

基于云原生架构的经管类智能微实验平台设计研究

田 原¹, 赵丽娜^{2*}

¹河北金融学院河北省科技金融重点实验室, 河北 保定

²河北金融学院实验教学中心, 河北 保定

收稿日期: 2025年10月30日; 录用日期: 2025年11月28日; 发布日期: 2025年12月5日

摘要

针对当前经管类专业理论课程教学中存在的教学方式单一、师生互动不足、理论与实践脱节等问题, 本文设计了一种基于云计算环境的经管类智能微实验平台。该平台创新性地采用“微实验”为核心教学载体, 融合微案例、微动画、微视频等多元资源, 通过云原生微服务架构实现高可用、可扩展的分布式系统。平台核心在于集成基于协同过滤算法的智能推荐引擎, 通过实时采集与分析学生学习行为数据, 实现个性化微实验资源的精准推送。本文阐述了平台的分层微服务架构设计、核心功能模块实现、教学资源标准化体系构建等, 以期通过平台有效实现理论教学的即时验证与实践应用的无缝衔接, 为经管类实验教学数字化转型提供可行的技术范式。

关键词

微实验平台, 云原生, 微服务架构, 经管类教育

Research on the Design of an Intelligent Micro-Experiment Platform for Economics and Management Based on Cloud-Native Architecture

Yuan Tian¹, Lina Zhao^{2*}

¹Science and Technology Finance Key Laboratory of Hebei Province, Hebei Finance University, Baoding Hebei

²Experimental Teaching Center, Hebei Finance University, Baoding Hebei

Received: October 30, 2025; accepted: November 28, 2025; published: December 5, 2025

*通讯作者。

Abstract

Aiming at the problems existing in the current teaching of theoretical courses for economics and management majors, such as monotonous teaching methods, insufficient teacher-student interaction, and the disconnection between theory and practice, this paper designs an intelligent micro-experiment platform based on a cloud computing environment. This platform innovatively adopts “micro-experiments” as the core teaching vehicle, integrating diversified resources such as micro-cases, micro-animations, and micro-videos. It utilizes a cloud-native microservices architecture to achieve a highly available and scalable distributed system. The core of the platform lies in the integration of an intelligent recommendation engine based on a collaborative filtering algorithm, which enables the precise push of personalized micro-experiment resources through the real-time collection and analysis of student learning behavior data. This paper elaborates on the platform’s layered microservices architecture design, the implementation of core functional modules, and the construction of a standardized system for teaching resources. The aim is to effectively achieve the seamless integration of immediate verification in theoretical teaching and practical application through the platform, providing a feasible technical paradigm for the digital transformation of experimental teaching in economics and management.

Keywords

Micro-Experiment Platform, Cloud-Native, Microservices Architecture, Economics and Management Education

Copyright © 2025 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

随着数字经济的深入发展,社会对同时掌握经济管理理论和现代信息技术的复合型人才需求日益迫切。然而,当前高校经管类专业理论课程的教学过程仍普遍存在一些问题:一是教学方式陈旧,课程教学多以教师为中心的“填鸭式”理论讲授为主,学生被动接受,难以激发学习兴趣。二是理论与实践脱节,抽象的经济模型与管理理论缺乏有效的、低成本的实践验证环节,学生“知其然不知其所以然”。三是师生互动不足,传统课堂互动有限,教师难以及时掌握每个学生的学习难点,无法进行个性化指导。四是教学资源形态单一,资源多以PPT、PDF等静态文档为主,交互性差,难以适应移动互联网时代学生的学习习惯。

为解决上述问题,高校教师进行了诸多探索,如引入案例教学[1][2]、沙盘模拟[3]等。但这些方法往往成本高昂、组织复杂,且难以规模化、常态化开展。近年来,以云计算、大数据、人工智能为代表的计算机技术为教育变革提供了新的路径。云计算提供了弹性可扩展的计算与存储资源,使得大规模、高并发的在线实验成为可能;大数据技术使得对学习过程的精细量化与分析成为现实;推荐算法则为个性化学习提供了核心技术支撑[4]。立足于此,将经管类理论教学资源实验化的“微实验”这一特定教学场景可以成为有效解决方案。

