融合。强调从社会经济现象出发，将大数据思维和方法融入到解决社会经济问题中来，开展从数据到结论的统计全流程仿真实验设计。

3、实验设计突出科研反哺教学。课程团队将科研成果转化为与统计课程知识高度协同的实验内容，转化为统计专业本科生能够接受的知识，以教学科研相融合方式开展实验内容设计。

(二) 教学方法

1、情景导入式教学。实验通过兰州机动车限行政策效果、购车选号策略等情景的导入，注重从身边发现问题、注重教学内容的真实性，为学生营造全方位、立体式、浸入式学习。

2、任务分解式教学。为了解决该实验所需要的基础知识，针对该实验涉及的各知识要素，事先安排 10 个左右的原理性和验证性的实验，为该实验提供知识和操作基础。同时，我们开发形成了一套随机化作业系统，确保每位学生的课后作业不相同，用以检验学习效果。

3、问题探究式教学。从社会经济现象出发，提出统计问题，力图打通统计类专业本科生所学知识，提升应用统计模型对实际问题分析的能力。通过模拟仿真，探索不同场景下数据参数的变化，探索建模过程，培养学生发现统计问题、提升统计思维、掌握全流程分析能力。

4、科研训练式教学。实验源于课程团队的科学研究成果，主要内容和步骤涉及城市计算、计算社会科学领域的实际问题，设计异源异构数据处理、因果推断等理论问题，课程团队将这些研究前沿转化为统计专业本科生能够接受的知识，旨在发觉学生的科研潜力。

(三) 评价体系

1、实验采用开放式过程评价，注重学生能力养成的考核。利用仿真系统，记录学生调整参数、以及模型选择的过程，分析学生的学习行为特征，作为评价的基础。

2、利用学生实验行为数据，建立综合评价模型，科学有效地对学生学习行为进行评价。

5. 实验教学在线支持与服务

(1) 教学指导资源：教学指导书教学视频电子教材课程教案

(申报系统上传)课件(演示文稿)其他

(2) 实验指导资源：实验指导书操作视频知识点课件库习题库

(申报系统上传)测试卷考试系统其他

(3) 在线教学支持方式：热线电话实验系统即时通讯工具论坛

支持与服务群其他

(4) 11名提供在线教学服务的团队成员；4名提供在线技术支持的技术人员；教学团队保证工作日期间提供6小时/日的在线服务

6. 实验教学相关网络及安全要求描述

6-1 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

平台基于局域网B/S架构部署，客户端到服务器带宽需求：10-20M，校内“万兆骨干互联，百兆到桌面”的局域网条件，能够满足平台使用需求。

(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

200

6-2 用户操作系统要求（如Windows、Unix、IOS、Android等）

(1) 计算机操作系统和版本要求

Windows 7及以上，macOS X 10.14及以上。

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

(3) 支持移动端：○是 ●否

6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少2种及以上主流浏览器）

(1) 非操作系统软件要求（支持2种及以上主流浏览器）

谷歌浏览器 IE浏览器 360浏览器 火狐浏览器 其他

(2) 需要特定插件 ○是 ●否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）

插件容量： M

下载链接：

(3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

无

6-4 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

（1）计算机硬件配置要求

CPU 主频：2.0GHz 以上， 显存容量：1GB 及以上， 内存容量：4GB 及以上，
硬盘容量：100GB 以上， 显示器分辨率：1280x720 及以上， 输入设备：鼠
标、键盘。

（2）其他计算终端硬件配置要求

无

6-5 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

（1）计算机特殊外置硬件要求

无

（2）其他计算终端特殊外置硬件要求：●无○有

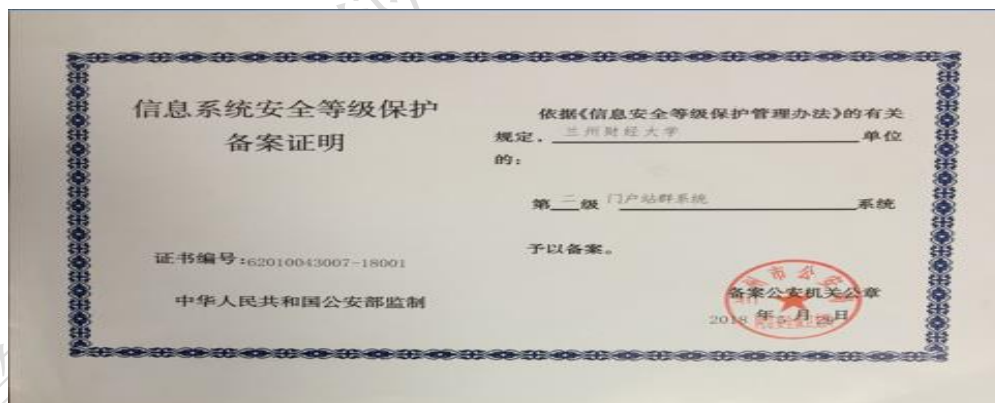
如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）

