

# 《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<br>(标准结构)             | 输出文件 | exp3_simulated_data.csv<br>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 | 人量（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   | 参与雨课堂互动（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。