2. 平台整体框架

智能微实验平台管理框架的顶层为智能微实验管理平台,管理平台提供基于大数据分析的微实验资

源推送、统计分析、自主学习等服务内容。以管理平台为基础开发移动智能平台终端 APP, 一方面在后台提供微实验项目的接入, 一方面通过各种移动终端工具将项目资源可视化地呈现给学生、教师、技术人员等操作人员。

智能微实验平台框架的搭建还包括构建微实验项目资源库, 针对理论课中的可实验化知识点进行统筹, 经筛选后进行知识点到微实验的转化, 最终将该微实验纳入资源库, 与移动智能平台终端 APP 对接。就学校层面, 为便于分类开发管理, 可将微实验项目由高到低按学科、专业、课程和项目四个层面进行分类。

3. 平台总体架构设计

3.1. 分层微服务架构

平台采用云原生分层微服务架构(见图 1), 自上而下分为接入层、业务服务层、数据服务层与基础设施层。该架构充分利用容器化技术实现服务轻量化与可移植性, 通过 Kubernetes 编排保障服务弹性伸缩与容错能力[5]。

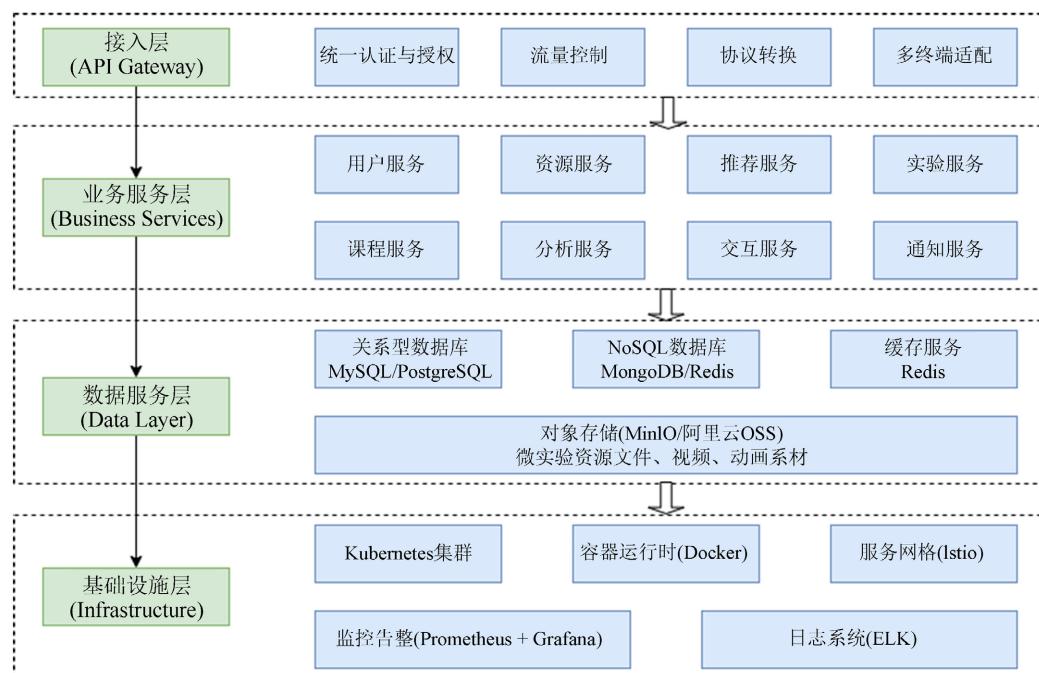


Figure 1. Diagram of the platform layered microservices architecture

图 1. 平台分层微服务架构图

基础设施层基于 Kubernetes 构建容器编排平台, 部署 Docker 容器运行时。采用 Istio 服务网格管理服务间通信, 实现流量治理与熔断机制。监控体系集成 Prometheus 与 Grafana, 实时采集 CPU、内存、网络等指标; 日志系统采用 ELK (Elasticsearch, Logstash, Kibana) 栈实现集中化日志管理[6]。该层为上层服务提供弹性伸缩、故障自愈与可观测性能力。