（1）证书编号：

62010043007-18001

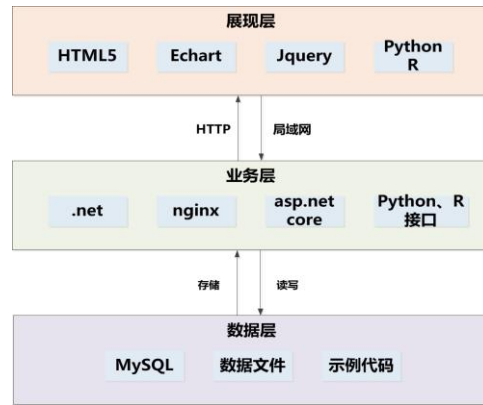
（2）请附信息系统安全等级保护备案证明



7. 实验技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	本平台采用三层 B/S 架构体系（如下图所示）。其中，展现层为用户提供动态交互式的参数录入、动态图表展现、模型结果呈现、Python 和 R 程序代码录入及实验操作辅

助；业务层通过在.net Web 框架中集成 Python 和 R 语言接口，实现数据动态模拟、统计模型计算、实验代码交互等功能；数据层提供数据、文件及代码读写功能。



实验 教学	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input checked="" type="checkbox"/> HTML5 <input checked="" type="checkbox"/> 其他
	开发工具	<input type="checkbox"/> Unity3D <input type="checkbox"/> 3D Studio Max <input type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> AdobeFlash <input type="checkbox"/> UnrealDevelopment Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input checked="" type="checkbox"/> Visual Studio <input checked="" type="checkbox"/> 其他
	运行环境	服务器 CPU 12 核、内存 24 GB、磁盘 1500 GB、 显存 8 GB、GPU 型号 NVIDIA Quadro P4000 操作系统 <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本：Windows Server 2012 数据库 <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle <input type="checkbox"/> 其他 备注说明（需要其他硬件设备或服务器数量 多于 1 台时请说明） 是否支持云渲染： <input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否

实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）	单场景模型面数：个； 贴图分辨率： px * px； 每帧渲染次数：calls； 动作反馈时间：ms； 显示刷新率：FPS； 分辨率： ppi * ppi 其他：前端动态图表绘制响应时间： $\leq 5S$ ， 前后端异步通信响应时间： $\leq 7S$ ， 图表分辨率： $\geq 400px*400px$ 。
---	---

8. 实验教学课程持续建设服务计划

（本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数）

（1）课程持续建设

日期	描述
第一年	进一步完善系统的稳定性，并向学校经济类专业开放， 预计服务 2 千人
第二年	加大投入提升硬件与网络性能，面向省内高校开放，预计服务 1 万人；
第三年	优化虚拟仿真算法与界面，进一步提升虚拟场景逼真性与可交互性
第四年	提升并行访问和密集运算能力面向全国高校开放，预计服务 5 万人
第五年	提升网络安全，增加硬件，面向全社会开放，以及服务 10+ 万人

其他描述：

项目课程团队将不断补充更新项目内容，力争在未来 5 年内完成 10 个课程内容相关的优质项目，做到平台统一、理念统一、实验设计统一、操作风格统一的课程虚拟仿真平台，使学生利用这一平台完成完整的课程知识学习。达到激发学生兴趣、引导学生自主学习、完成探索式教学方法的目的。同时项目团队也将积极将 PC 端项目团队逐步优化移植到移动端，进一步配合学生使用习惯，推动完成教学目的。

（2）面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	5	500	2	50
第二年	10	1000	5	150
第三年	20	2000	8	280

第四年	50	5000	10	500
第五年	100	10000	15	1000

其他描述:

由于项目案例紧密结合我国社会经济实践问题，具有很好的落地性，因此预期能够进行较好的行业教学推广，进行教学成果转化以及统计方法的科普，在未来的5年中，项目团队也将通过高校和社会的教学推广不断发现问题，动态调整项目仿真的环境参数，同时逐步减小对运行环境的软件依赖，进一步提升完全自主知识产权的比重。

9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	全流程统计分析虚拟仿真实验平台
是否与课程名称一致	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否
每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作权人填写栏进行填报。	
著作权人	著作权人类型
黄恒君	<input type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input checked="" type="radio"/> 课程负责人 <input type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
韩海波	<input type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input checked="" type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
杨晓祥	<input type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input checked="" type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
姚晓红	<input type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input checked="" type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他

杨鹏斐	<input type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input checked="" type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
权利范围	全部
软件著作权登记号	
如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。	
受理流水号	2021R11S0873443

10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：

年 月 日

11. 附件材料清单

1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

〔由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于 3 名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。〕

3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以 1 份为宜，不得超过 2 份。无统一格式要求。）