

《数字经济仿真》实验 3 实验大纲

Python：数字社区公共物品博弈与算法治理仿真

(适用于校数字经济专业)

生成日期：2026-02-10

一、实验基本信息

课程名称	数字经济仿真	实验编号	实验 3
实验主题	数据驱动的治理机制研究	建议学时	4 学时（可拆分为 2+2）
适用对象	数字经济/经管类本科	先修要求	Python 基础；CSV/数据框；基础统计
软件环境	Python 3.10+；pandas、numpy、matplotlib（可选 seaborn）	运行方式	本机/机房；或在线平台（JupyterHub/Streamlit）
数据文件	data_exp3_public_goods.csv (标准结构)	输出文件	exp3_simulated_data.csv 图表与实验报告
提交内容	代码、数据、图表、实验报告	提交形式	打包压缩或平台提交

二、实验背景与学习目标

在数字经济平台中，“公共资源池”现象普遍存在，例如开源社区的代码贡献、UGC 平台的内容生产、共享数据池的维护。个体在“贡献”与“搭便车”之间进行策略选择，可能导致典型的“公地悲剧”。

本实验以公共物品博弈为载体，面向“数据驱动治理”训练学生的建模、仿真、数据生产与分析能力。

学习目标（完成实验后，学生应能够）：

- 理解公共物品博弈的微观激励与群体结果，能够用程序量化“搭便车”对集体收益的影响。
- 编写可复现的仿真代码，生成结构化实验数据，并确保与标准数据结构一致，满足后续定量分析要求。
- 设计并实现至少两类平台治理机制（惩罚/奖励/门槛/信誉等），比较不同机制对贡献率与收益分配的影响。
- 面向具体平台场景提出可落地的治理建议，将博弈分析转化为产品规则或运营机制。

三、实验数据标准（必须遵循）

实验程序需生成或分析与资料库中 data_exp3_public_goods.csv 结构一致的数据文件。建议使用“长表（long format）”：每一行表示“某轮次-某玩家”的一次决策与结果。

字段含：

字段	含义与说明
round	博次（演化）
player_id	玩家/用户标识（建议从 1 始）
contribution	入量（投入公共池的源）
total_pool	本轮公共池总量（所有玩家贡献之和）
reward	玩家本轮最终净收益（可包含惩罚/奖励/后的）

重要提示：标准数据中可能出现“高贡献但 reward=0”的记录，这通常意味着存在惩罚机制或门槛机制。本实验要求学生在治理模块中能够复现“reward 可被归零”的制度逻辑（例如：违规惩罚、未达标清零、审核拦截等）。

四、实验内容与步骤

步骤 1：构建基础公共物品博弈仿真模型（必做）

任务：编写一个 N 人公共物品博弈的 Python 模型（建议面向对象实现）。

推（可在告中明自定理由）：

- 玩家数 $N = 10$ ；每轮初始禀赋 $E = 10$ 。
- 公共池增值系数 $M = 2.0$ （可在 1.2-2.5 之间做敏感性分析）。
- 基收益（未治理）： $\pi_i = (E - c_i) + (\sum c_j \times M) / N$ 。

输出要求：至少模拟 10 轮（round=1..10），并导出 CSV 文件；字段必包含：round, player_id, contribution, total_pool, reward。

步骤 2：引入算法治理机制（必做，至少两种）

任务：在仿真模型中增加“治理模块”，模拟不同制度并生成可对比数据。建议至少实现以下两类之一：

- 无治理模式：自由博弈，观察贡献率随轮次的下降趋势。
- 惩罚机制：对贡献低于阈值（如低于当轮平均值/低于分位数阈值）的玩家扣减收益，必要时可将 reward 归零。

- 奖励机制：对高贡献者给予额外奖励或更高的分配权重（例如：按贡献加权分配公共池回报）。
- （可选加分）信誉/积分机制：贡献影响后续轮次可用禀赋、分配权重或惩罚概率。

步骤 3：数据可视化与策略分析（必做）

工具：Matplotlib（或 Seaborn）。任务：

- 绘制折线图：平均贡献率随轮次变化，并在同一图中对比不同治理机制。
- 绘制收益分布图（箱线图/小提琴图/热力图择一或组合）：展示不同策略群体在不同机制下的收益差异。
- 异常值诊断：重点分析 reward=0 与极端高/低收益样本，结合制度规则解释其来源。

步骤 4：课堂互动（可选，建议）

活动：全班分组在雨课堂进行 5 轮真实博弈（教师提供规则与记录模板）。对比分析：将课堂真实数据与 Python 模拟数据比较，讨论行为偏差（条件合作、利他惩罚等）对平台治理的启示。

五、实验产出与提交要求

学生需提交以下材料（建议以“学号_姓名_实验 3.zip”打包）：

- 代码：Python 源码（含仿真主程序与治理模块），可一键运行复现结果。
- 数据：生成的数据文件 exp3_simulated_data.csv（字段与标准一致），并注明所用参数与随机种子。
- 图表：至少 2 张图（贡献率趋势图 + 收益分布/热力图），图中包含标题、坐标轴与图例。
- 实验报告：按指定结构撰写（建议 1500-2500 字，不含附录代码）。

报告建议结构：

- (1) 问题背景与理论简述（公共物品与搭便车）。
- (2) 模型设定与参数说明（N、E、M、轮次、策略生成方式）。
- (3) 治理机制设计（惩罚/奖励/门槛/信誉等）与实现逻辑（含关键公式或伪代码）。
- (4) 结果展示与解释（图表 + 关键发现）。
- (5) 平台治理建议书：选定一个平台场景证明“可落地”。
- (6) 附录（可选）：核心代码片段、数据字典、补充图表。

六、评价标准 (Rubric)

评价维度	要求要点	权重
程序设计与数据规范	代码可运行、可复现；生成 CSV 字段与含义符合标准；治理逻辑实现正确，可出现 reward=0 的制度结果。	40%
数据可视化与分析	图表规范（标题/轴/图例/注释）；能基于波动与分布识别策略演化与转折点，并给出解释。	30%
治理深度与应用	机制比较有结论；能将博弈结果转化为平台规则建议（积分、信誉、审核、存证等），具有可操作性。	20%
课堂互动与反思	参与课堂互动（如实施）；能对“真实人群”与“理性人模型”的差异进行反思。	10%

附录：建议文件命名与目录结构（参考）

建议目录结构（示例）：

```
exp3/
src/
    simulate.py
    governance.py
data/
    exp3_simulated_data.csv
figures/
    contribution_trend.png
    payoff_distribution.png
report/
    exp3_report.pdf (或 docx)
README.md (说明如何运行与复现)
```

小提醒：治理机制的目标不是“把所有人变成圣人”，而是让搭便车的成本略高于其收益。