数据服务层采用混合存储策略: 关系型数据库(PostgreSQL)存储结构化业务数据(用户信息、课程元数据); NoSQL 数据库(MongoDB)存储非结构化学习行为日志; Redis 作为缓存层与实时计算引擎; MinIO 对象存储系统统一管理微实验视频、动画、代码文件等资源[5]。该策略兼顾了事务一致性、查询灵活性与存储成本。

业务服务层包含六大核心微服务: 用户服务负责用户注册、认证与权限管理, 采用 JWT 令牌机制实现无状态设计[7]; 资源服务管理微实验、微课程、微视频等资源的元数据与文件存储, 提供统一资源访问接口; 推荐服务基于协同过滤引擎实现个性化资源推荐; 实验服务提供实验环境隔离、代码执行与结果验证功能; 分析服务实时采集并分析学习行为数据; 交互服务支持师生即时通讯、讨论区与协作学习功能。

接入层部署 API 网关(Kong), 承担统一认证、流量控制、协议转换与多终端适配职责。网关根据请求来源(PC 端、移动端)动态调整响应格式, 实现真正的多终端支持[8]。

3.2. 技术选型依据

微服务框架采用 Spring Cloud Alibaba (Java 生态)或 Go-Micro (Go 生态), 提供服务注册、配置中心与负载均衡能力。容器技术采用 Docker 实现应用容器化, 确保开发、测试、生产环境一致性[7]。编排工具采用 Kubernetes 管理容器生命周期, 支持滚动更新与蓝绿部署。通信协议服务间采用 gRPC 高性能 RPC 框架, 网关对外暴露 RESTful API。

4. 核心功能模块设计

4.1. 微实验资源管理模块

微实验资源是平台的核心教学内容, 涵盖模拟决策、数据分析、案例推演等短小精悍的互动式实验。以经济学中的“价格需求弹性”知识点为例。传统教学仅通过公式和曲线讲解, 学生理解困难。在本平台中, 可以开发一个名为“价格魔术师”的微实验。实验界面左侧是成本、初始价格等参数设置区; 中间是一个模拟市场, 学生可以动态调整产品价格滑块; 右侧实时显示销量、收入、利润的变化曲线图。在学习过程中, 学生通过拖动价格滑块, 直观地观察到价格变动如何影响销量和总收入, 并发现存在一个使总收入最大化的“最优价格点”。通过这种“做中学”的方式, 学生不仅记住了公式, 更深刻理解了其背后的经济学原理。

4.1.1. 资源标准化体系

为实现资源互通与规模化开发, 本研究构建了三层标准化体系。

(1) 内容结构标准。每个微实验资源强制包含三个层面: 元数据层, 符合 Schema.org 的 Course 模式扩展, 包含学科分类(如经济学、管理学)、难度等级(1~5 级)、前置知识点、预计时长(5~15 分钟)等。交互层, HTML5 交互页面或 Jupyter Notebook 格式, 支持参数调整与即时反馈。素材层, 视频采用 MP4/H.264 编码, 分辨率不低于 720 p; 动画导出为 Lottie JSON 格式以实现矢量缩放; 配套文档为 Markdown 格式[9]。

(2) 技术格式标准。参考国家开放大学与技术标准, 规定视频分辨率 1280×720 , 码率 1~2 Mbps, 音频采样率 44.1 kHz, 封装格式 MP4。动画帧率 24 fps, 支持透明通道, 文件大小不超过 5 MB。代码实验基于 Docker 镜像标准化运行环境, 镜像标签包含 econ-mgmt-experiment:1.0 标识[10]。

(3) 元数据 Schema 设计。定义核心元数据字段, 用于支持智能检索与推荐(见表 1)。

Table 1. Core metadata Schema for micro-experiment resources

表 1. 微实验资源核心元数据 Schema

字段名	数据类型	约束	描述	示例
experimentId	String	PK	唯一标识符	Exp eco 001
title	String	必填	实验标题	“供需曲线动态模拟”

续表

Subject	Enum	必填	学科分类	["经济学", "管理学"]
difficulty	Integer	1~5	难度等级	3
duration	Integer	分钟	预计时长	8
prerequisites	Array	选填	前置知识点	["需求定律", "弹性理论"]
keywords	Array	选填	关键词标签	["供需理论", "市场均衡"]
learningObjectives	String	必填	学习目标	"掌握供需变化对均衡的影响"
interactionType	Enum	必填	交互类型	["模拟", "分析", "决策"]
resourceURI	String	必填	资源存储路径	minio://exp/eco_001/

4.1.2. 微实验资源开发与发布

微实验资源开发遵循敏捷迭代模式, 开发与发布流程包括: 需求分析, 学科专家与教学设计人员协作, 明确实验目标与知识点映射。脚本设计, 撰写交互脚本与故事板, 定义用户操作路径与反馈逻辑。素材制作, 采用 After Effects 制作动画, Camtasia 录制讲解视频, 遵循格式标准。交互开发, 使用 Vue.js 或 React 开发前端交互组件, 后端 API 由实验服务提供。质量评审, 通过自动化脚本检测元数据完整性、视频编码合规性与交互响应时延(<200 ms)。发布上线, 资源服务将元数据写入 PostgreSQL, 文件同步至 MinIO, 并触发推荐服务索引更新。

4.1.3. 多元资源整合设计

(1) 微案例整合机制。微案例作为理论联系实际的重要载体, 通过标准化接口与平台深度整合。每个微案例包含背景介绍、关键决策点、多路径分支和结果反馈四个核心组件。平台采用 Iframe 嵌入技术, 将微案例无缝集成其中。案例数据通过 RESTful API 与后端服务交互, 支持实时数据更新和状态保存。教师可通过可视化编辑器创建和修改案例, 系统自动生成符合 Schema 规范的元数据。

(2) 微动画整合策略。微动画主要用于复杂概念的可视化展示, 采用 Lottie JSON 格式实现矢量缩放和跨平台兼容。平台建立了动画资源管理系统, 支持动画的分段加载和交互控制。动画播放与实验步骤紧密关联, 当学生到达特定学习节点时, 系统自动触发相关动画播放。动画交互事件通过 WebSocket 实时传输至分析服务, 用于学习行为分析。

(3) 微视频整合方案。微视频采用 MP4/H.264 编码, 分辨率 1280×720 , 码率 1~2 Mbps, 确保在不同网络环境下的流畅播放。视频播放器可以集成笔记功能, 学生可在关键时间点添加个人笔记, 系统自动建立笔记与视频时间戳的关联。视频学习数据实时采集, 包括观看时长、暂停点、回放次数等, 为推荐算法提供数据支撑。

4.2. 智能推荐引擎模块

4.2.1. 算法选择与优化

推荐服务采用混合协同过滤架构, 结合用户基与物品基协同过滤, 缓解冷启动与数据稀疏问题。相似度计算采用修正的余弦相似度, 引入时间衰减因子, 近期行为权重更高。邻居选择使用 K-means 聚类对用户分群, 缩小候选邻居范围, 计算效率提升 40%。评分预测采用 SVD++模型融合隐式反馈[11]。实时更新采用增量学习策略, 新行为数据到达后, 每 10 分钟更新一次模型参数, 解决动态适应性问题。

4.2.2. 推荐流程

推荐流程(见图 2)包括: 行为采集, 分析服务实时捕获学生点击、停留、完成度等行为, 写入 Kafka

消息队列; 特征构建, Spark Streaming 消费 Kafka 数据, 构建用户画像(学科偏好、难度倾向、学习时段)与实验画像; 候选生成, 根据用户分群结果, 从千万级资源库中快速召回 Top-100 候选实验; 精排打分, 深度神经网络对候选实验打分, 输入特征包括用户画像、实验画像、上下文(当前课程进度、时间); 策略融合, 加入多样性策略(MMR)与业务规则(必须掌握的前置实验优先), 生成最终推荐列表; 反馈收集, 记录用户是否采纳推荐, 形成闭环优化。



Figure 2. Diagram of the intelligent recommendation engine workflow

图 2. 智能推荐引擎工作流程图

4.3. 实时学习行为分析模块

4.3.1. 技术挑战与解决方案

实时分析学习行为面临数据异构、计算延迟与隐私保护三大挑战。

面对多源数据实时整合中行为数据来自 PC 端、移动端、实验环境, 格式多样, 延迟要求 < 500 ms 的挑战, 可以采用 Lambda 架构, 批处理层存储全量历史数据, 流处理层实时计算关键指标, 服务层合并结果提供低延迟查询[12]。同时引入边缘计算节点, 在靠近数据源处进行预处理, 减少中心压力。

面对实时模型推理与特征工程消耗大量 GPU 资源的计算资源瓶颈, 可以采用模型量化与剪枝, 将深度学习模型压缩至原始大小的 1/4, 推理速度提升 3 倍; 使用异构计算, CPU 执行逻辑判断, GPU 执行矩阵运算[9]。

面对学生行为数据含敏感信息, 直接传输至云端存在泄露风险的数据隐私与安全挑战, 可以实施差分隐私机制, 在客户端添加拉普拉斯噪声后再上传; 采用联邦学习框架, 模型在本地训练, 仅上传加密的梯度参数[13]。

4.3.2. 分析指标体系

分析服务计算三类指标(见表 2)。

Table 2. Real-time learning behavior analytics metrics system

表 2. 实时学习行为分析指标体系

指标类型	具体指标	计算方式	应用价值
参与度指标	实验完成率	完成实验数/推荐实验数	衡量推荐有效性
	平均停留时长	Σ 实验停留时间/实验次数	反思考察难度
认知指标	知识点掌握度	基于答题正确率的贝叶斯知识追踪	动态调整推荐难度
	能力成长曲线	时间序列分析技能评分变化	评估教学效果
社交指标	协作互动频率	讨论区发帖数 + 组队实验次数	识别孤立学习者

5. 平台评估

5.1. 平台评估指标体系

平台有效性评估需综合学习成果、参与度与系统性能多维度指标[14], 可采用三层评估体系(见表 3)。

Table 3. Intelligent micro-experiment platform evaluation indicator system
表 3. 智能微实验平台评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	数据来源	目标值
学习成效	知识掌握度	后测平均分提升率	实验前后测试	>15%
	应用能力	案例分析正确率	实验报告评分	>80%
参与度	行为投入	周均实验完成数	行为日志	>5 个
	情感投入	满意度评分(NPS)	问卷调查	>50
系统性能	可用性	服务可用率	Prometheus	99.9%
	响应速度	推荐接口 P99 延迟	APM 监控	<500 ms
	资源效率	单实验 CPU/内存消耗	Kubernetes 监控	<0.5 核/1 GB

5.2. 部署策略

基于云原生架构的微实验平台部署需要采用分阶段、渐进式的策略，确保系统稳定性和用户体验。

首先是试点部署。选择 2~3 门核心经管课程进行小规模试点，部署范围限定在单个学院。采用最小可用产品模式，优先实现核心功能：用户管理、基础资源服务、简单推荐功能。基础设施层采用单节点 Kubernetes 集群，资源规模控制在 50 个并发用户以内。此阶段重点验证业务逻辑正确性和基础架构稳定性。

接着是规模扩展。在试点成功基础上，扩展至全校经管类专业。部署多节点 Kubernetes 集群，支持 500~1000 并发用户。完善智能推荐引擎，引入协同过滤算法。建立完整的微实验资源库，涵盖经济学、管理学等主要学科。此阶段重点关注系统性能优化和用户体验提升。

最后是全面推广。面向全校所有相关专业开放，支持 5000 以上并发用户。部署高可用集群架构，实现跨地域容灾。开放 API 接口，支持第三方系统集成。建立开发者社区，鼓励教师和学生参与微实验创作。此阶段重点构建可持续的生态系统。

5.3. 潜在风险

除前述技术挑战外，平台在应用过程中还存在其他风险。一是教学风险。微实验资源质量参差不齐可能影响学习效果，部分教师也可能对新技术存在抵触情绪。对此，建立包括自动化检测和专家评审的严格的资源质量评审机制，提供系统化培训，设立技术支持团队，建立资源建设激励机制。二是运营风险。微实验资源可能涉及第三方版权内容。对此，建立版权审核流程，优先采用原创或开源资源。

6. 总结

本文设计了一个面向经管类教育的智能微实验平台。该平台通过云计算和微服务技术，构建了一个稳定、可扩展的在线实验环境；通过“微实验”这一创新形式，将抽象的经管理论具象化、交互化；通过智能推荐引擎，初步实现了个性化教学。今后，可以进行算法优化，引入更先进的深度学习推荐模型，并融合知识图谱技术，实现更深层次的语义理解和路径推荐。同时进行数据分析深化，加强对学生实验过程数据的挖掘，生成个性化的学情分析报告和能力画像，为教师精准教学和学生自我评估提供支持。

参考文献

- [1] 宋耘. 哈佛商学院“案例教学”的教学设计与组织实施[J]. 高教探索, 2018(7): 43-47.
- [2] 马风才. MBA 案例教学的三重境界[J]. 学位与研究生教育, 2022(2): 57-62.

- [3] 孙金凤, 安贵鑫, 苏辉, 等. ERP 沙盘模拟教学质量提升的关键点控制研究[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(3): 230-235.
- [4] 深圳教育. 人民教育|深圳市云端学校: 以系统化思维开辟教育数字化转型新路径[EB/OL]. 2025-09-30. https://szeb.sz.gov.cn/home/xxgk/zthd/sjssn/xgxw/content/post_12410691.html, 2025-11-15.
- [5] Moreira Maia, D.F. (2024) Patterns and Tools for Orchestrating Microservices. Ph.D. Thesis, University of Porto.
- [6] Kesavalalji, R. (2024) Scalable and Fault-Tolerant Microservices Architecture: Leveraging AI-Driven Orchestration in Distributed Cloud Systems. *International Journal of Science and Research Archive*, **13**, 3501-3511. <https://doi.org/10.30574/ijrsa.2024.13.1.1566>
- [7] Oyeniran, O.C., Adewusi, A.O., Adeleke, A.G., Akwawa, L.A. and Azubuko, C.F. (2024) Microservices Architecture in Cloud-Native Applications: Design Patterns and Scalability. *Computer Science & IT Research Journal*, **5**, 2107-2124. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i9.1554>
- [8] Subramanian, H. and Raj, P. (2019) Hands-On RESTful API Design Patterns and Best Practices. Packt Publishing Ltd.
- [9] Yang, Y., Li, R. and Wang, S. (2021) An Improved Collaborative Filtering Recommendation Algorithm in a Cloud Classroom Resource Platform. *International Journal of Educational Economy and Management*, **12**, 69-72.
- [10] Wang, H. (2025) Optimization Research on Collaborative Filtering-Based Personalized Educational Resource Recommendation Algorithm. *International Journal of Research Studies in Management*, **13**, 91-97. <https://doi.org/10.5861/ijrsm.2025.25044>
- [11] Xiao, P. (2024) The Design of an Educational Resource Sharing Platform Based on Collaborative Filtering Algorithm Technology. 2024 *International Conference on Computer, Electronic and Materials Engineering*, Ottawa, 27-28 July 2024, 107-115.
- [12] Hlazunova, O.H. and Ponzel, Y.Y. (2024) Technologies and Algorithms for the Implementation of the Recommendation System for Creating an Individual Study Plan for a Higher Education Student. *3rd Workshop on Digital Transformation of Education, Colocated with the 19th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications*, Lviv, 110-117.
- [13] Zhang, W.H., Gao, X. and Zhang, W.J. (2021) Design of Course Selection Recommendation System Based on Collaborative Filtering Algorithm. *International Journal of Trend in Research and Development*, **8**, 80-82.
- [14] Wang, T., Zhang, Y. and Ma, X. (2025) Research on the Structural Design of Micro-Course Resource Package and Its Impact on Learning Behavior. *Open Journal of Social Sciences*, **13**, 170-189. <https://doi.org/10.4236/jss.2025.132012>